

Ausbau der Stromübertragungsnetze aus Sicht des Strahlenschutzes

Außerdem in diesem Heft:

Sicherheit von Nanosilber in Verbraucherprodukten

Gesundheitliche Gefahren durch Verwendung Isothiazolinon-haltiger Wandfarben

Passivrauchbelastung bei Erwachsenen in Deutschland



Aktionsprogramm
Umwelt und Gesundheit
(APUG)

UMID

Ausgabe 3 • 2011

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. 3/2011

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>

Der Druck erfolgt auf Recyclingpapier mit dem Umweltzeichen "Blauer Engel".

Titelbild: Windpark bei Janow/Mecklenburg-Vorpommern, Foto: Gebuhr.

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

Ausbau der Stromübertragungsnetze aus Sicht des Strahlenschutzes 5 Expansion of electric energy transmission networks: the radiation protection perspective <i>Dirk Geschwentner, Christiane Pölzl</i>	5
Nichtionisierende Strahlung und Kindergesundheit – Bericht über den internationalen Workshop „NIR & Children´s Health“, Ljubljana 2011 13 Non-ionizing radiation and Children´s Health – Report on an international Workshop in Ljubljana 2011 <i>Monika Asmuß</i>	13
Das Europäische Strahlenbiologische Archiv ERA..... 19 The European Radiobiological Archives ERA <i>Mandy Birschwilks, Michael Gruenberger, Paul N. Schofield, Bernd Grosche</i>	19
Emissionen von Nanopartikeln aus Produkten..... 25 Emission of Nanoparticles from Products <i>Wolfgang Dubbert, Heidi Becker</i>	25
Sicherheit von Nanosilber in Verbraucherprodukten: Viele Fragen sind noch offen 30 Safety of nano silver in consumer products: many questions remain open <i>Astrid Epp, Mark Lohmann, Jürgen Thier-Kundke, Carsten Kneuer, Frank Herzberg, Mario Götz, Jutta Tentschert, Bernd Schäfer, Ursula Banasiak, Gaby-Fleur Böhl, Andreas Luch</i>	30
Hautausschlag nach Renovierungsanstrich? Gesundheitliche Gefahren durch die Verwendung Isothiazolinon-haltiger Wandfarben 35 Skin rash following renovation coating? Health risks using isothiazolinone containing wall paints. <i>Conny Höflich, Wolfgang Straff</i>	35
GBE kompakt – Die Online-Publikationsreihe der Gesundheitsberichterstattung des Bundes 41 GBE kompakt – The online publication series by the Federal Health Reporting service	41
Passivrauchbelastung bei Erwachsenen in Deutschland. Ergebnisse der Studie „Gesundheit in Deutschland aktuell“ 2009 43 Passive Smoking Among Adults in Germany. Results of the „German Health Update“ Study 2009 <i>Thomas Lampert, Sabine Maria List</i>	43
Hitzewarnsysteme als Anpassungsmaßnahme an die gesundheitlichen Folgen des Klimawandels – eine Untersuchung am Fallbeispiel Niedersachsen 50 Heat health warning systems as an adaptation measure to the health impacts of climate change – a study using the example of Lower Saxony <i>Heike Kristin Paesel, Jobst Augustin</i>	50

Ausbau der Stromübertragungsnetze aus Sicht des Strahlenschutzes

Expansion of electric energy transmission networks: the radiation protection perspective

Dirk Geschwentner, Christiane Pölzl

Abstract

According to the energy concept of the German federal government renewable energies will contribute the major share to the energy mix of the future. The expansion of the electric energy transmission networks is an important challenge towards this goal. The construction of new electric power lines gives rise to attention and concern in the general public about possible health hazards due to electric and magnetic fields. Radiation protection aspects must be included in the grid expansion from an early stage on. Citizens must be clearly informed about the scientific knowledge and the remaining scientific uncertainties in risk assessment. This article provides information about the scientific knowledge on established and possible health risks due to low frequency electric and magnetic fields, limit values and precautionary aspects, electric and magnetic fields near to overhead powerlines and underground cabling as well as opportunities for information measures and risk communication.

Zusammenfassung

Gemäß dem Energiekonzept der deutschen Bundesregierung sollen erneuerbare Energien den größten Teil zum Energiemix der Zukunft beitragen. Der Ausbau der Stromübertragungsnetze ist im Hinblick darauf eine große Herausforderung. Der Bau neuer Stromleitungen führt zu wachsender Aufmerksamkeit und Sorge in der Öffentlichkeit hinsichtlich der möglichen gesundheitlichen Gefahren durch elektrische und magnetische Felder. Strahlenschutz-Aspekte müssen daher beim Netzausbau schon in einem frühen Stadium berücksichtigt werden. Bürgerinnen und Bürger müssen in einer verständlichen Art und Weise über die vorliegenden wissenschaftlichen Erkenntnisse und bestehenden wissenschaftlichen Unsicherheiten in der Risikobewertung informiert werden. Dieser Artikel enthält Informationen über die vorliegenden wissenschaftlichen Erkenntnisse zu anerkannten und möglichen gesundheitlichen Risiken durch niederfrequente elektrische und magnetische Felder, zu Grenzwerten und Vorsorgeaspekten und zu elektrischen und magnetischen Feldern in der Nähe von Freileitungen und unterirdischen Verkabelungen. Darüber hinaus werden Möglichkeiten für Maßnahmen zur Information und Risikokommunikation benannt.

1. Einleitung

Die Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien an der Stromversorgung erfordert den Ausbau und die Verstärkung der Stromnetze. In ihrer aktuellen Netzstudie hat die Deutsche Energie Agentur (dena) bis zum Jahr 2020 einen Netzzubaubedarf von bis zu 3.500 km Höchstspannungstrassen festgestellt (dena 2010).

Sowohl in Deutschland als auch im Ausland zeigt sich anhand der geäußerten Besorgnis sowie von Widerständen in der Bevölkerung und in Kommunen in der Nähe betroffener/neuer Trassen eine mangelnde Akzeptanz des Ausbaus. Diskussionen um Notwendigkeit und Machbarkeit des Netzausbaus beziehungsweise der Netzverstärkung werden in Deutschland derzeit auf unterschiedlichen

Ebenen intensiv geführt. Neben technischen und wirtschaftlichen Aspekten spielen insbesondere in letzter Zeit die Ängste und Vorbehalte der Menschen im Umfeld neuer oder geplanter Trassen eine größere Rolle.

Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) ist der Ansicht, dass Transparenz, frühzeitige Information und Beteiligung eine wichtige Rolle beim Ausbau der Stromnetze spielen. Der Strahlenschutz ist ein wichtiger Aspekt für die Diskussionen und die Entscheidungen über den Ausbau der Netze und der Errichtung neuer Trassen. Das BfS setzt sich insbesondere dafür ein, dass die Prinzipien des Strahlenschutzes zu jeder Zeit beim Ausbau der Stromnetze berücksichtigt werden.

2. Gesundheitliche Wirkungen niederfrequenter elektrischer und magnetischer Felder

Im deutschen Stromnetz fließt Wechselstrom mit einer Frequenz von 50 Hertz (Hz). Auch die meisten Haushaltsgeräte nutzen Wechselstrom mit einer Frequenz von 50 Hz. Dabei entstehen niederfrequente elektrische und magnetische Felder. Der Ausdruck „niederfrequent“ bezieht sich darauf, dass sich die genannte Frequenz im unteren Bereich des elektromagnetischen Spektrums befindet (**Abbildung 1**).

Elektrische Felder sind überall dort vorhanden, wo eine elektrische Spannung besteht, selbst dann, wenn kein Strom fließt. Elektrische Felder lassen sich gut abschirmen. **Magnetische Felder** treten immer dann auf, wenn elektrischer Strom fließt, also zum Beispiel wenn elektrische Geräte in Betrieb sind. Magnetische Felder lassen sich nur mit großem technischen Aufwand abschirmen. Sowohl die elektrische Feldstärke als auch die magnetische Flussdichte nimmt mit dem Abstand von der Quelle erheblich ab.

2.1 Nachgewiesene Wirkungen niederfrequenter Felder

In allen Lebewesen, also auch im menschlichen Körper, befinden sich viele elektrisch geladene Teilchen (Ionen). Viele Körperfunktionen sind mit der Verschiebung dieser Teilchen, also elektrischen Strömen verbunden, so zum Beispiel fast alle Stoffwechselvorgänge. Nerven übertragen ihre Signale, indem sie elektrische Impulse weiterleiten und auch das Herz ist elektrisch aktiv. Die sogenannte Körperstromdichte wird in Milliampere pro Quadratmeter (mA/m^2) angegeben. Die natürlichen Körperstromdichten liegen im Mittel im Bereich von 1 bis $10 \text{ mA}/\text{m}^2$.

Wirken äußere elektrische oder magnetische Felder auf den Menschen ein, entstehen zusätzliche Ströme im Körper. Ab einem bestimmten Schwellenwert kommt es zunächst zu biologischen Effekten (von Wahrnehmung bis Schmerz) und bei höheren Strömen auch zu unmittelbaren gesundheitlichen Gefahren. Der zugrunde liegende Mechanismus ist die Stimulation von erregbaren Zellen wie Nerven und Muskelzellen. Dies kann bis zu zusätzlichen Herzkontraktionen oder Herzkammerflimmern führen.

Um diesen gesundheitlichen Auswirkungen vorzubeugen, müssen die Stromdichten, die durch äußere Felder zusätzlich im Körper erzeugt werden, begrenzt werden. Der in der Empfehlung des Europäischen Rats (Europäische Gemeinschaft 1999) für 50 Hz angegebene Basisgrenzwert von $2 \text{ mA}/\text{m}^2$ orientiert sich an den natürlichen Körperstromdichten und an den Werten, ab denen gesundheitliche Wirkungen auftreten. Davon abgeleitet sind gesetzliche Grenzwerte für äußere elektrische Feldstärken und magnetische Flussdichten (dazu Abschnitt 3.1 Grenzwerte).

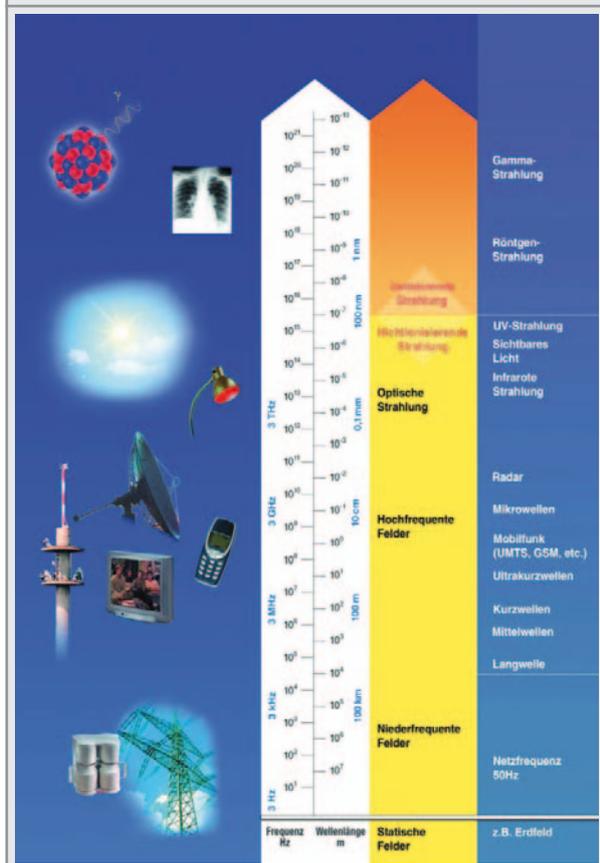
2.2 In der Diskussion stehende mögliche Wirkungen

Die bisher beschriebenen akuten Wirkungen niederfrequenter Felder sind wissenschaftlich abgesichert. Darüber hinaus bestehen aber offene Fragen zu möglichen Langzeitwirkungen, die seit mehreren Jahren Gegenstand der wissenschaftlichen Forschung sind.

A) Leukämie im Kindesalter

In mehreren epidemiologischen Studien wurde ein kleines, aber signifikant erhöhtes Risiko für Leu-

Abbildung 1: Das elektromagnetische Spektrum.
Quelle: Bundesamt für Strahlenschutz.



kämie im Kindesalter bei einer über einen längeren Zeitraum andauernden zeitlich gemittelten Magnetfeldexposition von mehr als 0,3 bis 0,4 μT gefunden. Eine Ursache-Wirkungs-Beziehung ist durch den beobachteten statistischen Zusammenhang jedoch nicht nachgewiesen. Ein biologischer Wirkmechanismus, der die Entstehung von Leukämie oder die Förderung des Wachstums von Leukämiezellen durch niederfrequente Magnetfelder erklären würde, konnte bislang nicht gefunden werden. Über einen längeren Zeitraum gemittelte Magnetfeldexpositionen von mehr als 0,3 μT kommen in der Bevölkerung eher selten vor. Bei der kindlichen Leukämie handelt es sich um eine seltene Erkrankung, die jährlich bei etwa vier von 100.000 Kindern im Alter von 0 bis 14 Jahren diagnostiziert wird (WHO 2001). Falls tatsächlich ein ursächlicher Zusammenhang zwischen Magnetfeldexposition und Leukämierisiko bestünde, wäre etwa ein Prozent der Leukämiefälle bei Kindern in Europa durch eine erhöhte Exposition gegenüber niederfrequenten Magnetfeldern zu erklären (Schüz et al. 2009).

Bei der Entstehung der Leukämie im Kindesalter sind möglicherweise mehrere Faktoren beteiligt, deren Zusammenwirken aber heute noch nicht verstanden wird. Es wird derzeit von einer Kombination genetischer und umweltbedingter Faktoren ausgegangen, die zur Entstehung der Krankheit führen. Das BfS setzt sich für ein umfangreiches Forschungsprogramm zu den Ursachen von Leukämieerkrankungen im Kindesalter ein, das diese Zusammenhänge zwischen Genetik und Umwelt in der Entstehung der Erkrankungen aufklären soll (Ziegelberger et al. 2011). Über aktuell diskutierte Fragestellungen zum Thema „Kindergesundheit und niederfrequente Magnetfelder“ informiert auch der Tagungsbericht von Asmuß in der vorliegenden UMID-Ausgabe, S. 13-18.

Aufgrund der genannten epidemiologischen Beobachtungen wurden niederfrequente Magnetfelder bereits 2002 von der zur Weltgesundheitsorganisation (WHO) gehörenden International Agency for Research on Cancer (IARC) in die Klasse 2B „möglicherweise kanzerogen“ eingestuft. Im Jahr 2007 wurde diese Einstufung nach einer erneuten Begutachtung der wissenschaftlichen Erkenntnisse

wegen weiterhin offener Fragen zum Wirkmechanismus bestätigt.

B) Neurodegenerative Erkrankungen

Es wurden einige epidemiologische Studien publiziert, die auf ein erhöhtes Auftreten von neurodegenerativen Erkrankungen (hier: Alzheimer Erkrankung und amyotrophe Lateralsklerose, ALS¹) bei einer relativ hohen (beruflichen) Exposition mit niederfrequenten magnetischen Feldern hindeuten. Die Ergebnisse der epidemiologischen Studien sind allerdings nicht konsistent, Laboruntersuchungen fehlen.

Es ist nicht geklärt, ob es sich bei den statistischen Zusammenhängen um einen ursächlichen Zusammenhang zwischen den niederfrequenten Feldern und dem Auftreten neurodegenerativer Erkrankungen handelt. Zur Thematik „neurodegenerative Erkrankungen“ lässt das BfS derzeit eine entsprechende Laborstudie durchführen. Ausführliche Informationen hierzu finden sich unter: http://www.bfs.de/de/elektro/nff/papiere/Neurodegenerative_Erkrankungen (Abrufdatum: 01.08.2011).

3. Grenzwerte und Vorsorge

Im Strahlenschutz findet ein zweistufiges Konzept Anwendung: Grenzwerte schützen vor nachgewiesenen Wirkungen. Ergänzend dienen Vorsorgemaßnahmen dazu, auf offene Fragen in der Bewertung des wissenschaftlichen Kenntnisstandes zu reagieren.

3.1 Grenzwerte und gesetzliche Regelungen

In Deutschland sind Grenzwerte zum Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch elektrische und magnetische Felder von Niederfrequenzanlagen, die gewerblichen Zwecken dienen oder im Rahmen wirtschaftlicher Unternehmungen Verwendung finden, seit 1996 in der 26. Verordnung zum Bundesimmissionsschutzgesetz (26. BImSchV; Bundesregierung 1996) geregelt (**Tabelle 1**). Als Niederfrequenzanlagen gelten unter anderem Freileitungen und Erdkabel mit einer Frequenz

¹ Die amyotrophe Lateralsklerose (ALS) ist eine Erkrankung des motorischen Nervensystems, die zu einer fortschreitenden Schädigung der Nervenzellen führt. Das motorische Nervensystem ist für die Muskelbewegungen verantwortlich.

Tabelle 1: Grenzwerte der 26. Bundes-Immissionschutzverordnung (BImSchV) für 50 Hz.	
elektrische Feldstärke E (Kilovolt pro Meter)	5 kV/m
magnetische Flussdichte B (Mikrotesla)	100 µT

von 50 Hz und einer Spannung von mindestens 1.000 Volt. Nicht erfasst sind Gleichstromübertragungsleitungen, für die bislang keine immissionschutzrechtlichen Regelungen existieren. Häusliche Elektroinstallationen oder elektrisch betriebene Geräte fallen ebenfalls nicht in den Anwendungsbereich der Verordnung, da sie entweder mit einer geringeren Spannung betrieben werden oder zum Beispiel nicht ortsfest sind.

Von der Verordnung erfasste Anlagen müssen so errichtet und betrieben werden, dass in Gebäuden oder auf Grundstücken, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind, die in der Verordnung angegebenen Grenzwerte auch bei höchster betrieblicher Auslastung und unter Berücksichtigung von Immissionen durch andere Niederfrequenzanlagen nicht überschritten werden.

Die Grenzwerte stellen sicher, dass der empfohlene Basisgrenzwert von 2 mA/m² im Körper nicht überschritten wird.

Bis zu fünf Prozent eines Tages – das entspricht einer Stunde und zwölf Minuten – dürfen die Grenzwerte um bis zu 100 Prozent überschritten werden. Der Grenzwert für die elektrische Feldstärke darf außerhalb von Gebäuden dauerhaft um 100 Prozent überschritten werden, aber nur „kleinräumig“. Nicht gestattet sind Grenzwertüberschreitungen bis zu der angegebenen Höhe dann, wenn hinreichende Anhaltspunkte für insbesondere durch Berührungsspannungen hervorgerufene Belästigungen bestehen, die nach Art, Ausmaß oder Dauer für die Nachbarschaft unzumutbar sind. Solche Belästigungen können auftreten, wenn sich große metallische Objekte im Einwirkungsbereich der Felder befinden und Personen beim Berühren dieser Objekte einen über den Körper gegen Erde fließenden Kontaktstrom wahrnehmen. Überhaupt keine Grenzwertüberschreitungen sind zulässig bei Errichtung oder Veränderung von Anlagen in der Nähe von Wohnungen, Krankenhäusern, Schulen, Kindergärten, Kinderhorten, Spielplätzen oder

ähnlichen Einrichtungen, weder in den Gebäuden noch auf den Grundstücken. Der Betreiber einer Niederfrequenzanlage muss diese der zuständigen Behörde vor der Inbetriebnahme beziehungsweise vor einer wesentlichen Änderung anzeigen.

Für Leitungen des Höchstspannungsnetzes sind für Errichtung, Betrieb oder Änderung in den meisten Fällen Planfeststellungsverfahren erforderlich, bei denen die Grenzwerte der 26. BImSchV für immissionsschutzrechtliche Prüfungen herangezogen werden. Gemäß 26. BImSchV kann die zuständige Behörde auf Antrag und nach einer Einzelfallprüfung Ausnahmen von den Grenzwertregelungen zulassen.

Die Grenzwerte der 26. BImSchV entsprechen den von der Internationalen Kommission zum Schutz vor Nichtionisierender Strahlung in Richtlinien zur Expositionsbegrenzung abgeleiteten Referenzwerten (ICNIRP 1998). Sie stimmen mit der Empfehlung des Europäischen Rats (Europäische Gemeinschaft 1999) überein, der die Vorgaben der ICNIRP übernommen hat. Wenn die einfach messbaren Referenzwerte eingehalten sind, kann von der Einhaltung des maßgeblichen Basiswertes im Körper einer exponierten Person ausgegangen werden.

Bei Einhaltung des Basiswertes sind unabhängig von der Expositionsdauer keine gesundheitlichen Risiken niederfrequenter Felder für die allgemeine Bevölkerung nachgewiesen. Der Basiswert beinhaltet einen Sicherheitsfaktor, sodass erst bei einer deutlichen Überschreitung mit gesundheitlich nachteiligen Wirkungen der Felder gerechnet werden muss. Kürzlich hat die ICNIRP ihre Richtlinien zur Expositionsbegrenzung neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen angepasst (ICNIRP 2010). Während die Empfehlung für den Referenzwert des elektrischen Feldes bei 50 Hz unverändert geblieben ist, werden für die magnetische Flussdichte nun 200 µT statt vormals 100 µT empfohlen.

3.2 Vorsorge

Die im Abschnitt 2.2 beschriebenen diskutierten möglichen Wirkungen unterhalb der Grenzwerte sind generell Anlass, den Ausbau der Stromnetze und die weiteren Anwendungsbereiche niederfrequenter Felder unter Berücksichtigung der Prinzipien der Vorsorge zu gestalten. Maßnahmen der Vorsorge sind:

- verstärkte Anstrengungen im Bereich der Wirkungsforschung,
- Maßnahmen, um die Exposition der Bevölkerung gegenüber niederfrequenten Feldern zu verringern,
- verstärkte Information von und Kommunikation mit Bevölkerung, Betreibern und Behörden über Risikobewertungen.

A) Minimierung der Exposition der Bevölkerung bei Errichtung und Betrieb von Hoch- und Höchstspannungsleitungen

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die Exposition der Bevölkerung in der Umgebung von Hoch- und Höchstspannungsleitungen zu verringern.

Bei der Errichtung neuer Leitungen sollten die Trassen so festgelegt werden, dass innerhalb der Trassen keine Wohnbebauung vorhanden beziehungsweise zulässig ist. Als Grundlage kann der sogenannte Einwirkungsbereich dienen. Darunter versteht man den Bereich in der Umgebung einer Stromleitung, in dem die Anlage eine signifikante Erhöhung der niederfrequenten elektrischen und magnetischen Felder gegenüber der ohnehin vorhandenen Belastung verursacht. Bislang gibt es keine bundesweit einheitliche Regelung hinsichtlich der Abstände, die beim Bau von Hoch- und Höchstspannungsleitungen zur Wohnbebauung einzuhalten sind. Allerdings wurden im Gesetz zum Ausbau von Energieleitungen (EnLAG) Abstände für neu zu errichtende Höchstspannungsfreileitungen festgelegt, die 400 m zu Wohngebäuden innerhalb eines Bebauungsplans und 200 m zu Wohngebäuden im Außenbereich betragen. Bei Unterschreitung der genannten Abstände kann die Zulassungsbehörde eine Erdverkabelung verlangen.

Eine unterirdische Verlegung als Erdkabel kann zur Optimierung im Sinne des Strahlenschutzes beitragen. Dies ist aber im Einzelfall zu prüfen (dazu Abschnitt 4. Feldverteilung).

Umgekehrt sollte auch bei der Planung und Genehmigung von Gebäuden auf einen ausreichenden Abstand zu Freileitungen und anderen Anlagen der Stromversorgung geachtet werden. Eine ausführliche Beschreibung der Empfehlungen des BfS findet sich auf der Internetseite „Rechtliche und fachliche Aspekte bei der Errichtung und dem Betrieb von Hochspannungsfreileitungen“ <http://www.bfs.de/>

de/elektro/nff/papiere/Hochspannungsfreileitungen.html (Abrufdatum: 01.08.2011).

B) Minimierung der persönlichen Exposition bei der Nutzung elektrischer Geräte im Haushalt

Es gibt eine Reihe individueller Möglichkeiten, die Feldexposition im häuslichen Bereich und dadurch die Gesamtexposition zu verringern. Grundlage dafür sind zwei einfache Regeln:

- möglichst großen Abstand zu den Feldquellen einhalten,
- die Dauer der Exposition so gering wie möglich halten.

Zudem können alle Bürgerinnen und Bürger selbst prüfen, ob die Verwendung jedes einzelnen Gerätes für sie persönlich erforderlich ist.

Da nächtliche Expositionen von längerer Dauer sind, kann in diesen Zeiten die zeitlich gemittelte persönliche Feldbelastung durch den Abstand zu etwaigen Feldquellen effektiv verringert werden. Geeignete Möglichkeiten sind zum Beispiel netzbetriebene Radiowecker nicht unmittelbar neben dem Kopfteil des Bettes aufzustellen, ebenso sollte beim Sender eines Babyphons und vor allem beim zugehörigen Netzgerät auf einen ausreichenden Abstand zum Bett des Kindes geachtet werden. Strahlungsarme Babyüberwachungsgeräte sind mit dem Umweltzeichen „Der Blaue Engel“ ausgezeichnet.

4. Feldverteilungen um Freileitungs- und Erdkabeltrassen

Beim Betrieb elektrischer Transportanlagen für die öffentliche Energieversorgung entstehen elektrische und magnetische Felder. Diese tragen wie auch die Felder, die beim Betrieb elektrischer Geräte zum Beispiel im Haushalt entstehen, zur Exposition von Personen bei (siehe oben).

