

Ausgabe 1 • 2016

März 2016



Von der Tätowierung bis zur Laserentfernung – Risiken permanenten Hautschmucks

Außerdem in diesem Heft:

Laser, IPL und Co - Anwendungen optischer
Strahlung in der Kosmetik

Wasserpfeifenkonsum bei Jugendlichen in Deutschland

Holi-Farben – Spaß mit unbekannten Risiken



Aktionsprogramm
Umwelt und Gesundheit
(APUG)

UMID

Ausgabe 1 • 2016

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. 01/2016

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
Max-Dohrn-Str. 8–10
10589 Berlin
E-Mail: pressestelle[at]bfr.bund.de

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

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

Dr. 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

UMID im Internet: <http://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/newsletter-schriftenreihen/umid-umwelt-mensch/umid-archiv>

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

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

Gedruckt auf Recyclingpapier mit dem Umweltzeichen "Blauer Engel".

Titelbild: Armtätowierung © Haramis Kalfar / fotolia.com.

Die Zeitschrift "UMID: Umwelt und Mensch – Informationsdienst" erscheint im Rahmen des Aktionsprogramms Umwelt und Gesundheit (APUG) und kann kostenfrei als Online-Ausgabe abonniert werden unter: <http://www.umweltbundesamt.de/service/newsletter>. Sie dient der Information von Behörden und Institutionen, die im Bereich Umwelt und Gesundheit arbeiten, in der Umweltmedizin tätigen Fachkräften sowie interessierten Bürgerinnen und Bürgern.

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

INHALTSVERZEICHNIS / CONTENTS

Von der Tätowierung bis zur Laserentfernung – Risiken des permanenten Hautschmuckes	5
From tattooing to laser removal – risks of permanent skin decoration	
<i>Ines Schreiber, Peter Laux, Andreas Luch</i>	
Laser, IPL & Co – Anwendungen optischer Strahlung in der Kosmetik.....	11
Laser, IPL & Co – Applications of Optical Radiation for cosmetic purposes	
<i>Monika Asmuß, Daniela Weiskopf</i>	
“Smoke on the water“ – Wasserpfeifenkonsum bei Jugendlichen in Deutschland (Ergebnisse aus KiGGS Welle 1)	18
“Smoke on the water“ – waterpipe tobacco smoking among adolescents in Germany (Results of KiGGS Wave 1)	
<i>Benjamin Kuntz, Thomas Lampert</i>	
Inhaltsstoffe und Emissionen von E-Zigaretten	26
Ingredients and emissions of e-cigarettes	
<i>Christoph Hutzler, Frank Henkler, Andreas Luch</i>	
Holi-Farben – Spaß mit unbekannten Risiken	31
Holi-Colours – fun without risk?	
<i>Katrin Bossmann, Wolfgang Straff, Sabine Bach, Katrin Süring, Kerstin Becker</i>	
Die körperlichen und psychischen Wirkungen von Lärm	38
Physical and mental effects of noise	
<i>Jördis Wothge</i>	
Das GENiUS-Projekt – Eine Übersicht aktueller Studien zu umweltbedingten Krankheitslasten und -kosten	44
The GENiUS-project – an overview of current environmental burdens of disease and environmental cost-of-illness studies	
<i>Myriam Tobollik, Dietrich Pläß, André Conrad, Claudia Hornberg, Dirk Wintermeyer</i>	
Der Stromnetzausbau als konfliktträchtiges Terrain	50
The German power grid extension as a terrain of conflict	
<i>Florian Weber, Corinna Jenal, Olaf Kühne</i>	

Soziale und psychische Folgen von nuklearen Notfällen und Katastrophen	57
Social and mental consequences of radiological emergencies and disasters	
<i>Christiane Pözl-Viol</i>	
Robert Koch-Institut veröffentlicht umfassenden Bericht „Gesundheit in Deutschland“ – Demografischer Wandel und soziale Lage beeinflussen Gesundheit besonders stark –.....	65
Robert Koch Institute publishes the comprehensive report „Health in Germany“	
- Demographic changes and social situation affect health particularly strong -	
<i>Anke-Christine Saß, Thomas Ziese</i>	
Neue Broschüre »Krebs in Deutschland« im Dezember 2015 erschienen	69
New brochure »Cancer in Germany« published in December 2015	
<i>Manuela Franke, Julia Fiebig</i>	

Von der Tätowierung bis zur Laserentfernung – Risiken des permanenten Hautschmuckes

From tattooing to laser removal – risks of permanent skin decoration

Ines Schreiber, Peter Laux, Andreas Luch

Abstract

The diversity of tattoos in terms of shape and colour is reflected by the different compositions of inks and their potential side effects. In addition, the variety of methods for removal of the permanent skin decoration is apparently quite broad. The regulation of tattoo inks that has recently been implemented tries to accommodate these issues. However, due to data gaps in essential toxicity endpoints, this is as yet possible only to some extent. Current studies will facilitate a better understanding of pigment decomposition during laser removal of tattoos. There is a risk for cleavage of organic pigments into toxic and carcinogenic substances such as hydrogen cyanide and benzene, respectively.

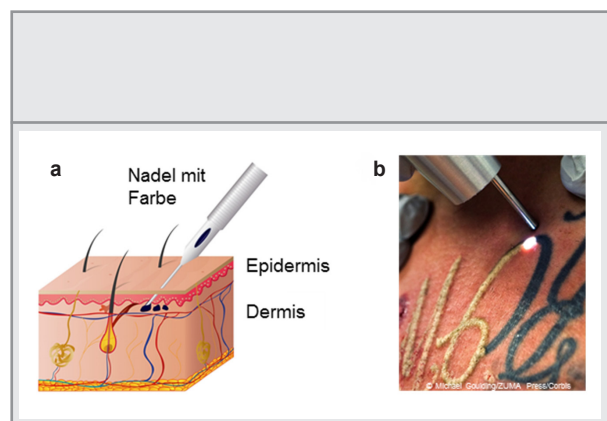
Zusammenfassung

Die Vielfalt von Tätowierungen in Form und Farbe spiegelt sich auch in der Zusammensetzung von Tätowierungsmitteln und ihren möglichen Nebenwirkungen wider. Weiterhin sind augenscheinlich auch der Vielfalt der Methoden zur Entfernung des permanenten Hautschmuckes keine Grenzen gesetzt. Die in der jüngeren Vergangenheit implementierte gesetzliche Regelung von Tätowierungsmitteln versucht diesen Umständen gerecht zu werden. Dies ist jedoch aufgrund fehlender Daten zu risikobewertungsrelevanten Toxizitätsendpunkten bis jetzt nur teilweise möglich. Durch aktuelle Studien können künftig Fragen in Bezug auf die Zersetzung organischer Pigmente während der Laserentfernung von Tattoos besser beantwortet werden. Es besteht das Risiko der Spaltung organischer Pigmente in toxische oder krebserregende Stoffe wie beispielsweise Blausäure und Benzol.

Einleitung

Die Häufigkeit von Tätowierungen ist seit den 1990er Jahren stetig gestiegen, sodass in Deutschland unter den 16- bis 29-Jährigen bereits 23 Prozent eine farbige Verzierung in ihrer Haut tragen (Trampisch, Brandau 2014). Zu Tätowierungsmitteln werden auch Farben für die Anwendung als Permanent Make-up gezählt. Die Farbmittel werden dabei mit Nadeln in die mittlere Hautschicht (Dermis) eingebracht, wo sie dauerhaft eingelagert werden (**Abbildung 1**). Beim Permanent Make-up sowie beim sogenannten „Bio-Tattoo“ wird versucht in die obere Hautschicht (Epidermis) zu tätowieren, damit das Motiv mit der Zeit wieder verblasst. Da die Dicke der Hautschichten jedoch stark variieren kann, kommt es oft zu einer hier eher unerwünschten langfristigen Einlagerung.

Tätowierungsmittel sind Mischungen aus den farbgebenden Pigmenten und weiteren Komponenten. Hierzu zählen Lösungsmittel wie zum Beispiel Wasser und Isopropanol, Tenside, Bindemittel zur



Stabilisierung der Pigmente sowie meist auch Konservierungsstoffe (Dirks 2015). Oft werden auch verzichtbare Zusätze wie Duftstoffe und Pflanzenextrakte in die Farben eingearbeitet. Die Pigmente können sowohl anorganischen als auch organischen Ursprungs sein und bei Vorliegen eines niedrigen Reinheitsgrades toxische Elemente, krebserregende primäre aromatische Amine oder polyzyklische

aromatische Kohlenwasserstoffe enthalten (Hauri 2011; BVL 2007). Oftmals weisen die unlöslichen Pigmente auch Oberflächenmodifikationen auf, die ihre Suspension erleichtern sollen. Allerdings sind diese den Herstellern der Tätowiermittel oft nicht bekannt und damit beim Verkauf der Pigmente nicht immer klar angegeben. Als Hilfsstoffe zum Suspendieren der Pigmente können unter anderem Glycerin, Polyethylenglykole (PEG), Dimethylsiloxane, Schellack oder acrylathaltige Copolymere verwendet werden. Diese Stoffe gleichen denen aus der Herstellung handelsüblicher Farben und Kosmetika.

Aufgrund der Einstichtiefe der Tätowiernadeln ist davon auszugehen, dass alle löslichen Inhaltsstoffe über Blut und Lymphe unmittelbar systemisch verfügbar werden. Bei den unlöslichen Pigmenten ist dagegen eher mit einer stoff- und zeitabhängigen Mobilisierung aus den subepidermalen Depots zu rechnen.

Bis zum Inkrafttreten der nationalen Tätowiermittelverordnung (TätoV) unterlagen Tätowiermittel ausschließlich den Vorschriften des Lebens- und Futtermittelgesetzbuches (LFGB). In Erfüllung des Gesetzestextes müssen die Produkte sicher sein und dürfen die menschliche Gesundheit nicht schädigen. Die Verantwortung für die Sicherheit der Tätowiermittel trägt dabei der Hersteller. Spezifische, auf die Anwendung von Tätowiermitteln bezogene Anforderungen stellt das LFGB jedoch nicht. Seit dem 1. Mai 2009 ist gemäß der TätoV der Einsatz derjenigen Pigmente in Tätowiermitteln verboten, deren Anwendung auch in kosmetischen Mitteln verboten oder eingeschränkt ist. Zudem ist festgelegt, dass bestimmte krebserregende aromatische Amine nicht durch reduktive Spaltung der Pigmente freisetzbar sein dürfen. Eine gesundheitliche Bewertung von Einzelstoffen für den Einsatz in Tätowiermitteln fehlt allerdings nach wie vor. Derzeit ist nicht bekannt, wie die in die Haut eingebrachten Tätowiermittel im Körper wirken. Daher spricht sich das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) bereits seit einigen Jahren für sogenannte Positivlisten für Pigmente und weitere Inhaltsstoffe aus, die eine umfassende toxikologische und biokinetische Charakterisierung und Bewertung durchlaufen haben. Weiterhin sollten die Anforderungen für die Reinheit von Tätowiermitteln speziell in Bezug auf Schwermetalle und krebserregende Substanzen in Form von zulässigen Höchstgehalten definiert werden.

Tätowiermittel unterliegen keiner Zulassungspflicht, es erfolgt lediglich eine Übermittlung von Handelsnamen und Inhaltsstoffen der Produkte an das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL). Die Lebensmittelüberwachungsämter der Bundesländer beproben regelmäßig stichprobenartig Tätowiermittel aus dem Handel sowie bei Gewerbetreibenden in Bezug auf Keimbelastung und Inhaltsstoffe. Bei Beanstandungen werden die Hersteller informiert. Sofern ernste Risiken für die Gesundheit möglich sind, werden die betroffenen Produkte in das Europäische Schnellwarnsystem (Rapid Alert System for dangerous non-food products, RAPEX) eingestellt, sodass sich auch Verbraucher und Tätowierer über gefährliche Farben informieren können. Für viele Inhaltsstoffe, zum Beispiel farbgebende Pigmente, fehlen jedoch validierte und allgemein anwendbare Analysenmethoden.

Nebenwirkungen und Datenlücken

In Tätowiermitteln können toxische und allergene Substanzen, wie zum Beispiel Schwermetalle, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe oder primäre aromatische Amine, enthalten sein (BfR 2009). Insbesondere die Verunreinigung mit Nickel wird als problematisch angesehen, da es sich hierbei um das häufigste Kontaktallergen handelt. Menschen mit einer Nickelallergie sollten daher vor einer Tätowierung mögliche Gefahren sorgfältig abwägen. Das BfR empfiehlt die Gehalte an Nickel und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen auf technisch unvermeidbare Kontaminationen gemäß dem ALARA-Prinzip („as low as reasonably achievable“) zu reduzieren. Darüber hinaus werden des Öfteren auch überhöhte Gehalte allergener Konservierungsstoffe beschrieben (Hauri 2011; BVL 2007).

Eine in der Regel nicht berücksichtigte Quelle risikobehafteter Substanzen stellt die Freisetzung von potentiell toxischen und krebserregenden Spaltprodukten aus Pigmenten durch Sonnenlicht und Laserbestrahlung dar (Vasold et al. 2004). Forschungsbedarf besteht zudem im Bereich der Biokinetik und Metabolisierung der Inhaltsstoffe von Tätowiermitteln. Es ist sehr wahrscheinlich, dass die löslichen Bestandteile der Trägerflüssigkeit sofort nach der Tätowierung systemisch verfügbar und gegebenenfalls verstoffwechselt werden. Möglich ist die daran anschließende Ausscheidung aus

dem Körper, über die es jedoch keinerlei Untersuchungen gibt. Im Gegensatz dazu sind Farbpigmente *per definitionem* unlöslich, werden aber dennoch zum Teil durch phagozytierende Zellen aufgenommen und abtransportiert. Durch die hohe Menge an Pigment in einzelnen Makrophagen kann es dabei zu einem sogenannten „overload“ kommen. Die Pigmente verbleiben dann, zum Teil eingekapselt, in der Dermis oder den regionären Lymphknoten (Sowden et al. 1991). Welche minimale beziehungsweise maximale Pigmentgröße von Immunzellen akzeptiert und in die Lymphknoten abtransportiert werden kann, ist derzeit vollkommen unklar. Neben einem Abtransport durch Makrophagen besteht weiterhin die Möglichkeit einer chemischen Spaltung der Farbpigmente oder ihrer Metabolisierung in der Haut, in deren Folge ein passiver Transport über Blut und Lymphe möglich wird. Dass Farbpigmente in großen Anteilen aus dem tätowierten Hautareal abtransportiert werden, wird durch den Befund massiver Pigmentablagerungen in den Lymphknoten tätowierter Menschen unzweifelhaft bestätigt. Schon allein makroskopisch fallen hier die unterschiedlichen Farbschattierungen in den regionären Lymphknoten nach entsprechender Präparation ins Auge.

Eine häufig auftretende adverse Reaktion auf Tätowierungen ist die Photosensitivität. Zahlreiche Betroffene klagen über Schwellungen, Juckreiz, Stechen, Schmerzen und Hautrötungen, sobald sie ihre Tätowierung der Sonne aussetzen (Carlsen, Serup 2013). Diese Reaktionen sind nicht an bestimmte Farbtöne gekoppelt und können alle Arten von Tätowierungen betreffen. Eine Erklärungsmöglichkeit dieser Hautreizung ist die Entstehung reaktiver Sauerstoffspezies (ROS) auf der Partikeloberfläche kohlenstoffhaltiger Schwarzpigmente (Regensburger et al. 2010). Bei Tätowierungen mit Weißanteil besteht zudem die Gefahr, dass die im Vergleich zur Rutil-Modifikation besonders photoreaktive Anatas-Kristallkonfiguration des Pigments Titandioxid verwendet wurde und die Ausbildung einer Photosensitivität begünstigt. Um lichtinduzierte Hautirritationen oder Pigmentzersetzungen zu vermeiden, sollten Tätowierungen vor Sonneneinstrahlung, zum Beispiel durch die Verwendung von Sonnenschutzmitteln oder Abdeckung mittels Textilien, geschützt werden.

Auch Infektionen von Tätowierungen kurz nach dem Stechen treten immer wieder als Komplikationen auf. Diese können gleichermaßen durch

Bakterien (z.B. *Streptokokken*, *Staphylokokken*, *Mykobakterien*), Viren (z.B. Papilloma-, Herpes-, Hepatitis-Viren) oder Pilze (z.B. *Candida*, Schimmelpilze) ausgelöst werden. Das infektiöse Agens kann sowohl durch unsteril hergestellte Farben, unsachgemäße Handhabung und Lagerung, als auch durch mangelnde Hygiene bei der Tätowierung oder unvorsichtiges Verhalten des Trägers der Tätowierung während der Wundheilung eingetragen werden (BfR 2014).

Tattoo-Entfernung durch Laserbestrahlung und andere Methoden

Parallel zur Beliebtheit von Tätowierungen steigt die Zahl derer, die sich ihre Tätowierung wieder entfernen lassen möchten. Dieser Wunsch kann zum Beispiel dadurch ausgelöst werden, dass die Tätowierung den künstlerischen Anspruch des Trägers nicht mehr erfüllt oder sich geänderte Lebens- oder Arbeitsumstände nicht mehr mit der Tätowierung vereinbaren lassen. Die psychische Belastung durch die Tätowierung kann je nach betroffenem Hautareal und Motiv sehr hoch sein, so dass nicht generell von einer Entfernung abzuraten ist (Carlsen, Serup 2015). Jedoch birgt jede Entfernungsmethode auch Risiken und teilweise hohe finanzielle Belastungen, welche vor Beginn der Entfernung abgewogen werden müssen. Durch stetige Neuentwicklungen gibt es keine abschließende Liste von Verfahren zur Entfernung von Tätowierungen. Häufig angewandte Entfernungsmethoden sind zum Beispiel Laserbehandlung, IPL (Intense pulsed light)-Geräte, Milchsäure oder invasive chirurgische Eingriffe. Zu den allgemeinen und unerwünschten Folgen einer Tätowierungsentfernung zählen Narben, Pigmentstörungen, Entzündungen und allergische Reaktionen (Bernstein 2007). Das BfR hat zur Tattoo-Entfernung mittels Milchsäure am 1. August 2011 eine Stellungnahme veröffentlicht. Konzentrierte Milchsäure wird wegen ihrer reizenden Wirkung auf Haut und Schleimhäute als gesundheitlich bedenklich eingestuft und kann bei intradermaler Applikation schwere Entzündungen und andere Nebenwirkungen hervorrufen (BfR 2007). Da allgemein nicht ausgeschlossen werden kann, dass eine Behandlung unter unsterilen Bedingungen zu einer Kontamination mit pathogenen Keimen führt, empfiehlt das BfR eine Entfernung nur durch medizinisch anerkannte Verfahren durch geschultes Personal vornehmen zu lassen (BfR 2011).

Ein unsachgemäßer Umgang mit sogenannten IPL-Geräten kann zu Verbrennungen, Narbenbildung, Entzündungsreaktionen und Pigmentierungsstörungen führen (Bernstein 2007). Bei IPL-Geräten besteht bei einem Einsatz durch unzureichend geschultes Personal die Gefahr der Augenschädigung. Der Einsatz eines Lasers mit einer pigmentspezifischen Wellenlänge und kürzerer Pulsdauer ist in Bezug auf Narbenbildung weniger risikobehaftet, wenn dieser in medizinischen Einrichtungen von erfahrenem Personal eingesetzt wird. Eine vollständige Entfernung ist jedoch insbesondere bei weißen, gelben und rot/orangen Tätowierungen oft nicht erreichbar. Ein weiteres Risiko besteht zudem in einem Farbumschlag heller Tätowierungen in Richtung dunkle Farbtöne. Weiterhin können Narben, welche von der Tätowierung verborgen werden, zum Vorschein treten. In der Literatur sind außerdem Berichte zu finden, welche die Ausbildung von Allergien nach Laserentfernung von Tätowierungen beschreiben.