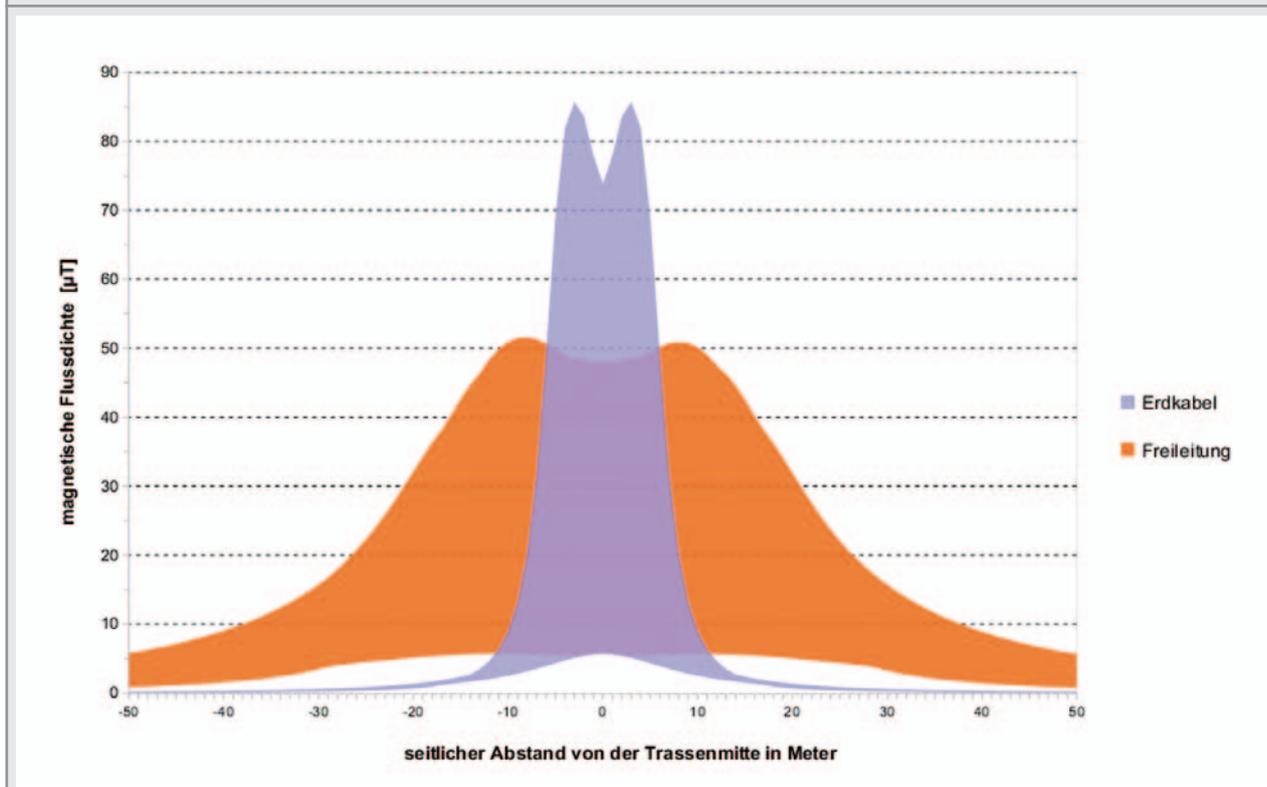
Elektrische Felder werden durch die üblichen Baumaterialien und das Erdreich gut abgeschirmt und sind deshalb nur im Freien in der Umgebung von Freileitungen relevant. Magnetfelder werden hingegen kaum abgeschwächt und treten demzufolge sowohl in der Umgebung von Freileitungen als auch von Erdkabeln auf und können in Gebäude eindringen.

Die höchsten Feldstärken sind direkt unter Freileitungen und über Erdkabeln zu finden; mit seitlichem Abstand zu den Trassen nehmen sie ab. Die Feldverteilung hängt bei Freileitungen vor allem von der **Masthöhe**, der **Mastkonfiguration** und dem **Leiteseildurchhang** zwischen zwei Masten ab. Da Magnetfelder ursächlich mit dem Stromfluss auf den Leitungen verbunden sind, schwanken die Magnetfeldstärken entsprechend der fließenden **Stromstärken**. Der Leiteseildurchhang nimmt bei Freileitungen mit der transportierten Strommenge aufgrund der Erwärmung durch ohmsche Verluste zu. Der geringere Abstand zum Boden kann zu einem weiteren Anstieg der Feldstärkewerte führen. Im Sommer ist bei hohen Außentemperaturen ebenfalls mit einem größeren Durchhang der Leiterseile zu rechnen, während im Winter Eisbehang den gleichen Effekt haben kann. Die Betriebsspannung einer Leitung schwankt im Unterschied zur Stromstärke kaum, sodass die Verteilung des elektrischen Feldes praktisch nur mit dem Leiteseildurchhang und gegebenenfalls mit einer sich jahreszeitlich ä-

ndernden Vegetation im Trassenbereich variiert. Bei Erdkabeln sind die **Verlegetiefe**, die **Kabelanordnung** und natürlich die **Stromstärke** entscheidend für die Magnetfeldverteilung.

Daten über Immissionen in der Umgebung von Freileitungen und Erdkabeln der Hoch- und Höchstspannungsebene (50 Hz Drehstromsysteme) wurden zuletzt in einem 2009 abgeschlossenen Forschungsvorhaben des BfS ermittelt (<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-201011153619>; Abrufdatum: 01.08.2011). Bei 380 kV-Freileitungen wurde in der Mitte zwischen benachbarten Masten der Grenzwert von 5 kV/m beobachtet und auch kleinräumig überschritten. Maximal wurden etwa 6 kV/m gemessen, die bei größerem Durchhang der Leitungen bis 9 kV/m ansteigen können. Bei den untersuchten Freileitungen der niedrigeren Spannungsebenen (110 kV und 220 kV) wurden dagegen keine Überschreitungen des Grenzwerts festgestellt.

Abbildung 2: Magnetische Flussdichten in 1 m Höhe über dem Erdboden an 380/220 kV Freileitungen und Erdkabeltrassen in Abhängigkeit vom Abstand von der Trassenmitte. Gezeigt ist der Wertebereich, in dem unter maximalen Betriebsbedingungen die maximal zu erwartende magnetische Flussdichte variiert. Die Darstellung basiert auf Daten des ECOLOG Instituts, das in einem vom BfS geförderten Forschungsvorhaben an unterschiedlichen Freileitungs- und Erdkabeltrassen gemessen hat und die Messdaten mittels Simulationsrechnungen auf maximale Betriebsbedingung (maximaler Strom) extrapoliert hat. Nähere Informationen im Abschlussbericht unter <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-201011153619> (Abrufdatum: 01.08.2011).



Die höchsten Werte für die magnetische Flussdichte wurden unter 380kV-Freileitungen und über 380kV-Erdkabeln gemessen. Sie betragen in einer Messhöhe von 1 m über dem Erdboden 4,5 beziehungsweise 3,5 μT und lagen damit deutlich unter dem Grenzwert von 100 μT . Der zum Zeitpunkt der Messung auf den Leitungen fließende Strom wurde bei den jeweiligen Betreibern abgefragt und die gemessenen Immissionen wurden auf den Zustand hochgerechnet, der bei maximalem Betriebsstrom auftreten kann (**Abbildung 2**).

Auch unter der Bedingung der maximalen Anlagenauslastung würde der Grenzwert bei den untersuchten Anlagen demnach in einer Messhöhe von 1 m nicht erreicht (in 0,2 m Höhe wären bei einer der Erdkabeltrassen bis zu 168 μT zu erwarten). Im Vergleich zu Freileitungstrassen nehmen die Magnetfelder bei Erdkabeln mit zunehmendem Abstand von der Trassenmitte deutlich früher und schneller ab. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass die einzelnen Kabel eines Erdkabel-Drehstromsystems deutlich kompakter verlegt werden können, als dies die Aufhängekonstruktionen der Freileitungsmasten ermöglichen.

Zum Vergleich wurden in dem Vorhaben auch Magnetfelder in Wohnungen gemessen, die weit entfernt von Freileitungen und Erdkabeln der Hoch- und Höchstspannungsebene liegen. In einem Mindestabstand von 1 m zu hausinternen Quellen (mit Netzstrom betriebene Geräte, Leitungen in Wänden und Decken) lagen die magnetischen Flussdichten zwischen 0,01 und 0,08 μT . Ähnlich niedrige Werte fanden sich unter den aktuellen, zum Zeitpunkt der Messung herrschenden Lastzuständen erst bei Abständen über etwa 45 bis 170 m zu Trassenmitten von 380kV-Freileitungen. Bei den untersuchten 380kV-Erdkabel-Trassenabschnitten wurden mittlere Immissionswerte in dieser Größenordnung bereits in Abständen über etwa 20 bis 35 m nicht mehr überschritten.

Bislang liegen keine Daten für die als Alternative zu Drehstromsystemen diskutierten Hochspannungsgleichstrom-Übertragungssysteme (HGÜ) vor. Gleichstromsysteme haben gegenüber Wechselstromsystemen einige technische Vorteile, zum Beispiel keine kapazitiven Verluste, einfachere Isolierung von Kabeln und bessere Ausnutzung von Leiterquerschnitten. HGÜ wurden bislang vornehmlich für Unterseeverbindungen verwendet.

Wenig Erfahrung hat man mit dem Betrieb in einem Verbundnetz.

5. Information

Der bestehende Netzzubaubedarf und die bereits entstandenen Diskussionen in der Öffentlichkeit erfordern es, die Bürgerinnen und Bürger frühzeitig zu informieren und ihnen Gelegenheit zur Formulierung ihrer Anliegen zu geben. Das BfS setzt sich dafür ein, dass der Prozess des Netzausbaus stärker als bisher für die Öffentlichkeit nachvollziehbar ist. Planungen sollten frühzeitig kommuniziert und begründet werden. So sollten zum Beispiel die möglichen Alternativen hinsichtlich der Trassenführung oder der Art der Leitung (Freileitung, Erdkabel, Wechsel- und/oder Gleichstrom etc.) mit deren jeweiligen Konsequenzen nachvollziehbar dargestellt und bei Bedarf diskutiert werden.

5.1 Themen der Kommunikation

Ziel ist es, für den Bereich des Strahlenschutzes diesen Anspruch der Transparenz, der Nachvollziehbarkeit und der Kommunikation zu gewährleisten.

Im Vordergrund steht die verständliche und nachvollziehbare Darstellung des wissenschaftlichen Kenntnisstandes zu gesundheitlichen und technischen Aspekten, wie beispielsweise über die Immissionen durch Hoch- und Höchstspannungsleitungen und häusliche Einrichtungen (Elektroinstallationen, Haushaltsgeräte), ebenso wie die Herleitung und Bedeutung von Grenzwerten und Vorsorgemaßnahmen.

5.2 Zielgruppenorientierte Kommunikationsmaßnahmen

Die Auswahl an Informationen muss sich an dem Informationsbedürfnis und der (Risiko-) Wahrnehmung verschiedener Zielgruppen orientieren. Zentrale Zielgruppen sind Bürgerinnen und Bürger – insbesondere die vom Bau einer Stromtrasse betroffenen –, die zuständigen kommunalen Stellen, Landesbehörden sowie Fachpublikum.

Es sind verschiedene – zielgruppenspezifische – Wege zu beschreiten. Insbesondere „vor Ort“, also entlang geplanter Trassen neuer Stromleitungen,

müssen beteiligte und betroffene Akteure über verschiedene Kanäle leicht auf Informationen zugreifen können. Die übersichtliche und vernetzte Darstellung des Themas im Internet ist ein wichtiger Baustein. Durch die Zusammenarbeit mit Multiplikatoren und gemeinsame Aktionen mit anderen Akteuren des Netzausbaus im Rahmen von Kooperationen können verschiedene Aspekte des Netzausbaus gemeinsam dargestellt werden.

5.3 Beteiligung

Bürgerinnen und Bürger wie auch Bürgerinitiativen fühlen sich häufig gar nicht, zu spät oder nicht ernsthaft genug in die Entscheidungsprozesse einbezogen. Bisherige Dialogangebote werden daher von den Bürgern oft nicht als Kommunikation auf Augenhöhe gewertet, sondern als Information zum Zweck der Akzeptanzbeschaffung. Eine stärkere und rechtzeitige Einbeziehung von Bürgerinnen und Bürgern in die Entscheidungsprozesse ist Voraussetzung für eine offene Diskussion mit den Betroffenen.

Um Möglichkeiten und Grenzen von Bürgerinformation und Bürgerbeteiligung im Verfahren des Netzausbaus und darüber hinaus insgesamt im Bereich Strahlenschutz auszuloten, wird das BfS im Herbst 2011 ein entsprechendes Fachgespräch durchführen.

6. Zusammenfassung

Beim Ausbau der Stromnetze ist der Strahlenschutz ein wichtiger Bestandteil. Nach den derzeitigen wissenschaftlichen Erkenntnissen schützen die bestehenden Grenzwerte vor nachgewiesenen gesundheitlichen Wirkungen. Darüber hinaus sind Vorsorgemaßnahmen geeignet, um die in der Diskussion stehenden möglichen Langzeitwirkungen zu berücksichtigen.

Die wichtigsten Maßnahmen dafür sind weiterführende Forschung zur Klärung offener Fragen, Vermeidung unnötiger Expositionen und Information über strahlenschutzrelevante Aspekte.

Das BfS setzt sich im Rahmen seiner verschiedenen Aktivitäten für diese Aspekte ein. Besonderes Augenmerk gilt dabei der transparenten Information über Risikobewertungen, über tatsächliche Feldbelastungen und über die Möglichkeiten und Grenzen,

die Öffentlichkeit und beteiligte Behörden in die Verfahren beim Ausbau der Stromnetze einzubeziehen. Das BfS setzt sich dafür ein, die vom Ausbau der Stromnetze betroffene Bevölkerung und die Behörden möglichst frühzeitig zu informieren und zu beteiligen.

Literatur

Bundesregierung (1996): 26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV).

dena (2010): dena-Netzstudie II. Integration erneuerbarer Energien in die deutsche Stromversorgung im Zeitraum 2015 – 2020 mit Ausblick 2025. Deutsche Energie-Agentur. http://www.dena.de/fileadmin/user_upload/Download/Dokumente/Studien___Umfragen/Endbericht_dena-Netzstudie_II.PDF (Abrufdatum: 01.08.2011).

Europäische Gemeinschaft (1999): Empfehlung des Rates vom 12.7.1999 zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern (0 Hz-300 GHz). In: Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften 519/EG: 59-70.

ICNIRP (1998): Guidelines for limiting exposure to time-varying electric magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz). In: Health Physics: 494-522.

ICNIRP (2010): Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz). In: Health Physics 99: 818-836.

Schüz J et al. (2009): Electromagnetic fields and epidemiology: an overview inspired by the fourth course at the International School of Bioelectromagnetics. In: Bioelectromagnetics 30(7): 511-524.

WHO (2001): Elektromagnetische Felder und öffentliche Gesundheit. WHO Fact Sheet Nr. 263. Stand Oktober 2001. http://www.who.int/docstore/peh-emf/publications/facts_press/gfact/gfs263.htm (Abrufdatum: 01.08.2011).

Ziegelberger G et al. (2011): Research recommendations toward a better understanding of the causes of childhood leukemia. Blood Cancer Journal 1(e1).

Kontakt

Christiane Pözl
Bundesamt für Strahlenschutz
Fachbereich Strahlenschutz und Gesundheit
Arbeitsgruppe SG 1.4 „Strahlenrisiko, Strahlenschutzkonzepte, Risikokommunikation“
Ingolstädter Landstraße 1
85762 Oberschleißheim
E-Mail: Cpoelzl[at]bfs.de

[BfS]

Nichtionisierende Strahlung und Kindergesundheit – Bericht über den internationalen Workshop „NIR & Children’s Health“, Ljubljana 2011

Non-ionizing radiation and Children’s Health – Report on an international Workshop in Ljubljana 2011

Monika Asmuß

Abstract

From 18-20 May 2011 an international Workshop took place in Ljubljana, discussing scientific evidence for potential adverse effects of non-ionizing radiation on children’s health. The presentations documented reliable evidence for childhood as a key period for UV damage, indicating the need for efficient primary prevention especially for children. As to electromagnetic fields, the picture seemed to be less clear. Epidemiological studies show a consistent association between childhood leukaemia and low frequency magnetic fields, but these results are not confirmed by experimental studies. One crucial point is the limited understanding of the aetiology of childhood leukaemia. An international research agenda shall add to a better understanding. Relating to high frequency electromagnetic fields, long-term effects of mobile phone use are still under examination. Ongoing in vivo studies as well as epidemiological case-control studies hopefully will help to strengthen the scientific knowledge.

Zusammenfassung

Vom 18.-20. Mai 2011 fand in Ljubljana der internationale Workshop „NIR and Children’s Health“ statt. Dabei stand die Frage im Zentrum, ob nichtionisierende Strahlung gesundheitsrelevante Effekte speziell auf Kinder hat. Für langfristige Schäden durch UV-Strahlung scheint die Kindheit tatsächlich eine Schlüsselphase darzustellen. Hierfür lieferten die vorgestellten Studien und Präsentationen überzeugende Hinweise und unterstrichen somit die Bedeutung einer wirksamen Primärprävention besonders bei Kindern. Bei elektromagnetischen Feldern sind die Dinge weniger klar. Epidemiologische Studien zeigen übereinstimmend einen Zusammenhang zwischen einer speziellen Form der kindlichen Leukämie und niederfrequenten Magnetfeldern, aber diese Ergebnisse werden durch experimentelle Studien nicht gestützt. Leider ist das Wissen über die komplexen Ursachen kindlicher Leukämie begrenzt. Ein internationales Forschungsprogramm soll diese Kenntnisse verbessern. Im Zusammenhang mit hochfrequenten elektromagnetischen Feldern ist weitere Forschung erforderlich. Laufende epidemiologische Studien konzentrieren sich vor allem auf die Langzeitnutzung von Mobiltelefonen durch Kinder und Jugendliche. Die experimentelle Forschung untersucht Wirkungen auf juvenile, heranwachsende Tiere.

Einleitung

Kinder und Jugendliche sind in ihrem Leben zahlreichen Umwelteinflüssen ausgesetzt – natürlichen und vom Menschen verursachten. Zu diesen Umwelteinflüssen gehört der Teil des elektromagnetischen Spektrums, der als „nichtionisierende Strahlung“ (NIR) bezeichnet wird – UV-Strahlung aus natürlichen und künstlichen Quellen, niederfrequente elektrische und magnetische Felder der Stromversorgung sowie hochfrequente elektromagnetische Felder der Mobilkommunikation. Die Frage, ob Kinder aufgrund ihrer körperlichen Entwicklung empfindlicher auf derartige Umweltein-

flüsse reagieren als Erwachsene oder ob aufgrund des längeren Lebenszeitrisikos Schäden, die früh im Leben gesetzt werden, schwerer wiegen, wird immer wieder gestellt. Sie beschäftigt auch die Wissenschaft. Auf dem internationalen Workshop „NIR & Children’s Health“ wurden Wirkungen nichtionisierender Strahlung speziell im Hinblick auf Kinder diskutiert. Die Veranstaltung wurde organisiert von der European Cooperation in Science and Technology (COST), dem Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), der International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), der World



Health Organization (WHO), der European Society of Skin Cancer Prevention (EUROSKIN), dem Institute of Non-Ionizing Radiation (INIS) und der European BioElectromagnetics Association (EBEA). Im Folgenden wird ein Überblick über die wesentlichen Ergebnisse aus den Bereichen UV-Strahlung, niederfrequente Felder und hochfrequente elektromagnetische Felder gegeben.

Kinder und UV-Strahlung

„Die Haut vergisst nichts!“ – Ein Satz, den besorgte Dermatologen angesichts steigender Hautkrebsraten immer wieder in die Öffentlichkeit tragen. Die Bedeutung der Kindheit als wichtige Lebensphase für die langfristigen Wirkungen von UV-Strahlung machten Mary Norval (University of Edinburgh), Adele Green (Queensland Institute of Medical Research), Sara Gandini (European Institute of Oncology) und Rüdiger Greinert (Dermatologisches Zentrum Stade, EUROSKIN) in ihren Vorträgen deutlich.

Dr. Greinert erläuterte, dass die Grundlage für die Entstehung erworbener Pigmentmale (Naevi) durch die UV-Strahlung in der Kindheit gelegt werde, auch wenn die Male erst später im Leben sichtbar würden. Zahlreiche Naevi (mehr als 40-50) gelten als Marker für ein erhöhtes Hautkrebsrisiko, auch wenn sie selbst keine Krebsvorstufen darstellen. Viele Informationen über die Wirkung von UV-Strahlung in der Kindheit beruhen auf Migrationsstudien. Dabei wird das Hautkrebsrisiko bei Menschen untersucht, die entweder als Kinder oder als Erwachsene aus einem Land mit gemäßigttem Klima in ein Land mit stärkerer Sonneneinstrahlung eingewandert sind oder umgekehrt (Re-Migration). Dr. Green gab einen Überblick über die Ergebnisse dieser Studien. Sie kam zu dem Fazit, dass Migranten das – maßgeblich von ihrem Hauttyp geprägte – Risiko des Landes, in dem sie als Kind gelebt haben, mitnehmen.

Auf anatomische Unterschiede zwischen Kinder- und Erwachsenenhaut ging Dr. Greinert ein. Betrachtet man die Strukturen der Haut, ragen bei Kindern die Ausbuchtungen der Epidermis (die Rete-Leisten) weiter in die Dermis hinein. Darin enthaltene keratinocytische Stammzellen liegen näher an der Hautoberfläche. Gleiches gilt für die Bulge-Region der Haarfollikel, in der melanocytische Stammzellen lokalisiert sind. Stammzellen in diesen Regionen sind daher eindringender UV-Strahlung stärker ausgesetzt als bei Erwachsenen. Geschädigte Stammzellen jedoch können den Grundstein für die Entwicklung zum Hautkrebs legen.

Die künstliche UV-Bestrahlung in Solarien wurde ebenfalls angesprochen. Dr. Gandini erläuterte eine Meta-Analyse zu künstlicher UV-Strahlung und Hautkrebs, die 2009 dazu beigetragen hatte, dass künstliche UV-Strahlung aus Solarien von der International Agency for Research on Cancer (IARC) als krebserregend beim Menschen (Gruppe 1-Karzinogen) eingestuft wurde (El Ghissassi et al. 2009). Dr. Gandini bekräftigte aufgrund eigener Untersuchungen die Einschätzung, dass das Risiko, an einem malignen Melanom oder einem Plattenepithelkarzinom zu erkranken, für Personen, die vor dem Alter von 35 Jahren Solarien genutzt haben, erhöht ist. Anmerkung zur Situation in Deutschland: In Deutschland ist die Nutzung von Solarien durch Minderjährige seit Juli 2009 gesetzlich verboten (NiSG 2009).

Doch nicht nur die Haut ist Risiken ausgesetzt. Per Söderberg (University Hospital of Uppsala) erläuterte die Wirkungen optischer Strahlung auf das Auge. Eine zu starke Bestrahlung des Augens, der Hornhaut und der Retina kann zu akuten Schäden führen. Im Hinblick auf Langzeiteffekte darf nicht vergessen werden, dass die Zellen der Augenlinse sich nicht erneuern. Nicht reparierte Schäden akkumulieren und können später im Leben zur Entstehung einer Linsentrübung (Katarakt) führen. Photoinduzierte Schäden hängen auch von der Durchlässigkeit des Augenmediums für optische Strahlung ab, die bei Kindern größer ist als bei Erwachsenen. Ein besonderes Anliegen war Dr. Söderberg die Warnung vor illegalen, via Internet jedoch problemlos zu beschaffenden leistungsstarken Laserpointern. Deren unsachgemäße Anwendung stelle eine ernste Bedrohung für die Augen von Kindern und Erwachsenen dar. Auch die starke Zunahme von Leuchtdioden (LED) sah

Dr. Söderberg nicht ohne Bedenken. Sie birgt seiner Einschätzung nach das Risiko einer kumulativen Exposition gegenüber energiereichem Blaulicht im Nah-Infrarot-Bereich. Seine Botschaft war eindeutig: Kinderaugen benötigen Schutz!

Insgesamt wurde deutlich, dass der Primärprävention im Bereich der optischen Strahlung, insbesondere beim Thema UV-Schutz für Kinder, besondere Bedeutung zukommt.

Natürlich sollen die positiven Wirkungen der Sonne nicht vergessen werden. Auch wenn sich zur Vitamin-D-Problematik sicherlich noch viel forschen lässt, die Vortragenden waren sich einig: Für eine ausreichende Bildung von Vitamin D genügen normale Aktivitäten im Freien mit angemessenem Sonnenschutz. Dies gilt auch für Kinder.

Kinder und niederfrequente Magnetfelder

Dieses Thema wird zurzeit im Zusammenhang mit dem Ausbau der Stromnetze verstärkt diskutiert (siehe dazu auch den Beitrag von Geschwentner, Poelzl in diesem Heft, S. 5-12), auch wenn in den meisten Wohnungen Hausinstallationen und Elektrogeräte den Hauptteil der Gesamt-Magnetfeldexposition ausmachen. Das zeigte sich auch in einer dosimetrischen Studie von Isabelle Magne (Electricité de France, EDF). Joachim Schüz (International Agency for Research on Cancer, IARC) fasste die Datenlage aus epidemiologischen Untersuchungen zusammen, die ab einer zeitlich gemittelten magnetischen Flussdichte von circa 0,3-0,4 μT ein erhöhtes Risiko für akute lymphatische Leukämie (ALL) bei Kindern zeigen. Dr. Schüz schätzte eine Verzerrung der Ergebnisse durch Confounder wie Rauchen, Verkehr oder Herbizide als unwahrscheinlich ein. Eine Verzerrung durch systematische Fehler (Bias) wäre seiner Ansicht nach zwar möglich, dürfte aber nicht den gesamten Effekt erklären. Die epidemiologischen Studien führten bereits 2002 zur Einstufung niederfrequenter Magnetfelder durch die IARC als möglicherweise krebserregend (IARC Monographs 2002). Experimentelle Studien stützen die epidemiologischen Ergebnisse allerdings bisher nicht. Isabelle Lagroye (Ecole Nationale Supérieure de Chimie et de Physique de Bordeaux) fasste die vorliegenden tierexperimentellen Studien zusammen und skizzierte mögliche Wege für weitere Untersuchungen:



- I) Nutzung von neuen Tiermodellen, die besser geeignet sind, B-ALL abzubilden,
- II) Beginn der Magnetfeldexposition in utero (ein Ansatz, der derzeit in einem vom BfS initiierten Forschungsprojekt am Fraunhofer-Institut für Toxikologie und Experimentelle Medizin (ITEM) verfolgt wird),
- III) die Untersuchung epigenetischer Veränderungen in vitro.

Der von Hans Lehrach (Max-Planck-Institut für Molekulargenetik) vorgestellte Ansatz, mittels „Deep sequencing“, das heißt der umfassenden Analyse des Genoms, des Transkriptoms, der kleinen RNAs und des DNA-Methyloms von Tumoren charakteristische Mutationen oder epigenetische Veränderungen zu finden und so die Spur zu Risikofaktoren aus der Umwelt zu verfolgen, wurde von vielen Teilnehmenden als interessanter und zukunftsreicher Forschungsansatz gesehen.

Bedenkt man, dass nur wenige Kinder zeitlich gemittelten Magnetfeldern oberhalb von 0,4 μT ausgesetzt sind, bleibt allerdings festzustellen, dass selbst im Falle eines ursächlichen Zusammenhangs nur ein geringer Anteil kindlicher Leukämien durch Magnetfeldexposition erklärt werden könnte. Gleiches gilt im Übrigen für alle in der Diskussion stehenden Risikofaktoren wie Luftverschmutzung, Rauchen, Pestizide/Herbizide, hochfrequente elektromagnetische Felder, sozioökonomische Faktoren, Immunstatus oder mütterliche Ernährung – inklusive der bekannten und unstrittigen Risikofaktoren genetische Prädisposition und ionisierende Strahlung.

Auf diese Problematik ging Dr. Wolfgang Weiss (Bundesamt für Strahlenschutz) in seinem Vortrag ein. Bereits 2008 wurde auf dem internationalen Workshop „Risk Factors for Childhood Leukemia“ das Fazit gezogen, dass alle genannten Risikofaktoren zusammengenommen weniger als 10% der kindlichen Leukämiefälle erklären könnten. Dies führte vor allem zu einer Erkenntnis: Die Ursachen der kindlichen Leukämien und das Zusammenwirken prä- und postnataler genetischer und umweltbedingter Faktoren müssen besser aufgeklärt werden. Dies ist nur im Rahmen internationaler Zusammenarbeit verschiedener Disziplinen möglich und soll mit Hilfe eines europaweiten Forschungsprogramms geschehen, das 2011 mit Machbarkeits- und Pilotstudien zum Beispiel bezüglich des Aufbaus einer deutschen Geburtskohorte und des „Deep sequencing“ von 10 ALL-Fällen beginnen soll.