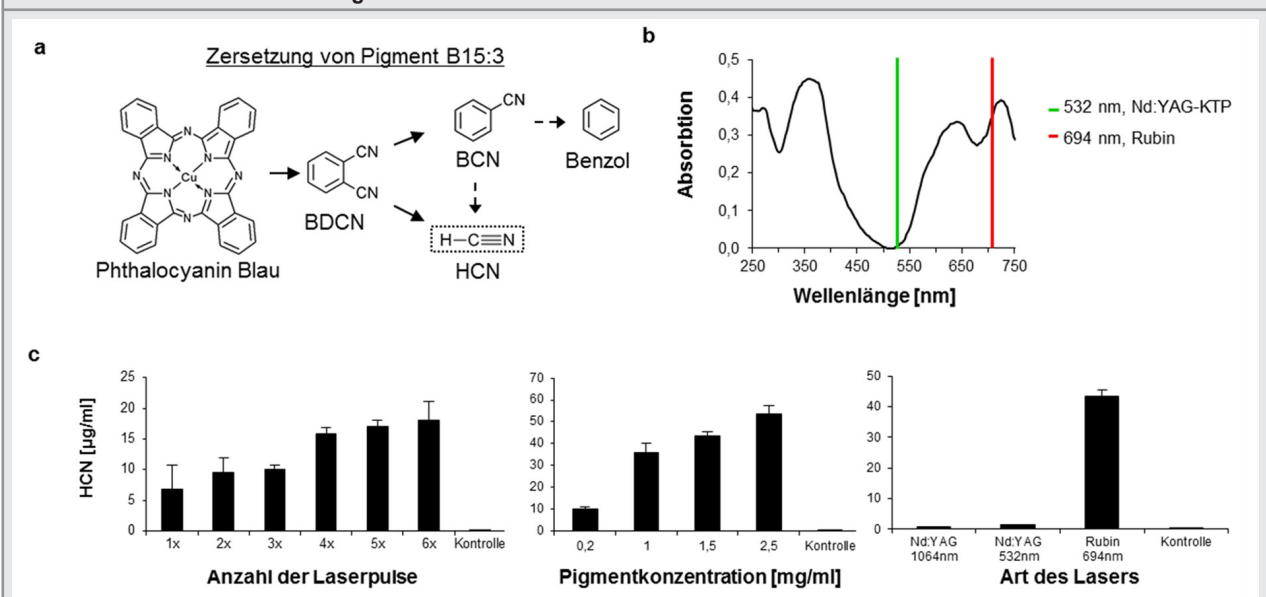
Die Zersetzung von organischen Pigmenten durch Laserbestrahlung ist für einige Azopigmente bereits nachgewiesen worden, aus denen sich unter anderem krebserregende primäre aromatische Amine abspalten können. Die Untersuchung von lichtechteren polyzyklischen Pigmenten zeigte bisher nur

bei dem Pigment Chinacridon Rot 202 eine Abspaltung von 4-Chloranilin durch Exposition gegenüber einer sonnenähnlichen Lichtquelle (Hauri, Hohl 2015). In einer eigens am BfR durchgeführten Forschungsarbeit konnte dagegen erstmals auch für das polyzyklische Pigment Kupfer-Phthalocyanin Blau gezeigt werden, dass hochtoxische Blausäure und das Humankarzinogen Benzol freigesetzt werden (Schreiber et al. 2015). Als weitere Zersetzungsprodukte treten zudem 1,2-Benzoldicarbonitril und Benzonitril auf. Kupfer-Phthalocyanin (auch als Phthalocyanin Blau oder Pigment B15:3 bekannt) ist derzeit das einzige relevante in Tätowierungsmitteln eingesetzte Blaupigment.

In der genannten Studie wurde der Einfluss von zwei Lasern mit insgesamt drei verschiedenen Wellenlängen untersucht, welche oft zur Entfernung von Tätowierungen in der klinischen Dermatologie zum Einsatz kommen. Die Lichtpulse werden wellenlängenabhängig von dem Pigment absorbiert und führen zu einer hitzebedingten Spaltung der Pigmente (**Abbildung 2**). Die gasförmige Ausdehnung führt zu Hohlräumen und somit zu einer Lichtbrechung. Ein Phänomen, das durch die Weißfärbung der Haut – das sogenannte „whitening“ – für einige Minuten sichtbar ist (**Abbildung 1**). Durch das Einfließen von Lympflüssigkeit wird

Abbildung 2: Laserinduzierte Zersetzung von Kupfer-Phthalocyanin Blau (modifiziert nach Schreiber et al. 2015).

- (a): Zersetzungsschema mit den Hauptprodukten 1,2-Benzoldicarbonitril (BDCN), Benzonitril (BCN), Blausäure (HCN) und Benzol.
 (b): Absorptionsspektrum von Kupfer-Phthalocyanin Blau mit gekennzeichneten Wellenlängen von zwei häufig eingesetzten Lasertypen.
 (c): Blausäurekonzentration nach Bestrahlung von wässrigen Suspensionen mit einem Rubinlaser in Abhängigkeit von der Anzahl der applizierten Laserpulse (rechts), der Pigmentkonzentration (Mitte) und des eingesetzten Lasers (links). Alle Proben wurden mit einer Energie von 5 J/cm² bestrahlt.



die Lichtbrechung und damit die Weißfärbung dann nach und nach abgemildert. Die thermisch bedingte Spaltung von Kupfer-Phthalocyanin wurde am BfR zunächst durch Pyrolyse simuliert. Die flüchtigen Komponenten wurden gaschromatographisch (GC) getrennt und nachfolgend mit einem Massenspektrometer (MS) analysiert. Da die Ergebnisse der Pyrolyse-GC/MS eine Bildung von hochflüchtigen Substanzen wie Blausäure und Benzol zeigten, wurde weiterhin eine „dynamische Headspace“ (DHS)-Methode entwickelt. In Kombination dieser Methode mit einer zweidimensionalen Gaschromatografie mit Flugzeitmassenspektrometer (GCxGC-ToF-MS) konnten auch geringste Konzentrationen aller erwarteten Substanzen in gelaserten wässrigen Suspensionen dieses Pigments nachgewiesen werden (Schreiber et al. 2015).

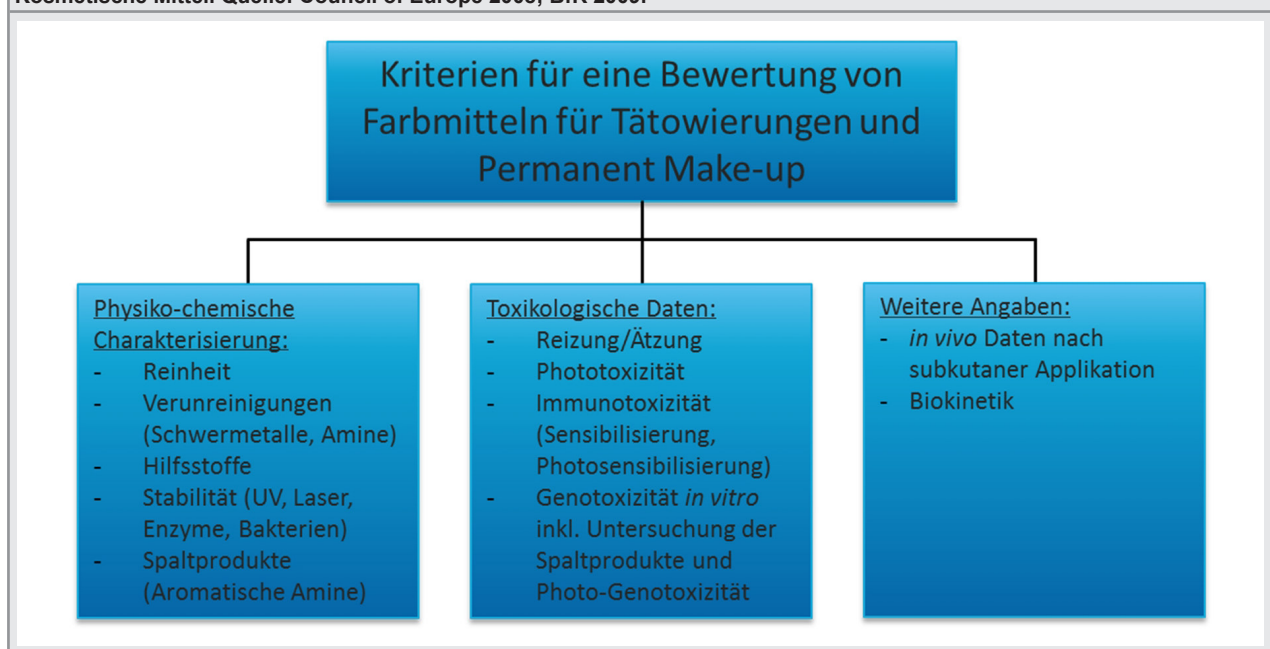
Aufgrund ihrer starken Toxizität ist die Entstehung von Blausäure (HCN) besonders kritisch einzuschätzen. Die Eigenschaften von HCN als farbloses, schnellwirkendes toxisches Gas sind schon seit langem bekannt. Die gefundenen Höchstwerte von 30 µg/ml HCN bei Pigmentkonzentrationen über 1 mg/ml bewirkten *in vitro* eine signifikante Abnahme der Viabilität humaner Hautzellen (Schreiber et al. 2015). Extrapoliert man diese Menge auf mögliche Freisetzungen *in vivo* aus großen Tätowierungen (z.B. Oberarm >500 cm²), so addiert sich die mögliche Blausäurefreisetzung zu Werten auf,

die ein potentielles Gesundheitsrisiko darstellen können. Eine Exposition gegenüber karzinogenen Stoffen, wie zum Beispiel dem hier entstehenden Benzol, sollte generell vermieden werden. Die individuellen Risiken variieren je nach Größe, Pigmentkonzentration, Einstichtiefe, Bestrahlungsintensität und Wellenlänge der verwendeten Laser. Weiterführende Experimente sollen die Entstehung toxischer Spaltprodukte dieser und anderer wichtiger Pigmentklassen in Hautproben realitätsnah nachstellen. Dazu werden derzeit entsprechende Experimente an post-mortem tätowierter Schweinehaut durchgeführt. Die hierdurch gewonnenen Daten zu Spaltprodukten von Farbstoffen sollen in Zukunft bei der Risikobewertung berücksichtigt werden.

Die Zukunft der Tätowiermittel-Sicherheit

Für eine verlässliche und belastbare Risikobewertung von Tätowiermitteln fehlen derzeit noch grundlegende Daten zur Toxizität und Biokinetik von Pigmenten (**Abbildung 3**) (Laux et al. 2016). Darüber hinaus verdeutlichen regelmäßig auftretende Mängel in der Reinheit von Tätowiermitteln, insbesondere aufgrund von Kontaminationen mit polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen, primären aromatischen Aminen und Schwermetallen, eine nur unzureichende Einhaltung der

Abbildung 3: Kriterien für eine Bewertung von Farbmitteln für Tätowierungen und Permanent Make-up nach der Resolution ResAP(2008)1 des Europa Rates und der 1. Sitzung des Adhoc-Ausschusses „Tätowiermittel“ der BfR-Kommission für Kosmetische Mittel. Quelle: Council of Europe 2008; BfR 2009.



derzeitigen Tätowiermittelverordnung (BVL 2007; CVUA Karlsruhe und Freiburg 2011). Während die Schaffung von Positivlisten als eher mittel- bis langfristig erreichbares Ziel angesehen werden muss, könnte die kurzfristige Etablierung verlässlicher und allgemeingültiger analytischer Methoden wesentlich zu einem höheren Sicherheitsniveau für Tätowierungen beitragen. Das BfR leistet in diesem Zusammenhang durch die oben genannten Forschungsprojekte international weit beachtete Pionierarbeiten (Laux et al. 2016).

Literatur

Bernstein EF (2007): Laser tattoo removal. *Semin. Plast. Surg.* 21(3):175–92. DOI:10.1055/s-2007-991186.

BfR – Bundesinstitut für Risikobewertung (Hrsg.) (2007): Ärztliche Mitteilungen bei Vergiftungen. http://www.bfr.bund.de/cm/350/aerztliche_mitteilungen_bei_vergiftungen_2007.pdf (Zugriff am: 29.01.2016).

BfR – Bundesinstitut für Risikobewertung (Hrsg.) (2009): Protokoll vom 04.11.2009 der Sitzung des adhoc Ausschusses „Tätowiermittel“ der BfR-Kommission für kosmetische Mittel. http://www.bfr.bund.de/cm/343/1_sitzung_des_adhoc_ausschusses_taetowiermittel_der_bfr_kommission_fuer_kosmetische_mittel.pdf (Zugriff am: 29.01.2016).

BfR – Bundesinstitut für Risikobewertung (Hrsg.) (2011): Tattoo-Entfernung: Einsatz wässriger Milchsäure ist mit gesundheitlichen Risiken verbunden. Mitteilung Nr. 033/2011 des BfR vom 1. August 2011. http://www.bfr.bund.de/cm/343/tattoo_entfernung_einsatz_waessriger_milchsaeure_ist_mit_gesundheitlichen_risiken_verbunden.pdf (Zugriff am: 29.01.2016).

BfR – Bundesinstitut für Risikobewertung (Hrsg.) (2014): Infektionsrisiken durch Tätowierungen. Mitteilung Nr. 017/2014 des BfR vom 1. Februar 2014. <http://www.bfr.bund.de/cm/343/infektionsrisiken-durch-taetowierungen.pdf> (Zugriff am: 29.01.2016).

BVL – Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (Hrsg.) (2007): Bericht zur Lebensmittelsicherheit. Bundesweiter Überwachungsplan. Berlin. https://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Downloads/01_Lebensmittel/02_BUEp_dokumente/buep_berichte_archiv/BUEp_Bericht_2007.pdf?__blob=publicationFile&v=5 (Zugriff am: 29.01.2016).

Carlsen KH, Serup J (2013): Photosensitivity and photodynamic events in black, red and blue tattoos are common: A „Beach Study“. *J. Eur. Acad. Dermatol. Venereol.* 28: 133–262.

Carlsen KH, Serup J (2015): Patients with tattoo reactions have reduced quality of life and suffer from itch: Dermatology Life Quality Index and Itch Severity Score measurements. *Skin Res. Technol.* 21: 101–107.

Council of Europe (Hrsg.) (2008): Resolution ResAP(2008)1 on requirements and criteria for the safety of tattoos and permanent make-up (superseding Resolution ResAP(2003)2 on tattoos and permanent

make-up). <https://wcd.coe.int/ViewDoc.jsp?id=1254065> (Zugriff am: 29.01.2016).

CVUA – Chemische und Veterinäruntersuchungsämter Karlsruhe und Freiburg (Hrsg.) (2011): Internetartikel Tätowierfarben. <http://www.ua-bw.de/uploaddoc/cvuaka/Tattoo-Ergebnistabelle%20CVUAs-veroeffentl-180211.pdf> (Zugriff am: 29.01.2016).

Dirks M (2015): Making innovative tattoo ink products with improved safety: possible and impossible ingredients in practical usage. *Curr. Probl. Dermatol.* 48: 118–127.

Hauri U, Hohl C (2015): Photostability and breakdown products of pigments currently used in tattoo inks. *Curr. Probl. Dermatol.* 48: 164–169.

Hauri U (2011): Tinten für Tattoo und PMU / Organische Pigmente, Aromatische Amine, Nitrosamine, Konservierungsmittel und weitere Verunreinigungen. Kantonales Laboratorium Basel, Schweiz. <http://www.gesundheitschutz.bs.ch/konsum-umwelt/berichte/2011.html> (Zugriff am: 29.01.2016).

Laux P, Tralau T, Tentschert J et al. (2016): A medical-toxicological view of tattooing. *Lancet* 387: 395–402.

Regensburger J, Lehner K, Maisch T et al. (2010): Tattoo inks contain polycyclic aromatic hydrocarbons that additionally generate deleterious singlet oxygen. *Exp. Dermatol.* 19: e275–281.

Schreiver I, Hutzler C, Laux P et al. (2015): Formation of highly toxic hydrogen cyanide upon ruby laser irradiation of the tattoo pigment phthalocyanine blue. *Sci. Rep.* 5: 12915.

Sowden J, Byrne J, Smith A et al. (1991): Red tattoo reactions: x-Ray microanalysis and patch-test studies. *Brit. J. Dermatol.* 124: 576–589.

TätoV – Tätowiermittel-Verordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 13. November 2008 (BGBl. I S. 2215), die durch Artikel 3 der Verordnung vom 16. Juli 2014 (BGBl. I S. 1054) geändert worden ist.

Trampisch HJ, Brandau K (2014): GfK Tattoostudie: Tattoos und Piercings in Deutschland. Eine Querschnittsstudie. Ruhr Universität Bochum. <http://aktuell.ruhr-uni-bochum.de/mam/content/tattoo-studie.pdf> (Zugriff am: 29.01.2016).

Vasold R, Naarmann N, Ulrich H et al. (2004): Tattoo pigments are cleaved by Laser light - the chemical analysis in vitro provide evidence for hazardous compounds. *Photochem. Photobiol.* 80: 185–190.

Kontakt

Andreas Luch
Bundesinstitut für Risikobewertung
Abteilung für Chemikalien- und Produktsicherheit,
Max-Dohrn-Straße 8–10
10589 Berlin
E-Mail: [Andreas.Luch\[at\]bfr.bund.de](mailto:Andreas.Luch[at]bfr.bund.de)

[BfR]

Laser, IPL & Co – Anwendungen optischer Strahlung in der Kosmetik

Laser, IPL & Co – Applications of Optical Radiation for cosmetic purposes

Monika Asmuß, Daniela Weiskopf

Abstract

Permanent hair removal, wrinkle reduction, removal of small blood vessels or of tattoos – strong sources of optical radiation, such as laser or intense pulsed light sources (IPL) are increasingly used for cosmetic purposes. If professional or private users lack the essential professional skills and expertise, they are unable to estimate effects and side effects of the used optical radiation. They also do not know, in which cases certain treatments are contraindicated. In some cases, the diagnosis of diseases can be made more difficult or even be prevented.

Zusammenfassung

Dauerhafte Haarentfernung, Faltenglättung, Entfernung von kleinen Blutgefäßen oder von Tätowierungen – immer häufiger werden starke Quellen optischer Strahlung wie Laser oder intensive gepulste Lichtquellen (IPL) zu kosmetischen Zwecken verwendet. Beim Einsatz dieser Geräte besteht das Risiko, die Haut und die Augen zu schädigen. Fehlen den Anwenderinnen und Anwendern die erforderlichen Fachkenntnisse, können sie Wirkungen und Nebenwirkungen der eingesetzten optischen Strahlung nicht in ausreichendem Maße beurteilen. Auch ist ihnen dann nicht bewusst, in welchen Fällen bestimmte Behandlungen kontraindiziert sind. In einigen Fällen kann die Diagnose von Erkrankungen erschwert oder sogar verhindert werden.

Einleitung: Was ist optische Strahlung?

Als optische Strahlung bezeichnet man einen Teilbereich des elektromagnetischen Spektrums mit Wellenlängen zwischen 100 Nanometern (nm) und 1 Millimeter (mm). Dieser Wellenlängenbereich umfasst die ultraviolette Strahlung (UV), sichtbares Licht (VIS) und Infrarot-Strahlung (IR), wobei die UV-Strahlung und die IR-Strahlung noch einmal in die drei Bereiche UV-A, UV-B und UV-C beziehungsweise IR-A, IR-B und IR-C unterteilt sind. Am energiereichsten ist UV-Strahlung. Sie bildet am kurzwelligen Ende des optischen Spektrums den Übergang zur Röntgenstrahlung. Infrarotstrahlung wird auch als Wärmestrahlung bezeichnet. Sie schließt sich in Richtung größerer Wellenlängen an das sichtbare Licht an (**Tabelle 1**).