Zur Frage niederfrequenter Magnetfelder und ihres möglichen Beitrags zur Entstehung kindlicher Leukämien wurde am Ende des Workshops festgestellt, dass „der Ball jetzt im Feld der experimentellen Forschung liegt“. Aus der Epidemiologie lägen konsistente Ergebnisse vor, weitere epidemiologische Studien der gleichen Art würden keinen weiteren Erkenntnisgewinn bringen – so die Einschätzung von Maria Feychting (Karolinska Institutet), der nicht widersprochen wurde.

Kinder und hochfrequente elektromagnetische Felder (HF-EMF)

Radio und Fernsehen sowie Mobiltelefone und schnelles, drahtloses Internet sind aus dem Alltag kaum noch wegzudenken. Gleichwohl sind viele Menschen besorgt und fragen sich, welche Auswirkungen die hochfrequenten Felder speziell auf Kinder haben. Dr. Feychting (Karolinska Institutet) gab eine Übersicht über epidemiologische Studien zu den Endpunkten Krebsrisiko, Wohlbefinden, Kognition und Verhalten. Sie erläuterte, dass sich Hinweise aus älteren ökologischen Studien auf erhöhte Krebsrisiken um Radio- und Fernsehsender durch methodisch bessere Fall-Kontrollstudien, wie sie im Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramm (DMF) durchgeführt wurden, nicht bestätigen ließen. Auch ein Zusammenhang zwischen subjektiven Gesundheitseffekten bei Kindern und Jugendlichen und von diesen selbst berichteten sowie individuell mit Personendosimetern gemessenen

HF-Expositionen im Alltag konnte nicht hergestellt werden. In einer ebenfalls im DMF durchgeführten Querschnittstudie zeigte sich kein Einfluss der objektiven Exposition auf das Wohlbefinden, in einigen Fällen ergab sich jedoch eine Assoziation mit der subjektiv vom Probanden angenommenen Exposition. Dies zeigt die Bedeutung einer objektiven Expositionserfassung, um subjektive Einflüsse, wie Besorgnis, mit der tatsächlichen Exposition abgleichen zu können.

Was die Frage „drahtloser Internetzugang an Schulen“ betrifft: Hier bestätigten dosimetrische Untersuchungen von Simon Mann (Health Protection Agency, HPA), dass die Exposition durch Wireless Local Area Networks (W-LAN) sehr gering ist. Claudio Pioli (Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, ENEA) präsentierte Ergebnisse aktueller in vivo-Untersuchungen zu Effekten einer W-LAN-Exposition (2,45 GHz) auf Entwicklung und Reifung des Immunsystems. Negative Effekte wurden dabei nicht beobachtet.

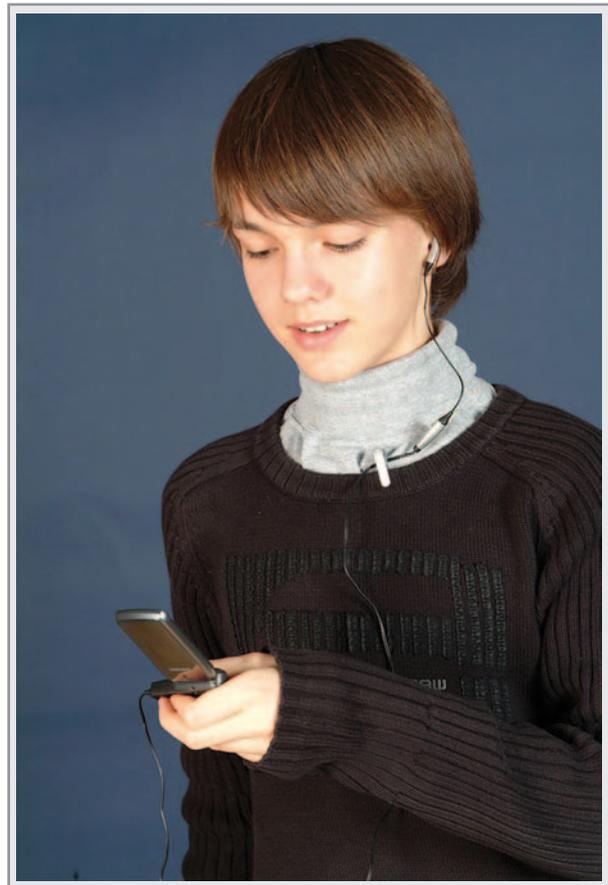
Von besonderem Interesse ist die Frage, ob die Nutzung von Mobiltelefonen speziell für Kinder mit einem erhöhten Hirntumorrisiko verbunden ist. Wie sich in einer im DMF durchgeführten dosimetrischen Studie zeigte, können die anatomischen Unterschiede sowie Unterschiede in den dielektrischen Gewebeeigenschaften dazu führen, dass in manchen Arealen des Kopfes die spezifische Absorptionsrate (SAR) gerade bei kleineren Kindern höher liegen kann als bei Erwachsenen. Dosimetrische Studien können jedoch keine Aussagen über gesundheitliche Wirkungen machen. Hierzu müssen experimentelle Studien durchgeführt werden, Untersuchungen mit Kindern und Jugendlichen sind jedoch methodisch und ethisch schwierig. Tierexperimentelle Studien bieten die Möglichkeit systematischer Langzeituntersuchungen. Einen Überblick über tierexperimentelle Studien gaben Alexander Lerchl (Jacobs University Bremen) und Carmela Marino (Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, ENEA). Sie stellten fest, dass sich bei erwachsenen Tieren (relativ robust) keine gesundheitsrelevanten Effekte hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung abzeichnen. Auch aus Mehr-Generationen-Studien ergaben sich bisher keine Hinweise auf negative Effekte – zumindest was die chronische Ganzkörperexposition betrifft. Allerdings wird im Hinblick auf altersabhängige Wirkungen weiterer Forschungsbedarf gesehen, speziell zu Einflüssen auf das sich entwickelnde

Gehirn. Ein methodisches Problem stellt dabei die Dosimetrie während der Entwicklung der Tiere dar. Das BfS hat eine Studie initiiert, die diese Lücke schließen soll. So soll im Tiermodell die Situation „Handynutzung“ untersucht werden, das heißt eine wiederholte Kopfexposition beginnend an juvenilen Tieren ab dem 14. Lebenstag bis ins Alter hinein. Ergebnisse werden Ende 2012 erwartet.

Maria Feychting (Karolinska Institutet), Denis Aydin (Swiss Tropical and Public Health Institute) und Geertje Goedhart (Utrecht University) stellten laufende epidemiologische Studien vor, in denen das Hirntumorrisiko bei Handynutzung untersucht wird. Für die internationale Fall-Kontroll-Studie „Case control Study of Brain Tumors in Children and Adolescents and Mobile Phone Use“ (CEFALO) ist die Datenerhebungsphase bereits abgeschlossen, während sie für die als bisher größte krankenhausbasierte Fall-Kontroll-Studie an Kindern und Jugendlichen in 13 Ländern (darunter Deutschland) konzipierte Studie MOBI-KIDS erst begonnen hat. Erste Ergebnisse werden für Ende 2013 erwartet. Es ist zu hoffen, dass die derzeit laufenden experimentellen und epidemiologischen Studien die Datenlage zu diesem wichtigen Thema verbessern werden.

Fazit

Der Workshop „NIR & Children´s Health“ bot einen umfassenden Überblick über den Kenntnisstand zu Wirkungen nichtionisierender Strahlung auf Kinder. Es wurden Übersichtsbeiträge zu allen NIR-Frequenzbereichen und Ergebnisse aus aktuellen Einzelstudien vorgestellt. Die Auffassung, dass die Kindheit eine entscheidende Lebensphase für langfristige Schäden durch UV-Strahlung darstellt, konnte durch Migrationsstudien weiter unterstützt werden. Auch wurde aus der Biologie eine plausible Hypothese zu den zugrundeliegenden Ursachen vorgestellt. Im Zusammenhang mit niederfrequenter Strahlung liegen aus epidemiologischen Studien Hinweise auf ein erhöhtes Risiko in Bezug auf kindliche Leukämie vor. Zur Risikobewertung und zur Abklärung von Wirkmechanismen ist es jedoch notwendig, diese Ergebnisse durch experimentelle Studien zu stützen. Vor allem müssen die Kenntnisse über die Ätiologie der kindlichen Leukämie verbessert werden. Entsprechende Forschungsvorhaben wurden und werden initiiert.



Auch bei der hochfrequenten elektromagnetischen Strahlung besteht noch Forschungsbedarf, vor allem bezüglich der Langzeitwirkungen wiederholter Kopfexposition (Situation „Handynutzung“). Hier können bestehende Unsicherheiten nur durch weitere experimentelle und epidemiologische Studien verringert werden. Entsprechende Forschungsvorhaben sind initiiert. Das BfS bleibt indessen bei seiner Empfehlung, bei Handynutzung vorsorglich die individuelle Exposition zu minimieren.

Weitere Informationen

Informationen zum Workshop finden Sie unter <http://www.icnirp.org/Kids/kids&NIRprog.htm>. Dort werden auch die Präsentationen zur Verfügung gestellt. Weitere umfangreiche Informationen zu Wirkungen nichtionisierender Strahlung finden Sie unter folgenden Links (letztes Aufrufdatum für alle Links: 29.06.2011):

- <http://www.bfs.de/en/elektro>
- <http://www.cost-bm0704.org/>
- <http://www.ebea.org/>

- <http://www.euroskin.eu/>
- <http://www.icnirp.org/>
- http://www.who.int/topics/radiation_non_ionizing/en/

Literatur

El Ghissassi F, Baan R, Straif K, Grosse Y, Scretan B, Bouvard V, Benbrahim-Tallaa L, Guha N, Freeman C, Galichet L, Cogliano V; WHO International Agency for Research on Cancer Monograph Working Group (2009): A review of human carcinogens – part D: radiation. In: Lancet Oncol 10(8): 751-752.

IARC Monographs (2002): Non-ionizing radiation, Part 1: static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields. In: Eval Carcinog Risks Hum 80: 1-395.

NiSG (2009): Gesetz zur Regelung des Schutzes vor nichtionisierender Strahlung bei der Anwendung am Menschen. BGBl 2009. Teil I Nr. 49.

Abbildungen: BfS.

Kontakt

Dr. Monika Asmuß
 Bundesamt für Strahlenschutz, Arbeitsgruppe SG 1.4:
 Strahlenrisiko, Strahlenschutzkonzepte,
 Risikokommunikation
 Ingolstädter Landstraße 1
 85764 Oberschleißheim
 E-Mail: [masmuss\[at\]bfs.de](mailto:masmuss[at]bfs.de)

[BfS]

Das Europäische Strahlenbiologische Archiv ERA

The European Radiobiological Archives ERA

Mandy Birschwilks, Michael Gruenberger, Paul N. Schofield, Bernd Grosche

Abstract

The ERA database contains information and data from most of the radiobiological animal experiments carried out between the 1960s and the 1990s in Europe. Additionally, information on the respective experiments conducted in Japan and in the USA is included. From today's perspective, most of these experiments are unrepeatable due to ethical and financial reasons. To be found on the BfS homepage, this database is now available for free <https://era.bfs.de>. The required access code and password is available under [era\[at\]bfs.de](mailto:era[at]bfs.de). The use of the database leads to a reduction of animal testing. Thus, the database also makes a contribution both to progress in radiation biology and animal protection.

Zusammenfassung

Die ERA-Datenbank beinhaltet Informationen und Daten zu fast allen strahlenbiologischen Tierversuchen, die von den 1960er bis zu den 1990er Jahren in Europa durchgeführt wurden. Darüber hinaus gibt es auch Informationen zu den entsprechenden Studien in den USA und in Japan. Viele der in ERA enthaltenen Experimente könnten heute sowohl aus ethischen als auch aus finanziellen Gründen nicht mehr durchgeführt werden. Die ERA-Datenbank ist kostenlos unter <https://era.bfs.de> einsehbar (Stand: Redaktionsschluss). Für den Zugang ist ein Passwort erforderlich, das von den Kuratoren über [era\[at\]bfs.de](mailto:era[at]bfs.de) erfragt werden kann. Die Datenbank ist sowohl für die Strahlenbiologie als auch für den Tierschutz ein bedeutender Entwicklungsschritt.

Hintergrund

Strahlenbiologische Tierversuche wurden früher in weit größerem Umfang durchgeführt als dies heute sowohl aus ökonomischen als auch aus ethischen Gründen möglich ist. Die Möglichkeit, Originaldaten mit neuen Methoden und Verfahren analysieren zu können, ist daher von großem Wert. Es ist wichtig, die primären Daten dieser unwiederholbaren Experimente zu sichern, um Re-Analysen, Re-Interpretationen und Re-Evaluierungen der Ergebnisse im Lichte neuer Erkenntnisse der Strahlenbiologie durchführen zu können.

Die quantitative Bewertung des Strahlenrisikos wird aktuell aus Erkenntnissen epidemiologischer Untersuchungen strahlenexponierter Bevölkerungsgruppen, ergänzt durch Daten aus Tierexperimenten, sowie zellulären und biophysikalischen in vitro-Studien gewonnen. Die jüngsten Entwicklungen in der molekularen und genetischen Forschung bieten in zunehmendem Maße neue Möglichkeiten, um die Risiken der Strahlenexposition auch auf individueller Ebene zu quantifizieren (Brooks 2003; Sankaranarayanan, Wassom 2005; Bouffler et al. 2006). Die retrospektive Analyse von früheren epidemiologischen und tierexperimentellen Studi-

en stellt daher einen wichtigen Ansatz für die Modellierung und Bewertung von neu entdeckten Risikofaktoren (z.B. Bijwaard 2006) dar. Daraus resultiert zwingend die Notwendigkeit, Daten für die Forschung zu archivieren und zur Verfügung zu stellen. Zusätzlich birgt die Nutzung bereits vorhandener Daten für neue Analysen einen enormen Mehrwert, der deutlich über die ursprüngliche Zielsetzung hinausgeht.

Bereits Mitte der 1980er Jahre wurde von der EU ein Projekt initiiert (Gerber et al. 1996; Gerber et al. 1999), das die Daten aus den verschiedenen Versuchen zusammentragen sollte, um diese Informationen für spätere Auswertungen vorzuhalten: das „European Radiobiological Archives“ (ERA). Ähnliche Projekte wurden auch in den USA (Na-



tional Radiobiology Archives, NRA) und in Japan (Japanese Radiobiological Archives, JRA) initiiert. Diese drei Archive zusammen beinhalten Daten nahezu aller strahlenbiologischen Tierversuche, die zwischen 1960 und 1998 in Europa, den USA und Japan durchgeführt wurden. Die ERA-Datenbank umfasst 151 Studien aus 21 Laboren.

Da die ursprüngliche Datenbank eine Online-Nutzung ausschloss, wurden große Anstrengungen unternommen, diese in eine online zugängliche Version zu überführen. Dies ging einher mit Maßnahmen zur Qualitätssicherung. Zuerst erfolgte die Schätzung des Anteils nicht-systematischer Fehler bei der Dateneingabe. Im nächsten Schritt wurde jeder Datensatz mit externen Informationsquellen verglichen. Eine weitere Voraussetzung für einen aussagekräftigen Vergleich der Daten verschiedener Studien ist die Standardisierung der Terminologie und der Histopathologie. Die Harmonisierung der pathologischen Terminologie wurde durch die Einführung pathologischer Begriffe nach aktuellem Standard erreicht.

ERA stellt nunmehr ein wichtiges Werkzeug in der weltweiten strahlenbiologischen Forschung dar.

Die alte Datenbank

Bisher lagen die ERA-Daten in einer MS-ACCESS 2000-Datenbank vor. Die ursprüngliche Datenbank wurde im Detail von Prof. Gerber beschrieben, der diese initiierte und mit Unterstützung Dritter die Archivierung durchführte (Gerber et al. 2006).

Eine Abfrage der alten Datenbank war jedoch ohne Zugriff auf die lokalen Daten-Dateien nicht möglich. Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) hat gemeinsam mit der Universität Cambridge die bestehende ERA-Datenbank als Basis herangezogen und diese in eine internet-basierte Datenbank überführt. Gleichzeitig konnte der Nutzen für die Wissenschaft erhöht und die Kodierung sowie Datenstruktur mit derzeitigen Standards der Anatomie und Pathologie in Übereinstimmung gebracht werden. Im Zuge der Umwandlung der alten Datenbank in eine Online-Version wurde eine Reihe von Aufgaben durchgeführt: Die Daten wurden überprüft und es wurde von vornherein entschieden, dass keine Umwandlung erfolgt, sollte der Anteil der nicht-systematischen Fehler bei der Dateneingabe über 5 Prozent liegen. Die Pathologienomenklatur

wurde standardisiert. Daten und Literaturverweise wurden soweit wie möglich aktualisiert.

Die Datenqualität und Literatur

Eine erste Validierung und Qualitätskontrolle der bestehenden Datenbank wurde durch eine erneute Eingabe zufällig ausgewählter Daten aus vier verschiedenen Studien mit mehr als 4.000 einzelnen Datensätzen durchgeführt. Für diese Validierung der Datenbank-Datensätze wurden die originalen Arbeitsunterlagen und die gespeicherten elektronischen Daten verglichen (Tapio et al. 2008). Eine zweite Qualitätsprüfung erfolgte durch den Vergleich des Inhalts der gedruckten Version der alten Datenbank (Gerber et al. 1996) mit den Inhalten der alten Datenbank (Stand 2003) und denen der Beta-Version von ERA. Dies erfolgte durch manuelle Überprüfung des kompletten Datenbestandes. Inkonsistenzen wurden aufgedeckt und durch ständige Rücksprache mit dem Begründer, Prof. Gerber, behoben.

Ein Großteil der primären Daten im Archiv existiert in der publizierten Literatur und/oder internen institutionellen Berichten. Es ist wichtig, dass diese Quellen leicht zugänglich sind, zusammen mit den Original-Publikationen sowie Verweisen auf Studien, die diese Daten verwenden. Ein wichtiges Ziel des Projekts war es deshalb, die beiden bestehenden Referenz-Bibliotheken mit Links zu Original-Artikeln, Rezensionen, internen Berichten usw. zu ergänzen. Soweit möglich erfolgte eine Verlinkung zu PubMed®-Referenzen. Sofern keine rechtlichen Einschränkungen vorlagen, sind PDFs von Originalarbeiten oder Berichten enthalten.

Die Standardisierung der pathologischen Nomenklatur

Die ursprüngliche Nomenklatur der Pathologie von Nagern wurde überarbeitet. Die alte ‚DIS-ROD‘ (Disease Rodent)-Begrifflichkeit wurde durch die sogenannte Mouse Pathology (MPATH; Schofield et al. 2004a; Schofield et al. 2010) und Mouse Anatomy (MA; Hayamizu et al. 2005) ersetzt.

Dazu hat eine Gruppe von Pathologen anhand einer Auswahl pathologischer Schnitte die Originaldiagnosen mit den derzeit gültigen diagnostischen Kriterien verglichen.

Da eine genaue Beschreibung der Endpunkte für die Nutzung der Datenbank von entscheidender Bedeutung ist, war die Standardisierung der Terminologie unumgänglich. So wurde die Humanpathologie ursprünglich entweder nach dem ICD-8, der Internationalen Statistischen Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme, die von der Weltgesundheitsorganisation (WHO 1992) veröffentlicht wurde, oder dem Klinischen Diagnoseschlüssel (KDS) (Immich 1968) erfasst. Beide Klassifikationen enthalten anatomisch und ätiologisch präzisierte Begriffe.

Die Pathologie der Nagetiere war und ist teilweise sehr unterschiedlich in den europäischen, amerikanischen und japanischen Archiven. Entweder gibt es ein Äquivalent zur menschlichen Nomenklatur oder es gibt lokale Formalismen, die im Grunde unstrukturierte kontrollierte Vokabularien sind. So wurden zum Beispiel die amerikanischen Beagle-Daten mit Hilfe der Systematisierten Nomenklatur des Hundes (SNODOG) erfasst – einer unveröffentlichten lokalen Modifikation der systematisierten Nomenklatur der Veterinärmedizin (SNOVET, Palotay 1983), die an den Hund angepasst wurde.

In den 1990er Jahren wurden lokale Nagetier-Nomenklaturen in die „DIS-ROD“-Begriffe auf der Grundlage der Arbeit eines EULEP-Pathologie-Panel (Bannasch 1994), der ICD-8 sowie der KDS in die ICD-9 überführt.

Während die ICD-9 nach wie vor eine weit verbreitete und gut verstandene Klassifizierung der Krankheiten für den Menschen darstellt, sind die „DIS-ROD“-Begriffe für Nagetiere nicht systematisch. Deshalb wurde die Entscheidung getroffen, diese in die jetzt einheitliche Nomenklatur für die Pathologie von Nagern, die MPATH-Ontologie, zu überführen. Die MPATH-Ontologie wurde für die Pathbase-Datenbank von einer Gruppe veterinär- und humanmedizinischer Pathologen und Anatomen entwickelt (Schofield et al. 2004a).

Das Ergebnis

Um die vorhandene Datenbank einem breiten Publikum zugänglich zu machen sowie die Interoperabilität mit anderen Datenbanken zu ermöglichen, wurde sie in eine relationale Datenbank mit einer intuitiven Benutzeroberfläche umgewandelt.

Die Datenqualität und Literatur

Die Validierung der vorhandenen Datenbank wurde, wie bereits erwähnt, durch erneute Eingabe zufällig ausgewählter Datensätze aus vier verschiedenen Studien mit mehr als 4.000 einzelnen Datensätzen durchgeführt. Diese ergab eine 2-prozentige Rate nicht-systematischer Fehler. Diese Rate lag unter der vorab festgelegten Schwelle von 5 Prozent. Hätte die Rate der nicht-systematischen Fehler höher gelegen, wäre das Projekt gestoppt worden. Die systematischen Fehler wurden korrigiert.

Der sehr detaillierte Vergleich der gedruckten Version mit der alten elektronischen und der Beta-online-Version von ERA ergab nur wenige Fehler, die hauptsächlich systematische Phasenverschiebungen oder Tastatureingabe-Fehler waren, die behoben werden konnten. In einigen wenigen Fällen war die Programmierung der Datenbank inkonsistent. Auch diese Probleme konnten behoben werden.

Soweit möglich, wurden die jeweiligen Studien mit Originalpublikationen, Testberichten etc., durch eine PubMed®-ID oder mit einer verfügbaren PDF-Datei verknüpft. Insgesamt beinhaltet ERA 734 Zitate, von denen 368 zu PubMed® verlinkt und 134 mit einer verfügbaren PDF-Datei verknüpft sind. Acht Zitate sind sowohl mit PubMed® als auch einer PDF-Datei verlinkt. Weitere 14 Referenzen sind auf Anfrage über das BfS erhältlich.

Der Inhalt der ERA-Datenbank

ERA beinhaltet 151 Studien aus 21 Labors in Europa, 143 Studien aus 11 Labors des amerikanischen strahlenbiologischen Archivs (National Radiobiological Archives, NRA) und 40 Studien aus 14 Labors des japanischen strahlenbiologischen Archivs (Japanes Radiobiological Archives, JRA). Für jede der Studien wurden folgende Angaben gemacht: a) Zweck der Studie, b) Labor und leitender Wissenschaftler, c) Art der Behandlung, wie Strahlung, chemische oder biologische Stoffe, d) Dosimetrie, e) Endpunkte, wie Überlebenszeit oder pathologische und molekularbiologische Merkmale, f) Art, Stamm, Geschlecht und Alter der verwendeten Tiere, g) Zusammenfassung der Ergebnisse und h) ausgewählte Publikationen. Insgesamt beinhaltet ERA Informationen von etwa 460.000 Individuen.

Tabelle 1: Übersicht der im Europäischen Strahlenbiologischen Archiv (ERA) verfügbaren Informationen.							
	Labors	Studien	Gruppen	Individuen (Tiere und Menschen) gesamt	Individuen (Tiere und Menschen) mit Daten	Menschen gesamt	Menschen mit Daten
ERA	21	151	4.623	241.077	97.719	8.490	4.274
NRA	11	143	1.861	190.471	115.801	0	0
JRA	14	40	367	31.976	5.835	2.439	2.439
Summe	46	334	6.851	463.524	219.355	10.929	6.713

Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die Informationen des Archivs. Wie zu sehen ist, sind auch Daten aus Kohortenstudien an Patienten in der Datenbank. Der Zugang für die Humanstudien ist noch nicht realisiert.

Außerdem ist eine Sammlung von zoombaren Bildern histopathologischer Befunde einiger der Experimente verfügbar. Ferner wurden Links zu anderen einschlägigen Datenbanken wie Pathbase (Schofield et al. 2004b) und JANUS (Wang et al. 2010) hergestellt. Im letztgenannten Fall ist es wichtig zu beachten, dass die JANUS-Studien dynamisch mit den Studien in ERA verknüpft sind.

Die Benutzeroberfläche

ERA ist eine standardisierte elektronische Datenbank. Informationen können auf schnellem und einfachem Weg gefunden werden. Die Suche ist durch semantisch vorgeschriebene Vokabularien und Ontologien vereinfacht. Die Datenbank zeigt die Ergebnisse als Miniatur-Dokumente an.

Anwenderinnen und Anwender haben drei Möglichkeiten eine Abfrage durchzuführen (Schnellsuche / Browsen / Erweiterte Suche), um die gewünschten Ergebnisse zu erhalten. Eine „Schnellsuche“ erfolgt durch die Eingabe des Suchterms in das Suchfeld der Homepage. Es ist zu beachten, dass die Studiennamen sowie Beschreibungen, nicht aber die individuellen oder Gruppen-Daten aller eingeschlossenen Studien durchsucht werden. Es ist möglich, sowohl UND- als auch ODER-Abfragen durch die Kombination verschiedener Begriffe durchzuführen.

Beim „Browsen“ erfolgt ein sukzessives Durchblättern aller Studien der jeweiligen Laboratorien. Die „Browse“-Funktion ist sinnvoll, um einen Überblick über den Inhalt der ERA-Datenbank zu erhalten.

Mit der „Erweiterten Suche“ können verschiedene Parameter definiert werden, zum Beispiel Organismus, Pathologie, Exposition etc. In einer Reihe von sogenannten Lookup-Tabellen können Anwenderinnen und Anwender Suchbegriffe auswählen, um so die Suchkriterien zu spezifizieren.

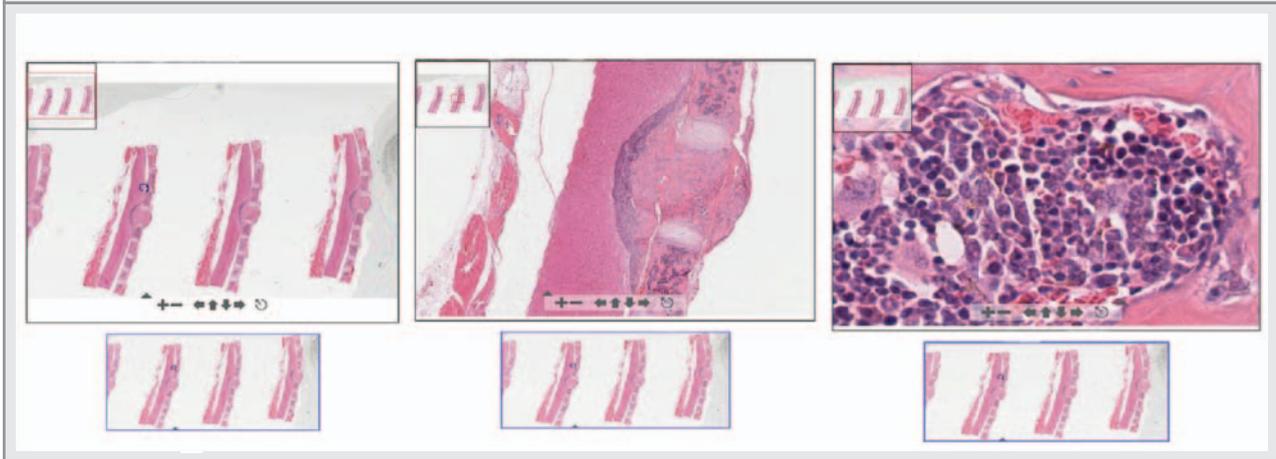
Die Ergebnisse werden in tabellarischer Form ausgegeben. Die Studien sind in Reihen angeordnet. Durch Auswählen einer Studie erhält man Einzelheiten zu der jeweiligen Studie, einschließlich der Studiengruppen. Nach Auswahl einer speziellen Studiengruppe werden deren Individuen ausgegeben. Die vollständigen Daten eines Experiments können als CSV-Datei für weitere Analysen exportiert werden.

Die digitalen hochauflösenden pathologischen Bilder (Whole-Slide Images, WSI) können entweder über den Link „High resolution images“ unter der Rubrik „Ressourcen“ der Eingangsseite oder über den gegebenen Link in der jeweiligen Studie aufgerufen werden (**Abbildung 1**).

Diskussion

Die immer weitergehenden Entwicklungen in der molekularen und genetischen Forschung werden es langfristig ermöglichen, die Risiken nach einer Strahlenbelastung für den Einzelnen zu quantifizieren. Die retrospektive Analyse früherer epidemiologischer sowie tierexperimenteller Studien ist daher eine wichtige Ressource für die Modellierung und Bewertungen neuer Risikoparameter. Dies voraussehend haben EU und EULEP für die Archivierung sowie den Vergleich von Daten eine Datenbank erstellen lassen, die fast alle verfügbaren strahlenbiologischen Tierexperimente in Europa, den USA und Japan aus den Jahren zwischen 1960 und 1998 enthält. Basierend auf dieser alten Datenbank wurden Maßnahmen zur Qualitätssicherung durchgeführt,

Abbildung 1: Beispiel für abrufbare digitale hochauflösende Bilder – Versuch 5.10.: „Osteosarcoma following treatment with 227 Thorium citrate (inj) 646 days old“. Quelle: <https://era.bfs.de>.



die Nomenklatur der Pathologie standardisiert, die Inhalte aktualisiert beziehungsweise ergänzt und letztendlich die Daten online verfügbar gemacht. Die damit entstandene Datenbank ERA hat somit das Potenzial, zu einem wichtigen Instrument für die wissenschaftliche Gemeinschaft zu werden. Das Archiv ermöglicht den Zugriff auf Originaldaten, die nicht in den aus den Studien hervorgegangenen Veröffentlichungen enthalten sind.

Große Anstrengungen wurden unternommen, um Fehler und Unstimmigkeiten der alten Datenbank zu beseitigen. Es ist jedoch wichtig festzuhalten, dass die Kuratoren von ERA keine Verantwortung oder Haftung für die Richtigkeit der Daten übernehmen, lediglich für die Richtigkeit der Übertragung der Daten aus den Originalquellen in die Datenbank. Wie bei Veröffentlichungen auch, liegt die Verantwortung für die Richtigkeit der Originaldaten bei den Forschern, die die verschiedenen Studien durchgeführt haben.

ERA enthält neben Informationen aus Tierversuchen auch Daten aus Kohortenstudien an Personen, die strahlentherapeutisch behandelt wurden. Die Daten aus den Kohortenstudien an Patienten sind nicht frei zugänglich. Ein Zugangsmodus wird derzeit erarbeitet.

Die Datenbank kann auch als Informationsbasis bei der Planung neuer Tierversuche genutzt werden. Sie bietet die Möglichkeit einer langfristigen Datenerhaltung für laufende und für neue Studien und kann helfen das Ausmaß an strahlenbiologischen Experimenten zu begrenzen.

Die ERA-Datenbank wurde mit Unterstützung der EU (Vertragsnummer: FI6R – 028275; EURATOM) in Kooperation von BfS und der Universität Cambridge erstellt.

Literatur

Bannasch P (1994): Pathology of Neoplasia and Preneoplasia in Rodents. Stuttgart, New York: Schattauer.

Bijwaard H (2006): Mechanistic Models of Bone Cancer Induction by Radium and Plutonium in Animals Compared to Humans. Radiat Prot Dosimetry.

Birschwilks M et al. (2011): The European radiobiological archives: online access to data from radiobiological experiments. In: Radiat Res 175: 526-531.

Bouffler SD et al. (2006): Assessing radiation-associated mutational risk to the germline: repetitive DNA sequences as mutational targets and biomarkers. In: Radiat Res 165: 249-68.

Brooks AL (2003): Developing a scientific basis for radiation risk estimates: goal of the DOE Low Dose Research Program. In: Health Phys 85: 85-93.

Gerber GB et al. (1996): International Radiobiology Archives of Long-term Animal Studies I. Description of Participating Institutions and Studies. DOE/RL. Report 96-72.

Gerber GB et al. (1999): International radiobiology archives of long-term animal studies: structure, possible uses and potential extension. In: Radiat Environ Biophys 38: 75-9.

Gerber GB et al. (2006): The European Radiobiology Archives (ERA): content, structure and use illustrated by an example. In: Radiat Prot Dosimetry 118: 70-7.

Hayamizu TF et al. (2005): The Adult Mouse Anatomical Dictionary: a tool for annotating and integrating data. In: Genome Biology 6: R29.

Immich H (1968): Klinischer Diagnoseschlüssel. Stuttgart: Schattauer.

Palotay JL (1983): SNOMED-SNOVET: an information system for comparative medicine. In: Medical Informatics (Lond) 8: 17-21.

Sankaranarayanan K, Wassom JS (2005): Ionizing radiation and genetic risks XIV. Potential research directions in the post-genome era based on knowledge of repair of radiation-induced DNA double-strand breaks in mammalian somatic cells and the origin of deletions associated with human genomic disorders. In: Mutat Res 578: 333-70.

Schofield PN et al. (2004a): Pathbase: a database of mutant mouse pathology. In: Nuc Acids Res 32 (Database issue): D512-5.

Schofield PN et al. (2004b): Pathbase: a new reference resource and database for laboratory mouse pathology. In: Radiat Prot Dosimetry 112: 525-8.

Schofield PN et al. (2010): Pathbase and the MPATH ontology: Community Resources for Mouse Histopathology. In: Vet Pathol. 2010 Nov; 47(6):1016-20. Epub 2010 Jun 29.

Tapio S et al. (2008): Progress in updating the European Radiobiology Archives. In: Int J Radiat Biol 84:930-6.

Wang Q et al. (2010): Tissue and data archives from irradiation experiments conducted at Argonne National Laboratories over a period of four decades. In: Radiat Environ Biophys. 2010 Aug; 49(3):317-24. Epub 2010 Mar 23.

WHO (1992): Manual for International Classification of Diseases and Health Related Problems, 9th Revision. Geneva: WHO.

Kontakt

Dr. Mandy Birschwilks
Bundesamt für Strahlenschutz
Arbeitsgruppe SG 1.4 „Strahlenrisiko, Strahlenschutz-
konzepte, Risikokommunikation“
Ingolstädter Landstrasse 1
85764 Oberschleißheim
E-Mail: mbirschwilks[at]bfs.de

[BfS]

Emissionen von Nanopartikeln aus Produkten

Emission of Nanoparticles from Products

Wolfgang Dubbert, Heidi Becker

Abstract

Manufactured nano-materials are of growing importance in the development and the application of innovative products. These nano-materials may be beneficial for the environment. But analyses provide indication of potential negative effects of defined nano-materials on the human health. Partly nano-particles could be released from products. The increasing number of products and applications necessitates the fortified scientific analysis of impacts on man and environment. In order to assess the possible risk it is necessary to determine the possibility of the release of nano-particles in the life-cycle of the product, i.e. during production, further processing, utilisation as well as disposal or recycling.

Zusammenfassung

Synthetische Nanomaterialien gewinnen in der Entwicklung neuer Produkte und Anwendungen immer mehr an Bedeutung. Diese Nanomaterialien können sich vorteilhaft für die Umwelt auswirken. Andererseits deuten Untersuchungen aber auch auf mögliche schädliche Wirkungen von bestimmten Nanomaterialien auf die menschliche Gesundheit hin. Teilweise können Nanopartikel aus Produkten freigesetzt werden. Eine Zunahme der Produkte und Anwendungen macht daher eine verstärkte wissenschaftliche Analyse der Auswirkungen auf Mensch und Umwelt notwendig. Um ein mögliches Risiko einschätzen zu können, das von diesen Materialien ausgeht, ist es erforderlich, die mögliche Freisetzung der Nanopartikel im Lebenszyklus, also bei der Herstellung, der Weiterverarbeitung, der Nutzung sowie der Entsorgung oder der Wiederverwertung der Produkte zu bestimmen.

Kosmetikartikel oder Markisen mit nanoskaligem Titandioxid, Kraftstoffe mit nanopartikulärem Ceroxid, Autoreifen mit Nano-Siliziumdioxid, Fahrradhelme oder Tennisschläger mit Kohlenstoffnanoröhren (CNT) – eine ganze Reihe von Produkten, die Nanomaterialien enthalten, ist bereits auf dem Markt. Die eingesetzten Nanomaterialien verleihen mit ihren neuartigen Eigenschaften den einzelnen Produkten Vorteile für die Anwender: Beispielsweise sollen die winzigen Titandioxid-Partikel die damit ausgestatteten Textilien länger witterungsbeständig und durch Verhinderung von Schimmelbewuchs länger haltbar machen. Sonnencremes mit nanoskaligem Titandioxid lassen sich besser auf der Haut verteilen und verbessern so den Schutz vor Hautschädigungen (Sonnenbrand) durch UV-Strahlen. Ceroxid-Nanopartikel sorgen für eine effizientere Verbrennung des Dieselmotorkraftstoffs und damit für eine Verringerung des Kraftstoffverbrauchs und der Rußemission. Siliziumdioxid-Partikel in Autoreifen erhöhen die Haltbarkeit durch Verringerung der Reibungskräfte, was gleichzeitig zu einem verringerten Kraftstoffverbrauch führt. CNT führen in den damit ausgerüsteten Materialien und Kunststoffen zu einer erhöhten Bruchfestigkeit

und Stabilität. Teilweise wirken sich diese Nanomaterialien vorteilhaft für die Umwelt aus, sei es durch die Einsparung von Kraftstoff und die verminderte Bildung klimaschädlicher Gase oder sei es durch die Einsparung von Ressourcen durch die Erhöhung der Stabilität von Produkten.

Das Weltmarktvolumen nanotechnisch beeinflusster Produkte beträgt heute schon knapp 150 Milliarden Dollar. In den nächsten fünf bis zehn Jahren wird eine Steigerung auf insgesamt drei Billionen Dollar erwartet (BMBF 2010). Mit der steigenden Zahl solcher Produkte erhöht sich aber auch die Wahrscheinlichkeit einer möglichen Freisetzung von Nanopartikeln in die Umweltmedien Boden, Wasser und Luft über Verschleiß und Abnutzung während des Gebrauchs oder über Materialalterung und Abbau nach Gebrauch. Gleichzeitig nimmt die Exposition von Mensch und Umwelt zu. Hier bewegen wir uns allerdings noch weitgehend auf unbekanntem Terrain, da geeignete validierte Messverfahren von Nanomaterialien in der Umwelt noch nicht ausreichend zur Verfügung stehen.

Definition der Nanomaterialien

Nanomaterialien bestehen im Allgemeinen aus abgrenzbaren strukturellen Bestandteilen in einer Größenordnung typischerweise unterhalb von 100 Nanometern ($1\text{ nm} = 10^{-9}\text{ m}$) (BMU 2011). Solche Nanomaterialien können sowohl bei natürlichen Ereignissen wie Vulkanausbrüchen als auch unbeabsichtigt bei technischen Prozessen, wie beispielsweise beim Schleifen von Oberflächen, entstehen. Technisch absichtlich hergestellte Nanomaterialien besitzen in der Regel neuartige, gewollte Eigenschaften, die für die Entwicklung neuer Produkte und Anwendungen bedeutend sind. Untersuchungen von Nanomaterialien deuten auf mögliche schädliche Wirkungen von bestimmten Nanomaterialien auf die menschliche Gesundheit hin. Andere Nanomaterialien zeigen keine negativen Effekte. Noch weitgehend unbekannt ist bei diesen Nanomaterialien allerdings ihre Wirkung auf die Umwelt für den Fall, dass sie bei oder nach dem bestimmungsgemäßen Gebrauch der Produkte und Anwendungen aus diesen in die Umwelt entweichen. Eine Zunahme der Produkte und Anwendungen macht daher eine verstärkte wissenschaftliche Analyse der Auswirkungen auf Mensch und Umwelt notwendig. Um ein mögliches Risiko einschätzen zu können, das von diesen Materialien ausgeht, ist es erforderlich, die mögliche Freisetzung der Nanopartikel im Lebenszyklus, also bei der Herstellung, der Weiterverarbeitung, der Nutzung sowie der Entsorgung oder der Wiederverwertung der Produkte zu bestimmen.

Freisetzung von Nanomaterialien aus Produkten

Wie die Ergebnisse einer im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA) durch das Institut für Energie und Umwelttechnik (IUTA) e.V. erarbeiteten Studie (Kuhlbusch, Nickel 2010) zeigen, spielt eine Freisetzung von Nanopartikeln aus Produkten im Lauf ihres Lebenszyklus durchaus eine Rolle. Eine solche Freisetzung ist vorrangig in die Luft und das Wasser zu erwarten. Ins Wasser gelangen die Nanomaterialien meist über das Regenwasser oder über Abwässer und Kläranlagen. In die Luft können Nanopartikel besonders bei der Herstellung und Weiterverarbeitung gelangen, insbesondere dann, wenn mit Pulvern gearbeitet wird. Eine Freisetzung in die Luft während der Nutzungsphase ist beispielsweise über die Abgase beim Einsatz von

Ceroxid (Ce) als Katalysatorbeimengung in Kraftstoffen zu erwarten. So konnte durch Modellierung für eine Straßenschlucht ein Wert zwischen 20 und $80\text{ }\mu\text{g Ce/m}^3$ Luft ermittelt werden, wobei offen ist, welche Mengen dabei als nanoskaliges Ce anfallen (Park, Donaldson, Duffin et al. 2010). Keine Freisetzung scheint bei Produkten stattzufinden, bei denen die Nanomaterialien fest in eine Matrix eingebunden sind.

Die IUTA-Studie stellt gravierende Informationsdefizite fest, die sich aus dem heute noch immer weitgehenden Fehlen an geeigneten Messmethoden zur Detektion und Identifizierung von Nanopartikeln in der Umwelt herleiten lassen. Folglich kann bislang keine verallgemeinernde Bewertung der Emission und Umweltexposition getroffen werden.

Gesundheitliche Risiken von Nanomaterialien

Wie für Stäube sind auch für Nanopartikel die Atemwege der bedeutendste Aufnahmepfad in den Körper. Wegen ihrer geringen Größe gelangen sie bis in die Lungenbläschen und können von dort in weitere Organe transportiert werden. In der Lunge können Nanopartikel Entzündungen auslösen und sogar Tumoren erzeugen. Diese Wirkungen wurden aber nicht bei allen Nanopartikeln beobachtet. Denn ob eine beziehungsweise welche Wirkung auftritt, hängt von spezifischen Eigenschaften der neu entwickelten Materialien ab, die in vielfältigen Größen, Formen, mit modifizierten Oberflächen aus unterschiedlichen Materialien produziert werden und häufig auch nicht als einzelne Partikel vorliegen.

Werfen wir einen Blick auf zwei unterschiedliche Nanomaterialien: Titandioxid und Kohlenstoffnanoröhren.

Titandioxid

Titandioxid wird in Farben, Beschichtungen, Kunststoffen, als Lebensmittelzusatzstoff oder als UV-Blocker in Sonnencremes und auf Textilien eingesetzt.

Tierversuche haben gezeigt, dass als Pulver in hohen Dosen aufgenommene Titandioxid-Nanopartikel im Atemtrakt verstärkt Entzündungen auslösen können – bis hin zur Entstehung von Krebs. Die Wahrscheinlichkeit, dass Nanopartikel aus diesen

Produkten in relevanten Konzentrationen freigesetzt und vom Menschen aufgenommen werden können, ist jedoch gering, muss aber weiter untersucht werden. Seit kurzem wird ein textiler UV-Schutz auf Basis von nanoskaligem Titandioxid auf dem Markt angeboten. Auch hier ist zu überprüfen, ob und in welchem Ausmaß sich die aufgetragenen Nanopartikel bei Gebrauch der Textilien ablösen und in die Umgebungsluft gelangen können.

Kohlenstoffnanoröhren

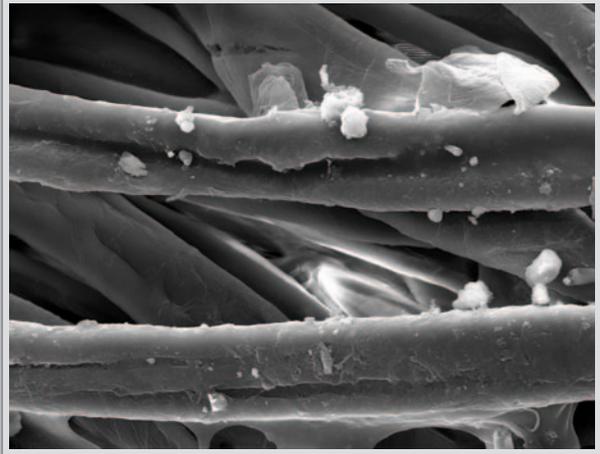
Kohlenstoffnanoröhren (CNT) sind der Werkstoff des 21. Jahrhunderts. Sie verfügen über hohe Festigkeit und Steife, leiten Wärme und sind je nach spezifischer Struktur elektrische Halbleiter oder Leiter. CNT wird heute schon in Kunststoffen zum Beispiel in Tennis- und Golfschlägern oder in Lithiumakkus eingesetzt. Dabei dienen die Zusätze an CNT der Verstärkung und Stabilisierung von Materialien oder der Erhöhung der elektrischen Leitfähigkeit von Kunststofffolien. Weitere Anwendungen wie Windrotorblätter aus CNT-haltigen Materialien stecken noch in der Entwicklung.

Viele Fachleute sehen allerdings ein Risiko, dass einige mehrwandige CNT, die ein kritisches Verhältnis von Länge zu Durchmesser überschreiten, Krebs in der Lunge hervorrufen könnten. Ein wichtiges Indiz für diese Überlegung stellt die dem Asbest ähnliche faserartige Struktur der CNT dar. Asbest war ein beliebter Werkstoff der Vergangenheit: hitze- und säurestabil, extrem hohe Zugfestigkeit, witterungsbeständig. Aber wie sich vor wenigen Jahrzehnten zeigte, können bereits wenige Asbestfasern Krebs auslösen. Dies führte dazu, dass Asbest als krebserregend eingestuft wurde.

CNT lassen in Lungen von Versuchstieren Entzündungen und Vernarbungen entstehen. Die Bildung von Tumoren in der Lunge nach Aufnahme über den Atemtrakt konnte bislang im Tierversuch nicht gezeigt werden. Allerdings verursachten CNT, die in den Bauchraum injiziert wurden, asbesttypische Tumoren im Brustfell. Einige Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler leiten daraus ab, dass bestimmte CNT auch nach Aufnahme über den Atemtrakt zu einer möglichen Ausbildung von Tumoren im Körper führen können.

Eine direkte Belastung der Verbraucherinnen und Verbraucher durch CNT ist zurzeit nicht zu erwarten, da die CNT bei der Herstellung von Produkten

Textilfasern, mit Titandioxid-Nanopartikeln beschichtet
(Foto: UBA, Marcia Giacomini).



fest in die Materialien eingebunden werden. Doch auch beim Asbest lag die Gefährdung nicht nur beim Gebrauch des asbesthaltigen Materials, sondern auch bei der Freisetzung der Fasern während der Entsorgung. Für CNT sollte daher eine potentielle Gefährdung bei der Nutzung und Entsorgung überprüft werden.

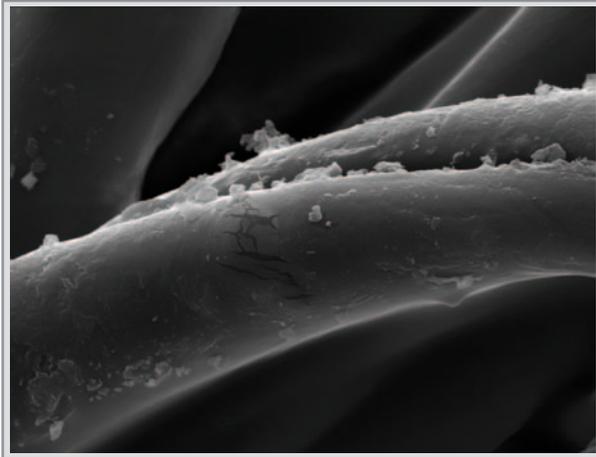
Eine vertiefende Darstellung der oben genannten Effekte von Titandioxid und CNT findet sich in einer vom UBA und dem Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) veröffentlichten gemeinsamen Stellungnahme (BfR/UBA 2011).

Es besteht umfangreicher Forschungsbedarf

Eine gesundheitsschädliche Wirkung kann nicht allen Nanomaterialien pauschal zugeschrieben werden. Bisher sind nur im Einzelfall, bei Vorliegen belastbarer Daten, tragfähige Beurteilungen möglich. Zunächst muss systematisch erforscht werden, welche Eigenschaften bestimmter Nanopartikel welche Wirkung in biologischen Organismen auslösen können. Erst dann können Vorhersagen für Eigenschaften neuer Nanopartikel mit ähnlichen Eigenschaften möglich werden.

Es gibt umfangreiche Regelwerke zum Schutz von Beschäftigten und Verbraucherinnen und Verbrauchern. Arbeitssicherheitsvorschriften oder Produktsicherheitsregelungen für die Feinstaubbelastung oder für die Belastung durch Aerosole gelten für Nanopartikel genauso wie für herkömmliche Stoffe. Die Nanotechnologie baut darauf auf, dass Materi-

Textilfasern, mit Silber-Nanopartikeln beschichtet
(Foto: UBA, Marcia Giacomini).



alien zum Beispiel durch Nanostrukturen ganz spezifische neue Eigenschaften aufweisen können.

Zum jetzigen Zeitpunkt gibt es keine gesicherten Erkenntnisse darüber, dass alle industriell hergestellten Nanopartikel beziehungsweise Nanomaterialien eine Gefahr darstellen.

In den vergangenen Jahren hat die Bundesregierung in einer Reihe von Projekten die Erarbeitung der wissenschaftlichen Grundlagen zur Sicherheit synthetischer Nanomaterialien gefördert. Hierzu zählen beispielsweise die BMBF-Projekte *NanoCare*, *INOS* und *Tracer*, die gemeinschaftlich von Industrie und Forschungseinrichtungen bearbeitet wurden. Unter anderem wurden hier Strategien zur Messung und zum Nachweis von Nanomaterialien am Arbeitsplatz entwickelt. Für die bessere Vergleichbarkeit von Ergebnissen aus toxikologischen Studien wurden Standardarbeitsanweisungen formuliert (NanoCare 2009).

Aktuell fördert die Bundesregierung eine Reihe von Projekten, die das Verhalten von Nanomaterialien in Produkten untersuchen. Erwähnenswert ist beispielsweise die BMBF-Fördermaßnahme *NanoNature: Nanotechnologien für den Umweltschutz – Nutzen und Auswirkungen*. Hier sollen unter anderem systematisch der Eintrag, die Verteilung, der Verbleib und die Wirkung von synthetischen Nanopartikeln und Nanomaterialien in der Umwelt erforscht und angepasste Messmethoden entwickelt werden.

In dem vom BMBF geförderten Vorhaben *UMSICHT* („Abschätzung der Umweltgefährdung

durch Silber-Nanomaterialien: vom chemischen Partikel bis zum technischen Produkt“) werden bis 2013 das Verhalten, der Verbleib und die Wirkung speziell von Silbernanopartikeln in der Umwelt untersucht. Beispielsweise wird hier in einem Teilprojekt ein Abrieb aus realen Textilprodukten erzeugt und dessen Verhalten unter möglichst realitätsnahen Bedingungen untersucht (UMSICHT-Projektseite). Das UBA ist an diesen Untersuchungen beteiligt.

Weitere interessante Projekte, die sich aktuell mit der Untersuchung des Verhaltens und der Auswirkung von Nanomaterialien auf die Umwelt und den Menschen beschäftigen sind *NanoTrack*, *NanoGEM* und *CarboLifeCycle* (DaNa-Projekte).

Auch im Auftrag des UBA wird zurzeit eine Reihe von Projekten gefördert, die sich mit der Wirkung von Nanomaterialien auf die Umwelt und ihrem Verhalten in der Umwelt beschäftigen.

In internationalem Rahmen erarbeitet die Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) in ihrer *Working Party on Manufactured Nanomaterials* Empfehlungen zur Messung und Analyse des Verhaltens und der (Öko-)Toxikologie von freigesetzten Nanomaterialien, um so präzisere Informationen über den Lebenszyklus von Nanomaterialien, einschließlich ihrem Verbleib und ihrer Behandlung in Abfallprodukten zu erhalten.

Empfehlungen des Umweltbundesamtes

Das Umweltbundesamt (UBA), das seit längerem bessere Informationen für Behörden, Verbraucherinnen und Verbraucher fordert, begrüßt die Empfehlung der EU-Ratspräsidentschaft, ein Melderegister für Nanomaterialien einzuführen. Um die Belastung des Menschen und der Umwelt mit synthetischen Nanomaterialien abzuschätzen, bedarf es umfangreichen Wissens über die Verwendung von Nanomaterialien in Produkten. In der noch bestehenden Phase der Ungewissheit empfiehlt das UBA mangelnde Information durch Vorsicht zu ersetzen.

Wie das UBA bereits in seinem Hintergrundpapier (Becker, Dubbert, Schwirn et al. 2009) festgestellt hat, geht es davon aus, dass Nanomaterialien, die fest in das Produktmaterial eingebaut sind, nicht freigesetzt werden und daher Mensch und Umwelt

nicht belasten. Die Hersteller sollten sich verpflichten, dies für den gesamten Lebensweg von Produkten nachzuweisen. Angesichts der bestehenden Wissensdefizite zu den Wirkungen von Nanomaterialien in der Umwelt und auf die Gesundheit des Menschen empfiehlt das UBA, dass Hersteller von Produkten mit Nanomaterialien nachweisen, dass diese fest in das Produktmaterial eingebunden sind und nicht freigesetzt werden.