Hauptzielorgane optischer Strahlung sind die Haut und die Augen. Ein wichtiger Faktor für die biologische Wirkung optischer Strahlung ist die Wellenlänge. Sie bestimmt die Eindringtiefe im Gewebe und die Wechselwirkungen mit relevanten Zielmolekülen, den Chromophoren. Während UV-C-Strahlung

ebenso wie IR-B und IR-C bereits in der obersten Hautschicht, der Hornhaut absorbiert wird, dringt UV-B bis in die Epidermis, sichtbares Licht bis in die Dermis und IR-A sogar bis in die Unterhaut vor. Sollen tieferliegende Strukturen wie zum Beispiel die Papillen der Haare erreicht werden, sind hierfür Wellenlängen im roten Bereich des sichtbaren Teils des Spektrums (650 – 780 nm) oder des nahen Infrarot (IR-A, 780 – 1400 nm) erforderlich.

Tabelle 1: Einteilung des optischen Spektrums nach Wellenlängen.

	Wellenlängen
UV-Strahlung	100 – 400 nm
Sichtbares Licht	400 – 780 nm*
Infrarot-Strahlung	780 nm – 1 mm

* Die Übergänge zwischen UV-Strahlung und sichtbarem Licht sowie zwischen sichtbarem Licht und Infrarot-Strahlung sind fließend. Wellenlängen im Bereich von 400 bis 780 nm können von den meisten Menschen visuell wahrgenommen werden.

Neben der Wellenlänge beeinflussen Faktoren wie Bestrahlungsstärke, Strahldichte, Art der Strahlung (kontinuierlich oder gepulst, kohärent oder inkohärent) und Einwirkdauer sowohl die Wirkungen als auch die Risiken optischer Strahlung. Kohärent bedeutet, dass die emittierten Wellen zeitlich und räumlich „in Phase“ sind. Sie schwingen – bildlich gesprochen – parallel im gleichen Takt.

Laser, IPL & Co – Strahlenquellen mit unterschiedlichen Eigenschaften

Für kosmetische Anwendungen werden vor allem Laser, IPL-Systeme („Blitzlampen“) und für manche Zwecke LEDs eingesetzt.

Die Abkürzung „**Laser**“ steht für „Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation“ (Lichtverstärkung durch stimulierte Strahlungsemission). Ein Laser liefert kohärente, monochromatische Strahlung mit großer Energie- und Leistungsdichte und einer ausgeprägten Richtungscharakteristik, das heißt gebündelte, fast parallele Strahlung ist typisch für diese optische Strahlungsquelle. Ein Laserstrahl kann durch die Kombination dieser drei Eigenschaften – Kohärenz, Monochromasie und geringe Aufweitung des Strahls circa 100-mal besser fokussiert werden als die Strahlung konventioneller Strahlungsquellen. Daher trifft Laserstrahlung mit einer hohen Intensität auf eine kleine Fläche auf, das heißt die Strahldichte ist hoch. Das menschliche Auge fokussiert diesen Strahl zusätzlich um mehrere Größenordnungen.

Die von Lasern emittierte Strahlung kann im ultravioletten, im sichtbaren oder im infraroten Bereich des elektromagnetischen Spektrums liegen. Die Aussendung der Strahlung erfolgt kontinuierlich oder gepulst. Die zu medizinischen und kosmetischen Zwecken verwendeten Laser gehören in der Regel den höchsten Klassen 3B und 4 an. Diese Laser sind bei direkter Bestrahlung, beziehungsweise im Fall der Klasse 4 auch bei diffus gestreuter Strahlung gefährlich, insbesondere für die Augen.

Intensive gepulste Lichtquellen (IPL) werden häufig als „Blitzlampen“ bezeichnet. Es handelt sich meist um Hochdruck-Xenon-Kurzbogenlampen. Im Gegensatz zu Laser-Strahlung ist die Strahlung von Blitzlampen nicht-kohärent und breitbandig. Ihr Spektrum umfasst in der Regel Wellenlängen von 250 bis 1400 nm (DGUV 2009). Dieser Be-

reich wird typischerweise durch vorgesetzte Filter auf Wellenlängen des sichtbaren Lichts und gegebenenfalls Teile des Infrarots eingengt. Die Aussendung der Strahlung erfolgt gepulst.

Seit einiger Zeit werden auch Leuchtdioden (**LED** = Light emitting Diodes = Licht emittierende Dioden) zu kosmetischen Zwecken eingesetzt. LEDs liegen mit einer vergleichsweise schmalen Bandbreite emittierter Wellenlängen näher am Laser als an den breitbandigen IPL-Geräten. Sie sind „quasi-monochromatisch“. Jedoch ist ihre Strahlung nicht so stark gebündelt wie beim Laser. Die Bestrahlungsstärken sind in der Regel deutlich geringer als bei Lasern oder IPL-Geräten. LEDs finden ihren Einsatz zum Beispiel in der sogenannten „Anti-Aging-Therapie“ oder zur Behandlung von Akne. Postuliert werden im Fall der „Hautverjüngung“ unterschiedliche „photobiomodulative Effekte“ unter anderem auf die Mitochondrien der Hautzellen (Chabert et al. 2015). Bei der Aknebehandlung sollen endogene bakterielle Porphyrine vor allem durch Wellenlängen des blauen Lichts angeregt werden. Durch entstehende reaktive Sauerstoffverbindungen sollen Akne verursachende Bakterien geschädigt werden (Rai, Natarajan 2013).

Anwendungen optischer Strahlung in Medizin und Kosmetik

Laserstrahlung wird in der Medizin bereits seit vielen Jahren erfolgreich zu therapeutischen Zwecken eingesetzt, zum Beispiel bei der Korrektur von Kurz- oder Weitsichtigkeit durch gezieltes Abtragen der Hornhaut im Auge, der Anwendung als Laser-Skalpell in der Chirurgie, der Zertrümmerung von Nieren- oder Gallensteinen (Lithotripsie) oder der Entfernung von Neubildungen der Haut. Die sogenannte photodynamische Therapie (PDT) beruht auf einem Zusammenwirken von optischer Strahlung mit spezifischen Photosensibilisatoren. Sie wird im Wesentlichen zur Behandlung oberflächlicher Erkrankungen der Haut eingesetzt.

Während die klassischen medizinischen Anwendungen in ärztlicher Hand liegen, entsteht seit mehreren Jahren eine „Grauzone“ zwischen Medizin und Kosmetik. In manchen Fällen können Behandlungen medizinisch indiziert sein, meist steht jedoch der kosmetische Aspekt im Vordergrund. Bei den Indikationen liegt gemäß einer Erhebung von Hammes et al. die Haarentfernung mit 74,4 Prozent deutlich an

der Spitze, vor der Entfernung von Tattoos (16,3 %), Entfernung von „Altersflecken“ (4,6 %), Entfernung von „Besenreisern“ (2,3 %), Falten/Hautverjüngung (2,3 %) und Erythrosis interfollicularis colli, das heißt eine Rötung, meist am Hals, mit punktförmigen weißlichen Aussparungen der Follikel, ebenfalls mit 2,3 Prozent (Hammes et al. 2013). Im Folgenden wird auf die häufigsten Anwendungen Epilation und Tattooentfernung näher eingegangen.

Wichtiges Wirkprinzip: Die selektive Photothermolyse

Die eingestrahlte Energie soll möglichst spezifisch von bestimmten Zielmolekülen aufgenommen und in Wärme umgewandelt werden. Bei der Epilation ist der im Haar lokalisierte Farbstoff Melanin das Zielmolekül, bei Gefäßveränderungen der Blutfarbstoff Hämoglobin, bei der Entfernung von Tätowierungen der Tattoo-Farbstoff. Durch lokales Erhitzen sollen die jeweiligen Zielstrukturen zerstört werden. Im Falle der „dauerhaften“ Haarentfernung betrifft dies auch die an der Haarbildung beteiligten Stammzellen. Um die thermische Schädigung möglichst auf die Zielstruktur zu begrenzen, müssen Faktoren wie Wellenlänge, Energiedichte, Pulsdauer und Pulsmuster auf die Zielmoleküle beziehungsweise die Zielstrukturen abgestimmt sein.

Epilation (Haarentfernung)

Die beabsichtigte Wirkung beruht in diesem Fall auf der funktionellen Schädigung oder Zerstörung der für das Haarwachstum verantwortlichen Zellen des Haarfollikels, der dermalen Papille und des Haarwulstes („bulge region“) durch Hitze. Der Farbstoff Melanin im Haar absorbiert die eingestrahlte Energie und gibt sie als Wärme an das Zielgewebe ab. Eine „selektive Photothermolyse“ wird am ehesten dann erreicht, wenn das Haar möglichst viel, das umgebende Gewebe der Haut möglichst wenig Melanin enthält. Bei roten, hellblonden, grauen oder weißen Haaren ist diese Voraussetzung nicht gegeben. Das Ziel der Epilation wird gegebenenfalls nicht erreicht. Generell wirkt die Epilation mittels optischer Strahlung am effektivsten auf hellen bis mittleren Hauttönen und dunklen Haaren. Je stärker die Haut pigmentiert ist, das heißt je mehr Melanin sie enthält, desto höher ist das Risiko für unerwünschte Nebenwirkungen. Dabei ist es unerheblich, ob die Pigmentierung durch den Hauttyp

bedingt ist oder durch Aufenthalte in der Sonne oder im Solarium erreicht wurde. Bei der Behandlung sollte die Haut daher möglichst nicht gebräunt sein. In jedem Fall müssen Anwenderinnen und Anwender die relevanten Expositionsparameter an den individuellen Pigmentierungsgrad der Haut sowie an Farbe und Dicke der Haare anpassen.

Die selektive Photothermolyse wirkt erfolgreich nur auf die Haarfollikel, in denen gerade ein Haar wächst. Dies ist bei Follikeln der Fall, die sich in der Wachstumsphase des Haarbildungszyklus befinden. Da dies immer nur auf einen Teil der Haare zutrifft – die übrigen befinden sich entweder in der Abbauphase oder in der Ruhephase – muss die Prozedur mit zeitlichem Abstand mehrfach wiederholt werden. Die Erwartung, mit einer einzigen Behandlung das unerwünschte Haarwachstum dauerhaft unterbinden zu können, muss demzufolge enttäuscht werden. Auch der Begriff der dauerhaften Haarentfernung kann zumindest hinterfragt werden. In den USA zum Beispiel wird die Formulierung „dauerhafte Reduktion“ (permanent reduction), nicht jedoch die Formulierung „dauerhafte Entfernung“ (permanent removal) verwendet. Dies vor dem Hintergrund, dass auch bei fachgerechter Durchführung die dauerhafte Entfernung sämtlicher Haare im behandelten Areal in der Regel nicht zu erreichen ist.

Entfernung von Tätowierungen

Auch diese Anwendung optischer Strahlung beruht auf dem Prinzip der selektiven Photothermolyse. Werden die Farbpigmente des Tattoos mit extrem kurzen Laserpulsen geeigneter Wellenlänge „beschossen“, führt die aufgenommene Energie zur hitzebedingten Fragmentierung der Pigmente. Die Bruchstücke des Tattoo-Farbstoffs sollen vom körpereigenen Immunsystem als Fremdkörper erkannt, von Makrophagen aufgenommen und über das Lymphsystem abtransportiert werden.

Für eine erfolgreiche Zerstörung des Farbstoffs muss die vom eingesetzten Laser emittierte Wellenlänge auf das zu entfernende Pigment abgestimmt sein. Je nach Farbe des zu entfernenden Tattoos kommen gegebenenfalls verschiedene Lasertypen zum Einsatz. Breitbandige Strahlenquellen wie IPL-Systeme sind für die Entfernung von Tätowierungen nicht geeignet.

Die Frage, welche Fragmente unter welchen Umständen aus welchen Farbstoffen entstehen, wie erfolgreich der Abtransport ist beziehungsweise in welchem Umfang Farbstoff-Fragmente zum Beispiel in Lymphknoten abgelagert werden, ist noch nicht befriedigend geklärt. Schreiber et al. zeigen, dass zum Beispiel bei der Bestrahlung des kupferhaltigen Pigments Phthalocyanin-Blau mit einem Rubinlaser toxische Spaltprodukte wie Benzol und Blausäure entstehen (Schreiber et al. 2015; Laux et al. 2015).

Wie bei der Epilation sollte sich auch bei dieser Anwendung der Kunde oder die Kundin darauf einstellen, dass die Prozedur mehrfach wiederholt werden muss. Je nach Art und Größe der Tätowierung sind mehrere, gegebenenfalls 10 bis 15 Sitzungen notwendig, wobei zwischen den Sitzungen Pausen einzuhalten sind.

Risiken und Nebenwirkungen

Bei Epilation und Tattooentfernung finden insbesondere Laser der Klasse 3B und 4 und Strahlenquellen mit vergleichbarer biologischer Wirkung wie die IPL-Systeme Anwendung. Die EG-Richtlinie 2006/25/EG (Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (künstliche optische Strahlung)) (EU 2006) kann zur Abschätzung der Risiken herangezogen werden. Diese Richtlinie enthält Expositionsgrenzwerte zum Schutz der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer vor optischer Strahlung aus künstlichen Quellen. Um die bei der Epilation und der Entfernung von Tattoos gewünschten Effekte zu erreichen, müssen auf jeden Fall die dort genannten Expositionsgrenzwerte überschritten werden. Daher bestehen Risiken für die Haut und die Augen.

Zu den schwereren Nebenwirkungen an der Haut gehören Verbrennungen, Narbenbildung, permanente Hypo- und Hyperpigmentierungen und die Bildung von Keloiden, das heißt Bindegewebswucherungen, die etwa nach Verletzungen im Bereich von Narben entstehen können. Derartige, auf Behandlungsfehlern basierende Fälle beschreiben zum Beispiel Greve, Raulin 2002, Lim, Lanigan 2006, Vano-Galvan, Jaen 2009, Hammes et al. 2013 sowie Hammes, Kimmig 2013.

Hammes et al. 2013 untersuchten Behandlungsfehler durch medizinische Laien bei Laser- und IPL-Anwendungen. In dieser Untersuchung wurden nach Haarentfernung mittels Laser oder IPL und nach Entfernung von Tätowierungen vor allem Pigmentverschiebungen, Narbenbildungen und Texturveränderungen beobachtet. Hauptfehlerquellen waren die Anwendung zu hoher Energiedichte, die Verwendung von für die Indikation nicht geeigneten Geräten, die Behandlung stark gebräunter Personen und fehlende Kühlung (Hammes et al. 2013).

Systematisch erfasst werden Komplikationen und Nebenwirkungen für den Bereich der kosmetischen Anwendungen nicht. Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) beabsichtigt, eine repräsentative Umfrage bei Nutzerinnen und Nutzern durchzuführen.

Besonders kritisch zu sehen sind Behandlungen pigmentierter Hautveränderungen (z. B. „Altersflecken“ oder „Muttermale“) ohne vorherige fachärztliche Begutachtung. Durch die „Anbehandlung“ mit Lasern oder IPL-Geräten können prämaligne oder maligne Veränderungen oberflächlich so verändert werden, dass histologische Untersuchungen nicht mehr aussagekräftig sind. Diagnose und Therapie einer vorliegenden Hautkrebserkrankung können dadurch verzögert oder gar verhindert werden (Hammes et al. 2013; Hammes, Kimmig 2013). Bereits in ihrer Stellungnahme von 2000 sah die Strahlenschutzkommission daher in der unvollständigen Zerstörung bösartiger Pigmentmale (malignes Melanom) nach laienhafter Anbehandlung mit Lasern insbesondere der Klassen 3B und 4 ohne vorherige Diagnostik ein unakzeptables Risiko (SSK 2000). IPL-Systeme wurden in dieser Stellungnahme noch nicht betrachtet, die Problematik ist aber die gleiche (**Abbildung 1**).

Schließlich sollte die Entfernung des unerwünschten Haarwuchses nicht dazu führen, dass Grunderkrankungen übersehen werden. Einer übermäßigen oder atypischen Behaarung bei Frauen können unter Umständen endokrinologische Ursachen wie ein polyzystisches ovarielles Syndrom (PCOS) zugrundeliegen. Eine Epilation würde in einem solchen Fall ein wichtiges Symptom beseitigen und die Diagnose der zugrundeliegenden Erkrankung erschweren oder verhindern. Auch hier benötigen die Anwenderinnen und Anwender Erfahrung, um derartige Umstände zu erkennen und den Kundinnen eine ärztliche Untersuchung nahezu legen.

In einer tierexperimentellen Studie an Nacktmäusen wurden nach IPL-Behandlung keine Hinweise auf eine Erhöhung des Hautkrebsrisikos gefunden (Hedelund et al. 2006). Allerdings wird in Nacktmäusen das bei der Haarentfernung relevante Prinzip der starken Erhitzung des Haarschafts in unmittelbarer Nähe der Stammzellpopulationen nicht adäquat abgebildet. Eine – methodisch außerordentlich anspruchsvolle – Untersuchung möglicher Auswirkungen auf Stammzellpopulationen in der menschlichen Haut liegt bisher nicht vor.

Schutz der Augen notwendig

Neben den möglichen Schäden an der Haut muss bei der Verwendung optischer Strahlung immer auch das Risiko für Augenschäden berücksichtigt werden, zumal bei den hier in Frage stehenden Anwendungen mit Wellenlängen gearbeitet wird, die die Netzhaut des Auges erreichen und thermisch schädigen können. Auch die Iris enthält Farbmoleküle und kann die Strahlung absorbieren. Fälle, in denen es nach IPL-Behandlungen ohne adäquaten Augenschutz zu Formänderungen der Pupille gekommen ist, beschreiben Sutter, Landau 2003, Javey et al. 2010 sowie Lee et al. 2011. Auch Fälle von Augenschäden nach Laserepilation der Augenbrauen werden beschrieben (Parver et al. 2012). Generell gilt: Vor allem bei Anwendungen im Gesichtsbereich ist Augenschutz notwendig.

Rechtliche Regelungen

Es können die gleichen Geräte mit der gleichen Leistungsfähigkeit und dem gleichen Risiko für unerwünschte Nebenwirkungen zu medizinischen und/oder kosmetischen Zwecken eingesetzt werden. Ob ein Gerät als Medizinprodukt angemeldet wird, entscheidet der Hersteller. Medizinprodukte unterliegen dem Medizinproduktegesetz (MPG). Das MPG regelt in Verbindung mit der Medizinprodukte-Betreiberverordnung (MPBetreibV) unter anderem die Anforderungen an Medizinprodukte sowie an das Errichten, Betreiben und Anwenden von Medizinprodukten. Geräte, die vom Hersteller nicht als Medizinprodukt, sondern als Verbraucherprodukt angemeldet wurden, unterliegen dem Produktsicherheitsgesetz (ProdSG). Die Anwendung der Geräte im Kosmetikbereich ist nicht auf Personen mit medizinischer Ausbildung beschränkt. Auch eine ärztliche Aufsicht über die Behandlung ist nicht

Abbildung 1: Pigmentierte Hautveränderungen sollten nicht ohne fachärztliche Beurteilung mit Lasern oder IPL-Systemen behandelt werden. Foto: M. Asmuß.



vorgeschrieben. Bei einem Betrieb der Geräte bei kommerzieller Nutzung zum Beispiel in Kosmetikstudios oder bei medizinischen Behandlungen ist bei Lasern der Klassen 3R, 3B und 4 ein sachkundiger Laserschutzbeauftragter in Medizin und Technik vorgeschrieben. Zur Durchführung einer Laser-Behandlung am Menschen reicht ein solcher, in erster Linie auf Arbeitsschutzaspekte ausgerichteter Kurs jedoch keinesfalls aus. Die Frage, welche Anforderungen im Hinblick auf Fach- und Sachkunde professioneller Anwenderinnen und Anwender notwendig sind, ist derzeit Gegenstand der Diskussion.

Zunehmend halten zum Beispiel IPL- und Lasersysteme zur Haarentfernung auch Einzug in privaten Haushalten und werden dort von Anwenderinnen und Anwendern ohne Vorkenntnisse bezüglich der Wirkungen und Risiken optischer Strahlung eingesetzt. Heimgeräte fallen ebenfalls unter die Bestimmungen des Produktsicherheitsgesetzes. Eine spezifische Norm, die die Sicherheitsanforderungen für diese Geräte definiert, ist in Vorbereitung.