Anwendungen, bei denen diese Materialien in die Umwelt eingetragen werden, sind im Sinne eines vorsorgenden Umweltschutzes zu vermeiden. Sie sollten dem Vorsorgeprinzip entsprechend so lange minimiert oder vermieden werden, bis durch eine umfassende Risikobewertung eine Besorgnis ausgeschlossen werden kann.

Literatur

Becker H, Dubbert W, Schwirn K et al. (2009): Nanotechnik für Mensch und Umwelt – Chancen fördern und Risiken mindern. Presse-Hintergrundpapier. Umweltbundesamt 2009. http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/mysql_medien.php?anfrage=Kennnummer&Suchwort=3765 (Abrufdatum: 15.07.2011).

BfR/UBA (2010): Beurteilung eines möglichen Krebsrisikos von Nanomaterialien und von aus Produkten freigesetzten Nanopartikeln – Stellungnahme des Bundesinstituts für Risikobewertung und des Umweltbundesamtes vom 15. April 2010. <http://www.uba.de/uba-info-medien/4068.html> (Abrufdatum: 15.07.2011).

BMBF (2010): NanoCare und NanoNature – verantwortungsvoller Umgang mit der Nanotechnologie. Internetseite des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. <http://www.bmbf.de/de/5915.php>. (Abrufdatum: 15.07.11).

BMU (2011): Verantwortlicher Umgang mit Nanotechnologien – Bericht und Empfehlungen der NanoKommission 2011. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.). <http://www.bmu.de/chemikalien/nanotechnologie/nanodialog/doc/46552.php> (Abrufdatum: 15.07.2011).

DaNa-Projekte: Erfassung, Bewertung und breitenwirksame Darstellung von gesellschaftlich relevanten Daten und Erkenntnissen zu Nanomaterialien (DaNa). Projektübersicht. <http://www.nanopartikel.info/cms/Projekte> (gesichtet 21.04.2011).

Kuhlbusch Th, Nickel C (2010): Studie zur Emission von Nanopartikeln aus ausgewählten Produkten in ihrem Lebenszyklus. Umweltbundesamt. TEXTE 52/2010. <http://www.uba.de/uba-info-medien/4028.html> (Abrufdatum: 15.07.2011).

NanoCare (2009): Gesundheitsrelevante Aspekte synthetischer Nanomaterialien. http://www.nanopartikel.info/files/content/dana/Dokumente/NanoCare/Publikationen/NanoCare_Broschuere.pdf (Abrufdatum: 15.07.2011).

Park B, Donaldson K, Duffin R et al. (2008): Hazard and risk assessment of a nanoparticulate cerium oxide-based diesel fuel additive – a case study. In: *Inhalation Toxicology* 20(6): 547-566.

UMSICHT-Projektseite: Abschätzung der Umweltgefährdung durch Silber-Nanomaterialien: vom chemischen Partikel bis zum technischen Produkt. Projektseite. <http://www.nanopartikel.info/cms/Projekte/umsicht> (Abrufdatum: 22.03.2011).

Kontakt

Dr. Wolfgang Dubbert
Fachgebiet III 2.3 K „Chemische Industrie,
Energieerzeugung“
Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
E-Mail: wolfgang.dubbert[at]uba.de

Dr. Heidi Becker
Fachgebiet II 1.2 „Toxikologie, Gesundheitsbezogene
Umweltbeobachtung“
Umweltbundesamt
Corrensplatz 1
14195 Berlin
E-Mail: heidi.becker[at]uba.de

[UBA]

Sicherheit von Nanosilber in Verbraucherprodukten: Viele Fragen sind noch offen

Safety of nano silver in consumer products: many questions remain open

*Astrid Epp, Mark Lohmann, Jürgen Thier-Kundke, Carsten Kneuer,
Frank Herzberg, Mario Götz, Jutta Tentschert, Bernd Schäfer, Ursula Banasiak,
Gaby-Fleur Böhl, Andreas Luch*

Abstract

Silver and silver compounds release silver ions that can inhibit the growth of germs. For that reason they are used for instance in cosmetics, textiles and household appliances. Furthermore, silver is approved as a dye for food and in medical devices. Recently, the manufacturers of consumer products have been increasingly using silver in the form of nanoparticles, too. Since the properties of nanoparticles differ from those of larger particles of the same substance, nanoparticles are interesting for various applications. However, it has still to be ascertained whether their toxic properties change and they could become a health risk for consumers. Therefore, the Federal Institute for Risk Assessment (BfR) recommended to refrain from using any nanoscale silver in consumer products until a definitive safety assessment becomes available. Mainly industry objected to this assessment by BfR. For that reason BfR had organised a workshop in order to discuss existing risks and possible options for a comprehensive consumer protection. The discussion confirmed the words of caution of BfR because the situation continues to be characterised by the fact that not enough secured scientific findings about the specific effects of nano-sized silver particles are available. BfR continues to advise against a broad use of nano silver in consumer products.

Zusammenfassung

Silber und Silberverbindungen setzen Silberionen frei, die das Wachstum von Keimen hemmen können. Sie werden daher zum Beispiel in kosmetischen Mitteln, Textilien und in Haushaltsgeräten verwendet. Außerdem ist Silber als Farbstoff für Lebensmittel und in Medizinprodukten zugelassen. In jüngster Zeit wird von Herstellern von verbrauchernahen Produkten zunehmend Silber auch in Form von Nanopartikeln eingesetzt. Da Nanopartikel andere physikalische Eigenschaften als größere Teilchen des gleichen Stoffes haben, sind sie für unterschiedliche Einsatzbereiche interessant. Es ist jedoch bislang nicht geklärt, ob sich ihre toxikologischen Eigenschaften ändern und sie möglicherweise zum Gesundheitsrisiko für Verbraucherinnen und Verbraucher werden können. Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) hatte daher empfohlen auf die Verwendung von nanoskaligem Silber in verbrauchernahen Produkten bis zum Vorliegen einer abschließenden Sicherheitsbewertung ganz zu verzichten. Nicht zuletzt aufgrund von Einwänden der Industrie gegen diese Einschätzung hatte das BfR zu einem Workshop eingeladen, um bestehende Risiken und mögliche Handlungsoptionen für einen umfassenden Schutz der Verbraucherinnen und Verbraucher zu diskutieren. Der Workshop hat jedoch die Position des BfR bestätigt, da es nach wie vor zu wenig gesicherte wissenschaftliche Erkenntnisse über die spezifischen Wirkungen von Silberpartikeln in Nanogröße gibt. Das BfR rät daher auch weiterhin von einem breiten Einsatz von Nanosilber in verbrauchernahen Produkten ab.

Einleitung

Silber und Silberverbindungen setzen Silberionen frei, die das Wachstum von Keimen hemmen können. In Konsumartikeln wird Silber daher vor allem wegen der antimikrobiellen Wirkung zum Beispiel in kosmetischen Mitteln, Textilien und in Haushaltsgeräten verwendet. Außerdem ist Sil-

ber als Farbstoff für Lebensmittel (E174) und in Medizinprodukten (z.B. in Wundauflagen) zugelassen. Für Textilien spielen neben medizinisch-therapeutischen Anwendungen zunehmend auch Hygieneaspekte eine Rolle. Die antimikrobiellen Ausrüstungen der Textilfasern sollen hier vor al-

lem der Geruchsbildung durch die mikrobielle Zersetzung von Schweiß entgegenwirken. Aber auch Cremes können Silbersalze als Konservierungsmittel enthalten und Kühlschränke mit Silberverbindungen ausgerüstet sein, um das Wachstum von Keimen zu unterdrücken.

In jüngster Zeit werden von Herstellern verbrauchernaher Produkte zunehmend auch Silberpartikel in Nanogröße verwendet. Unter Nanopartikeln werden Teilchen mit einem Durchmesser kleiner als 100 Nanometern verstanden. Nanopartikel haben andere physikalische Eigenschaften als größere Teilchen des gleichen Stoffes. Diese besonderen Eigenschaften machen sie für unterschiedliche Einsatzbereiche interessant. Vor dem Hintergrund dieses vermehrten Einsatzes von Nanosilber hat das BfR anhand der aktuellen Datenlage geprüft, ob gesundheitliche Gründe dafür sprechen, bestimmte Verwendungen von Silberverbindungen in Lebensmittelkontaktmaterialien aus Kunststoff, von Silber als Lebensmittelfarbstoff sowie von Silber und einigen Silbersalzen zur Konservierung von Trinkwasser und als Konservierungsstoff für kosmetische Mittel neu zu bewerten. Dabei kam das BfR zu dem Schluss, dass im Zusammenhang mit der Verwendung von nanoskaligem Silber als antimikrobiell wirkender Substanz insbesondere die Fragen zu klären sind, in welchem Maße Verbraucherinnen und Verbraucher mit nanoskaligen Silberpartikeln in Kontakt kommen, was Nanosilber im Menschen bewirkt und wie groß die Gefahr der Resistenzentwicklung und der Ausbreitung von Antibiotikaresistenzen ist. Aus Sicht des BfR ist aber aufgrund der derzeitigen Datenlage eine Klärung dieser Fragen nicht möglich. Daher hat das BfR den Herstellern empfohlen, auf die Verwendung von nanoskaligem Silber oder nanoskaligen Silberverbindungen in Lebensmitteln und Produkten des täglichen Bedarfs zu verzichten, bis eine abschließende gesundheitliche Risikobewertung möglich ist und die gesundheitliche Unbedenklichkeit von Produkten sichergestellt werden kann (BfR 2009; BfR 2010).

Da gegen diese Einschätzung des BfR insbesondere von Seiten der Industrie eingewandt wurde, dass zur Abschätzung des gesundheitlichen Risikos von Nanosilber in verbrauchernahen Produkten und in Lebensmitteln ausreichend Erfahrungen aus dem langjährigen Umgang mit kolloidalem Silber (Nowack et al. 2011) zur Verfügung stünden, führte das BfR im Februar 2011 ein Fachgespräch durch. Ziel

der Veranstaltung war es, bestehende Risiken und mögliche Handlungsoptionen für einen umfassenden Schutz der Verbraucherinnen und Verbraucher im Zusammenhang mit der Herstellung und Verwendung von Nanosilber in verbrauchernahen Produkten und Lebensmitteln zu diskutieren. Zu diesem Expertengespräch waren Fachleute aus Forschung und Wissenschaft sowie Vertreter von Verbänden und der Industrie eingeladen. Im Ergebnis wurde die Position des BfR bestätigt, da auch die Diskussion auf dem Expertengespräch gezeigt hat, dass zu wenig gesicherte wissenschaftliche Erkenntnisse über die spezifischen Wirkungen von Silberpartikeln in Nanogröße verfügbar sind (BfR 2011).

Risikobewertung von Nanosilber in verbrauchernahen Produkten

Silber, verschiedene Silbersalze, Silber in mikrokristalliner oder in nanopartikulärer Form sowie an Nanopartikel gekoppeltes Silber werden als antimikrobielle Agentien in Medizinprodukten, in kosmetischen Produkten sowie in unterschiedlichen verbrauchernahen Produkten eingesetzt. Bekannt ist, dass die aus verschiedenen Silberverbindungen freigesetzten Silberionen die Bakterienzelle auf unterschiedliche Weise schädigen können. Auf diesem Mechanismus beruht die antimikrobielle Wirkung von Silber. Eine besondere Situation stellt sich für Nanosilbermaterialien dar. Zwar beruht die antibakterielle Wirkung von Nanosilberpartikeln ebenfalls auf der Freisetzung von Silberionen. Aufgrund des sehr großen Oberflächen-Volumen-Verhältnisses und der Besonderheiten der Verteilung und des Verhaltens im Körper ergeben sich möglicherweise zusätzliche Wirkmechanismen. Silber in einer Nanoformulierung kann außen an die Zelle angelagert wirken, aber auch biologische Barrieren durchdringen und in die Zelle eindringen. Diese intrazellulären Nanosilberpartikel bilden ein Depot, aus dem kontinuierlich Silberionen freigesetzt werden. Zudem existieren Hinweise, dass die Toxizität von Nanosilberformen auch durch weitere, für Silberionen nicht relevante Mechanismen vermittelt wird. Zu nennen ist in diesem Zusammenhang die Bildung sogenannter reaktiver Sauerstoffspezies auf der Metalloberfläche (z.B. Ivask et al. 2010). Im Hinblick auf den zunehmenden Einsatz von Silberpartikeln in Nanogröße ist aus Sicht des BfR nicht abschließend geklärt, ob sich ihre toxikologischen Eigenschaften ändern und sie möglicherweise zum

Gesundheitsrisiko für Verbraucherinnen und Verbraucher werden können.

Fehlende Daten und offene Bewertungen

Bezüglich der **Resistenzausbreitung** bei Anwendung von Silberkationen und Nanosilbermaterialien besteht angesichts der lückenhaften Datenlage für eine wissenschaftliche Risikobewertung dringender Forschungsbedarf. Wesentliche offene Fragen zur Resistenzausbreitung im Zusammenhang mit der Anwendung von Silberverbindungen berühren zum Beispiel standardisierte Testmethoden zur Bestimmung der antimikrobiellen Wirkung, molekulare Mechanismen der bakteriziden Wirkung sowie der Resistenz, Epidemiologie der Resistenzausbreitung sowie die Kinetik der Silberfreisetzung aus Produkten und Bedarfsgegenständen.

Es hat sich weiterhin gezeigt, dass nur in wenigen gesetzlichen Regelwerken für bestimmte Produkte Anforderungen an Art und Umfang an **toxikologischen Daten** über Inhaltsstoffe definiert werden, die vor einer Vermarktung vorliegen müssen.

Für verbrauchernahe Produkte, wie Textilien, gibt es indes keine Melde- oder Zulassungspflicht und eine Prüfung auf gesundheitliche Unbedenklichkeit durch Behörden ist nicht vorgesehen, sodass gesundheitliche Risiken für Verbraucherinnen und Verbraucher nicht bewertet werden können. Auch weist das BfR darauf hin, dass bislang keine Informationen über Verwendungsmengen von Silber als Lebensmittelfarbstoff vorliegen. Es ist bisher auch nicht bekannt, in welchem Umfang Silber zur Konservierung von Trinkwasser eingesetzt wird. Aus diesem Grunde liegen in der Regel keine Informationen bezüglich der Freisetzung von Nanosilberpartikeln aus solchen Produkten, bezüglich möglicher Auswirkungen auf die Ausbreitung von Resistenzen gegen Silber oder Antibiotika sowie hinsichtlich möglicher Auswirkungen auf die Zusammensetzung der Hautmikroflora beim Gebrauch von mit Nanosilber ausgerüsteten Produkten mit unmittelbarem Hautkontakt vor. Weiterhin fehlen toxikologische Daten, vor allem zur Aufnahme in den Körper, hier vor allem über Haut und Atemwege sowie Daten zur Verteilung der aufgenommenen Partikel (Toxikokinetik) und zu chronischen Effekten. Ebenso fehlen bislang Daten zu den Wirkungen auf die Haut (sensibilisierendes Potential, Reizwir-

kung), zur Reproduktionstoxizität und zum krebsauslösenden Potenzial.

Vor dem Hintergrund dieser offenen Fragen wird der Einsatz von nanoskaligem Silber in den folgenden verbrauchernahen Produkten wie folgt bewertet:

Der Einsatz von Silber oder nanoskaligem Silber als **Oberflächenbiozide** wird aus der Sicht des BfR als verzichtbar angesehen, weil durch eine Oberflächenausrüstung von Kunststoffen für den Lebensmittelkontakt mit den durch die 17. Verordnung zur Änderung der Bedarfsgegenständeverordnung zugelassenen Silberverbindungen kein über die üblichen Hygienemaßnahmen hinaus gehender Nutzen erreicht wird.

Nanosilber ist in Lebensmitteln nicht zugelassen. Nanoskalige Zusatzstoffe in Lebensmitteln sind zulassungspflichtig. Hinsichtlich der Verwendung von Silber in **Trinkwasser** weist das BfR darauf hin, dass eine Re-Evaluierung der Verwendung von Silber als **Lebensmittelfarbstoff** sowie von Silber und einigen Silbersalzen zur Konservierung von Trinkwasser unter Berücksichtigung aller verfügbaren Daten einschließlich der publizierten Literatur aufwändig ist und nicht kurzfristig durchgeführt werden kann. Für Silber als **Lebensmittelfarbstoff** wird eine Re-Evaluierung vom EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS) in absehbarer Zeit durchgeführt. Was eine mögliche Verwendung von Silber in nanoskaliger Form betrifft, kann auf Artikel 12 der Verordnung (EG) Nr. 1333/2008 über Lebensmittelzusatzstoffe verwiesen werden. Danach ist ein Lebensmittelzusatzstoff, der durch Anwendung von Nanotechnologie hergestellt wird, als ein neuer Zusatzstoff anzusehen. Dementsprechend ist ein neuer Eintrag in die Gemeinschaftsliste beziehungsweise eine Änderung der Spezifikation erforderlich, bevor der Zusatzstoff in Verkehr gebracht werden darf. Aus Sicht des BfR wäre dazu jeweils eine Bewertung durch das ANS-Panel der EFSA erforderlich.

Im Hinblick auf die zugelassene Verwendung von Silberverbindungen für **kosmetische Mittel** sieht das BfR aktuell keine wissenschaftlich begründeten Hinweise auf eine Verbrauchergefährdung. Das BfR empfiehlt jedoch auf die Verwendung von nanoskaligem Silber in diesen Produkten bis zum Vor-

liegen einer abschließenden Sicherheitsbewertung zu verzichten. Nach der Europäischen Kosmetik-Verordnung von 2009 müssen kosmetische Mittel, die Nanomaterialien enthalten, ab dem 1. Januar 2013 der EU-Kommission vorab gemeldet werden.

Ähnlich stellt sich die Situation für silberbasierte Biozidprodukte dar. Entsprechend der EU-Biozidverordnung (98/8/EG) werden derzeit durch die schwedische Chemikalienagentur KEMI verschiedene Formen/Verbindungen von Silber umfassend bezüglich ihrer relevanten Eigenschaften als Wirkstoff von Bioziden (Wirksamkeit, Resistenzentwicklung, Humantoxikologie, Umwelttoxikologie) beurteilt. Sofern diese Bewertung zu einer Aufnahme der Silber-Wirkstoffe in eine Positivliste, den Anhang I 98/8/EG führt, können die Hersteller entsprechender Biozidprodukte Anträge auf Zulassung stellen, deren Erteilung Voraussetzung für ein weiteres Inverkehrbringen ist. Solange eine Entscheidung über eine Aufnahme (oder Nicht-Aufnahme) in den Anhang I noch aussteht, längstens jedoch bis zum 14.05.2014, können gemeldete silberbasierte Biozidprodukte in Deutschland unter Inanspruchnahme von Übergangsregelungen noch ohne Zulassung vermarktet werden. Eine Übersicht über die gemeldeten Silber-Biozidprodukte sowie weitere Informationen zum rechtlichen Hintergrund findet sich unter: <https://www.biozid-meldeverordnung.de/offen/index.php> beziehungsweise <http://www.baua.de/de/Chemikaliengesetz-Biozidverfahren/Biozide/Zulassungsstelle-Biozide.html>. Wie im Rahmen dieses Verfahrens mit nanoskaligen Silberformen umgegangen wird und welche Biozidprodukte betroffen sind, bleibt abzuwarten.

BfR-Workshop bestätigt unklare Datenlage bezüglich gesundheitlicher Risiken von nanoskaligem Silber

In der bereits erwähnten Stellungnahme hatte das BfR darauf hingewiesen, dass sich für Silber in nanoskaliger Form (Nanosilber) möglicherweise ein Wirkprofil mit zusätzlichen toxischen Wirkungen ergeben könnte, welche bisher für Silber nicht beschrieben wurden. Aufgrund der besonderen physiko-chemischen Eigenschaften der nanopartikelartigen Form ist ein verändertes toxikologisches Wirkpotenzial für viele Nanomaterialien bekannt. Der im Februar 2011 durchgeführte BfR-Workshop hat gezeigt, dass für nanoskaliges Silber bislang nur wenige toxikologische Daten vorliegen, die das

Material unter Berücksichtigung nanospezifischer Aspekte und international anerkannter methodischer Leitlinien experimentell untersuchen. Zudem sind Materialcharakterisierung, Dosierung und Analytik in älteren Studien zu kolloidalem Silber schlecht dokumentiert beziehungsweise unzureichend und erfüllen somit nicht die Standards einer modernen Toxikologie. Neuere Leitlinien-Studien ergaben deutliche Hinweise auf bisher für Silber nicht bekannte Wirkungen. Dazu gehören in der Vergangenheit nicht beschriebene Leberveränderungen nach oraler und inhalativer Verabreichung (z.B. Gallengangshyperplasie, begleitet von nekrotischen und fibrotischen Effekten und Veränderungen der biochemischen Parameter; z.B. Kim et al. 2010). Für die nach inhalativer Exposition von Silber zu beobachtenden entzündlichen Reaktionen in der Lunge mit Veränderungen organspezifischer physiologischer Parameter weisen neuere Studien auf eine erhöhte Wirkstärke der Nanoform hin (z.B. Sung et al. 2008 und 2009).

Da, wie bereits ausgeführt, die Industrie nicht verpflichtet ist, den Behörden toxikologische Daten für die Bewertung zur Verfügung zu stellen, fehlen diese oftmals, sodass das gesundheitliche Risiko von nanosilberhaltigen Produkten nur schwer oder gar nicht abgeschätzt werden kann. Auch ist die Datenlage über mögliche Auswirkungen auf die Ausbreitung von Resistenzen gegen Silber oder Antibiotika im spezifischen Anwendungskontext weiterhin unzureichend. Ebenfalls ist die Aufnahme in den Körper bislang nicht ausreichend geklärt. Vor allem über die Aufnahme im Respirationstrakt (Lunge, Bronchien) sowie über die Verteilung der aufgenommenen Partikel im Körper (Toxikokinetik) nach Einatmen ist wenig bekannt. Zudem fehlen Daten zu Wirkungen auf die Haut (sensibilisierendes Potential, Reizwirkung), aber auch zur Reproduktionstoxizität, zur chronischen Toxizität und zum krebsauslösenden Potenzial.

Von Bedarfsgegenständen und Produkten darf von Gesetzes wegen beim bestimmungsgemäßen Gebrauch und beim vorhersehbaren Fehlgebrauch keine Gefährdung der Gesundheit ausgehen. Angesichts des zunehmenden Einsatzes von Silber in Kosmetika, Textilien, Reinigungsmitteln oder anderen verbrauchernahen Produkten sollte die Exposition minimiert und die tägliche Aufnahmemenge für Silber entsprechend den geltenden Empfehlungen und Grenzwerten nicht überschritten werden. Daher sollte auf die Verwendung von Silber ver-

zichtet werden, wenn die Wirkung mit haushaltsüblichen hygienischen Maßnahmen erzielt werden kann. Das gilt auch für die Verwendung von Silber in Bekleidungstextilien für gesunde Verbraucherinnen und Verbraucher. Da für nanoskalige Formen von Silber aufgrund der dargelegten Datenlücken bislang noch keine abschließende Sicherheitsbewertung für Mensch und Umwelt vorliegt, rät das BfR auch weiterhin von einem breiten Einsatz von Nanosilber in verbrauchernahen Produkten ab.

Literatur

BfR (2011): Sicherheit von Nanosilber in Verbraucherprodukten: Viele Fragen sind noch offen. Presseinformation 10/2011 vom 12.04.2011. Bundesinstitut für Risikobewertung.

BfR (2010): Nanosilber gehört nicht in Lebensmittel, Textilien und Kosmetika. Presseinformation 08/2010 vom 10.06.2010. Bundesinstitut für Risikobewertung.

BfR (2009): BfR rät von Nanosilber in Lebensmitteln und Produkten des täglichen Bedarfs ab. Stellungnahme Nr. 024/2010 des Bundesinstituts für Risikobewertung vom 28. Dezember 2009.

Ivask A, Bondarenko O, Jepihhina N et al. (2010): Profiling of the reactive oxygen species-related ecotoxicity of CuO, ZnO, TiO₂, silver and fullerene nanoparticles using a set of recombinant luminescent Escherichia coli strains: differentiating the impact of particles and solubilised metals. In: Anal Bioanal Chem. 398(2): 701-716.

Kim YS, Song MY, Park JD et al. (2010): Subchronic oral toxicity of silver nanoparticles. In: Part Fibre Toxicol. 7: 20-31.

Nowack B, Krug HF, Height M (2011): 120 Years of Nanosilver History: Implications for Policy Makers. In: Environ Sci Technol 45: 1177-1183.

Sung JH, Ji JH, Park JD et al. (2009): Subchronic inhalation toxicity of silver nanoparticles. In: Toxicol Sci. 108(2): 452-461.

Sung JH, Ji JH, Yoon JU et al. (2008): Lung function changes in Sprague-Dawley rats after prolonged inhalation exposure to silver nanoparticles. In: Inhal Toxicol. 20(6): 567-574.

Kontakt

Dr. Astrid Epp
Bundesinstitut für Risikobewertung
Abteilung Risikokommunikation
Fachgruppe Risikoforschung, -wahrnehmung, -früherkennung und -folgenabschätzung
Thielallee 88-92
14195 Berlin
E-Mail: Astrid.epp[at]bfr.bund.de

[BfR]

Hautausschlag nach Renovierungsanstrich? Gesundheitliche Gefahren durch die Verwendung Isothiazolinon-haltiger Wandfarben

**Skin rash following renovation coating?
Health risks using isothiazolinone containing wall paints.**

Conny Höflich, Wolfgang Straff

Abstract

A member of staff who worked in an office building suffered from eczema in face and neck after entering a freshly painted office, in which isothiazolinone containing wall paint had been used. Therefore, the health and safety officer of the office building asked the German Federal Environment Agency for information concerning health effects of isothiazolinones in wall paints.

Isothiazolinones are added amongst others to wall paints because of their biocide activity. During and following painting isothiazolinones can emit into the room air. The health risks result from their skin/mucosa irritating and allergic effects.

Different isothiazolinone derivatives exist. The following article summarises toxicological data and health effects, existing exposure limits/guideline values, identification of hazards of isothiazolinone containing products as well the procedure in case of suspected isothiazolinone allergy.

Zusammenfassung

Nach Betreten eines mit Isothiazolinon (IT)-haltiger Wandfarbe frisch gestrichenen Raumes erkrankte die Mitarbeiterin eines Bürohauses an einem Ekzem im Gesichts- und Halsbereich. Der Arbeitssicherheitsbeauftragte des Hauses wandte sich daher mit Fragen zur gesundheitlichen Relevanz Isothiazolinon-haltiger Wandfarben an das Umweltbundesamt (UBA).

Isothiazolinone sind aufgrund ihrer bioziden Eigenschaften als Konservierungsmittel in Wandfarben enthalten und können beim oder nach dem Aufbringen der Farbe in die Raumluft austreten. Die gesundheitlichen Gefahren von Isothiazolinonen leiten sich aus ihrer haut- beziehungsweise schleimhautreizenden und allergenen Wirkung ab.