Qualifikation der Anwenderinnen und Anwender

Wer Laser oder starke nicht kohärente optische Strahlenquellen wie zum Beispiel IPL-Systeme am Menschen einsetzt, benötigt solide Fach- und Sachkenntnisse, um mögliche Risiken erkennen und vermeiden zu können. Aus Sicht des Strahlenschutzes müssen Anwenderinnen und Anwender zum Beispiel die eingesetzten Geräte kennen und über anwendungsspezifische praktische Erfahrung verfügen. Sie benötigen Kenntnisse über die phy-

sikalischen Grundlagen optischer Strahlung sowie anatomische, physiologische und pathophysiologische Kenntnisse insbesondere über die menschliche Haut und ihre Anhangsgebilde beziehungsweise -organe. Erforderlich sind zudem Kenntnisse über Ausschlusskriterien der jeweiligen Anwendung und darüber, wann eine Zuweisung an einen Arzt oder eine Ärztin notwendig ist. Kenntnisse über Schutzbestimmungen und -maßnahmen sowie der grundlegenden rechtlichen Regelwerke und Vorschriften sollten ebenfalls vorhanden sein.

Weitere wichtige Punkte wären die Dokumentation der Behandlung und – gerade bei kosmetischen, das heißt nicht medizinisch indizierten Behandlungen – die umfassende Aufklärung der Kundinnen und Kunden. Ein seriöser Anbieter wird die Behandlung erläutern und zum Beispiel darüber aufklären, welche Ergebnisse realistisch zu erwarten sind, welche Alternativen gegebenenfalls existieren und welche Risiken bestehen.

Zu den praktischen Fähigkeiten (Sachkunde) gehören der Umgang mit Lasern, IPL-Systemen und anderen optischen Strahlenquellen, insbesondere anwendungsspezifische praktische Erfahrung, das Erkennen von Fehleinstellungen und Gerätedefekten und deren mögliche Folgen. Erforderlich sind praktische Kenntnisse der Beurteilung der Haut und ihrer Anhangsgebilde beziehungsweise -organe, einerseits im Hinblick auf die Notwendigkeit ärztlicher Abklärung vor der Behandlung beziehungsweise Empfehlung einer ärztlichen Behandlung, andererseits im Hinblick auf individuelle Faktoren des Kunden oder der Kundin, die für die Festlegung der Behandlungsparameter relevant sind. Hierzu gehört zum Beispiel der aktuelle Pigmentierungsgrad der Haut. Anwenderinnen und Anwender müssen in der Lage sein, potentielle Anwendungsrisiken und Ausschlusskriterien zu erkennen.

Heimgeräte

Speziell zur Epilation steht eine Vielzahl von Heimgeräten zur Verfügung. In der Regel ist ihre Leistung deutlich geringer als diejenige von Profigeräten. Dennoch besteht auch bei diesen Geräten das Risiko für Schäden an der Haut und den Augen. Häufig handelt es sich um IPL-Systeme. Es können jedoch auch Laser der Klassen 3B und 4 verbaut sein. Zur Vermeidung von Augenschäden sollen Kontaktsensoren gewährleisten, dass keine Strahlung mehr

austritt, sobald der Kontakt des Behandlungskopfes mit der Haut verloren geht beziehungsweise sicherstellen, dass die austretende Reststrahlung so gering ist, dass keine Schäden verursacht werden können. Wirkungen auf die Haut bleiben davon natürlich unberührt. Somit müssen die oben skizzierten Risiken vom Heimgerätenutzerinnen und -nutzern selbst, das heißt von Laien beurteilt werden. Meist sichern sich die Hersteller durch umfangreiche Geräteinformationen ab. Die Frage, ob diese Informationen von den Nutzerinnen und Nutzern tatsächlich gelesen und verstanden werden, muss allerdings offen bleiben.

Für Geräte, die Laser – gegebenenfalls auch der risikoreichsten Klassen 3B und 4 – enthalten, bei denen jedoch durch die konstruktive Maßnahme des Kontaktsensors eine Augengefährdung verhindert werden soll, soll eine eigene Laserklasse 1C eingeführt werden. Diese Klassifizierung wird aus Strahlenschutzsicht abgelehnt, da durch die Bezeichnung „Laserklasse 1“ eine Sicherheit suggeriert wird, die schon aufgrund der möglichen Wirkungen an der Haut als nicht gerechtfertigt erscheint. Verbraucherinnen und Verbrauchern, die Heimgeräte nutzen wollen, kann nur geraten werden, sich mit den Herstellerangaben ausführlich zu befassen und diese zu beachten.

Fazit

Derzeit liegt es in der Hand der Verbraucherinnen und Verbraucher, sich vor der Behandlung über die fachliche Qualifikation der professionellen Anwenderinnen und Anwender, sowie über Wirkungen, mögliche Nebenwirkungen und Risiken der Behandlung zu informieren. Generell sollte aus Sicht der Verfasserinnen eine kosmetische Behandlung mit starken optischen Strahlenquellen nicht ohne vorherige Beurteilung der Haut durch einen Dermatologen oder eine Dermatologin erfolgen.

Literatur

Chabert R, Fouque L, Pinacolo S et al. (2015): Evaluation of light-emitting diodes (LED) effect on skin biology (in vitro study). *Skin Res and Tech* 21: 426–436.

DGUV – Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (2009): Gepulste intensive Lichtquellen (nicht Laserquellen) für medizinische und kosmetische Anwendungen. <https://www.bgetem.de/redaktion/arbeits-sicherheit-gesundheitsschutz/dokumente-und-dateien/themen-von-a-z/strahlung-optische/gepulste-intensive->

lichtquellen-nicht-laserquellen-fuer-medizinische-und-kosmetische-anwendungen (Zugriff am: 20.01.2016).

EU 2006: Richtlinie 2006/25/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 5. April 2006 über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (künstliche optische Strahlung). <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:114:0038:0059:de:PDF> (Zugriff am: 04.03.2016).

Greve B, Raulin C (2002): Professional Errors caused by lasers and intense pulsed light technology in dermatology and aesthetic medicine: preventive strategies and case studies. *Dermatol Surg*. 28(2): 156–61.

Hammes S, Karsai S, Metelmann HR et al. (2013): Behandlungsfehler durch medizinische Laien bei Laser- und IPL-Anwendungen: Ergebnisse einer bundesweiten Erhebung. *J Dtsch Dermatol Ges*. 11(2):149–56. DOI: 10.1111/j.1610-0387.2012.08042.x.

Hammes S, Kimmig W (2013): Nebenwirkungen und Komplikationen in der Therapie mit Laser- und Lichtgeräten. *Hautarzt* 64: 145–154.

Hedelund L, Lerche C, Wulf HC et al. (2006): Carcinogenesis related to intense pulsed light and UV exposure: an experimental animal study. *Lasers Med Sci* 21: 198–201.

Javey G, Schwartz S, Albini T (2010): Ocular Complication of Intense Pulsed Light Therapy: Iris Photoablation. *Dermatol Surg*. 36(9):1466–8. DOI: 10.1111/j.1524-4725.2010.01661.x.

Laux P, Tralau T, Tentschert J et al. (2015): A medical-toxicological view of tattooing. *Lancet pii: S0140-6736(15)60215-X*. DOI: 10.1016/S0140-6736(15)60215-X. [Epub ahead of print].

Lee WW, Murdock J, Albini TA et al. (2011): Ocular damage secondary to intense pulse light therapy to the face. *Ophthal Plast Reconstr Surg* 27 (4): 263–265.

Lim SPR, Lanigan SW (2006): A review of the adverse effects of laser hair removal. *Lasers Med. Sci.* 21: 121–125. DOI: 10.1007/s10103-006-0377-y.

Parver DL, Dreher RJ, Hohanin S et al. (2012): Ocular injury after laser hair reduction treatment to the eyebrow. *Arch Ophthalmol* 130 (10): 1330–1334. DOI: 10.1001/archophthalmol.2012.1988.

Rai R, Natarajan K (2013): Laser and light based treatments of acne. *IJDVL* 79 (3): 300–309.

Schreiver I, Hutzler C, Laux P et al. (2015): Formation of highly toxic hydrogen cyanide upon ruby laser irradiation of the tattoo pigment phthalocyanine blue. *Sci Rep* 5: 12915. DOI: 10.1038/srep12915.

SSK – Strahlenschutzkommission (2000): Gefahren bei Laseranwendung an der menschlichen Haut. http://www.ssk.de/SharedDocs/Beratungsergebnisse/2000/Gefahren_bei_Laseranwendungen.html (Zugriff am: 19.01.2016).

Sutter FK, Landau K (2003): Ocular complication of PhotoDerm VL therapy for facial port-wine stain. *Dermatol Surg*. 29 (1): 111–112.

Vano-Galvan S, Jaen P (2009): Complications of non-physician-supervised laser hair removal. *Can Fam Physician* 55(1): 50–52.

Kontakt

Dr. Monika Asmuß
Bundesamt für Strahlenschutz
AG-SG 1.5. Optische Strahlung
Ingolstädter Landstraße 1
85764 Oberschleißheim
E-Mail: [masmuss\[at\]bfs.de](mailto:masmuss[at]bfs.de)

[BfS]

“Smoke on the water“ – Wasserpfeifenkonsum bei Jugendlichen in Deutschland (Ergebnisse aus KiGGS Welle 1)

“Smoke on the water” – waterpipe tobacco smoking among adolescents in Germany (Results of KiGGS Wave 1)

Benjamin Kuntz, Thomas Lampert

Abstract

In Germany, as in other countries, waterpipe (shisha) tobacco smoking has been increasing in popularity. While in the last 15 years overall smoking prevalence, particularly cigarette smoking, has declined among adolescents, waterpipe smoking has become an emerging type of tobacco use. According to the results of the German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents (KiGGS Wave 1, 2009–2012), lifetime prevalence of waterpipe use among 12- to 17-year-olds was 28.9 per cent. Approximately one-fifth (20.6 %) of the adolescents reported waterpipe use in the past 12 months, one-tenth (10.0 %) reported current use (at least once during the past 30 days). In both sexes, prevalence increased with age. Waterpipe smoking rates were significantly higher among boys than girls. Among boys with a two-sided migration background (both parents, or the child and one parent, immigrated to Germany) waterpipe use was more common compared to non-immigrants. Due to waterpipe related health and addiction risks that are often underestimated by adolescents, specific health education and prevention measures are necessary.

Zusammenfassung

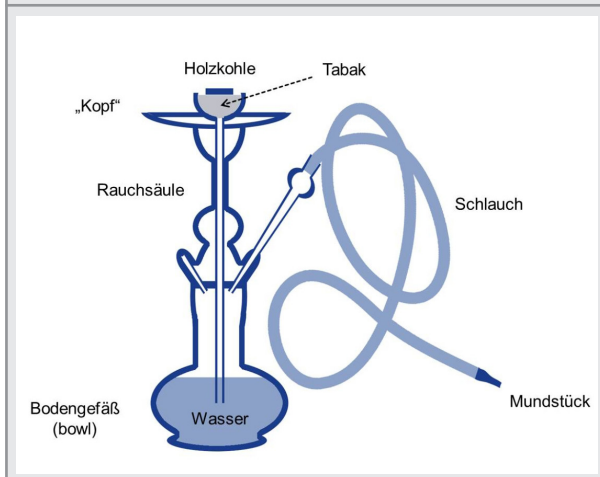
Wasserpfeifen (Shishas) erfreuen sich auch in Deutschland zunehmender Beliebtheit. Während die allgemeine Rauchquote und damit vor allem das Zigarettenrauchen bei Jugendlichen in den letzten 15 Jahren deutlich zurückgegangen ist, hat sich das Shisha-Rauchen als alternative Form des Tabakkonsums etabliert. Wie die Daten der Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland (KiGGS Welle 1, 2009–2012) zeigen, beträgt die Lebenszeitprävalenz des Wasserpfeifenkonsums in der Altersgruppe der 12- bis 17-Jährigen 28,9 Prozent, die 12-Monatsprävalenz liegt bei 20,9 Prozent. Jeder zehnte Jugendliche hat nach eigenen Angaben innerhalb der letzten 30 Tage vor der Befragung Wasserpfeife geraucht. Insgesamt ist der Konsum von Wasserpfeifen bei Jungen etwas stärker verbreitet als bei Mädchen, die Prävalenzen steigen bei beiden Geschlechtern mit zunehmendem Alter an. Jungen mit beidseitigem Migrationshintergrund greifen häufiger zur Wasserpfeife als Jungen ohne Migrationshintergrund. Da die Gesundheits- und Suchtgefahren des Shisha-Rauchens von Jugendlichen häufig unterschätzt werden, erscheint eine verstärkte Aufklärungsarbeit im Rahmen der Tabakprävention dringend geboten.

Einleitung

Klassische Wasserpfeifen werden seit Jahrhunderten vor allem im östlichen Mittelmeerraum, in vielen arabischen Ländern sowie in Teilen Asiens zum Tabakkonsum verwendet. Je nach Region sind synonyme Bezeichnungen wie Shisha, Hookah, Goza, Narghile oder Hubble Bubble gebräuchlich (Maziak et al. 2004; Knishkowsky, Amitai 2005). Seit einigen Jahren gibt es auch in vielen westlichen Ländern wie den USA Hinweise auf eine zunehmende Verbreitung des Wasserpfeifenkonsums, insbesondere bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen (Cobb et

al. 2010; Akl et al. 2011; Amrock et al. 2014; Maziak 2014; Soule et al. 2015). Auch für Deutschland liegen mittlerweile erste epidemiologische Studien vor, wobei die meisten lediglich auf regionalen Datenerhebungen basieren (Bezirksamt Friedrichshain-Kreuzberg 2007; Herth et al. 2009; Brünger 2012; BZgA 2012; Schwarzer et al. 2015). Im Folgenden werden Ergebnisse aus KiGGS Welle 1 (2009–2012) präsentiert, die Aufschluss über die Verbreitung des Wasserpfeifenkonsums bei 12- bis 17-jährigen Jugendlichen in Deutschland geben.

Abbildung 1: Aufbau einer handelsüblichen Wasserpfeife (Shisha). Quelle: Monzer et al. 2008: 2992.



Zuvor werden Aufbau und Funktionsweise einer Wasserpfeife skizziert sowie auf Basis aktueller Literatur die mit dem Wasserpfeifenkonsum einhergehenden Gesundheitsrisiken beschrieben. Klassische Wasserpfeifen sind nicht zu verwechseln mit den sogenannten E-Shishas, die in Deutschland erst seit 2013/2014 auf dem Markt sind und die in ihrem Aussehen Stiften oder Kugelschreibern ähneln. Bei letzteren handelt es sich im Grunde um elektronische Zigaretten, deren Mundstück dem bei einer Wasserpfeife nachgeahmt ist und in denen zumeist nikotinfreie Flüssigkeiten verdampft werden (siehe hierzu auch den Artikel von Luch et al. in diesem Heft). Der Beitrag schließt mit einer Zusammenfassung und einem Ausblick auf die Bedeutung der Ergebnisse für die Tabakprävention und Tabakkontrollpolitik.

Aufbau und Funktionsweise einer Wasserpfeife

Eine Wasserpfeife besteht zumeist aus mindestens vier Komponenten: (1) ein zur Hälfte mit Wasser gefülltes Bodengefäß (häufig aus Glas), (2) eine in der Regel aus Metall gefertigte Rauchsäule, (3) ein Kopfteil, welches ein kleines Gefäß darstellt, und ein (4) Schlauch beziehungsweise mehrere Schläuche, die an der Seite der Wasserpfeife befestigt werden (**Abbildung 1**) (Monzer et al. 2008; Shihadeh et al. 2015; WHO Study Group on Tobacco Product Regulation 2015).

Bei Gebrauch der Wasserpfeife wird zunächst das Kopfteil, das nach unten hin offen ist, mit Tabak ge-

füllt. Speziell für Wasserpfeifen entwickelte Tabakmischungen („maassel“), die mit Feuchthaltemitteln (Melasse), Aromen und weiteren Zusatzstoffen versetzt sind, wurden erstmals in den 1990er Jahren auf den Markt gebracht (Rastam et al. 2004; Martinasek et al. 2011). Inzwischen ist Wasserpfeifentabak in speziellen Tabakläden und im Internet in den verschiedensten Geschmacksrichtungen (z. B. Doppelapfel, Melone, Lemon Chill) erhältlich. Als nächstes wird der Tabakkopf mit perforierter Alufolie oder einem Kohlesieb bedeckt und ein Stück glühende Kohle wird mittig darauf platziert. Hierdurch wird der Tabak indirekt erhitzt. Durch das Saugen am Mundstück des Schlauches entsteht im Bodengefäß ein Unterdruck und Luft wird durch die Kohle und den Tabak in die Wasserpfeife gesogen. Es entsteht Rauch, der durch die Rauchsäule und das Wasser in den Schlauch gelangt und dabei gekühlt wird. Dichtungen zwischen Bodengefäß und Rauchsäule sowie am Kopfteil und am Schlauchansatz verhindern, dass ungewollt Luft von außen eingesogen wird. Gerade für tabakunerfahrene Jugendliche ist der Wasserpfeifenrauch zumeist angenehmer als der relativ heiße Rauch von Zigaretten, da der gekühlte und mit Feuchtigkeit angereicherte Rauch weniger Halsirritationen („Kratzen“) verursacht (Knishkowsky, Amitai 2005). Hinzu kommt der fruchtig-süße, für viele Jugendliche angenehme Geruch und Geschmack des Wasserpfeifenrauchs.

Gesundheitsrisiko Wasserpfeifenkonsum

Wasserpfeifenrauch enthält eine Vielzahl an schädlichen Substanzen, darunter Schwermetalle, flüchtige Kohlenwasserstoffe, Aldehyde, tabakspezifische Nitrosamine, Nikotin und Kohlenmonoxid (Schubert et al. 2015; Shihadeh et al. 2015). Bei einer durchschnittlichen Wasserpfeifensitzung wird mehr als 100-mal so viel Rauch freigesetzt wie beim Rauchen einer einzelnen Zigarette (DKFZ 2015; Primack et al. 2016). Die Vorstellung, dass der Tabakkonsum mittels Wasserpfeife vor allem aufgrund einer dem Wasser zugeschriebenen Filterwirkung weniger gesundheitsschädlich sei als beispielsweise das Rauchen von Zigaretten, ist weit verbreitet (Martinasek et al. 2011; Maziak 2014). Mittlerweile existiert jedoch eine Vielzahl an Studien, die einen Zusammenhang zwischen der Nutzung von Wasserpfeifen und gesundheitlichen Folgeschäden nahelegen (Akl et al. 2010; Aslam et al. 2014; Jukema et al. 2014). Demnach weisen Personen,

die regelmäßig Wasserpfeife rauchen, ein erhöhtes Risiko für Lungenkrebs, Atemwegserkrankungen, Herz-Kreislauf-Krankheiten sowie Schädigungen der Mund- und Zahngesundheit auf. Aufgrund des im Tabakrauch von Wasserpfeifen enthaltenen Nikotins ist von einem mit dem Zigarettenrauchen vergleichbaren Sucht- und Abhängigkeitspotenzial auszugehen (Neergaard et al. 2007; Aboaziza, Eissenberg 2015). Infektionskrankheiten wie Herpes können übertragen werden, wenn sich mehrere Personen denselben Wasserpfeifenschlauch beziehungsweise dasselbe Mundstück teilen. Zudem besteht durch den Einsatz von Holzkohle als zusätzliche Quelle von Kohlenmonoxid ein erhöhtes Risiko für Vergiftungserscheinungen (CO-Intoxikation) – gerade dann, wenn Wasserpfeifen in schlecht belüfteten Innenräumen verwendet werden (von Rappard et al. 2014). Denn anders als bei Zigaretten wird der Tabak in der Wasserpfeife nicht direkt verbrannt, sondern bei niedrigen Temperaturen lediglich verschwelt. Auch nichtrauchende Personen, die sich in Innenräumen aufhalten, in denen Wasserpfeife geraucht wird, sind den gesundheitsschädlichen Auswirkungen von Passivrauch ausgesetzt (Zhou et al. 2016).

Erfassung des Wasserpfeifenkonsums in KiGGS Welle 1

Die Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland (KiGGS) des Robert Koch-Instituts (RKI) liefert umfangreiche Daten zur Gesundheit, zum Gesundheitsverhalten und zur Gesundheitsversorgung der heranwachsenden Generation. In der von 2009 bis 2012 durchgeführten ersten Folgebefragung, KiGGS Welle 1, wurden erstmals im Rahmen der KiGGS-Studie nicht nur Informationen zum Rauchen allgemein, sondern auch zum Wasserpfeifenkonsum der jugendlichen Studienteilnehmenden erhoben. Ziele, Konzept und Design von KiGGS sind an anderer Stelle ausführlich beschrieben (Kurth et al. 2008; Lange et al. 2014).

Der Wasserpfeifenkonsum von Jugendlichen im Alter von 12 bis 17 Jahren ($n=4.543$) wurde im Rahmen eines telefonischen Interviews mit drei Fragen erhoben (Kuntz et al. 2015). Um die Lebenszeitprävalenz des Wasserpfeifenkonsums zu erfassen, wurden zunächst alle Jugendlichen gefragt: „Hast du schon einmal eine Wasserpfeife oder Shisha geraucht?“ (Antwortkategorien: „Ja“, „Nein“). Jugendlichen, die schon eigene Erfahrungen

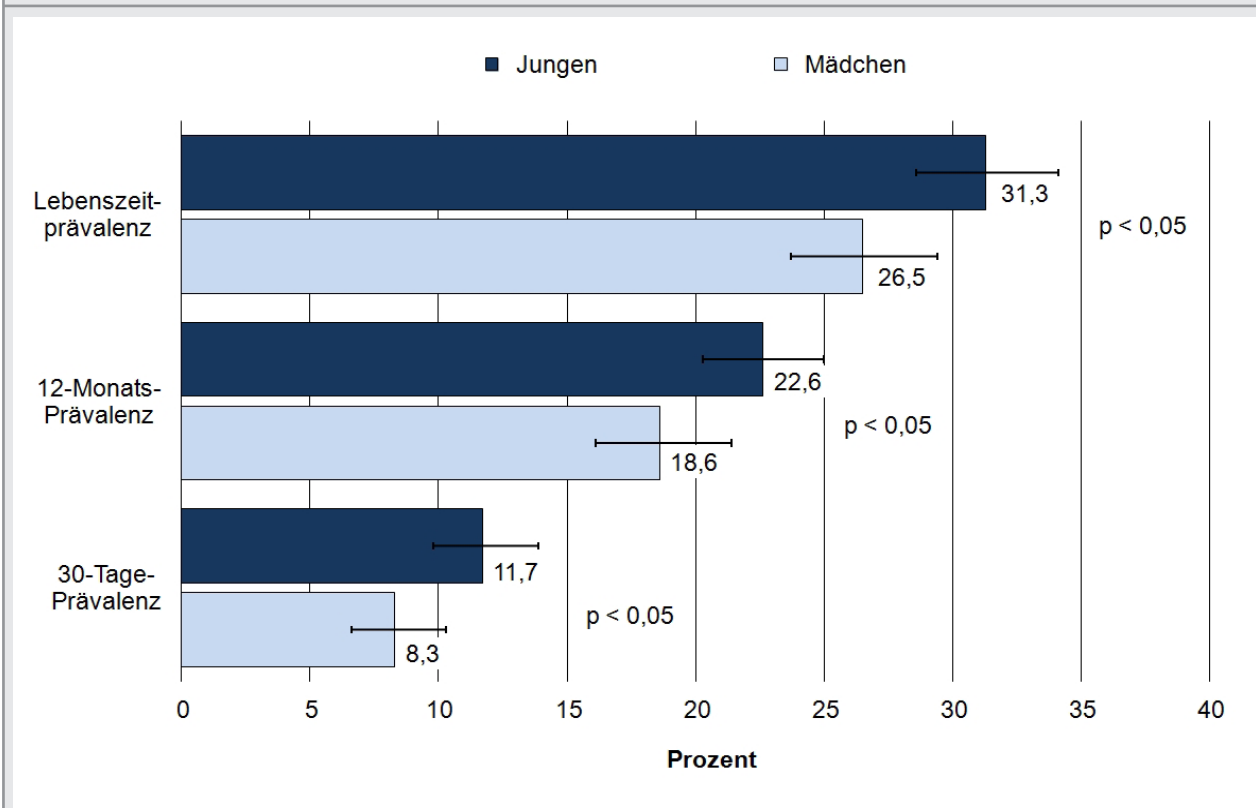
mit dem Konsum von Wasserpfeifen gemacht haben, wurde als nächstes die Frage gestellt, ob sie auch in den letzten 12 Monaten Wasserpfeife oder Shisha geraucht haben (Antwortkategorien: „Ja“, „Nein“). Abschließend wurden diejenigen, die auch die zweite Frage bejahten, gefragt: „Wenn du jetzt einmal an die letzten 30 Tage denkst: An wie vielen Tagen hast du Wasserpfeife oder Shisha geraucht?“. Aus diesen Angaben lässt sich neben der 30-Tage-Prävalenz auch die 30-Tage-Frequenz des Wasserpfeifenkonsums ableiten.

Neben Alters- und Geschlechtsunterschieden wird der Zusammenhang zwischen dem Sozialstatus der Herkunftsfamilie, dem etwaigen Vorliegen eines Migrationshintergrunds und dem Wasserpfeifenkonsum von Jugendlichen beschrieben. Der soziale Status wird anhand eines am RKI entwickelten Index bestimmt, in den Angaben der Eltern zu ihrer schulischen und beruflichen Ausbildung, ihrer beruflichen Stellung und ihrem Einkommen eingehen und der eine Einteilung in eine niedrige, mittlere und hohe Statusgruppe ermöglicht (Lampert et al. 2014). Der Migrationshintergrund wird über Angaben zur eigenen Migrationserfahrung der Jugendlichen sowie zum Geburtsland und zur Staatsangehörigkeit beider Elternteile erfasst. Jugendliche, die selbst aus einem anderen Land zugewandert sind und von denen mindestens ein Elternteil nicht in Deutschland geboren ist oder von denen beide Eltern zugewandert oder nicht deutscher Staatsangehörigkeit sind, weisen einen beidseitigen Migrationshintergrund auf. Ein einseitiger Migrationshintergrund liegt dann vor, wenn Jugendliche in Deutschland geboren sind, jedoch ein Elternteil aus einem anderen Land zugewandert ist und/oder keine deutsche Staatsangehörigkeit besitzt (Schenk et al. 2007).

Wichtige Ergebnisse

Die Lebenszeitprävalenz des Wasserpfeifenkonsums beziehungsweise Shisha-Rauchens beträgt bei 12- bis 17-jährigen Jugendlichen in Deutschland laut KiGGS-Studie 28,9 Prozent (95%-KI 26,9-31,0). Etwa jeder fünfte Jugendliche hat innerhalb der vergangenen 12 Monate Wasserpfeife geraucht (20,6%; 95%-KI 18,8-22,6), jeder zehnte innerhalb der letzten 30 Tage (10,0%; 95%-KI 8,6-11,6). Jungen greifen signifikant häufiger zur Wasserpfeife als Mädchen; dies zeigt sich bei allen drei untersuchten Indikatoren (**Abbildung 2**). Bei

Abbildung 2: Verbreitung des Wasserpfeifenkonsums bei 12- bis 17-jährigen Jugendlichen in Deutschland nach Geschlecht. Ergebnisse aus KiGGS Welle 1 (2009–2012).



beiden Geschlechtern steigen die Prävalenzen mit zunehmendem Alter deutlich an. In der Altersgruppe der 16- und 17-Jährigen gibt rund jeder vierte Junge und jedes siebte Mädchen an, innerhalb der letzten 30 Tage Shisha geraucht zu haben.

Von den Jugendlichen, die in den letzten 30 Tagen vor der Befragung Wasserpfeife geraucht haben, berichtet in etwa die Hälfte (47,0%; 95 %-KI 39,7-54,5) von einmaligem Konsum, während jeweils ein Viertel angibt, an zwei Tagen (24,7%; 95 %-KI 19,1-31,5) beziehungsweise an drei oder mehr Tagen (28,3%; 95 %-KI 21,7-35,8) Wasserpfeife geraucht zu haben. Täglicher Konsum kommt nur äußerst selten vor (0,6%; 95 %-KI 0,2-1,7). Bezogen auf die Gesamtheit der 12- bis 17-Jährigen bedeutet dies, dass 4,7 Prozent lediglich an einem Tag innerhalb der letzten 30 Tage Wasserpfeife geraucht haben, 2,5 Prozent an genau zwei Tagen, 2,8 Prozent an mindestens drei Tagen und weniger als 0,1 Prozent täglich. Bei der 30-Tage-Konsumfrequenz zeichnen sich keine Unterschiede zwischen den Geschlechtern ab (**Abbildung 3**).

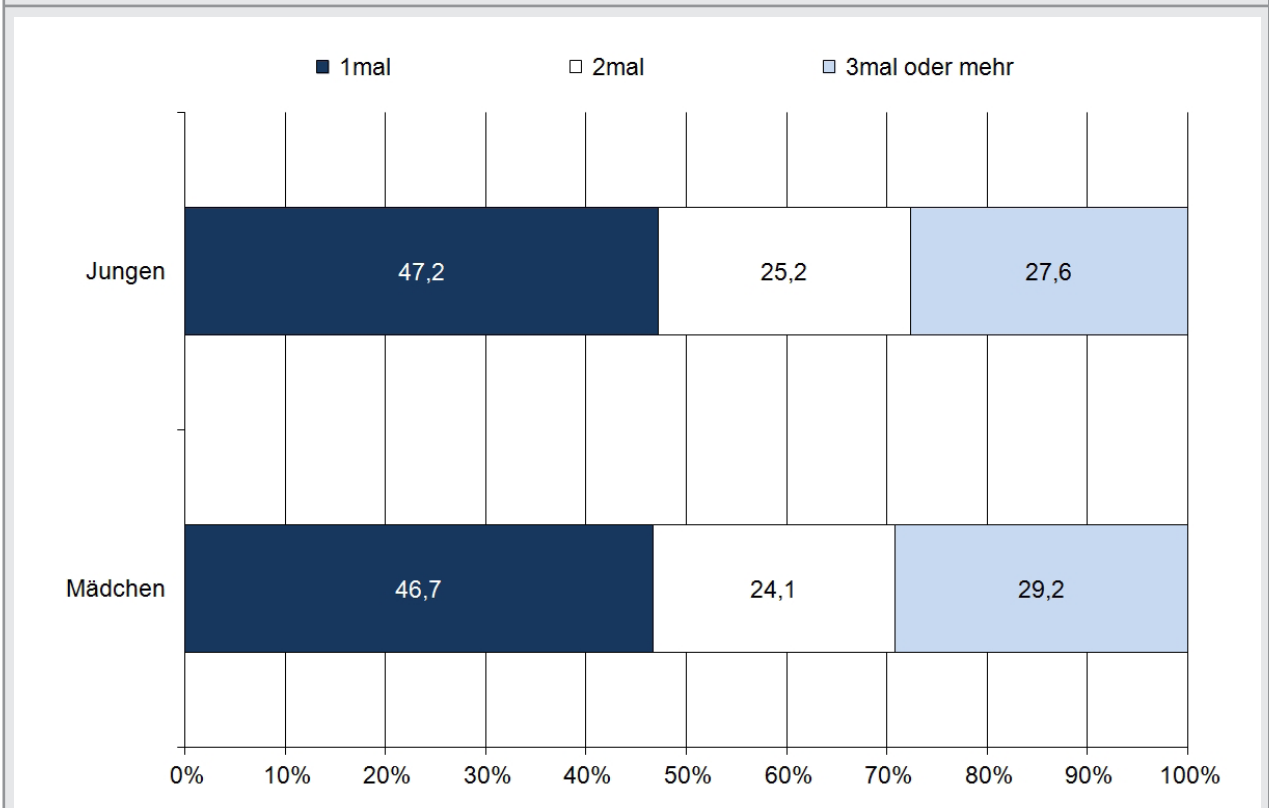
Die in **Tabelle 1** ausgewiesenen Prävalenzen deuten zwar auf eine stärkere Verbreitung des Wasserpfei-

fenkonsums bei Jugendlichen mit niedrigem Sozialstatus hin. Wie aus den ebenfalls ausgewiesenen altersadjustierten Odds Ratios und den dazugehörigen 95 Prozent-Konfidenzintervallen hervorgeht, sind diese Unterschiede jedoch nicht statistisch signifikant. Mit Blick auf den Migrationshintergrund zeigt sich, dass Jungen mit beidseitigem Migrationshintergrund häufiger Wasserpfeife rauchen als Gleichaltrige ohne Migrationshintergrund. Dies trifft sowohl für die Lebenszeitprävalenz als auch für die 30-Tage-Prävalenz zu. Bei Mädchen sind hingegen keine auffälligen Unterschiede festzustellen.

Fazit

Den Ergebnissen aus KiGGS Welle 1 (2009–2012) zufolge raucht ein beträchtlicher Anteil der Jugendlichen in Deutschland zumindest gelegentlich Wasserpfeife beziehungsweise Shisha. Die KiGGS-Daten zeigen dabei mit Bezug auf die Altersgruppe der 12- bis 17-Jährigen einen hohen Grad der Übereinstimmung mit den zuletzt im Jahr 2011 erhobenen Daten der Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (BZgA 2012). Sowohl für die Lebenszeitprävalenz (KiGGS: 28,9%, BZgA: 29,3%) als auch

Abbildung 3: Häufigkeit des Wasserpfeifenkonsums bei 12- bis 17-jährigen Jugendlichen, die in den letzten 30 Tagen Shisha geraucht haben (30-Tage-Frequenz), nach Geschlecht. Ergebnisse aus KiGGS Welle 1 (2009–2012).



für die 12-Monats-Prävalenz (20,6% vs. 20,9%) und die 30-Tage-Prävalenz (10,0% vs. 8,7%) kommen die beiden bundesweit durchgeführten Telefonerhebungen zu vergleichbaren Ergebnissen.

Während die allgemeine Rauchquote und damit vor allem das Zigarettenrauchen bei Jugendlichen in den letzten 15 Jahren deutlich zurückgegangen ist, hat sich das Shisha-Rauchen als alternative Form des Tabakkonsums etabliert (Kuntz et al. 2015). Auch der Umstand, dass 2015 der Verbrauch von Pfeifentabak zum fünften Mal in Folge kräftig angestiegen ist, dürfte vor allem auf die zunehmende Beliebtheit des Wasserpfeifentabaks zurückzuführen sein (Statistisches Bundesamt 2016). In den meisten deutschen Städten gibt es inzwischen ein großes Angebot an speziellen Shisha-Bars und -Verkaufsstellen. In Frankfurt am Main findet seit 2013, nach eigenen Angaben der Organisatoren, die weltweit einzige Fach- und Publikumsmesse für Wasserpfeifen, -tabak und -bedarf statt, seit 2014 zusammen mit der VaporFair, einer Messe für elektronische Inhalationsprodukte (www.shishamesse.de).

International ist seit Beginn der 2000er Jahre eine zunehmende Forschungstätigkeit zur Verbreitung

des Wasserpfeifenkonsums festzustellen (Zyoud et al. 2014). Im Jahr 2015 erschien in der Fachzeitschrift „Tobacco Control“ (Volume 24, Supplement 1) ein Sonderheft mit dem Titel: „Waterpipe Tobacco Smoking: A Global Epidemic“, welches gut den derzeitigen Forschungsstand widerspiegelt. Die erste internationale Fachkonferenz zum Thema „Wasserpfeife“ wurde im Oktober 2013 an der New York University in Abu Dhabi (Vereinigte Arabische Emirate) ausgerichtet, die zweite Konferenz fand ein Jahr später in Doha (Katar) statt.

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) hat erstmals 2005 in einem Gutachten Stellung zur Public Health-Relevanz des Wasserpfeifenkonsums bezogen, 2015 wurde eine aktualisierte Fassung vorgelegt (WHO Study Group on Tobacco Product Regulation 2015). In Deutschland hat das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) aufgrund steigender Anfragen von Verbrauchern und Mitarbeitern aus dem Öffentlichen Gesundheitsdienst ebenfalls im Jahr 2005 erstmals eine Stellungnahme zu den Gesundheits- und Suchtgefahren durch Wasserpfeifen publiziert (BfR 2005). In der 2009 aktualisierten gesundheitlichen Bewertung, kommt das BfR zu dem Ergebnis, dass der regelmäßige Gebrauch von Wasserpfeifen

Tabelle 1: Zusammenhang zwischen Sozialstatus (SES), Migrationshintergrund (MH) und Wasserpfeifenkonsum bei 12- bis 17-jährigen Jugendlichen nach Geschlecht. Ergebnisse aus KiGGS Welle 1 (2009-2012).				
	Jungen		Mädchen	
Lebenszeitprävalenz ¹				
	%	OR (95%-KI)	%	OR (95%-KI)
Niedriger SES	40,5	1,49 (0,99-2,25)	27,3	1,16 (0,70-1,92)
Mittlerer SES	27,2	0,82 (0,60-1,12)	27,3	1,17 (0,83-1,64)
Hoher SES	29,2	Ref.	22,7	Ref.
Beidseitiger MH	40,6	1,71 (1,19-2,45)	23,4	0,90 (0,58-1,39)
Einseitiger MH	32,0	1,20 (0,66-2,18)	27,3	1,19 (0,67-2,11)
Ohne MH	29,1	Ref.	27,1	Ref.
12-Monats-Prävalenz ¹				
	%	OR (95%-KI)	%	OR (95%-KI)
Niedriger SES	27,5	1,27 (0,80-2,04)	17,7	0,88 (0,51-1,55)
Mittlerer SES	20,5	0,94 (0,66-1,34)	19,6	1,03 (0,73-1,46)
Hoher SES	20,5	Ref.	17,6	Ref.
Beidseitiger MH	28,7	1,45 (0,96-2,19)	16,0	0,88 (0,53-1,44)
Einseitiger MH	22,3	1,08 (0,54-2,15)	20,1	1,22 (0,63-2,36)
Ohne MH	21,2	Ref.	19,1	Ref.
30-Tage-Prävalenz ¹				
	%	OR (95%-KI)	%	OR (95%-KI)
Niedriger SES	14,7	1,41 (0,81-2,45)	9,7	1,97 (0,84-4,60)
Mittlerer SES	10,3	1,03 (0,64-1,68)	8,6	1,73 (0,98-3,06)
Hoher SES	9,6	Ref.	4,9	Ref.
Beidseitiger MH	18,4	1,96 (1,21-3,15)	8,3	1,06 (0,49-2,28)
Einseitiger MH	11,2	1,12 (0,45-2,80)	5,2	0,64 (0,26-1,58)
Ohne MH	10,2	Ref.	8,5	Ref.
¹ Alle Prävalenzen bezogen auf die Gesamtstichprobe. OR = altersadjustierte Odds Ratios, 95%-KI = 95%-Konfidenzintervalle, SES = Sozialstatus, MH = Migrationshintergrund				

„kaum weniger schädlich [...] als der regelmäßige Konsum von Zigaretten“ sei und die „Gefahr der Suchtentwicklung [...] vergleichbar [...] mit der Gefahr von Zigaretten“ (BfR 2009: 1f.). Konkret warnt das BfR insbesondere Schwangere und Personen mit vorgeschädigtem Herz-Kreislaufsystem vor dem Konsum von Wasserpfeifen und rät aus hygienischen Gründen zum Gebrauch von Einmalmundstücken. Angesichts der wachsenden Beliebtheit von Wasserpfeifen bei Jugendlichen empfiehlt das BfR, diese über die Gefahren des Rauchens von Wasserpfeifen aufzuklären (BfR 2009). Da die gesundheitlichen Risiken des Shisha-Rauchens noch immer von einem Großteil der Jugendlichen unterschätzt werden, erscheint eine verstärkte Aufklärungsarbeit im Rahmen der Tabakprävention dringend geboten.