Es existieren verschiedene Isothiazolinon-Derivate. Der vorliegende Artikel fasst toxikologische Daten und gesundheitliche Wirkungen, existierende Grenz- und Richtwerte, die Gefahrenkennzeichnung Isothiazolinon-haltiger Produkte und das Vorgehen bei Verdacht auf eine Isothiazolinon-Allergie zusammen.

Einleitung

Die Mitarbeiterin eines Bürohauses erkrankte nach Aufenthalt in einem frisch renovierten Büroraum an einem Ekzem im Gesichts- und Halsbereich. Der Raum war mit Isothiazolinon-haltiger Wandfarbe gestrichen worden. Der Arbeitssicherheitsbeauftragte des Hauses wandte sich daher mit Fragen zur gesundheitlichen Relevanz Isothiazolinon-haltiger Wandfarben an das UBA.

Isothiazolinone – Wirkungen und gesundheitliche Gefahren

Isothiazolinone sind organische Verbindungen, die aufgrund ihrer bioziden Wirkung als Konservie-

rungsmittel in wässrigen Dispersionen, Emulsionen und Lösungen eingesetzt werden. Sie sind unter anderem in Wandfarben und vielen anderen Produkten, wie zum Beispiel Kosmetika und Reinigungsmitteln, enthalten.

Isothiazolinone werden hauptsächlich als Chlormethylisothiazolinon (CIT, weitere verwendete Abkürzungen: CMIT, MCI, CMI), Methylisothiazolinon (MIT), Benzisothiazolinon (BIT) oder Octylisothiazolinon (OIT) eingesetzt, wobei ein Gemisch aus CIT und MIT im Verhältnis 3:1, im Folgenden als CIT/MIT-Gemisch bezeichnet, bisher sehr häufig verwendet wurde (Schnuch 2004). Seit einigen Jahren wird es aber zunehmend durch MIT/BIT-

Gemische oder die alleinige Verwendung von BIT beziehungsweise OIT verdrängt.

Bei Haut-/Schleimhautkontakt können Isothiazolinone haut-/schleimhautreizend (unspezifische Immunreaktion) und allergen (spezifische Immunreaktion) wirken. Der Haut-/Schleimhautkontakt kann dabei (a) durch direkten Kontakt zum Beispiel durch Aufbringen von Kosmetika auf die Haut oder (b) indirekt über die Umgebungsluft (sogenannter aerogener Kontakt), etwa bei Aufenthalt in einem mit Isothiazolinon-haltiger Wandfarbe renovierten Raum erfolgen, da Isothiazolinone aus der Farbe in die Raumluft übertreten.

Die haut- beziehungsweise schleimhautreizende Wirkung kann bei allen Exponierten ab einer bestimmten Expositionsdosis und -dauer auftreten.

So war ein CIT/MIT-Gemisch beim Menschen nach einmaligem direktem Hautkontakt in einer Konzentration von 100 mg aktivem Wirkstoff/l nicht, ab 200 mg/l leicht und ab 400 mg/l stark hautreizend (Hahn 2005). Für schleimhautreizende Wirkungen nach Kontakt über die Atemwege liegen für den Menschen keine Studien vor. Inhalationsstudien an Ratten über mehrere Wochen (6 Stunden/Tag, 5 Tage/Woche) zeigten bei CIT/MIT-Konzentrationen von 340 µg/m³ Luft noch keine Wirkung, bei 1.150 µg/m³ Nasenschleimhautreizungen und bei 2.640 µg/m³ zusätzlich systemische Effekte (Hahn 2005). Dagegen ergab eine andere Inhalationsstudie ebenfalls an Ratten erst bei CIT/MIT-Konzentrationen von 27 µg/m³ Luft keine Wirkung und bei Konzentrationen von 230 µg/m³ Luft bereits leichte Effekte auf die Nasenschleimhaut (Rohm, Haas 1983). Diese Werte mussten aufgrund eines Analysenfehlers nachträglich jedoch auf 340 µg/m³ beziehungsweise 1.159 µg/m³ angehoben werden (Rohm, Haas 1984).

Im Unterschied zu unspezifischen haut- oder schleimhautreizenden Wirkungen kommt es nur bei entsprechend sensibilisierten Personen und bereits bei deutlich niedrigeren Expositionsdosen zu allergischen Reaktionen.

So genügten bei sensibilisierten Personen bei direktem Hautkontakt bereits CIT/MIT-Konzentrationen von 1,5 mg/l zur Auslösung einer allergischen Reaktion (Hahn 2005). Die allergene Wirkung nach aerogenem Hautkontakt war bei einer sensibilisierten Person noch bei CIT/MIT-Konzentrationen von 0,5 µg/m³ Luft nachweisbar (Hausen 1999).

Nach bisherigem Wissen erfolgt die Sensibilisierung gegen Isothiazolinone in dafür empfindlichen Personen über direkten Hautkontakt, wohingegen allergische Reaktionen nach erfolgter Sensibilisierung sowohl über direkten Hautkontakt (klassisches Kontaktekzem) als auch über aerogenen Hautkontakt (sogenanntes aerogenes Kontaktekzem) aus-

lösbar sind (Roßkamp 1998; Hausen 1999). Eine Sensibilisierung durch primär aerogenen Hautkontakt oder durch Inhalation kann nicht ausgeschlossen werden, bisher fand sich aber kein Anhalt dafür. (Über aerogene Kontaktsensibilisierung wurde berichtet [Schubert 1997], es bestand jedoch eine Vorsensibilisierung [DFG 2000].)

Die allergene Potenz der verschiedenen Isothiazolinon-Derivate ist sehr unterschiedlich, CIT/MIT-Gemische wirken am stärksten sensibilisierend, hier vor allem CIT, gefolgt von BIT und OIT (Alexander 2002; Geier 1996; Reyes Balaguer 2008).

Dermatologische Studien deuten darauf hin, dass CIT/MIT-Konzentrationen <20 ppm (bzw. <0,002 %, entspricht in etwa 20 mg/kg) zur Sensibilisierung gegenüber CIT/MIT führen können (DFG 1991).

Kreuzreaktionen gegen die verschiedenen Isothiazolinon-Derivate scheinen nicht zu existieren, und Fälle mit Ko-Sensibilisierung gegen mehrere der Derivate wurden beschrieben (Geier 1996; Reyes Balaguer 2008).

Wie häufig sind Isothiazolinon-Sensibilisierungen in Deutschland?

Für Deutschland wird bevölkerungsbezogen von einer CIT/MIT-Sensibilisierungsrate von etwa 0,4 % ausgegangen (Schnuch 2004). Für die anderen Isothiazolinon-Derivate und -Gemische liegen bisher keine bevölkerungsbezogenen Daten vor.

Bei entsprechend beruflich exponierten Personen liegen die CIT/MIT-Sensibilisierungsraten in Deutschland zum Teil deutlich höher (Schnuch 2006). Darüber hinaus wurden Sensibilisierungen gegen BIT beziehungsweise OIT beschrieben (Aalto-Korte 2007; Damstra 1992; Geier 2004; Reyes Balaguer 2008).

Untersuchungen zu Isothiazolinon-Emissionen aus Dispersionsfarben

In früheren Untersuchungen des UBA zu CIT- und MIT-Emissionen aus Dispersionsfarben (untersucht wurden zwischen Juni 1999 und Juli 2000 im Handel erhältliche Farben) wurden an Tag 1 nach Farbauftrag in Abhängigkeit von der verwendeten Farbe flächenspezifische CIT-Emissionsraten zwischen 21 und 580 µg/m²h und an Tag 7 nach Farbauftrag

Werte zwischen $<0,05$ (CIT-Bestimmungsgrenze) und $33 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ gemessen (Horn 2002). Die flächenspezifischen MIT-Emissionsraten lagen an Tag 1 zwischen $<0,12$ (MIT-Bestimmungsgrenze) und $107 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$ und an Tag 7 zwischen $<0,12$ und $18 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$.

Testkammer- und Testraumuntersuchungen ergaben darüber hinaus, dass Schwankungen von Raumfeuchtigkeit und -temperatur die IT-Emissionen beeinflussen und dass im Fall von CIT selbst das Überstreichen mit biozidfreier Farbe zu einem Wiederanstieg der CIT-Emission führen kann. Als Ursachen dafür wurden sowohl der Feuchtigkeitsanstieg durch die neu ausgebrachte Farbe als auch die zum Zeitpunkt der Untersuchung vorliegenden sommerlichen Temperaturen diskutiert. Für eine der über einen längeren Zeitraum untersuchten Farben waren unter wechselnden klimatischen Bedingungen auch mehrere Monate nach Renovierung noch CIT-Konzentrationen in der Raumluft nachweisbar (Horn 2002).

Untersuchungen zum CIT- und MIT-Gehalt der untersuchten Farben unmittelbar nach Öffnen der Behälter zeigten keine eindeutige Korrelation zur flächenspezifischen Emissionsrate in die Raumluft an Tag 1 (Horn 2002). So wiesen beispielsweise zwei Farben mit sehr unterschiedlichem CIT-Gehalt (Farbe A: $75 \text{ mg}/\text{kg}$ flüssiger Farbe, Farbe B: $8 \text{ mg}/\text{kg}$ flüssiger Farbe) annähernd gleiche flächenspezifische Emissionsraten auf (etwa $25 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$), und eine Farbe mit niedrigerem MIT-Gehalt ($23 \text{ mg}/\text{kg}$ flüssiger Farbe) emittierte stärker ($107 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$) als eine Farbe mit höherem MIT-Gehalt ($38 \text{ mg}/\text{kg}$ flüssiger Farbe, flächenspezifische Emissionsrate etwa $40 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$) (Horn 2002).

Untersuchungen zu BIT- und OIT-Emissionen erfolgten zum damaligen Zeitpunkt nicht, sind aber Bestandteil aktueller Untersuchungen des UBA.

Isothiazolinon-Konzentrationen: Grenzwerte, Richtwerte, Gefahrenkennzeichnung

Grenz- und Richtwerte für Isothiazolinon-Konzentrationen in der Innenraumluft

Für CIT/MIT liegen die am Arbeitsplatz maximal zulässigen Arbeitsplatzkonzentrationen (MAK-Werte) derzeit bei $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bei 8-stündiger Exposition

(DFG 1999) und bei $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bei 15-minütiger Exposition (Expositionsspitze, maximal viermal pro Schicht bei einem zeitlichen Mindestabstand von 1 Stunde zwischen den Expositionsspitzen) (IFA Gestis Stoffdatenbank).

Für CIT/MIT in der Innenraumluft außerhalb des Arbeitsplatzes, das heißt für nicht berufsmäßige Anwender wie auch für durch die Umwelt indirekt exponierte Personen, sind 1998 auf der Grundlage eines Basisschemas zur Ableitung von Innenraumluft-Richtwerten (Ad-hoc-Arbeitsgruppe IRK/AGLMB 1996) und in Anlehnung an den damals gültigen MAK-Wert von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (DFG 1991) vorläufige Richtwerte von $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Richtwert II: Eine gesundheitliche Gefährdung bei länger andauernder Exposition oberhalb dieses Richtwertes lässt sich nicht ausschließen.) und $0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Richtwert I: Bei Unterschreitung ist auch bei lebenslanger Exposition keine gesundheitliche Beeinträchtigung zu erwarten.) abgeleitet worden (Roßkamp 1998). In Anbetracht der ungenügenden Datenlage wurden diese Richtwerte jedoch ausdrücklich als vorläufig bezeichnet (Roßkamp 1998). Eine entsprechende Aktualisierung und verbindliche Festlegung von Innenraumluft-Richtwerten für CIT/MIT außerhalb des Arbeitsplatzes erfolgte bisher nicht und ist in Anbetracht des deutlichen Rückgangs der Verwendung von CIT/MIT derzeit aus Sicht des UBA auch nicht zwingend erforderlich.

Für andere Isothiazolinone und -Gemische existieren bisher weder für beruflich noch für nicht-beruflich Exponierte gesetzlich verbindliche Grenzwerte oder empfehlende Richtwerte.

Gefahrenkennzeichnung von Isothiazolinon-haltigen Produkten

Entsprechend dem hohen allergenem Potential müssen Produkte ab einer CIT/MIT-Konzentration $\geq 0,0015 \%$ (bzw. $\geq 15 \text{ ppm}$, entspricht in etwa $15 \text{ mg}/\text{kg}$) seit 2002 EU-weit mit der Gefahrenkennzeichnung „Sensibilisierung durch Hautkontakt möglich (R43)“ versehen werden (Europäische Kommission 2001). Im Rahmen der Globalen Harmonisierung der Klassifizierung und Kennzeichnung von Chemikalien (Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals, GHS), die seit Dezember 2010 schrittweise die entsprechenden EU-Richtlinien ersetzt, lautet der Gefahrenhinweis ab einer CIT/MIT-Konzentration $\geq 0,0015 \%$ „Kann allergische Hautreaktionen verursachen (H317)“.

Im Unterschied dazu müssen BIT- und OIT-haltige Produkte aufgrund ihres geringeren allergenen Potentials erst ab BIT- beziehungsweise OIT-Konzentrationen $\geq 0,02\%$ (bzw. ≥ 200 ppm) mit diesem Gefahrenhinweis versehen werden.

Bedingt durch das zusätzliche haut-/schleimhaut-reizende Potential müssen Produkte ab einer CIT/MIT-Konzentration $\geq 0,06\%$ darüber hinaus mit den GHS-Gefahrenhinweisen „Verursacht Hautreizungen (H315)“ und „Verursacht schwere Augenreizung (H319)“ gekennzeichnet werden und Produkte mit einer CIT/MIT-Konzentration $\geq 0,6\%$ mit dem Gefahrenhinweis „Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden (H314)“.

Auswahl von und Umgang mit Isothiazolinon-haltigen Wandfarben, alternative Wandfarben für IT-allergische Personen und Vorgehen bei Verdacht auf eine IT-Allergie

Generell und so auch bei der Auswahl von Isothiazolinon-haltigen Wandfarben empfehlen wir die Verwendung von Farben mit dem Umweltzeichen „Blauer Engel emissionsarm“. Wandfarben mit diesem Kennzeichen zeichnen sich unter anderem durch die Begrenzung von Konservierungsstoffen auf ein Minimum aus (Blauer Engel RAL-UZ 102 Emissionsarme Wandfarben). Bezüglich Isothiazolinonen als Konservierungsstoffe können derzeit die Isothiazolinone und -Gemische CIT/MIT im Verhältnis 3:1, MIT/BIT im Verhältnis 1:1 und BIT verwendet werden (Blauer Engel RAL-UZ 102 Emissionsarme Wandfarben, Anhang 1). Die zulässigen Konzentrationen reichen von $\leq 0,0005\%$ (bzw. ≤ 5 ppm; Verwendung von CIT/MIT in Verbindung mit dem Konservierungsmittel Bromnitropropandiol) über $\leq 0,0015\%$ (bzw. ≤ 15 ppm; alleinige Verwendung von CIT/MIT) bis $\leq 0,02\%$ (bzw. ≤ 200 ppm; Verwendung von MIT/BIT bzw. alleinige Verwendung von BIT) (Blauer Engel RAL-UZ 102 Emissionsarme Wandfarben, Anhang 1).

Neben der Begrenzung von Konservierungsstoffen auf ein Minimum sind Wandfarben mit dem Umweltzeichen „Blauer Engel emissionsarm“ darüber hinaus besonders arm an Lösemitteln und Formaldehyd, weisen einen Weichmacher-Anteil unter $0,1\%$ auf, und die Hersteller bieten eine individuelle Beratung für Allergiker an (Blauer Engel RAL-UZ 102 Emissionsarme Wandfarben).

Generell und damit auch für die Verwendung von Isothiazolinon-haltigen Wandfarben gilt, dass frisch renovierte Räume nach Abschluss der Renovierungsarbeiten und vor einer Nutzung gründlich gelüftet werden sollen. Nach Trocknen der Farbe und gründlichem Lüften müssen Personen, die nicht allergisch auf Isothiazolinone reagieren – das heißt der überwiegende Teil der Bevölkerung – nicht mit einer Gesundheitsgefährdung rechnen.

Personen mit bekannter Isothiazolinon-Allergie sollten Räume, die mit Isothiazolinon-haltiger Wandfarbe gestrichen wurden, von vornherein meiden oder bei Auftreten entsprechender Beschwerden auf Isothiazolinon-freie Räume ausweichen. Bei diagnostisch gesicherter CIT-Allergie kann eine „Sanierung“ des Raumes durch Streichen mit einer Natriumdisulfit-Lösung erfolgen (Deaktivierung von CIT) (Bohn 2000).

An Wandfarben, die auch für Isothiazolinon-allergische Personen verträglich sind, stehen neben Farben mit alternativen Konservierungsmitteln auch konservierungsmittelfreie Silikat-Dispersions- oder reine Silikatfarben zur Verfügung (Braun-Falco 2008). Der Silikat-Gehalt bewirkt eine Alkalisierung und verhindert damit eine antimikrobielle Kontamination der Farbe. Aufgrund der alkalischen Eigenschaften muss beim Aufbringen von silikathaltigen Farben jedoch auf Hautschutz geachtet werden.

Bei Verdacht auf Vorliegen einer Isothiazolinon-Allergie sollte eine diagnostische Abklärung erfolgen. Da Kreuzreaktionen gegen die verschiedenen Isothiazolinon-Derivate nicht zu existieren scheinen (siehe oben), muss gegen alle in Frage kommenden Verbindungen getestet werden. Bei Bestätigung des Verdachts sollten Produkte mit diesem Konservierungsmittel gemieden werden.

In dem eingangs geschilderten konkreten Fall kam eine Farbe zum Einsatz, der als Konservierungsmittel MIT/BIT (1:1) in einer Konzentration von 150 ppm und CIT/MIT (3:1) in einer Konzentration < 10 ppm zugesetzt waren (mündliche Mitteilung des Herstellers). Ob in diesem Fall tatsächlich eine allergische Reaktion gegen eine oder mehrere dieser Isothiazolinon-Derivate vorlag, kann nicht mit Sicherheit festgestellt werden, da keine diagnostische Abklärung erfolgte.

Danksagung

An dieser Stelle vielen Dank an Dr. Wolfgang Heger (UBA) für die Bereitstellung von Literatur zu toxikologischen Daten und die kritische Durchsicht der Rohfassung des Manuskripts und Dr. Thomas Höfer (Bundesinstitut für Risikobewertung, BfR) für die Zusammenstellung der Änderungen der Gefahrenkennzeichnung von Isothiazolinon-Derivaten im Zusammenhang mit der Einführung des GHS. Wir danken außerdem dem Arbeitssicherheitsbeauftragten des betroffenen Bürohauses für die Rückmeldungen über die verwendete Farbe und Maßnahmen zur diagnostischen Abklärung der Beschwerden der betroffenen Mitarbeiterin wie auch dem Hersteller der verwendeten Farbe für die Informationen zu den darin enthaltenen Isothiazolinon-Derivaten und deren Konzentrationen.

Literaturverzeichnis

- Aalto-Korte K, Alanko K, Henriks-Eckerman ML et al. (2007): Occupational allergic contact dermatitis from 2-N-octyl-4-isothiazolin-3-one. *Contact Dermatitis* 56:160.
- Ad-hoc-Arbeitsgruppe IRK/AGLMB (1996): Richtwerte für die Innenraumluft: Basisschema. Bundesgesundheitsblatt Heft 11. <http://www.umweltbundesamt.de/gesundheit/publikationen/ad-hoc/Basisschema.pdf> (Abrufdatum: 28.07.2011).
- Alexander BR (2002): An assessment of the comparative sensitization potential of some common isothiazolinones. *Contact Dermatitis* 46:191.
- Blauer Engel RAL-UZ 102 Emissionsarme Wandfarben. http://www.blauer-engel.de/de/produkte_marken/vergaebegrundlage.php?id=6, (Abrufdatum: 28.07.2011).
- Bohn S, Niederer M, Brehm K et al. (2000): Airborne contact dermatitis from methylchloroisothiazolinone in wall paint. Abolition of symptoms by chemical allergen inactivation. *Contact Dermatitis* 42:196.
- Braun-Falco M, Knott E, Huss-Marp J et al. (2008): Alkalinization of wall paint prevents airborne contact dermatitis in patients with sensitization to isothiazolinones. *Contact Dermatitis* 59:129.
- Damstra RJ, van Vloten WA, van Ginkel CJ (1992): Allergic contact dermatitis from the preservative 1,2-benzisothiazolin-3-one (1,2-BIT; Proxel): a case report, its prevalence in those occupationally at risk and in the general dermatological population, and its relationship to allergy to its analogue Kathon CG. *Contact Dermatitis* 27:105.
- DFG (1991): Gesundheitsschädliche Arbeitsstoffe – Toxikologisch-arbeitsmedizinische Begründungen von MAK-Werten: 5-Chlor-2-methyl-2,3-dihydroisothiazol-3-on und 2-Methyl-2,3-dihydroisothiazol-3-on. Wiley-VCH. Weinheim.
- DFG (1999): Gesundheitsschädliche Arbeitsstoffe – Toxikologisch-arbeitsmedizinische Begründungen von MAK-Werten: 5-Chlor-2-methyl-2,3-dihydroisothiazol-3-on und 2-Methyl-2,3-dihydroisothiazol-3-on. 28. Lieferung. Wiley-VCH. Weinheim.
- DFG (2000): Gesundheitsschädliche Arbeitsstoffe – Toxikologisch-arbeitsmedizinische Begründungen von MAK-Werten: 5-Chlor-2-methyl-2,3-dihydroisothiazol-3-on und 2-Methyl-2,3-dihydroisothiazol-3-on. 30. Lieferung. Wiley-VCH, Weinheim.
- Europäische Kommission (2001): Richtlinie 2001/59/EG der Kommission vom 6. August 2001 zur 28. Anpassung der Richtlinie 67/548/EWG des Rates zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten für die Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Stoffe an den technischen Fortschritt. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2001:225:0001:0333:DE:PDF> (Abrufdatum: 29.07.11).
- Geier J, Schnuch A (1996): No cross-sensitization between MCI/MI, benzisothiazolinone und octylisothiazolinone. *Contact Dermatitis* 34:148.
- Geier J, Lessmann H, Dickel H et al. (2004): Patch test results with the metalworking fluid series of the German Contact Dermatitis Research Group (DKG). *Contact Dermatitis* 51:118.
- Hahn S, Melching-Kollmuß S, Bitsch A et al. (2005): Gesundheitsrisiken durch biozidhaltige Produkte und Gegenstände des täglichen Bedarfs. Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Förderkennzeichen 204 61 218/05.
- Hausen BM (1999): Aerogene Kontaktdermatitis durch (Chlor)Methylisothiazolinon (Kathon CG) in Wandfarben Akt. *Dermatol.* 25, S. 9.
- Horn W, Roßkamp E, Ullrich D (2002): Biozidemissionen aus Dispersionsfarben. *WaBoLu-Hefte* 2-02. Umweltbundesamt.
- IFA Gestis Stoffdatenbank. <http://biade.itrust.de/biade/lpext.dll?f=templates&fn=main-hit-h.htm&2.0> (Abrufdatum: 28.07.2011).
- Reyes Balaguer J, Martín Herrera A, De la Cuadra Oyanguren J et al. (2008): Occupational Allergic Contact Dermatitis to 2-N-Octyl-4-isothiazolinon-3-one. *J Investig Allergol Clin Immunol* 18:71.
- Roßkamp E (1998): Konservierung von Dispersionsfarben. Umweltmedizinischer Informationsdienst (UMID). Heft 1. http://www.umweltdaten.de/umid/1998/1_1998.pdf (Abrufdatum: 02.08.11).
- Schnuch A, Geier J, Lessmann H et al. (2004): Untersuchungen zur Verbreitung umweltbedingter Kontaktallergien mit Schwerpunkt im privaten Bereich. *WaBoLu-Hefte* 01-04. Umweltbundesamt.
- Schnuch A, Uter W, Lessmann H et al. (2006): Untersuchungen der Bedeutung luftgetragener Kontaktallergene (Typ IV-Allergene) bei der Entstehung von Kontakt-

zemen. Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Förderkennzeichen 203 61 218/01.

Schubert H (1997): Airborne contact dermatitis due to methylchloro- and methylisothiazolinone. Contact Dermatitis 36: 274.

Kontakt

Dr. med. Conny Höfflich
Umweltbundesamt
Fachgebiet II 1.5 „Umweltmedizin und
gesundheitliche Bewertung“
Corrensplatz 1
14195 Berlin
E-Mail: conny.hoefflich[at]uba.de

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

[UBA]

GBE kompakt – Die Online-Publikationsreihe der Gesundheitsberichterstattung des Bundes

GBE kompakt – The online publication series by the Federal Health Reporting service

Abstract

GBE kompakt is a publication on issues of topical interest. It provides prompt access to informative data and facts on health, which are presented in a clear, easily understood manner. This series targets a wide audience and aims to complement the publications of Federal Health Reporting (GBE). It is published at least once a quarter and is only available in electronic form (www.rki.de/gbe-kompakt).

Zusammenfassung

GBE kompakt ist eine Publikationsreihe zu Themen von aktueller Bedeutung und bietet schnellen Zugang zu informativen Daten und Fakten zur Gesundheit, die in einer klaren, leicht verständlichen Weise präsentiert werden. Die Reihe zielt auf ein breites Publikum und soll die Publikationen der Gesundheitsberichterstattung des Bundes (GBE) ergänzen. Die Veröffentlichungen erscheinen mindestens einmal im Quartal und stehen nur in elektronischer Form zur Verfügung (www.rki.de / GBE-kompakt).

Einleitung

GBE kompakt ist eine Online-Publikationsreihe der Gesundheitsberichterstattung (GBE) des Bundes am Robert Koch-Institut (RKI). Seit Februar 2010 werden mindestens vierteljährlich aktuelle, empirische Ergebnisse des Gesundheitsmonitorings des RKI bereitgestellt. Durch die Einbettung des Datenmaterials in einen gesundheitspolitischen sowie forschungsspezifischen Kontext wird auf wenigen Seiten ein prägnanter Überblick über ein bestimmtes Themengebiet gegeben. Das inhaltliche Spektrum der Publikationsreihe ist vielfältig, jedoch fortlaufend durch seine Public-Health-Relevanz gekennzeichnet. Darüber hinaus orientieren sich die Auswahl der Themenbereiche sowie der Zeitpunkt der Veröffentlichung regelmäßig an gesundheitsbezogenen Anlässen, wie zum Beispiel dem Welt Nichtrauchertag.

Aufgrund seines breiten Adressaten- und Nutzerkreises, welcher neben Fachpublikum auch die interessierte Öffentlichkeit sowie die Presse einschließt, erhebt *GBE kompakt* den Anspruch einer allgemeinverständlichen Schriftenreihe mit anschaulicher Darstellungsform. Damit fügt sich die Publikation in die bereits etablierten Produktlinien der Gesundheitsberichterstattung des Bundes ein (Lampert, Horch, List et al. 2010) und ergänzt diese durch seine Aktualität.

GBE kompakt kann online unter www.rki.de/gbe-kompakt und www.gbe-bund.de bezogen werden. Über Neuerscheinungen der Publikationsreihe in-

Titelblatt von *GBE kompakt*.



formiert darüber hinaus ein Newsletter. Er kann unter dieser Adresse bestellt werden: www.rki.de/gbe-newsletter.

Bislang veröffentlichte Ausgaben GBE kompakt

- Arbeitsbelastungen und Gesundheit (Juni 2011)
- Rauchen – Aktuelle Entwicklungen bei Erwachsenen (Mai 2011)
- Diabetes mellitus in Deutschland (Mai 2011)
- Kompetenz und Souveränität im Gesundheitswesen – Die Nutzerperspektive (April 2011)
- Gripeschutzimpfung in Deutschland (Februar 2011)
- Armut und Gesundheit (Dezember 2010)
- 20 Jahre Deutsche Einheit: Gibt es noch Ost-West-Unterschiede in der Gesundheit von Kindern und Jugendlichen? (September 2010)
- Gesundheitsrisiko Passivrauchen (Juni 2010)
- Unfallgeschehen in Deutschland (April 2010)
- GBE des Bundes: Ziele, Aufgaben und Nutzungsmöglichkeiten (Februar 2010)

Literatur

Lampert T, Horch K, List S et al. (2010): Gesundheitsberichterstattung des Bundes: Ziele, Aufgaben und Nutzungsmöglichkeiten. Robert Koch-Institut Berlin (Hg.). GBE kompakt 1/2010.

Kontakt

Dr. Livia Ryl
Robert Koch-Institut
Fachgebiet 24: Gesundheitsberichterstattung
General-Pape-Str. 62-66
12101 Berlin
E-Mail: [RyLL\[at\]rki.de](mailto:RyLL[at]rki.de)

[RKI]

Passivrauchbelastung bei Erwachsenen in Deutschland

Ergebnisse der Studie

„Gesundheit in Deutschland aktuell“ 2009

Passive Smoking Among Adults in Germany.
Results of the „German Health Update“ Study 2009

Thomas Lampert, Sabine Maria List

Abstract

Passive smoking is a major risk to health. Using data from the study „German Health Update“ 2009 of the Robert Koch-Institut, the paper describes the current prevalence of passive smoking among the population aged 18 and older in Germany. The findings show that 42% of men and 26% of women who do not smoke themselves are regularly exposed to tobacco smoke. Young adults and people with a low social status are particularly affected. The places where people are most commonly exposed to smoke are the workplace, pubs, bars and discotheques, as well as their own homes and the homes of friends and acquaintances. However, a comparison with data from 1998 also shows that the extent of passive smoking has decreased markedly in the last ten years. The measures taken to protect non-smokers in recent years most likely had a significant effect in this context. These findings provide further evidence to back the policy of developing these measures further and resolutely applying them.

Zusammenfassung

Passivrauchen stellt ein erhebliches Risiko für die Gesundheit dar. Mit Daten der Studie des Robert Koch-Instituts (RKI) „Gesundheit in Deutschland aktuell“ 2009 (GEDA 2009) wird die aktuelle Verbreitung des Passivrauchens in der 18-jährigen und älteren Bevölkerung Deutschlands beschrieben. Die Ergebnisse zeigen, dass 42% der Männer und 26% der Frauen, die selbst nicht rauchen, regelmäßig einer Passivrauchbelastung ausgesetzt sind. Besonders betroffen sind junge Erwachsene und Personen mit niedrigem Sozialstatus. Als Orte der Passivrauchexposition kommt dem Arbeitsplatz, Kneipen, Bars und Diskotheken sowie der eigenen Wohnung und den Wohnungen von Freunden und Bekannten die größte Bedeutung zu. Der Vergleich mit Daten aus dem Jahr 1998 zeigt aber auch, dass das Ausmaß der Passivrauchbelastung in den letzten zehn Jahren deutlich zurückgegangen ist. Einen wesentlichen Beitrag hierzu dürften die in den letzten Jahren ergriffenen Maßnahmen zum Nichtraucherschutz geleistet haben. Vor diesem Hintergrund spricht vieles dafür, diese weiterzuentwickeln und konsequent umzusetzen.

Einleitung

Tabakrauch ist auch dann gesundheitsschädlich, wenn er nicht direkt inhaliert, sondern über die Raumluft eingeatmet wird. Dies gilt insbesondere bei regelmäßiger Passivrauchexposition über längere Zeiträume. Passivrauchen verursacht qualitativ ähnliche Beschwerden und Erkrankungen, wie sie bei aktiven Rauchern bekannt sind. Neben akuten Beeinträchtigungen, wie zum Beispiel Reizungen der Augen- und Atemwegsschleimhäute, zählen dazu auch schwerwiegende Krankheiten, wie etwa Herz-Kreislauf-, Atemwegs- und Krebserkrankungen. Diese gehen mit einem hohen Behandlungsbedarf und einer beeinträchtigten Lebensqualität der

Betroffenen einher oder führen sogar zum Tod. Durch Passivrauch belastete Personen haben ein in der Größenordnung von 20 bis 30% erhöhtes Erkrankungs- beziehungsweise Sterberisiko für Lungenkrebs, koronare Herzerkrankung, Schlaganfall und chronisch-obstruktive Lungenerkrankung im Vergleich zu nicht exponierten Nichtrauchern (DKFZ 2005; USDHHS 2006). Schätzungen zufolge sterben allein in Deutschland jährlich mehr als 3.300 Menschen aufgrund regelmäßigen Passivrauchens (Keil et al. 2005).

Gesundheitsgefährdende Bestandteile im Passivrauch

Die Zusammensetzung des Passivrauches gleicht in qualitativer Hinsicht dem von Rauchern direkt inhalierten Hauptstromrauch. Dieser enthält über 4.800 bekannte Stoffe. Eine krebserregende Wirkung ist für 90 dieser Substanzen nachgewiesen oder wird vermutet (DKFZ 2009a). Beim Verglimmen des Tabaks entsteht zusätzlich der sogenannte Nebenstromrauch, der circa 85 % des Tabakrauchs ausmacht. Darin sind die toxischen Verbrennungsprodukte teilweise sogar höher konzentriert als im Hauptstromrauch. Ursache hierfür ist vor allem eine unvollständige Verbrennung des Tabaks aufgrund der niedrigeren Temperaturen. Zur Entstehung giftiger Verbrennungsprodukte tragen sogenannte Zusatzstoffe bei, die Tabakwaren aus produktionstechnischen Gründen oder zur Geschmacksverbesserung beigelegt werden. Beispielsweise bilden sich aus zugesetztem Zucker die Kanzerogene Form- und Acetaldehyd (DKFZ 2005, 2009b). Tabakrauch enthält außer gasförmigen Substanzen Feinstaubpartikel, an die sich Schadstoffe anlagern. Je kleiner die Staubteilchen sind, desto tiefer gelangen sie in die Atemwege (z. T. bis in die Alveolen) und können dort entzündliche Reaktionen hervorrufen. Im Nebenstromrauch finden sich durchschnittlich kleinere Partikel als im Hauptstromrauch. Die Bestandteile des Tabakrauchs lagern sich an Wänden, Böden und Gegenständen ab, sind also nicht durch einfaches Lüften zu entfernen. Außerdem zeigen Untersuchungen, dass sich Zusammensetzung und Toxizität des Tabakrauchs im zeitlichen Verlauf verändern. Auch von Räumen und Gegenständen, die mit „altem“ Rauch (thirdhandsmoke) kontaminiert sind, gehen gesundheitliche Gefahren aus (DKFZ 2005, 2010a,b).

Daten zur Passivrauchbelastung der Bevölkerung in Deutschland

GEDA 2009 und BGS 98

Bei der Studie „Gesundheit in Deutschland aktuell“ (GEDA) 2009 handelt es sich um eine repräsentative Befragung durch computerunterstützte Telefoninterviews (CATI), die zwischen Juli 2008 und Juni 2009 vom Robert Koch-Institut (RKI) durchgeführt wurde. Die im Rahmen des Gesundheitsmonitorings jährlich wiederholte GEDA-Studie ist auf die kontinuierliche Beobachtung von

Entwicklungen des Krankheitsgeschehens, des Gesundheits- und Risikoverhaltens sowie der Gesundheitsversorgung ausgerichtet (Kurth et al. 2009). Insgesamt wurden in dieser Studie im Jahr 2009 21.262 Personen befragt (Kooperationsrate: 51,2 %).

In dem vorliegenden Beitrag werden aus GEDA 2009 aktuelle Daten zur Passivrauchbelastung der Bevölkerung vorgestellt. Neben Angaben über die Verbreitung des Passivrauchens in der Bevölkerung werden auch Ergebnisse zur Häufigkeit und den Ort der Exposition gegenüber Passivrauch präsentiert. Außerdem liefert der Vergleich dieser Daten mit den Ergebnissen des Bundes-Gesundheitssurveys (BGS) aus dem Jahr 1998 Hinweise darauf, wie sich das Ausmaß der Passivrauchbelastung in den letzten zehn Jahren verändert hat (siehe auch Lampert, List 2010, 2011).

Fragen zur Passivrauchbelastung in GEDA 2009

Die Passivrauchbelastung wurde in der GEDA-Studie mit drei Fragen erhoben, die sich nur an Personen richteten, die selbst nicht rauchen (n=15.018).

Zunächst sollten die Befragten angeben, an wie vielen Tagen in der Woche sie Tabakrauch ausgesetzt sind (Antwortvorgaben: „keinen Tag“, „1 bis 3 Tage“, „4 bis 6 Tage“, „täglich“) und wie viele Stunden am Tag dies der Fall ist (Antwortvorgaben: „weniger als 1 Stunde“, „1 bis 3 Stunden“, „3 bis 5 Stunden“, „mehr als fünf Stunden“). Anschließend sollte der Ort der Passivrauchbelastungen benannt werden (Antwortvorgaben: „bei der Arbeit“, „zu Hause“, „in Kneipen, Cafés, Bars, Diskotheken etc.“, „in Restaurants“, „bei Freunden, Bekannten“ an „anderen Orten“). Die Ergebnisse zur Passivrauchbelastung, die für die 18-jährige und ältere Wohnbevölkerung Deutschlands repräsentativ sind, werden für Männer und Frauen, vier Altersgruppen (18-29, 30-44, 45-65, 65+ Jahre) und drei Sozialstatusgruppen (niedrig, mittel, hoch) ausgewiesen. Der Sozialstatus wurde anhand von Angaben zur schulischen und beruflichen Bildung, zum beruflichen Status und zum bedarfsgewichteten Haushaltsnettoeinkommen als Punktscore ermittelt (vgl. Winkler, Stolzenberg 1999).

Ergebnisse aus GEDA 2009

Nach den GEDA-Daten waren im Jahr 2009 rund 33% der 18-jährigen und älteren Bevölkerung, die

selbst nicht rauchen, mindestens an einem Tag in der Woche einer Passivrauchbelastung ausgesetzt. Auf Männer traf dies mit 42% gegenüber 26% häufiger zu als auf Frauen. Der höchste Anteil der Exposition wurde bei jungen Erwachsenen im Alter von 18 bis 29 Jahren festgestellt, aber auch im mittleren Erwachsenenalter ist ein großer Teil der Bevölkerung regelmäßig mit Tabakrauch konfrontiert. Erst ab dem 65. Lebensjahr nimmt die Passivrauchbelastung deutlich ab (**Abbildung 1**).

Die Häufigkeit der Passivrauchbelastung, bezogen auf die Anzahl der Tage pro Woche, ist bei jungen Erwachsenen im Alter von 18 bis 29 Jahren am höchsten. In dieser Altersgruppe ist ein Fünftel der Nichtraucher und ein Sechstel der Nichtraucherinnen täglich Tabakrauch ausgesetzt (**Tabelle 1**).

Bezüglich der Orte der Passivrauchbelastung fällt auf, dass Männer überall weitaus häufiger als Frauen mit Tabakrauch konfrontiert sind, ausgenommen

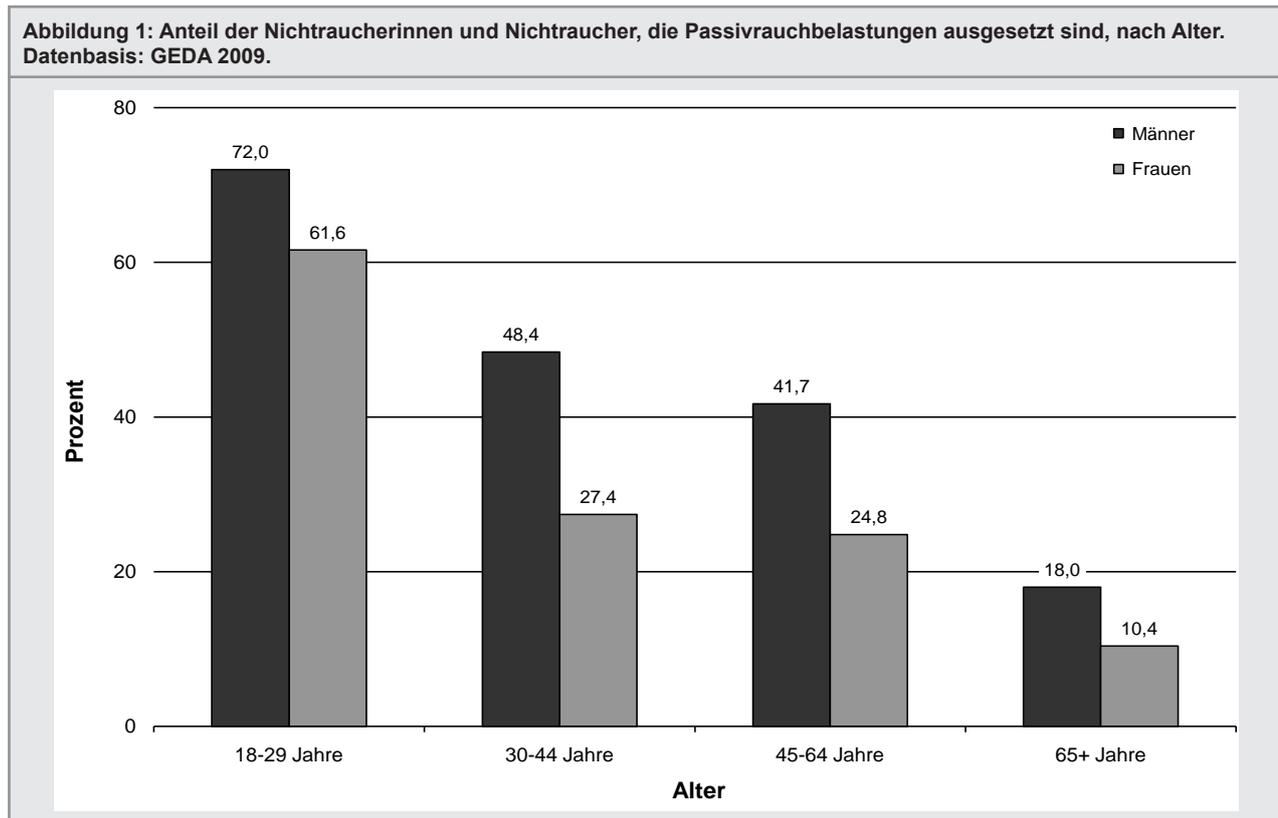


Tabelle 1: Häufigkeit der Passivrauchbelastung bei Nichtraucherinnen und Nichtrauchern nach Alter (Angaben in %).
Datenbasis: GEDA 2009.

	Anzahl der Tage pro Woche mit einer Passivrauchbelastung			
	Kein Tag	1-3 Tage	4-6 Tage	Täglich
Männer				
18-29 Jahre	28,0	37,2	13,6	21,2
30-44 Jahre	51,7	24,7	9,6	14,0
45-64 Jahre	58,4	19,7	5,0	16,9
65+ Jahre	82,5	13,1	0,6	3,8
Frauen				
18-29 Jahre	38,5	35,9	8,5	17,1
30-44 Jahre	72,7	14,8	2,6	9,9
45-64 Jahre	75,6	11,9	2,5	10,0
65+ Jahre	89,9	6,4	0,4	3,3

davon ist nur die eigene Wohnung, in der keine bedeutsamen geschlechtsspezifischen Unterschiede festzustellen sind. Erfolgt eine Eingrenzung auf die Erwerbsbevölkerung im Alter von 18 bis 64 Jahren betragen die Prävalenzen für Passivrauchbelastung am Arbeitsplatz bei selbst nicht rauchenden Männern und Frauen 31 % beziehungsweise 14 %.

Die nach Altersgruppen differenzierte Betrachtung zeigt, dass sich junge Erwachsene vor allem in Kneipen, Bars und Diskotheken sowie bei Freunden und Bekannten Tabakrauch ausgesetzt sehen. Bei jungen Männern kommt dem Arbeitsplatz als Ort der Passivrauchbelastung ein ähnlich hoher Stellenwert zu, für junge Frauen gilt dies nicht gleichermaßen. Bei Frauen kommt der eigenen Wohnung und der Wohnung von Freunden und Bekannten eine vergleichbare Bedeutung zu (Tabelle 2).

Darüber hinaus zeigen die GEDA-Daten des RKI, dass Personen mit niedrigem Sozialstatus deutlich häufiger als Personen mit hohem Sozialstatus einer Passivrauchbelastung ausgesetzt sind (Abbildung 2).

Vergleich der Ergebnisse aus GEDA 2009 mit denen des BGS 98

Um die Wirksamkeit der in den vergangenen Jahren eingeführten Regelungen zum Nichtraucher-schutz bewerten zu können, bedarf es Daten zur zeitlichen Entwicklung der Passivrauchbelastung.

Einen Anhaltspunkt liefert hier ein Vergleich der Ergebnisse der GEDA-Studie 2009 mit denen des Bundes-Gesundheitssurvey (BGS) 1998. Möglich ist dies allerdings nur für Personen im Alter von 18 bis 79 Jahren, da der BGS 1998 auf diese Altersspanne begrenzt war. Der Vergleich zeigt, dass der Anteil der Nichtraucherinnen und Nichtraucher, die einer Passivrauchbelastung ausgesetzt sind, im Zeitraum von 1998 bis 2009 deutlich gesunken ist, bei Männern von 61,6 % auf 42,8 % und bei Frauen von 52,5 % auf 26,9 %. Der Rückgang der Passivrauchbelastung ist in allen Altersgruppen zu beobachten, besonders stark fiel er bei Frauen ab dem 30. Lebensjahr aus (Abbildung 3).

Diskussion

Die beschriebenen Ergebnisse zeigen einerseits, dass noch immer rund ein Drittel der Erwachsenen in Deutschland, die selbst nicht rauchen, regelmäßig einer Passivrauchbelastung ausgesetzt ist. Andererseits hat sich das Ausmaß der Passivrauchbelastung in den letzten zehn Jahren deutlich verringert. Einen wichtigen Beitrag hierzu dürften die in den letzten Jahren implementierten Tabakkontrollmaßnahmen geleistet haben. Dies gilt insbesondere für die Umsetzung von Rauchverboten. Die positiven Effekte von Rauchverboten am Arbeitsplatz sind eindeutig belegt. Sie führen nicht nur dazu, dass die Passivrauchbelastung abnimmt, sondern auch zu sinkenden Raucherquoten und ei-

Tabelle 2: Anteil der Nichtraucherinnen und Nichtraucher, die Passivrauchbelastungen ausgesetzt sind, nach Ort der Exposition und Alter (Angaben in %). Datenbasis: GEDA 2009.

	Ort der Passivrauchbelastung					
	Arbeitsplatz	Zu Hause	Kneipen, Bars, Diskotheken etc.	Restaurants	Bei Freunden, Bekannten	Andere Orte
Männer						
18-29 Jahre	29,3	14,2	34,0	5,1	29,5	13,8
30-44 Jahre	30,6	6,0	14,6	4,4	13,0	5,1
45-64 Jahre	22,6	9,2	10,0	3,4	9,4	4,6
65+ Jahre	tnz	5,8	5,0	3,7	5,5	1,9
Frauen						
18-29 Jahre	18,2	14,0	29,0	6,9	29,3	9,7
30-44 Jahre	8,9	8,8	6,3	2,2	10,1	3,0
45-64 Jahre	7,7	9,8	3,3	2,0	8,6	2,4
65+ Jahre	tnz	6,4	1,1	0,8	3,1	1,3

tnz: trifft nicht zu, da nach dem 65. Lebensjahr nur noch sehr wenige Menschen erwerbstätig sind.

Abbildung 2: Anteil der Nichtraucherinnen und Nichtraucher, die Passivrauchbelastungen ausgesetzt sind, nach sozialem Status und Alter. Datenbasis: GEDA 2009.

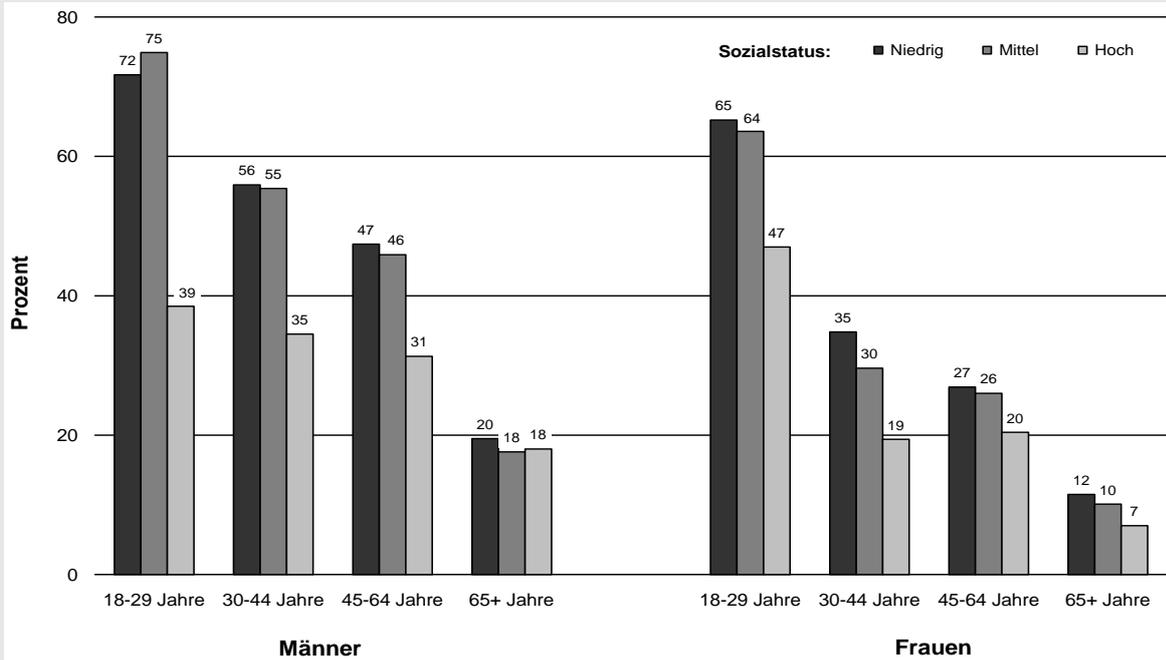
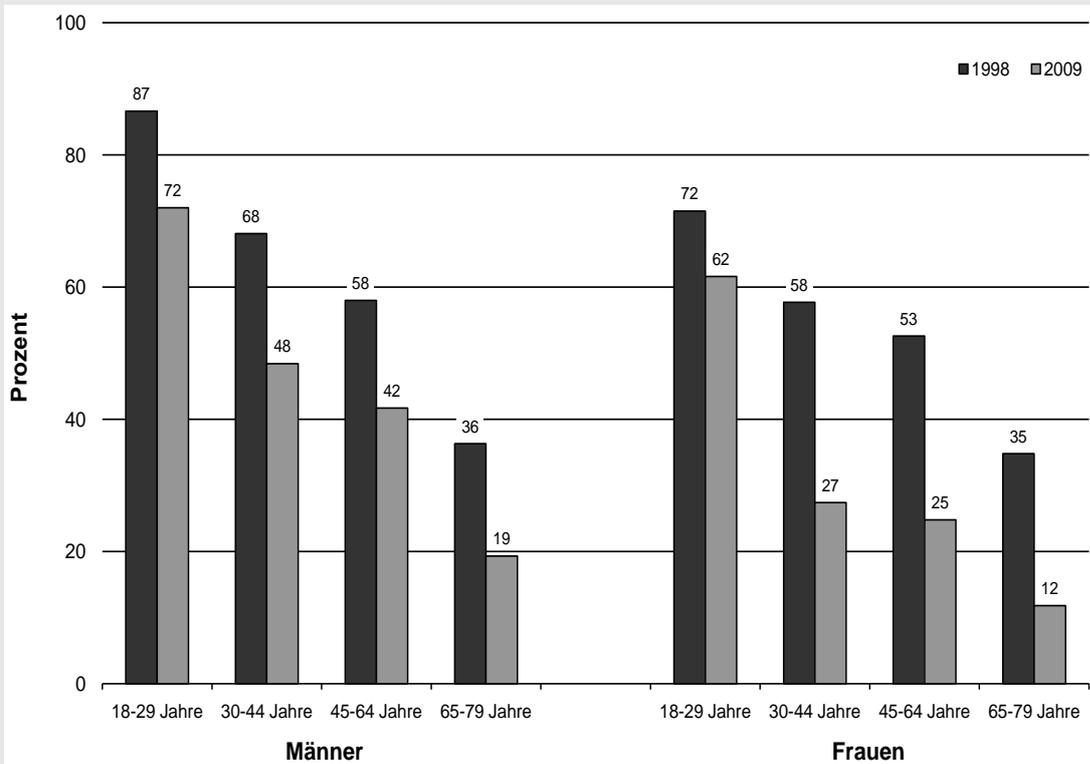


Abbildung 3: Veränderung der Passivrauchbelastung von Nichtraucherinnen und Nichtrauchern im Zeitraum 1998 (BGS) bis 2009 (GEDA).



ner geringeren Zahl pro Tag gerauchter Zigaretten. Die Stärke dieses Effektes hängt von der Stringenz ab, mit der die Rauchverbote umgesetzt werden: Sind weiterhin Rauchgelegenheiten, etwa in Form von Raucherräumen vorhanden, sind Rauchverbote am Arbeitsplatz deutlich weniger wirksam (DKFZ 2010b). Gerade im beruflichen Umfeld ergänzen sich häufig gesetzliche Vorgaben (Arbeitsstättenverordnung, Bundesnichtraucherschutzgesetz, Landesgesetze zum Nichtraucherschutz), freiwillige betriebliche Vereinbarungen und ein verändertes gesellschaftliches Bewusstsein, so dass Nichtrauchen am Arbeitsplatz mehr und mehr zur Norm wird. Rauchverbote im Gastronomiebereich sind in Deutschland bislang relativ uneinheitlich geregelt und ihre Einhaltung wird zudem nicht konsequent überprüft. Dabei sind vielfältige positive Auswirkungen von Rauchverboten in der Gastronomie beschrieben. So nimmt bei den dort beschäftigten Personen bereits nach kurzer Zeit die Häufigkeit von Atemwegserkrankungen und anderen Beschwerden wie Augenreizungen ab, während sich Lungenfunktionsparameter verbessern (DKFZ 2010b). Außerdem spricht vieles dafür, dass nach der Einführung von Rauchverboten in der Gastronomie die Rate an Herzinfarkten in der Allgemeinbevölkerung, und hier vor allem bei Nichtrauchern, sinkt (Lightwood, Glantz 2009; Goodman 2009; Meyers et al. 2009). Durch den Ausgang des im Juli 2010 durchgeführten Volksentscheids hat Bayern als erstes Bundesland ein striktes Rauchverbot in der Gastronomie eingeführt, das heißt nahezu ohne Ausnahmeregelungen.