Ein ausführlicher Beitrag zur Verbreitung des Wasserpfeifenkonsums bei Jugendlichen in Deutschland ist in Heft 4/5-2015 der Zeitschrift „Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz“ erschienen:

Kuntz B, Lampert T, KiGGS Study Group (2015) Wasserpfeifenkonsum (Shisha-Rauchen) bei Jugendlichen in Deutschland. Ergebnisse der KiGGS-Studie – Erste Folgebefragung (KiGGS Welle 1). Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz 58 (4/5): 467-473

Literatur

Aboaziza E, Eissenberg T (2015): Waterpipe tobacco smoking: what is the evidence that it supports nicotine/tobacco dependence? Tob Control 24 (Suppl 1): i44–i53.

Akl EA, Gaddam S, Gunukula SK et al. (2010): The effects of waterpipe tobacco smoking on health outcomes: a systematic review. Int J Epidemiol 39 (3): 834–857.

- Akl EA, Gunukula SK, Aleem S et al. (2011): The prevalence of waterpipe tobacco smoking among the general and specific populations: a systematic review. *BMC Public Health* 11: 244.
- Amrock SM, Gordon T, Zelikoff JT et al. (2014): Hookah use among adolescents in the United States: results of a national survey. *Nicotine Tob Res* 16 (2): 231–237.
- Aslam HM, Saleem S, German S et al. (2014): Harmful effects of shisha: literature review. *Int Arch Med* 7 (1): 16.
- Bezirksamt Friedrichshain-Kreuzberg (2007): Vorsicht Wasserpfeife. 2., überarbeitete Auflage. Bezirksamt Friedrichshain-Kreuzberg, Berlin.
- Brünger M (2012): Zigarette und Wasserpfeife bei Jugendlichen: Wie unterscheiden sich Schüler deutscher, türkischer und arabischer Herkunft? disserta Verlag, Hamburg.
- BfR – Bundesinstitut für Risikobewertung (2005): Wasserpfeifen: Keine harmlose Alternative zum Zigarettenkonsum. Presseinformation 14/2005, 11.05.2005. Berlin.
- BfR – Bundesinstitut für Risikobewertung (2009): Gesundheits- und Suchtgefahren durch Wasserpfeifen. Aktualisierte Gesundheitliche Bewertung Nr. 011/2009 des BfR vom 26. März 2009. Berlin.
- BZgA – Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (2012): Die Drogenaffinität Jugendlicher in der Bundesrepublik Deutschland 2011. Teilband Rauchen. Köln.
- Cobb C, Ward KD, Maziak W et al. (2010): Waterpipe tobacco smoking: an emerging health crisis in the United States. *Am J Health Behav* 34 (3): 275–285.
- DKFZ – Deutsches Krebsforschungszentrum (Hrsg) (2015): Tabakatlas Deutschland 2015. Pabst Science Publishers, Lengerich.
- Herth FJF, Kappes J, Ehmann M et al. (2009): Wasserpfeife – Wie häufig wird sie von Jugendlichen benutzt? *Pneumologie* 63 (S 01): V47.
- Jukema JB, Bagnasco DE, Jukema RA (2014): Waterpipe smoking: not necessarily less hazardous than cigarette smoking: Possible consequences for (cardiovascular) disease. *Neth Heart J* 22 (3): 91–99.
- Knishkowsky B, Amitai Y (2005): Water-pipe (narghile) smoking: an emerging health risk behavior. *Pediatrics* 116 (1): e113–119.
- Kuntz B, Lampert T, KiGGS Study Group (2015): Wasserpfeifenkonsum (Shisha-Rauchen) bei Jugendlichen in Deutschland. Ergebnisse der KiGGS-Studie – Erste Folgebefragung (KiGGS Welle 1). Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 58 (4/5): 467–473.
- Kurth BM, Kamtsiuris P, Hölling H et al. (2008): The challenge of comprehensively mapping children's health in a nation-wide health survey: design of the German KiGGS-Study. *BMC Public Health* 8: 196.
- Lampert T, Müters S, Stolzenberg H et al. (2014): Messung des sozioökonomischen Status in der KiGGS-Studie. Erste Folgebefragung (KiGGS Welle 1). Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 57 (7): 762–770.
- Lange M, Butschalowsky HG, Jentsch F et al. (2014): Die erste KiGGS-Folgebefragung (KiGGS Welle 1). Studiendurchführung, Stichprobendesign und Response. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 57 (7): 747–761.
- Martinasek MP, McDermott RJ, Martini L (2011): Waterpipe (hookah) tobacco smoking among youth. *Curr Probl Pediatr Adolesc Health Care* 41 (2): 34–57.
- Maziak W (2014): The waterpipe: A new way of hooking youth on tobacco. *Am J Addict* 23 (2): 103–107.
- Maziak W, Ward KD, Afifi Soweid RA et al. (2004): Tobacco smoking using a waterpipe: a re-emerging strain in a global epidemic. *Tob Control* 13 (4): 327–333.
- Monzer B, Sepetdjian E, Saliba N et al. (2008): Charcoal emissions as a source of CO and carcinogenic PAH in mainstream narghile waterpipe smoke. *Food Chem Toxicol* 46 (9): 2991–2995.
- Neergaard J, Singh P, Job J et al. (2007): Waterpipe smoking and nicotine exposure: a review of the current evidence. *Nicotine Tob Res* 9 (10): 987–994.
- Primack BA, Carroll MV, Weiss PM et al. (2016): Systematic review and meta-analysis of inhaled toxicants from waterpipe and cigarette smoking. *Public Health Rep* 131: 76–85.
- Rastam S, Ward KD, Eissenberg T et al. (2004): Estimating the beginning of the waterpipe epidemic in Syria. *BMC Public Health* 4: 32.
- Schenk L, Ellert U, Neuhauser H (2007): Kinder und Jugendliche mit Migrationshintergrund in Deutschland. Methodische Aspekte im Kinder- und Jugendgesundheitsurvey (KiGGS). Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 50 (5-6): 590–599.
- Schubert J, Müller FD, Schmidt R et al. (2015): Waterpipe smoke: source of toxic and carcinogenic VOCs, phenols and heavy metals? *Arch Toxicol* 89 (11): 2129–2139.
- Schwarzer M, Thomas J, Nedela-Morales M et al. (2015): Zur Selbsteinschätzung des Wasserpfeifenkonsums von Jugendlichen. *Psychiatr Prax* 42 (1): 47–49.
- Shihadeh A, Schubert J, Kliai J et al. (2015): Toxicant content, physical properties and biological activity of waterpipe tobacco smoke and its tobacco-free alternatives. *Tob Control* 24 (Suppl 1): i22–i30.
- Soule EK, Lipato T, Eissenberg T (2015): Waterpipe tobacco-smoking: a new smoking epidemic among the young? *Curr Pulmonol Rep* 4 (4): 163–172.

Statistisches Bundesamt (Hrsg) (2016): Fachserie 14: Finanzen und Steuern, Reihe 9.1.1: Absatz von Tabakwaren 2015. Wiesbaden.

von Rappard J, Schönenberger M, Bärlocher L (2014): Akzidentelle Kohlenmonoxidintoxikationen nach Wasserpfeifenkonsum. Dtsch Arztebl Int 111 (40): 674–679.

WHO Study Group on Tobacco Product Regulation (TobReg) (2015): Advisory note. Waterpipe tobacco smoking: health effects, research needs and recommended actions for regulators. 2nd edition. WHO, Geneva.

Zhou S, Behrooz L, Weitzman M et al. (2016): Second-hand hookah smoke: an occupational hazard for hookah bar employees. Tob Control. DOI: 10.1136/tobaccocontrol-2015-052505.

Zyoud SH, Al-Jabi SW, Sweileh WM (2014): Bibliometric analysis of scientific publications on waterpipe (narghile, shisha, hookah) tobacco smoking during the period 2003-2012. Tobacco Induced Diseases 12 (1): 7.

Kontakt

Dr. Benjamin Kuntz
Robert Koch-Institut
Abteilung für Epidemiologie und
Gesundheitsmonitoring
General-Pape-Straße 62-66
12101 Berlin
E-Mail: : b.kuntz[at]rki.de

[RKI]

Inhaltsstoffe und Emissionen von E-Zigaretten

Ingredients and emissions of e-cigarettes

Christoph Hutzler, Frank Henkler, Andreas Luch

Abstract

E-cigarettes can be used to inhale vaporized liquids that typically contain nicotine as well as flavors and other additives. These devices depend on an integrated electrical heating element that is powered by batteries. The composition of liquids is highly variable. Ingredients and additives can also comprise components that are hazardous for human health. During vaporization, a range of toxicological relevant substances can be formed, especially carbonylic compounds including formaldehyde. In contrast to conventional cigarettes, no combustion products are being emitted. Accordingly, and dependent on the different viewpoints, e-cigarettes can either be regarded as gateway products straightly pushing toward tobacco dependency or as an useful and less hazardous substitute for conventional cigarettes. Potential health effects for long-term users, as well as potential risks for bystanders have not yet been studied in detail.

Zusammenfassung

E-Zigaretten können zum Rauchen (Dampfen) von nikotinhaltenen und nikotinfreien Liquids eingesetzt werden. Die Verdampfung erfolgt batteriebetrieben über ein Heizelement. Damit werden die Haupt- und Aromakomponenten der Liquids vernebelt und anschließend vom Raucher inhaliert. Die Zusammensetzung der verwendeten Aromen ist unüberschaubar groß, wobei auch gesundheitlich bedenkliche Substanzen enthalten sein können. Beim Verdampfen können zusätzlich weitere Substanzen von toxiologischer Relevanz (z. B. Carbonylverbindungen) entstehen, jedoch ist im Gegensatz zum Tabakrauch die Abwesenheit von charakteristischen Verbrennungsprodukten des Tabaks zu verzeichnen. Je nach Blickwinkel werden E-Zigaretten deshalb als möglicher Einstieg in eine Nikotinsucht oder als weniger bedenkliche Alternative für Tabakraucher angesehen. Die langfristig mit dem Dampfen verbundenen Risiken, sowie die mögliche Gefährdung von Passivdampfern durch die Inhalation der Aerosole, lassen sich aufgrund fehlender Daten noch nicht abschließend bewerten.

Einleitung: Funktionsweise einer E-Zigarette

Das Design von E-Zigaretten der ersten Generation ahmte ursprünglich meist das Aussehen von herkömmlichen Tabakzigaretten nach. Dies ist insbesondere erkennbar an den nachgebildeten Kuppen, die beim Ziehen rot aufleuchten. Die Werbung erfolgt häufig als Lifestyle-Produkt. Die elektronische Zigarette besteht in der Regel aus einem Mundstück aus Kunststoff, dem Verdampfer mit einem batteriebetriebenen Heizelement, einer Kartusche mit der zu verdampfenden Flüssigkeit (sogenanntes „Liquid“) und einer Batterie. Der Nutzer kann die mit Liquid gefüllten Kartuschen erwerben oder diese selbst mit unterschiedlichen Liquids befüllen. Beim Saugen an der E-Zigarette wird ein Unterdruckschalter betätigt. Zur Ausstattung der E-Zigarette gehört auch immer ein Ladegerät, um den Akku aufzuladen. Statt der Verbrennung von Tabak

wird das Liquid batteriebetrieben erhitzt und vernebelt. Dadurch wird inhalierbarer Dampf produziert, der ähnlich dem Rauch einer herkömmlichen Zigarette anmutet. Aktuelle E-Zigaretten haben vom Design her mittlerweile die „klassische“ Zigarettenform verlassen. Im Gegensatz zu den Geräten der ersten Generation bieten sie oft die Möglichkeit, die Spannung, die beim Verdampfen der Liquids angelegt wird, individuell einzustellen (**Abbildung 1**). In den USA kam kürzlich ein Smartphone auf den Markt, welches zusätzlich über die Funktionalität einer E-Zigarette verfügt (**Abbildung 2**).

Abbildung 1: Das Design von E-Zigaretten der ersten Generation orientierte sich weitgehend an konventionellen Tabakzigaretten, während neuere Geräte in einer großen Formenvielfalt angeboten werden.

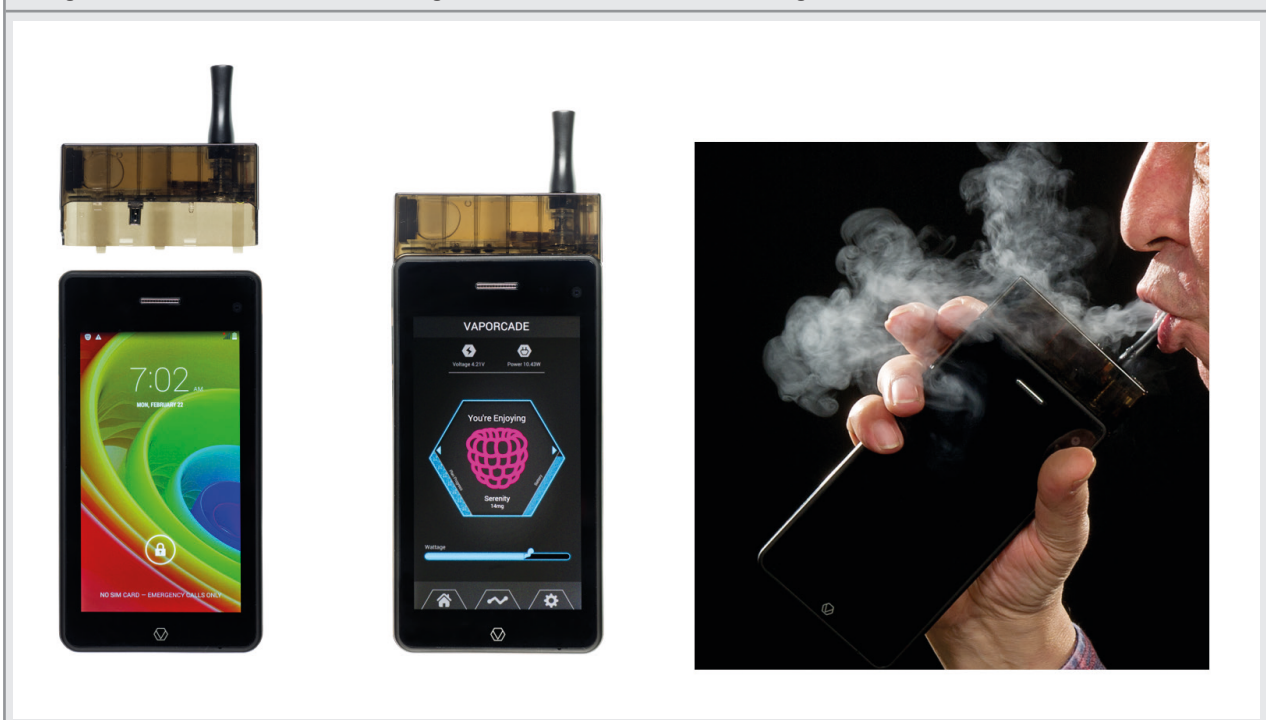


Zusammensetzung der Liquids

Im Gegensatz zur Tabakzigarette sind E-Zigaretten keine standardisierten Produkte. Eine zusammenfassende Auflistung der verwendeten Inhaltsstoffe wäre daher sehr schwierig. E-Zigaretten enthalten in der Regel Nikotin, Vernebelungsmittel und Aromastoffe. Gleichzeitig werden auch nikotinfreie Produkte angeboten, die von einigen Anbietern als E-Shishas bezeichnet werden. Aufgrund der hohen Produktvielfalt lässt sich auch keine allgemeingültige Aussage über die Höhe des Nikotingehalts in den Liquids treffen.

Die Liquids von E-Zigaretten können produktbezogen neben Nikotin eine ganze Reihe Substanzen enthalten, deren Inhalation gesundheitlich bedenklich sein kann. Dazu zählen der Aromastoff Diacetyl (2,3-Butandion), dessen inhalationstoxikologische Risiken noch nicht abschließend geklärt werden konnten, sowie weitere strukturverwandte Diketone. Liquids enthalten insgesamt sehr vielfältige Duft- und Aromastoffe, wie beispielsweise Vanille, Menthol, Apfelsäure, Ethylacetat und Linalool (Hutzler 2014). Häufig werden auch Aromen wie Tabanon eingesetzt, die den Geschmack herkömmlicher Tabakerzeugnisse imitieren. Im Gegensatz zum Tabakrauch treten beim Dampfen zwar keine gesundheitsschädlichen Verbrennungsprodukte auf, trotzdem können bei hoher Batterieleistung oder Überhitzungen krebserzeugende Carbonylverbindungen, wie beispielsweise Formaldehyd, aus den Vernebelungsmitteln gebildet werden. Gesundheitliche Risiken können zusätzlich durch Verunreinigungen und Kontaminanten, wie beispielsweise Nickel und andere Metalle (Williams 2013), entstehen. Der Massenanteil der Vernebelungsmittel beträgt in den Liquids über 95 Prozent, die Exposition der Dampfer ist daher vergleichsweise hoch. Meisten werden Propylenglycol (1,2-Propandiol) und Glycerin eingesetzt, die bei kurzzeitiger Anwendung als unbedenklich gelten. In der Vergangenheit setzten einige Anbieter auch Ethylenglycol

Abbildung 2: Mit der Kombination von E-Zigaretten und Mobiltelefon deutet sich in den USA ein neuer Trend zu Multifunktionsgeräten an. Die Attraktivität von E-Zigaretten könnte sich dadurch für Jugendliche deutlich erhöhen.



als Vernebelungsmittel ein. Dieser Stoff kann starke Reizungen der Atemwege verursachen und ist mit vergleichsweise hohen toxikologischen Risiken verbunden (Hutzler 2014).

Liquids können ebenfalls pharmakologische Wirkstoffe beigefügt sein. In einigen der in den USA vermarkteten Produkte wurden sogar pharmakologische Wirkstoffe wie Tadalafil (Potenzmittel) und Rimonabant (Appetitzügler) eingesetzt (Hadwiger 2010). In den Untersuchungen der amerikanischen Food and Drug Administration (FDA) wurde jedoch statt Tadalafil das Derivat Amino-Tadalafil in den Proben nachgewiesen. Kartuschen, für die Rimonabant als Inhaltsstoff angegeben war, enthielten zusätzlich dessen Oxidationsprodukte (Hadwiger 2010). Diese Produkte wurden von der FDA beanstandet und nach Kenntnisstand des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR) vom Markt genommen. Prinzipiell wären E-Zigaretten zur Applikation von Wirkstoffen geeignet, und die therapeutischen Möglichkeiten dieser neuen Technologie wurden bisher nur ansatzweise erforscht. Aktuell bestehen Bedenken, dass E-Zigaretten auch für den Konsum von Cannabis oder anderer illegaler Substanzen verwendet werden könnten (Henkler 2015).

Ältere Untersuchungen ergaben häufig Abweichungen zwischen der Deklaration und den Inhaltsstoffen der Kartuschen. Als nikotinfrei deklarierte Proben enthielten Nikotin (Hadwiger 2010; Trehy 2011) oder wiesen erhebliche Abweichungen zu den angegebenen Gehalten auf (Trehy 2011). In einigen Liquids wurden Spuren tabakspezifischer Verunreinigungen (Trehy 2011) und tabakspezifischer Nitrosamine (TSNA) nachgewiesen (Westenberger 2009), die jedoch im Bereich von therapeutischen Nikotinersatzprodukten lagen. Das Problem einer fehlerhaften Deklaration wurde für Einzelproben auch in einer aktuellen Studie bestätigt (Goniewicz 2015). Aus Sicht der Risikobewertung wäre es sinnvoll, Kartuschen, die giftige Inhaltsstoffe, insbesondere Nikotin, enthalten, entsprechend zu kennzeichnen. Die europäische Tabakprodukttrichtlinie schreibt für nikotinhaltige E-Zigaretten zwar umfangreiche Meldepflichten und die Angabe der verwendeten Inhaltsstoffe auf dem Beipackzettel vor. Eine Kennzeichnung der Produkte, die außerhalb der Verpackung erkennbar bleibt, ist jedoch nicht vorgesehen. Nikotinfreie E-Zigaretten werden von der Europäischen Regulierung ebenfalls nicht erfasst.