Fazit

Vor diesem Hintergrund kann geschlussfolgert werden, dass die in den letzten Jahren ergriffenen Maßnahmen zum Nichtraucherschutz zu einem besseren Schutz vor Passivrauchbelastungen geführt haben. In der Bevölkerung finden diese Maßnahmen mittlerweile große Zustimmung (siehe hierzu DKFZ 2010c), es bestehen aber noch erhebliche Verbesserungsmöglichkeiten und zwar sowohl in Bezug auf die Weiterentwicklung der Maßnahmen als auch hinsichtlich der Umsetzung und Durchsetzung der vorhandenen Regelungen und Bestimmungen.

Weitere Informationen zum Thema bietet die von den Autoren 2010 vorgelegte Publikation *Gesundheitsgefahr Passivrauchen* (GBE kompakt 3/2010).

Literatur

DKFZ (Hrsg.) (2010a): Schutz der Familie vor Tabakrauch. Rote Reihe Tabakprävention und Tabakkontrolle. Band 14. Heidelberg. http://www.dkfz.de/de/tabakkontrolle/download/Publikationen/RoteReihe/Band_14_Schutz_der_Familie_vor_Tabakrauch.pdf (Abrufdatum: 18.08.2011).

DKFZ (Hrsg.) (2010b): Nichtraucherschutz wirkt – eine Bestandsaufnahme der internationalen und der deutschen Erfahrungen. Rote Reihe Tabakprävention und Tabakkontrolle. Band 15. Heidelberg. http://www.dkfz.de/de/tabakkontrolle/download/Publikationen/RoteReihe/Band_15_Nichtraucherschutz_wirkt.pdf (Abrufdatum: 18.08.2011).

DKFZ (Hrsg.) (2010c): Rauchfreie Gaststätten in Deutschland 2010: Steigende Zustimmung bei Rauchern. Aus der Wissenschaft – für die Politik. Heidelberg. http://www.dkfz.de/de/tabakkontrolle/download/Publikationen/AdWfP/AdWfP_Rauchfreie_Gaststaetten_2010.pdf (Abrufdatum: 18.08.2011).

DKFZ (Hrsg.) (2009a): Krebserzeugende Substanzen im Tabakrauch. Fakten zum Rauchen. Heidelberg. http://www.dkfz.de/de/tabakkontrolle/download/Publikationen/FzR/FzR_Kanzerogene_im_Tabakrauch.pdf (Abrufdatum: 18.08.2011).

DKFZ (Hrsg.) (2009b): Tabakatlas Deutschland 2009. Heidelberg. http://www.tabakkontrolle.de/pdf/Tabakatlas_2009.pdf (Abrufdatum: 18.08.2011).

DKFZ (Hrsg.) (2005): Passivrauchen – ein unterschätztes Gesundheitsrisiko. Rote Reihe Tabakprävention und Tabakkontrolle. Band 5. Heidelberg. http://www.tabakkontrolle.de/pdf/Passivrauchen_Band_5_2Auflage.pdf (Abrufdatum: 18.08.2011).

Goodman PG, Haw S, Kabir Z et al. (2009): Are there health benefits associated with comprehensive smoke-free laws. *International Journal of Public Health* 54, 367–378. <http://www.springerlink.com/content/k61984x-412t4872x/fulltext.pdf> (Abrufdatum: 18.08.2011).

Keil U, Becher H, Heidrich J et al. (2005): Passivrauchbedingte Morbidität und Mortalität in Deutschland. In: DKFZ (Deutsches Krebsforschungszentrum) (Hrsg.) Passivrauchen – ein unterschätztes Gesundheitsrisiko. Rote Reihe Tabakprävention und Tabakkontrolle, Band 5. Heidelberg. DKFZ. S. 20-34.

Kurth B-M, Lange C, Kamtsiuris P et al. (2009): Gesundheitsmonitoring am Robert Koch-Institut. Sachstand und Perspektiven. In: *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz* 52: 557-70.

Lampert T, List S (2011): Passivrauchbelastung bei Erwachsenen in Deutschland. Ergebnisse der Studie „Gesundheit in Deutschland aktuell“ 2009. In: *prävention* 01/2011: 15-17.

Lampert T, List SM (2010): Gesundheitsgefahr Passivrauchen. GBE kompakt. Robert Koch-Institut Berlin. 3/2010. www.rki.de/gbe-kompakt (Abrufdatum: 18.08.2011).

Lightwood JM, Glantz SA (2009): Declines in Acute Myocardial Infarction After Smoke-Free Laws and Individual Risk Attributable to Secondhand Smoke. In: *Circulation* 120, 1373-1379.

Meyers DG, Neuberger JS, He J (2009): Cardiovascular effect of bans on smoking in public places: a systematic review and meta-analysis. In: *Journal of the American College of Cardiology* 54: 1249-1255.

USDHHS (U.S. Department of Health and Human Services) (Hrsg.) (2006): *The Health Consequences of Involuntary Exposure to Tobacco Smoke: A Report of the Surgeon General*. Atlanta, USA.

Winkler J, Stolzenberg H (1999): Der Sozialschichtindex im Bundes-Gesundheitssurvey. In: *Gesundheitswesen* 61 (Sonderheft 2): 178-183.

Kontakt

Dr. Thomas Lampert
Robert Koch-Institut
FG24 Gesundheitsberichterstattung
General-Pape-Str. 62-64,
D-12101 Berlin
Telefon: 030 18754-3304
Fax: 030 18754-3513
E-Mail: [t.lampert\[at\]rki.de](mailto:t.lampert@rki.de)

[RKI]

Hitzewarnsysteme als Anpassungsmaßnahme an die gesundheitlichen Folgen des Klimawandels – eine Untersuchung am Fallbeispiel Niedersachsen

Heat health warning systems as an adaptation measure to the health impacts of climate change – a study using the example of Lower Saxony

Heike Kristin Paesel, Jobst Augustin

Abstract

Since 2005 all federal states in Germany have introduced heat health warning systems (HHWS) in cooperation with the German Meteorological Service (DWD). Within the federal state of Lower Saxony a questionnaire based study was carried out to assess in how far the warnings issued by the HHWS reach the vulnerable parts of the population and provoke behavioural change. The results show that a sufficient and reliable access to heat health warnings is not fully assured, especially not for the particularly endangered group of elderly people still living on their own. These people are often not even aware of their vulnerability. Apart from that, distinguishing between normal weather information and official heat health warnings is a general problem. In their current form the warnings only partially stimulate enhanced heat-protection measures.

Zusammenfassung

Seit 2005 haben alle Bundesländer in Deutschland in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Wetterdienst (DWD) Hitzewarnsysteme (HWS) eingeführt. Im Bundesland Niedersachsen wurde eine fragebogengestützte Studie durchgeführt, um zu untersuchen, inwieweit die Warnungen des HWS die hitzevulnerablen Bevölkerungsgruppen erreichen und Verhaltensänderungen bewirken. Die Ergebnisse zeigen, dass ein ausreichender und zuverlässiger Zugang zu Hitzewarnungen nicht in vollem Umfang gewährleistet ist, insbesondere nicht für die besonders gefährdete Gruppe älterer Menschen, die eigenständig leben. Diese sind sich zudem ihrer besonderen Vulnerabilität häufig nicht bewusst. Darüber hinaus ist die Unterscheidung von normalen Wetterinformationen und offiziellen Hitzewarnungen ein generelles Problem. Die Warnungen führen in ihrer jetzigen Form nur teilweise zu verstärkten Hitzeschutzmaßnahmen.

Einleitung

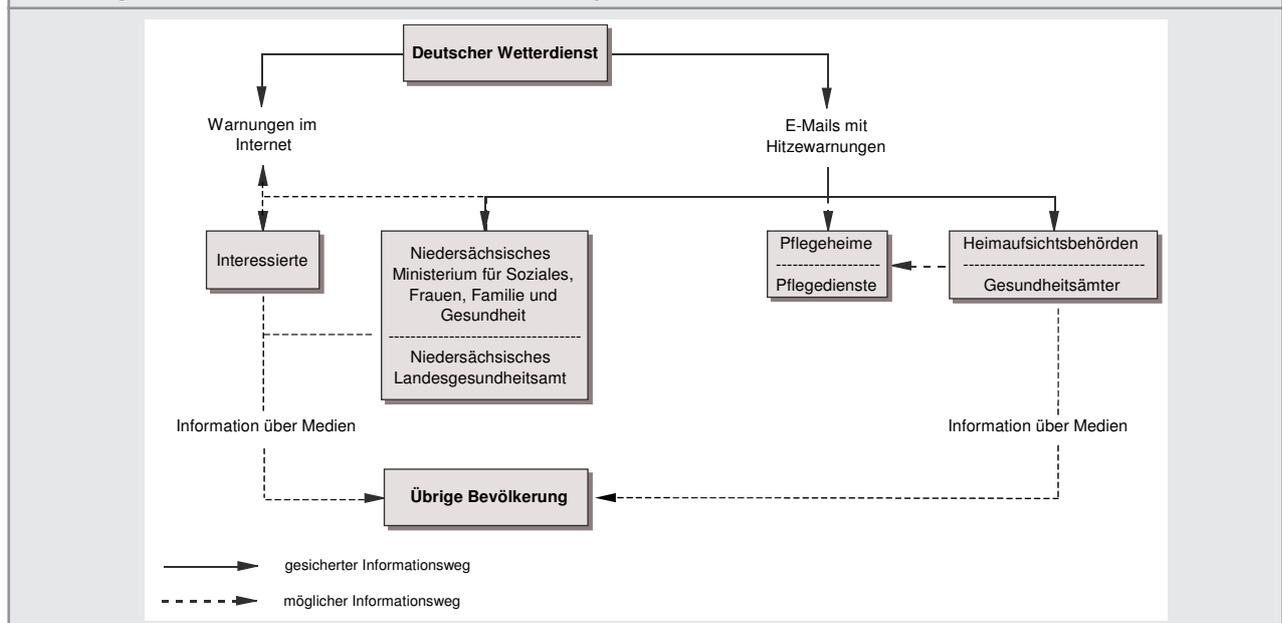
Mit großer Wahrscheinlichkeit wird sich der Klimawandel auf die Gesundheit des Menschen auswirken. Für Deutschland und Mitteleuropa ist insbesondere eine erhöhte thermische Belastung zu erwarten (Becker et al. 2007). Bestimmte Bevölkerungsgruppen, wie Senioren, (chronisch) Kranke und Kleinkinder, gelten als besonders vulnerabel gegenüber Hitze (Matthies et al. 2008). Um die gesundheitlichen Risiken für diese Bevölkerungsgruppen zu minimieren, ist eine Anpassung an die Folgen des Klimawandels erforderlich. Mögliche Anpassungsmaßnahmen beinhalten unter anderem die Einführung sogenannter Hitzewarnsysteme. Diese beinhalten eine frühzeitige Vorhersage von Hitzeereignissen, die einen erhöhten Anstieg der Mortalität erwarten lassen. Bei Überschreitung definierter Schwellenwerte (zum Beispiel: gefühlte Temperatur $>32^{\circ}\text{C}$) wird eine Hitzewar-

nung herausgegeben. Durch diese frühzeitige Information soll, verbunden mit entsprechenden Interventionsmaßnahmen, hitzebedingten Gesundheitsproblemen vorgebeugt werden (Koppe et al. 2004). Mittlerweile existieren in fast allen europäischen Staaten Hitzewarnsysteme. Untersuchungen über Wirksamkeit und Effizienz derartiger Warnsysteme liegen bislang jedoch erst in geringem Umfang vor.

Situation in Deutschland/ Niedersachsen

In Deutschland werden seit 2005 flächendeckend Hitzewarnungen vom Deutschen Wetterdienst (DWD) zur Verfügung gestellt. Je nach Hitzebelastung wird in zwei unterschiedliche Warnstufen

Abbildung 1: Aufbau des niedersächsischen Hitzwarnsystems.



unterteilt („starke Wärmebelastung“ und „extreme Wärmebelastung“). Die Hitzewarnungen sind bis auf Landkreisebene regionalisiert, im Internet einsehbar sowie per Newsletter abonnierbar (Koppe 2009a; Laschewski, Bucher 2008). Zudem werden die Warnungen vom DWD per Mail und/oder Fax an Einrichtungen des Gesundheitswesens der Bundesländer weitergeleitet. Welche Einrichtungen zu den Standardadressaten zählen, ist abhängig von den individuellen Vereinbarungen der jeweiligen Bundesländer mit dem DWD. Ebenso ist es bundeslandabhängig, wie im Anschluss an eine Hitzewarnung weiter verfahren wird (zum Beispiel ob noch eine interne Weiterleitung der Warnungen stattfindet oder Interventionsmaßnahmen eingeleitet werden müssen). Unabhängig vom Hitzewarnsystem des DWD werden mittlerweile auch von einigen privaten Wetterdiensten ähnliche Warnungen herausgegeben. So warnt beispielweise seit 2010 die Meteomedia GmbH vor „Extremtemperaturen“.

In Niedersachsen wurde im Jahr 2006 eine Vereinbarung mit dem DWD zur Weiterleitung von Hitzewarnungen geschlossen (Abbildung 1). Die Warnungen werden seitdem vom DWD direkt an das Niedersächsische Ministerium für Soziales, Frauen, Familie und Gesundheit sowie die lokalen Heimaufsichtsbehörden und Gesundheitsämter übermittelt (Koppe 2009b). Diese Einrichtungen können frei darüber entscheiden, wie im Anschluss an eine Hitzewarnung zu verfahren ist, so zum Beispiel ob die Warnung an weitere Adressaten

kommuniziert wird. Als primäre Zielgruppe des Hitzewarnsystems werden Pflegeheime, ambulante Pflegedienste sowie pflegende Angehörige betrachtet (Grams 2010). Darüber hinaus werden als weitere Zielgruppe vulnerable Personengruppen wie ältere, herzkreislaufkranke Menschen und Kinder genannt (Beiler 2010).

Unabhängig von einer eventuellen Kommunikation der Hitzewarnungen durch die Behörden können sich interessierte Einrichtungen und Personen per Newsletter vom DWD über Hitzewarnungen unterrichten lassen. Über diese Möglichkeit wurden auch die Pflegeeinrichtungen in Niedersachsen wiederholt informiert.

Untersuchung

Im Rahmen einer Diplomarbeit wurde das Hitzewarnsystem in Niedersachsen im Hinblick auf die Verbreitung und Wirkung der Hitzewarnungen untersucht. Die zugrundeliegenden Untersuchungsfragen waren:

- Werden die vulnerablen Personen von Hitzewarnungen erreicht?
- Fördern die Warnungen ein angepasstes Verhalten?
- Sind die Voraussetzungen für ein angepasstes Verhalten gegeben? Verhalten sich die vulnerablen Personen auch ohne Warnungen angepasst?

Zur Untersuchung dieser Fragen wurde im Februar und März 2010 eine standardisierte Querschnittsbefragung niedersächsischer Pflegeheime (n=214), Kindertageseinrichtungen (n=167) und nicht in Pflegeeinrichtungen lebender Senioren (n=52) durchgeführt. Letztere stellen eine potentiell besonders vulnerable Gruppe dar, die in Zukunft aufgrund des demographischen Wandels an Bedeutung gewinnen wird.

Ergebnisse

Der Anteil der Befragten, die in der Vergangenheit von Hitzewarnungen für ihre Region erfahren haben, ist je nach Befragungsgruppe sehr unterschiedlich. Die befragten Pflegeheime gaben mehrheitlich an, in der Vergangenheit über Hitzewarnungen informiert worden zu sein (79,3%). Als Informationsquelle wurden in erster Linie die lokalen Heimaufsichtsbehörden (57,9%) genannt, die die Warnungen des DWD an die Pflegeeinrichtungen in ihrem Zuständigkeitsgebiet weiterleiteten. Da die Weiterleitung jedoch auf keiner verpflichtenden Basis stattfindet, wurden die Warnungen nicht immer zeitnah und zuverlässig übermittelt. Diesen Umstand bemängelten mehrere befragte Einrichtungen. Der Newsletter des DWD wurde nur von knapp einem Fünftel (19,2%) der befragten Heime genutzt. Die Kindertageseinrichtungen sowie die noch eigenständig lebenden Senioren gaben im Un-

terschied zu den Pflegeheimen nur zu einem sehr geringen Teil an, in der Vergangenheit von Hitzewarnungen für ihre Region erfahren zu haben (18,5 beziehungsweise 7,7%). Den meisten von ihnen war die Existenz eines Hitzewarnsystems nicht bekannt. Als Gemeinsamkeit aller befragten Gruppen konnte festgestellt werden, dass ihnen der Unterschied zwischen einer amtlichen Hitzewarnung und anderen Wetterhinweisen häufig nicht bewusst war.

Eine wichtige Frage ist, inwiefern der Informationsgewinn durch das Hitzewarnsystem zu einer Verhaltensänderung beziehungsweise zum Ergreifen zusätzlicher Maßnahmen führt. Auch unabhängig von Hitzewarnungen werden in den meisten befragten Pflegeheimen bei witterungsbedingten Hitzeperioden Schutzmaßnahmen ergriffen (98,6%). Die ergriffenen Maßnahmen umfassen ein breites Spektrum, sind aber in ihrem Umfang von der jeweiligen Einrichtung abhängig. Ein festgelegter Maßnahmenplan existiert für 42,3% der befragten Heime. 54,7% der befragten Pflegeheime gaben an, dass eine Hitzewarnung keine Rolle für das Ergreifen von Hitzeschutzmaßnahmen in der jeweiligen Einrichtung spielt. Demgegenüber führt in 43% der befragten Pflegeheime eine aktuelle Hitzewarnung zu einer verstärkten Maßnahmenergreifung beziehungsweise zur Überprüfung bereits bestehender Maßnahmen (**Abbildung 2**). Trotz dieses eher zweigeteilten Ergebnisses wurde die Nützlichkeit

Abbildung 2: Einfluss von Hitzewarnungen auf das Ergreifen von Hitzeschutzmaßnahmen in Pflegeheimen. Ergebnisse der Befragung in niedersächsischen Pflegeheimen (n=214), Befragungszeitraum Februar/März 2010.

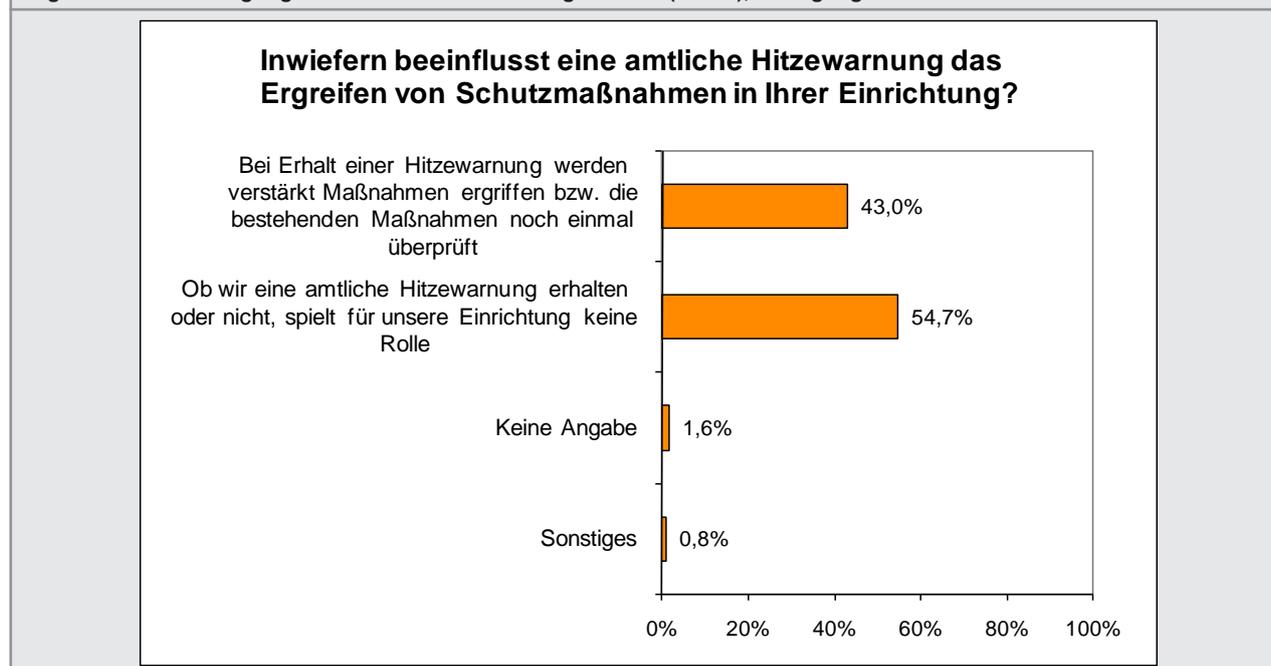


Abbildung 3: Einschätzung des eigenen Risikos.
Ergebnisse der Befragung von nicht in Pflegeeinrichtungen lebenden Senioren in Niedersachsen (n=52),
Befragungszeitraum Februar/März 2010.



von Hitzewarnungen von den Befragten tendenziell positiv bewertet (Schulnote 2,4). Die Pflegeheime, welche die Nützlichkeit von Hitzewarnungen negativ beurteilten, bemängelten mehrfach die bereits genannte unzureichende Weiterleitung der Warnungen seitens der Behörden. Von einer geringen Anzahl der Heime wurde auch der generelle Sinn von Hitzewarnungen und die damit verbundene Bürokratie in Frage gestellt.

Wie die Befragung gezeigt hat, werden Kindertageseinrichtungen und nicht in Betreuungseinrichtungen lebende Senioren bislang mehrheitlich nicht von Hitzewarnungen erreicht. Somit konnte für diese Gruppe auch nicht untersucht werden, ob Hitzewarnungen eine Verhaltensänderung bewirken. Allerdings wurde versucht zu ermitteln, inwiefern die Voraussetzungen für ein angepasstes Verhalten gegeben sind und sich die betreffenden Gruppen auch ohne Information über eine Hitzewarnung angepasst verhalten. Vor allem die Ergebnisse der Seniorenbefragung sind alarmierend: Zwar fühlen sich die befragten Senioren im Durchschnitt befriedigend über Gesundheitsrisiken und Schutzmaßnahmen bei Hitze informiert, jedoch scheint ihre subjektive Informiertheit teilweise stark von ihrer tatsächlichen Informiertheit abzuweichen. Das heißt, dass sich die Befragten häufig besser informiert fühlen als sie es tatsächlich sind. So ist es erstaunlich, dass rund 50% der Befragten das Risiko für ihre Gesundheit bei Hitze für niedrig beziehungsweise eher niedrig halten, obwohl sie potentiell zu einer besonders vulnerablen Gruppe zählen (**Abbildung 3**). Selbst unter den nachweis-

lich chronisch Kranken wird das Risiko nur von 57,1% für hoch beziehungsweise eher hoch gehalten. Zwar gaben die meisten Befragten (84,8%) an, bei Hitze Schutzmaßnahmen zu ergreifen, allerdings zeigt die genauere Analyse der Antworten, dass häufig nur selbstverständliche Maßnahmen wie das Zuhausebleiben oder das Meiden der Sonne genannt wurden. Insbesondere der erhöhte Flüssigkeitsbedarf wird von vielen Befragten offensichtlich nicht hinreichend berücksichtigt.

Zusammenfassung

Im Zuge der Untersuchung sind einige kritische Punkte des Hitzewarnsystems in Niedersachsen aufgezeigt worden. Die Behörden, die Hitzewarnungen erhalten, sind nicht dazu verpflichtet, diese Warnungen in irgendeiner Form weiterzuleiten oder zu kommunizieren, sodass die Kommunikation von Hitzewarnungen in Niedersachsen auf einer nicht-systematischen Basis stattfindet. Gleichzeitig hat sich der Hitze-Newsletter des DWD, der eine zuverlässige Information gewährleistet, mit einem Abonnen-tenanteil von 19,2% der befragten Pflegeheime noch nicht flächendeckend durchgesetzt. Vulnerable Personen außerhalb von Pflegeeinrichtungen werden von Hitzewarnungen kaum erreicht. Insbesondere die noch eigenständig lebenden Senioren sind sich zudem ihrer Vulnerabilität häufig nicht bewusst und ergreifen bei Hitze nur unzureichende Schutzmaßnahmen. In den befragten Pflegeheimen führen Hitzewarnungen bislang nur zum Teil zu verstärkten Hitzeschutzmaßnahmen. Ein generelles Problem ist die Verwechslung von amtlichen Hitzewarnungen mit anderen Wetterinformationen.

Schlussfolgerungen

Aus den Untersuchungsergebnissen lassen sich einige Optimierungsvorschläge ableiten. Amtliche Hitzewarnungen sollten eindeutig und verständlich sein sowie in besonderer Form hervorgehoben werden, um sich von anderen Wetterwarnungen und -informationen abzusetzen. Um die vulnerablen Personengruppen umfassend mit Hitzewarnungen zu erreichen, ist die derzeitige Weiterleitung und mediale Verbreitung der Warnungen kritisch zu hinterfragen. Diesbezüglich ist zu berücksichtigen, dass sich das Internet nicht als Kommunikationsplattform für Senioren anbietet. Generell erscheint es notwendig, Senioren noch mehr für das Thema „Hitze“ zu sensibilisieren, damit sie

ihre eigene Vulnerabilität besser einschätzen und bei Hitzeereignissen beziehungsweise im Fall einer Hitzewarnung entsprechend reagieren können.

Ein standardisierter Maßnahmenkatalog für Pflegeheime könnte einen wichtigen Beitrag leisten, um eine einheitliche und angemessene Betreuung der Bewohnerinnen und Bewohner während Hitzeperioden zu gewährleisten.

Literatur

Becker P et al. (2007): Gesundheitsrisiken durch Klimawandel. In: Promet 33 (3/4): 148-156.

Beiler T (2010): persönliche Kommunikation (04.02.2010).

Grams H (2010): persönliche Kommunikation (11.02.2010).

Koppe C et al. (2004): Heat-waves: risks and responses. – Health and Global Environmental Change Series No 2. WHO-Regionalbüro Europa. Kopenhagen.

Koppe C (2009a): Das Hitzewarnsystem des Deutschen Wetterdienstes. In: UMID-Themenheft „Klimawandel und Gesundheit“, 3/2009: 39-43.

Koppe C (2009b): persönliche Kommunikation (19.11.2009).

Laschewski G, Bucher K (2008): Warn- und Informationssysteme als Möglichkeiten zur Anpassung im Bereich des Humanbioklimas. In: Lozan, JL et al (Hg.): Warnsignal Klima: Gesundheitsrisiken – Gefahren für Menschen, Tiere und Pflanzen. Hamburg: 317-322.

Matthies F et al. (2008): Heat-Health Action Plans. Guidance. WHO-Regionalbüro Europa. Kopenhagen.

Kontakt

Heike Kristin Paesel
hkpaesel-hws[at]yahoo.com

Dr. Jobst Augustin
joaugustin[at]aol.com

[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