Zusammensetzung des Dampfes von E-Zigaretten

Erste Originalarbeiten zur Zusammensetzung des Dampfes von E-Zigaretten liegen vor. Der wichtigste Risikofaktor ist das Nikotin. Zusätzlich können auch von den weiteren Inhaltsstoffen der Liquids, wie den Vernebelungsmitteln (Propylenglycol, Glycerin), Chemikalienzusätzen, beigefügten pharmakologischen Wirkstoffen, verschiedenen Duft- und Aromastoffen (z. B. Menthol, Linalool) und Verunreinigungen, gesundheitliche Risiken ausgehen. So kann beispielsweise Propylenglycol zu Reizungen der oberen Atemwege führen und die Lungenfunktion beeinträchtigen. Über die Langzeitfolgen einer chronischen Exposition gegenüber Propylenglycol ist wenig bekannt. Zudem gibt es Hinweise aus der Fachliteratur, dass einige Fabrikate von E-Zigaretten krebserzeugende Aldehyde freisetzen (Uchiyama 2010; Hutzler 2014). Im Dampf eines bestimmten Modells wurden acht verschiedene Carbonylverbindungen nachgewiesen. Die höchsten Konzentrationen wiesen Formaldehyd (8,3 mg/m³), Acetaldehyd (11 mg/m³) und Acrolein (9,3 mg/m³) auf (Uchiyama 2010; Etter 2011). Grundsätzlich setzen E-Zigaretten jedoch deutlich weniger unerwünschte Stoffe als konventionelle Tabakzigaretten frei. Die Gehalte im Dampf liegen für einzelne Stoffe etwa 9- bis 400-fach niedriger als im Tabakrauch (Goniewicz 2014). In Abhängigkeit vom Rauchverhalten und den Betriebsbedingungen können vergleichsweise hohe Belastungen durch Carbonylverbindungen entstehen (Hutzler 2014; Kosmider 2014). Im Gegensatz zur Tabakzigarette könnten diese Gesundheitsrisiken durch geeignete Sicherheitsmerkmale (Füllstandanzeige, Temperaturregler) weitgehend minimiert werden.

Eine wichtige Frage betrifft die Nikotingehalte in den Aerosolen und die Konzentrationen im Blutplasma, die durch das Dampfen erreicht werden können. Während mit den Geräten der ersten Generation nur eine eingeschränkte Nikotinaufnahme möglich war (Hajek 2015), konnten in den modernen Modellen deutliche Verbesserungen erreicht werden. Ein Grund besteht in den neuartigen Verdampfern, die durch eine erhöhte Energiezufuhr mehr Aerosol pro Zug bilden (Farsalinos 2014). Es ist noch unklar, ob damit eine verstärkte Entstehung von Pyrolyseprodukten verbunden sein kann. Der für Tabakzigaretten typische schnelle Anstieg der Nikotingehalte im Blutplasma kann allerdings auch durch die modernen E-Zigaretten derzeit noch nicht

imitiert werden. Es wäre allerdings denkbar, dass sich die Gebrauchseigenschaften von E-Zigaretten in den nächsten Jahren weiter an die Tabakzigarette annähern und daher auch ein vergleichbar hohes Suchtpotential erreicht werden kann.

Sind E-Zigaretten gesundheitsschädlich?

Das BfR gab erstmalig im Jahre 2008 eine gesundheitliche Einschätzung zu elektronischen Zigaretten ab und verfolgt seitdem die Entwicklung auf dem Markt. Trotz der bestehenden Risiken könnten etablierte Raucher von E-Zigaretten profitieren, wenn dadurch ein Verzicht oder eine starke Einschränkung des Tabakkonsums erreicht werden kann. Im Vergleich zur Tabakzigarette ist der bestimmungsgemäße Gebrauch von E-Zigaretten mit deutlich geringeren gesundheitlichen Risiken verbunden, da keine Verbrennungsprodukte auftreten und die Schadstoffgehalte in den Emissionen dadurch wesentlich geringer sind. Ob E-Zigaretten eine Tabakentwöhnung insgesamt unterstützen können ist aber noch nicht ausreichend untersucht. Da es sich nicht um Medizinprodukte handelt, kommt der Frage nach einem möglichen therapeutischen Nutzen allerdings nur eine sehr nachrangige Bedeutung zu. Auf der anderen Seite würden sich Jugendliche und Nichtraucher durch das Dampfen von E-Zigaretten jedoch unnötigen und vermeidbaren gesundheitlichen Risiken aussetzen. Gleichzeitig wird ein möglicher Gateway-Effekt des Dampfens diskutiert, der von der E-Zigarette zum Tabakrauchen führen könnte (Nowak 2013). Gerade bei Jugendlichen liegt der Anteil der E-Dampfer, die parallel auch noch konventionelle Zigaretten konsumieren („dual user“), vergleichsweise hoch (Lee 2013).

Eine weitere Gefahr besteht darin, dass Hersteller durch technische Modifikationen oder apparative Erweiterungen E-Zigaretten gezielt nach den Bedürfnissen von Jugendlichen und jungen Erwachsenen gestalten und Multifunktionsgeräte entwickeln. Die Kombination von Mobiltelefon und E-Zigarette (**Abbildung 2**) deutet diesen neuen Trend bereits an, dessen Nachhaltigkeit jedoch noch nicht absehbar ist. Bisher wird das „Nikotinhandy“ nur in den USA vermarktet. Die Einstufung und Rechtslage in Deutschland wäre nicht geklärt.

Nach Ansicht des BfR ist durch den Gebrauch von E-Zigaretten, die Nikotin enthalten, die Entste-

hung einer Nikotinsucht möglich. Besonders kritisch sieht das BfR daher, dass bei Jugendlichen und Nichtrauchern eine niedrigere Hemmschwelle gegenüber diesen Produkten besteht und sich E-Zigaretten möglicherweise zu Einstiegsprodukten in die Nikotinsucht entwickeln. Obwohl wichtige karzinogene Stoffe des Tabakrauchs in den Aerosolen von E-Zigaretten nicht nachweisbar sind, sind derzeit die gesundheitlichen Risiken einer langjährigen Nutzung nikotinhaltiger Produkte, beispielsweise in Hinblick auf Herz-Kreislauferkrankungen noch nicht bekannt (Pisinger, Dossing 2014). Die gesundheitlichen Bedenken bleiben allerdings nicht nur auf nikotinhaltige E-Zigaretten beschränkt. Die Inhalation der verdampften Liquids kann die Gesundheit der Verbraucher auch durch die Vernebelungsmittel Propylenglycol oder Glycerin sowie durch Zusatzstoffe und Verunreinigungen schädigen. Darüber hinaus gibt es Berichte darüber, dass Nickelallergien durch den Gebrauch (d. h. durch das Halten) von E-Zigaretten ausgelöst werden können (Maridet 2015). Eine generelle Bewertung von E-Zigaretten bleibt unterdessen schwierig, da wegen der großen Produktvielfalt nicht bekannt ist, welche Stoffe im Einzelfall in den Liquids oder den Geräten enthalten sind. Nachfüllbehälter können nach den Regelungen der Tabakprodukttrichtlinie bis zu 200 mg Nikotin enthalten. Daher besteht ebenfalls die Gefahr von missbräuchlichen oder akzidentellen Nikotinvergiftungen durch die Handhabung solcher Liquids. Dem BfR wurden zwei Fälle von akuten Nikotinvergiftungen nach exzessivem Rauchen von E-Zigaretten gemeldet. Zusätzlich stellen aus Sicht des BfR vor allem die Liquids und Nachfülllösungen mit konzentriertem Nikotin eine veritable Gesundheitsgefährdung für Kinder dar. Dem BfR liegen Meldungen über Vergiftungsfälle von Kindern und Erwachsenen nach Kontakt mit E-Zigaretten-Liquids vor. Spezifische Gegenmittel zur Behandlung von Nikotinvergiftungen gibt es nicht.

Ist Passivrauchen bei E-Zigaretten ein Problem?

E-Raucher geben Emissionen in Form von sichtbarem Dampf in die Raumluft ab. Gesundheitliche Risiken für Dritte können nach jetzigem Kenntnisstand keinesfalls ausgeschlossen werden. E-Raucher können auch eigene Liquids mischen und dabei auf Konzentrate, vielfältige Zusätze und Substanzen zurückgreifen. Weder der E-Raucher noch der Passivraucher können im konkreten Fall

einschätzen, ob von den freigesetzten Emissionen produktbezogene gesundheitliche Risiken ausgehen. Jedoch sind wegen der vergleichsweise geringeren Schadstoffgehalte in den Emissionen für Passivdampfer generell geringere Gesundheitsrisiken als beim Passivrauchen zu erwarten. Nach jetzigem Kenntnisstand ist es unwahrscheinlich, dass für Passivdampfer ein erhöhtes Lungenkrebsrisiko besteht (Nowak, 2014). Allerdings sind die möglichen gesundheitlichen Risiken von Aerosolen und Partikeln nicht geklärt, die auch von Unbeteiligten eingeatmet werden. Langzeitstudien liegen dazu jedenfalls noch nicht vor. Nach Einschätzung des BfR sollte für Unbeteiligte grundsätzlich die Möglichkeit bestehen, das Einatmen von Aerosolen zu vermeiden. Daher würde ein Dampfverbot in Bahnhöfen, Flughäfen und Verkehrsmitteln sowie in bestimmten öffentlichen Einrichtungen, insbesondere in Schulen, Behörden und Geschäften, durch das BfR befürwortet.

Literatur

Etter JF, Bullen C, Flouris AD et al. (2011): Electronic nicotine delivery systems: a research agenda. *Tob Control* 20: 243–248.

Farsalinos KE, Spyrou A, Tsimopoulou K et al. (2014): Nicotine absorption from electronic cigarette use: comparison between first and new-generation devices. *Sci Rep.* 4: 4133.

Goniewicz ML, Knysak J, Gawron M et al. (2013): Levels of selected carcinogens and toxicants in vapour from electronic cigarettes. *Tob Control* 23: 133–139.

Goniewicz ML, Gupta R, Lee YH et al. (2015): Nicotine levels in electronic cigarette refill solutions: a comparative analysis of products from the U.S., Korea, and Poland. *Int J Drug Policy* 26: 583–588.

Hajek P, Goniewicz ML, Phillips A et al. (2015): Nicotine intake from electronic cigarettes on initial use and after 4 weeks of regular use. *Nicotine Tob Res.* 17: 175–179.

Hadwiger ME, Trehy ML, Ye W et al. (2010): Identification of amino-tadalafil and rimonabant in electronic cigarette products using high pressure liquid chromatography with diode array and tandem mass spectrometric detection. *J Chromatogr A* 1217: 7547–7555.

Henkler F, Luch A (2015): Safety regulations: more extensive tests for e-cigarettes. *Nature* 525: 187.

Kosmider L, Sobczak A, Fik M et al. (2014): Carbonyl compounds in electronic cigarette vapors: effects of nicotine solvent and battery output voltage. *Nicotine Tob Res* 16: 1319–1326.

Lee S, Grana RA, Glantz SA (2013): Electronic cigarette use among Korean adolescents: a cross-sectional study of market penetration, dual use, and relationship to quit attempts and former smoking. *J Adolesc Health.* 54: 684–690.

Maridet C, Atge B, Amici JM et al. (2015): The electronic cigarette: the new source of nickel contact allergy of the 21st century? *Contact Dermatitis* 73: 49–50.

Nowak D, Jörres RA, Rütger T (2014): E-cigarettes – prevention, pulmonary health, and addiction. *Dtsch Arztebl Int.* 111: 349–355.

Trehy ML, Ye W, Hadwiger ME et al. (2011): Analysis of electronic cigarette cartridges, refill solutions, and smoke for nicotine and nicotine related impurities. *J Liq Chromatogr Rel Technol* 34: 1442–1458.

Uchiyama S, Inaba Y, Kunugita N (2010): Determination of acrolein and other carbonyls in cigarette smoke using coupled silica cartridges impregnated with hydroquinone and 2,4-dinitrophenylhydrazine. *J Chromatogr A* 1217: 4383–4388.

Westenberger B (2009): Evaluation of e-cigarettes. DPA-TR-FY-09-23 2009 May 4: 1–8. Available from: URL: <http://www.fda.gov/downloads/Drugs/ScienceResearch/UCM173250.pdf> (Zugriff am: 26.02.2016).

Williams M, Villarreal A, Bozhilov K et al. (2013): Metal and silicate particles including nanoparticles are present in electronic cigarette cartomizer fluid and aerosol. *PLoS One* 8: e57987.

Kontakt

Andreas Luch
Bundesinstitut für Risikobewertung
Abteilung für Chemikalien- und Produktsicherheit
Max-Dohrn-Straße 8–10
10589 Berlin
E-Mail: [Andreas.Luch\[at\]bfr.bund.de](mailto:Andreas.Luch[at]bfr.bund.de)

[BfR]

Holi-Farben – Spaß mit unbekannten Risiken

Holi-Colours – fun without risk?

Katrin Bossmann, Wolfgang Straff, Sabine Bach, Katrin Süring, Kerstin Becker

Abstract

Holi-Colours are used at Holi-Festivals and Colour-Runs. At these festivities participants throw colourful powders at each other. Holi-Colours are also commercially available elsewhere. The powders contain considerable to very high amounts of particulate matter (PM₁₀). The highest amount analysed by the German Environment Agency was 97 per cent. Despite the widespread use of Holi colours in recent years across Europe and especially in Germany, not much is known about the risk profile of the high exposures that usually occur at Holi-Festivals. Laboratory investigations showed inflammatory reactions *in vitro* that might account for some of the reported health effects following the exposure to Holi-Particulate Matter. This article reports on various aspects of Holi-Dust exposures that could be useful for the risk evaluation of Holi-Festivals and Colour-Runs as well as the general consumer advisory services.

Zusammenfassung

Holi-Farben finden Verwendung auf sogenannten Holi-Festivals und Colour-Runs, bei denen sich die Teilnehmenden mit verschiedenfarbigen feinstaubhaltigen Farbpulvern bewerfen. Auch außerhalb solcher Veranstaltungen sind die Farbpulver kommerziell erhältlich. Die Pulver bestehen zu unterschiedlichen Anteilen aus Feinstaub. Bei Messungen des Umweltbundesamtes (UBA) wurden Feinstaubanteile (PM₁₀) von bis zu 97 Prozent ermittelt. Hinsichtlich des gesundheitlichen Risikos, welches mit der Exposition gegenüber hohen Holi-Feinstaubkonzentrationen verbunden ist, gibt es noch viele Unklarheiten. In eigenen Untersuchungen stellte das UBA fest, dass solche Farbpulver bestimmte Entzündungsreaktionen *in vitro* auslösen können, die bei den tatsächlich beobachteten gesundheitlichen Reaktionen gegenüber Holi-Pulver eine Rolle spielen könnten. Der Artikel beleuchtet darüber hinaus verschiedene Aspekte von Holi-Feinstaubexpositionen, die für eine Risikobewertung von Holi-Festivals und Colour-Runs sowie für die allgemeine Verbraucherberatung von Relevanz sein könnten.

Vom traditionellen hinduistischen Fest zum europäischen Festivalspaß

Holi, das sogenannte „Fest der Farben“, ist ursprünglich ein traditionelles indisches Frühlingsfest, das der hinduistischen Kultur entstammt. Die Menschen feiern den Sieg des Frühlings über den Winter, beziehungsweise den Triumph des Guten über das Böse und bewerfen sich aus diesem Anlass mit gefärbtem Pulver. Hierdurch sollen traditionell gesellschaftliche Unterschiede in Kaste, Geschlecht, Alter und sozialem Status für die Dauer des Festes aufgehoben werden.

Seit 2012 finden Holi-Feste in veränderter, kommerzialisierter Form auch in Europa statt. Diese hier unter anderem „Holi Festival of Colours“ oder „Holi Gaudy“ genannten Open-Air-Veranstaltungen werben mit einer friedlichen, fröhlichen Party mit besonderer Atmosphäre, passenden DJ's und tanzenden Menschen und vor allem mit der Aus-

sicht auf ein unvergessliches Farbspektakel. Die Besucherinnen und Besucher dieser Veranstaltungen, zumeist Jugendliche und junge Erwachsene, werfen stündlich nach einem Countdown Farbpulver in die Luft, das sich beim Herabsinken auf die Teilnehmenden und das Gelände verteilt. Auch zwischen den Countdowns wird das Pulver verwendet, um sich gegenseitig zu bewerfen oder Haut, Haare und Kleidung zu färben (**Abbildung 1**). Ähnlich farbenfroh geht es bei den sogenannten „Colour-Runs“ zu. Hierbei werden die Läuferinnen und Läufer nach bestimmten Teilstrecken und am Ziel mit dem bunten Pulver besprüht oder beworfen.

Laut Schätzung des Umweltbundesamtes (UBA) haben im Sommer 2015 mehrere hunderttausend Besucherinnen und Besucher an Holi-Veranstaltungen teilgenommen. Diese Annahme beruht auf

Abbildung 1: Besucherinnen eines Holi-Festivals bewerfen sich mit Farbpulver. © nickolya / fotolia.com.



einer Internetrecherche, bei der insgesamt 139 Veranstaltungen ermittelt wurden. Aufgrund von Zeitungsberichten zu einigen Holi-Festivals wurden je nach Größe der Stadt, in der die Veranstaltung stattgefunden hat, die in **Tabelle 1** angegebenen Teilnehmerzahlen angenommen. Legt man diese Daten zugrunde, resultiert eine Zahl von circa 650.000 Teilnehmenden.

Da Besucherinnen und Besucher zusammen mit ihrer Eintrittskarte meist auch eine gewisse Menge an Pulver ausgehändigt bekommen, kann man davon ausgehen, dass zumindest in den größeren Städten pro Veranstaltung mehrere Tonnen Farbpulver in die Luft geworfen werden. Die gesundheitliche Relevanz dieses Holi-Farben oder Gulal genannten Pulvers ist bislang nur ansatzweise untersucht.

Deklaration und rechtliche Einstufung

Um sich einen Überblick über die Gegebenheiten eines Holi-Festivals zu verschaffen, hat das UBA im Sommer 2015 an einer solchen Veranstaltung

teilgenommen (Straff et al. 2015). Außerdem wurden für nähere Untersuchungen unterschiedliche Holi-Farben verschiedener Vertreiber über das Internet bestellt. Dabei wurde deutlich, dass viele Holi-Farben nur sehr dürftig deklariert sind. Auf den Farbbeuteln, die auf dem besuchten Festival zur Anwendung kamen, stand lediglich „nicht zum Verzehr geeignet - ungiftig“. Als Inhaltsstoffe waren „Farbstoffe und Mineralstoffe“ angegeben. Ähnlich verhielt es sich auch bei den anderen vom UBA erworbenen Pulvern.

Viele Hersteller weisen explizit darauf hin, dass es sich bei ihren Farben um ein Produkt „made in Germany“ handelt und werben mit Schlagworten wie „zertifiziert“, „kontrollierte Herstellung“, „antiallergen“, „mild on skin“ und „environmental friendly“. Angaben dieser Art stärken bei Kundinnen und Kunden sicherlich das Vertrauen in die Sicherheit des Produkts und vermitteln den Eindruck, dass gesundheitsschädigende Wirkungen, wie sie bei indischen Farben beobachtet wurden (Chauhan et al. 2007), bei „made in Germany“-Produkten ausgeschlossen werden können. Ohne eine genaue Auflistung aller Inhaltsstoffe, die zumeist weder auf der Verpackung

Tabelle 1: Schätzung der Teilnehmerzahl auf Holi-Veranstaltungen in Deutschland im Jahr 2015.

Zahl der Städte	Einwohnerzahl	Geschätzte Holi-Gäste pro Veranstaltung	Summe
37	500.000	10.000	370.000
36	> 100.000	5.000	180.000
45	< 100.000	2.000	90.000
21	< 20.000	1.000	21.000
Summe Städte: 139			Geschätzte Teilnehmerzahl: 661.000

noch online erhältlich ist, sind solche Hinweise für eine kritische Betrachtung jedoch nicht geeignet und lassen keine ausreichende Bewertung der gesundheitlichen Relevanz der Farbpulver zu.

Mehrere deutsche Anbieter geben an, dass für ihre Produkte entsprechende Zertifikate vorliegen und teilweise auf Anfrage auch zugesendet werden können. Insbesondere wird eine Einstufung als kosmetisches Mittel als besonderes Qualitätsmerkmal hervorgehoben. Es ist durchaus möglich, dass Holi-Pulver Vorgaben der Kosmetikverordnung erfüllen. Einige Farben enthalten hingegen den Hinweis „don't use at festivals or on skin, not classified as cosmetic product“. Fakt ist jedoch, dass bislang eine einheitliche rechtliche Einstufung von Farbpulver nicht existiert.

Die Besonderheit von Holi-Veranstaltungen ist das Erzeugen einer bunten Wolke aus Farbpulver, die langsam zu Boden sinkt. Dies wirft die Frage nach dem Feinstaubanteil von Holi-Produkten auf. Von den Herstellern erhält man hierzu unterschiedliche Informationen. Einige Anbieter werben mit Angaben wie „Feinstaubreduziert“ oder „Feinstaubarm“, während ein anderer Hersteller darauf hinweist, dass Holi-Farben „schließlich feiner Staub seien“ und rät zu entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen. Ein weiterer Hersteller begründet die Unbedenklichkeit seines Pulvers hinsichtlich der Explosionsfähigkeit mit grobkörnigen Partikeln. Auf den meisten Internetseiten zu Holi-Farben findet man jedoch gar keine Angaben zur Partikelgröße der Pulver. Es wird aber häufig das Tragen von Mund- und Augenschutz empfohlen, von übermäßigem Augen-, Mund- und Schleimhautkontakt abgeraten und darauf hingewiesen, dass das entsprechende Produkt nicht für Menschen geeignet sei, die an Asthma leiden.

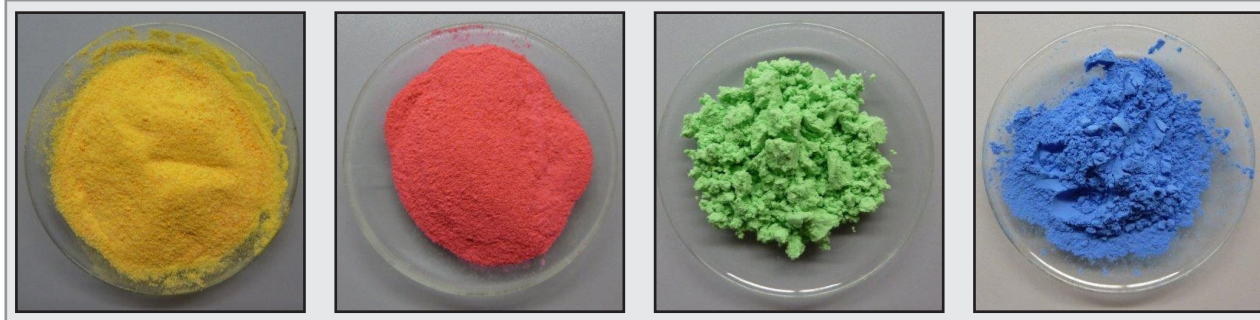
Feinstaub als wesentlicher Bestandteil von Holi-Farben

Messungen, die das UBA an über das Internet erhältlichen Farbpulvern zur Bestimmung der Größenverteilung der Pulverpartikel durchgeführt hat, ergaben einen PM_{10} -Anteil von bis zu 80 Prozent. Bei diesen Farbpulvern handelte es sich jeweils um stärkebasierte Mehlstäube unterschiedlicher Zusammensetzung. Die Größe der Pulverpartikel ist für eine gesundheitliche Bewertung relevant, denn für PM_{10} ist das Schädigungspotential für die Gesundheit sehr gut untersucht, wenn auch über die Wirkungen einer akuten (über wenige Stunden anhaltenden) Feinstaubexposition nur wenig bekannt ist.

Auf den Festivals werden unterschiedliche Farbpulver auf Stärke- oder mineralischer Basis verwendet (**Abbildung 2**). Es ist anzunehmen, dass es aufgrund der Größenverteilung der Pulverpartikel zu einer starken Belastung der Umgebungsluft mit Feinstaub (PM_{10}) kommt, die möglicherweise gesundheitliche Relevanz hat. Angaben über die tatsächlichen Luftkonzentrationen fehlten allerdings bisher in der Literatur, und auch über eventuell auftretende gesundheitliche Effekte bei den Teilnehmerinnen und Teilnehmern lagen kaum Informationen vor.

Daher führte das UBA 2015 auf einem Festivalgelände orientierende Messungen durch (Straff et al. 2015). Hierbei konnte gezeigt werden, dass die Partikelkonzentration je nach Aufenthaltsort der Messperson auf dem Festivalgelände sehr stark variierte. Sie lag im Mittel bei $296 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mit mehreren Spitzenkonzentrationen bis maximal $2.960 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tatsächliche Expositionen können wesentlich höher liegen, denn aus verschiedenen Gründen konnte weder am Ort der höchsten Exposition (der Tanzfläche), noch zu Beginn des Festivals, als die größten Anteile der Farbpulver geworfen wurden, gemessen werden. Durch den Erhalt von sechs Farbbeuteln, die auf diesem Festival im Eintrittspreis inbegriffen waren,

Abbildung 2: Holi-Farben (mit verschiedenen Trägermaterialien), wie sie typischerweise auf Holi-Veranstaltungen eingesetzt werden. Foto: UBA.



konnten die verwendeten Farbpulver näher charakterisiert werden. Es handelte sich hier nicht wie bei vielen anderen Holi-Farben um Stärkemehlpulver (siehe oben), sondern um einen mineralischen Feinstaub, nach mikroskopischer Betrachtung vermutlich um Talkum. Die Analyse der Korngrößenverteilung dieser Holi-Farben ergab, dass über 97 Prozent der Partikel aus PM_{10} und ein wesentlicher Anteil (45 %) aus $PM_{2,5}$ bestanden (Straff et al. 2015).

Durchschnittlich werden auf Holi-Veranstaltungen an jede Person zusammen mit der Eintrittskarte etwa 500 Gramm Farbpulver abgegeben. Bei einer Gesamtteilnehmerzahl von 650.000 Personen würde sich daraus für Deutschland eine Menge von 300 Tonnen Farbpulver pro Jahr ergeben. Unter Berücksichtigung eines angenommenen durchschnittlichen PM_{10} -Anteils von 70 Prozent wären damit im vergangenen Jahr durch Holi-Veranstaltungen etwa 230 Tonnen Feinstaub freigesetzt worden. Gemessen an der Feinstaub-Menge von 230.000 Tonnen, die im Jahr 2013 in Deutschland insgesamt emittiert wurde (UBA 2015), ist die durch Holi-Feste freigesetzte Menge als gering einzuordnen.

Inhaltsstoffe

Holi-Farben bestehen im Wesentlichen aus dem Trägermaterial, das heißt aus Partikeln auf Mais- oder Reisstärkebasis, beziehungsweise mineralischer Basis (meist Talkum) und Farbstoffen. In manchen Fällen werden auch Rieselhilfen, die die Verteilungseigenschaften in der Luft verbessern und das Verklumpen verhindern sollen oder Konservierungsmittel wie Benzoesäure zugemischt.

Laut Herstellerangaben sind einige Pulver auch parfümiert und enthalten Duft- oder Aromastoffe, die meist jedoch nicht weiter deklariert sind. Als Farb-

stoffe werden üblicherweise zugelassene Lebensmittelfarben, wie zum Beispiel Azorubin, Tartrazin (beides Azofarben), Brillantblau oder Erythrosin, verwendet. Einige Azofarbstoffe können bei empfindlichen Personen, insbesondere bei bestehender Aspirin- oder Benzoesäure-Unverträglichkeit, Pseudoallergien (Urtikaria, asthmatische Symptome) hervorrufen (Dipalma 1990). Seit 2010 müssen einige Lebensmittel, die bestimmte Azofarbstoffe enthalten, in der Europäischen Union mit dem Warnhinweis „Kann Aktivität und Aufmerksamkeit bei Kindern beeinträchtigen“ versehen sein (EU 2008).

Über die Wirkung von Lebensmittelfarbstoffen auf die Atemwege nach Inhalation oder auf die Haut ist bislang nichts bekannt. Wenn Holi-Farben zum Einreiben der Haut verwendet werden, ist durch diese ausgeprägte Exposition analog zur Anwendung von Kosmetika mit einer erhöhten Sensibilisierungswahrscheinlichkeit zu rechnen, insbesondere wenn die Farben Duftstoffe enthalten. Duftstoffe gehören nach wie vor zu den häufigsten Kontaktallergenen (Schnuch et al. 2012).

Mitunter werden besonders schwer einzuschätzende importierte Farbpulver angeboten. Im Zusammenhang mit diesen wurde beispielsweise über Schwermetallbelastungen (Depnath et al. 2015) sowie über die Verwendung des Farbstoffs Malachit-Grün (Gessner 2014), der im Verdacht steht, krebserregend zu sein, berichtet. Die europäische Chemikaliengesetzgebung REACH ist in Bezug auf aus Drittstaaten außerhalb der EU eingeführte Erzeugnisse weniger streng. Selbst sehr besorgniserregende Stoffe (Substances of very high concern, SVHC) dürfen in diesen Produkten enthalten sein (Führ et al. 2015).

Vor- und Nachteile von mineralischen und organischen Trägersubstanzen

Im Juni 2015 kam es im Formosa Fun Coast Water Park in Taiwan bei einer Tanzparty namens Colour Play Asia, bei der farbiges Pulver auf die Tänzenden gesprüht wurde, zu einer Farbstaubexplosion bei der eine Teilnehmerin starb und hunderte von Besucherinnen und Besuchern zum Teil schwere Verbrennungen erlitten (Welter 2015). Staubexplosionen stellen eine reale Gefahr dar. Prinzipiell können Stäube aus organischen Materialien, wie zum Beispiel Kohle, Mehl, Holz oder Metallstäube wie Aluminium- oder Magnesiumpulver, ab einer Partikelgröße $< 500 \mu\text{m}$ bei Vorhandensein einer geeigneten Zündquelle unter bestimmten Bedingungen explodieren. In der Praxis ist jedoch nicht jeder organische oder metallhaltige Staub explosionsfähig. Zur Ermittlung der Staubexplosionsfähigkeit gibt es in Deutschland eine Reihe von Prüfmethoden und Richtlinien, die auch verschiedene Präventionsmaßnahmen enthalten (VDI 1990).

Schon vor, aber in verstärktem Maße nach dem Unglücksfall in Taiwan wurde auf Internetseiten deutscher Holi-Veranstalter darauf hingewiesen, dass das zur Verfügung gestellte Pulver explosionsicher sei und entsprechende Gutachten vorlägen.

Da Holi-Farben als Hauptbestandteil und Trägermaterial häufig Mais- oder Reismehl, beziehungsweise -stärke enthalten, sollte bei Verwendung von Holi-Pulver für Veranstaltungen unbedingt auf das Vorliegen eines Staubexplosionsgutachtens geachtet werden.

Manche Holi-Farben enthalten statt Mais- oder Reisstärke auch andere Trägermaterialien wie Talkum. Hier besteht zwar keine Gefahr einer Staubexplosion, jedoch kann Talkum je nach Abbauggebiet Asbest und Asbest-ähnliche Fasern enthalten, die Lungenreizungen bis hin zu Lungenkrebs auslösen können (Gordon et al. 2014; Mattenklott 2007).

Gesundheitliche Wirkungen von Holi-Staubexpositionen

Dem UBA wurden freundlicherweise Daten zur Verfügung gestellt, die Sanitätswachdienste bei ihren Einsätzen auf einigen Holi-Veranstaltungen in den Jahren 2013 und 2014 erhoben hatten. Erfasst

wurden hierbei mehrheitlich Veranstaltungsorte in größeren Städten in Deutschland (z. B. Berlin, Leipzig, München), bei denen lokale Gruppen eines Sanitätswachdienstes im Einsatz waren. Der Sanitätswachdienst stufte die Holi-Veranstaltungen als „Musikveranstaltungen mit dem besonderen Event des Farbbeutel-Wurfs“ ein und erwartete, dass die überwiegende Zahl der geleisteten Hilfestellungen vermutlich im Kontext mit den Farbwürfen zu finden sein würde. Diese Vermutung wurde bestätigt: Im Jahr 2013 machten Augenspülungen nach Farbwürfen etwa 80 Prozent aller Hilfestellungen aus, im Jahr 2014 hatten Augenspülungen an der Gesamtzahl der Hilfeleistungen ebenfalls einen hohen Anteil. Generell wurden die Situationen, in deren Folge Augenspülungen nötig wurden, als Verletzungen mit „geringem Risikowert“ eingestuft. Bezogen auf das Risikopotential wurden Holi-Veranstaltungen insgesamt als unkritisch bewertet. Angemerkt wurde von den Sanitätswachdiensten, dass für die Einsatzkräfte während der Farbbeutel-Würfe eigene Schutzmaßnahmen, wie handelsübliche Schutzbrillen und Mundschutze, erforderlich sind und dass die Reinigung von Einsatzkleidung und Gerätschaften nach den Holi-Veranstaltungen infolge der Verschmutzung durch die Farbpulver teilweise erhebliche Zusatzkosten nach sich zog.

Unabhängig von den Farbwürfen, so die Sanitätswachdienste, sei aufgrund der klimatischen Bedingungen an heißen sonnigen Sommertagen bei den unter freiem Himmel stattfindenden Veranstaltungen mit vermehrten Hilfeleistungen aufgrund von Dehydratation zu rechnen.

Weitere Daten zur gesundheitlichen Belastung der Teilnehmenden von Holi-Festivals wurden vom UBA selbst erhoben. Von Juli bis Dezember des letzten Jahres stellte das UBA einen Internetfragebogen zu Holi-Veranstaltungen bereit und warb in Schulen und Universitäten darum, diesen auszufüllen. Eine erste, vorläufige Auswertung der etwa 160 verwertbaren Rückmeldungen ergab, dass mehr als 10 Prozent der 14- bis 51-jährigen Befragten auf der Veranstaltung mäßige bis starke Atembeschwerden hatten, bei circa zwei Dritteln der Besucherinnen und Besucher traten keinerlei Atembeschwerden auf. Über mehr als leichte Augenreizungen berichteten circa 20 Prozent der Befragten, etwa die Hälfte der Teilnehmenden blieb von Augenreizungen verschont. 15 Prozent der Befragten gaben an, unter einer Allergie der Atemwege zu leiden. Da dieser Anteil in etwa dem in der Normalbevölke-

rung im Altersbereich entspricht (Langen 2013), ist zu vermuten, dass die Teilnehmenden im Hinblick auf relevante Vorerkrankungen nicht gesünder oder kränker als die Normalbevölkerung sind. Dies würde allerdings auch bedeuten, dass das Vorliegen einer Allergie, entgegen der Hinweise mancher Veranstalter, nicht als Hinderungsgrund für eine Teilnahme angesehen wird. Weitere Aspekte der Repräsentativität und andere Fragestellungen der Umfrage werden derzeit intensiver ausgewertet. Eine Veröffentlichung der Ergebnisse ist geplant.

Wirkungsuntersuchungen im Labor

Wie eigene Untersuchungen des UBA zeigten, sind Holi-Farben in der Lage, *in vitro* in menschlichen Blutzellen die Ausschüttung von verschiedenen Entzündungsmarkern zu induzieren. Diese pro-inflammatorischen Zytokine werden vom Körper vor allem dann gebildet, wenn von außen eingedrungene Pathogene als „körperfremd“ erkannt und infolgedessen bekämpft werden müssen.

Für die Versuche wurden vier verschiedene Holi-Farben von vier verschiedenen Herstellern über das Internet bestellt. Diese Farben wurden mit verschiedenen Kontrollen (u. a. die häufig als Trägermaterial für Holi-Farben verwendete Maisstärke) zu humanen Zellen gegeben und inkubiert. Als Positiv-Kontrolle diente der Bakterienbestandteil LPS. Nach der Inkubation wurde der Gehalt der pro-inflammatorischen Zytokine TNF- α , IL-1 β und IL-6 in den Proben mittels eines immunologischen Nachweisverfahrens bestimmt. Hierbei zeigte sich, dass einige der untersuchten Farben zu einer deutlichen Ausschüttung (vergleichbar der Induktion durch LPS) mindestens eines pro-inflammatorischen Zytokins führten. Maisstärke allein konnte keine Bildung von Entzündungsmarkern induzieren (Bossmann et al. 2016). Um zu untersuchen, ob diese Zytokinproduktion durch Verunreinigungen der Farbpulver mit bakteriellen Bestandteilen (Endotoxine) hervorgerufen wird, wurde ein sogenannter LAL-Test durchgeführt. Wie dieser Test zeigte, enthalten Maisstärke und alle untersuchten Holi-Farben deutlich weniger Endotoxin als der Bakterienbestandteil LPS. Die entzündungsfördernde Wirkung der Holi-Farben wird somit nicht von bakteriellen Kontaminationen oder dem Trägermaterial Maisstärke, sondern wahrscheinlich von einem oder mehreren weiteren Bestandteilen der Pulver,

wie Farbstoffen, Rieselhilfen oder Konservierungsmitteln, hervorgerufen.

Feinstaub, Ozon, UV und Lärm – eine ungesunde Mischung

Holi-Festivals stellen für die Teilnehmenden in verschiedener Hinsicht eine Mehrfachbelastung dar. So finden diese Festivals oft schon am Nachmittag statt, gerade dann, wenn im Hochsommer in städtischen Randlagen die Ozonkonzentrationen am höchsten sind. Zusätzlich zu der drastischen Feinstaubbelastung werden Teilnehmende so erhöhten Ozonkonzentrationen ausgesetzt. Da Luftschadstoffe wahrscheinlich synergistische negative Wirkungen auf die Atemwege entfalten (Mauderly, Samet 2009) kann dies, insbesondere unter Berücksichtigung einer vermehrten Atemtätigkeit aufgrund des Tanzens, die Entstehung von Atembeschwerden begünstigen. Außerdem ist bei diesen Veranstaltungen mit erhöhter UV-Exposition sowie einer Festival-typischen Lärmbelastung zu rechnen.

Colour-Runs – eine besondere Situation

Colour-Runs sind im Freien stattfindende Laufveranstaltungen, bei denen die Teilnehmenden üblicherweise eine Strecke von fünf Kilometern zurücklegen. Im Abstand von jeweils einem Kilometer sind sogenannte Colour Zones eingerichtet, in denen die Läuferinnen und Läufer mit Holi-Farben beworfen werden. Im Anschluss an den Lauf findet eine Party statt, auf der auch die Läuferinnen und Läufer nach Countdowns mit Farbpulver werfen können.

Die Belastungssituation für den Körper ist bei Colour-Runs vermutlich etwas anders einzuschätzen als bei Holi-Festivals. Auch wenn die Zeit, in der die Strecke zurückgelegt wird, keine Rolle spielt und die Distanz auch anders als laufend (z. B. gehend oder tanzend) überwunden werden kann, ist davon auszugehen, dass ein Teil der Teilnehmenden überwiegend laufen wird. Dabei kommt es aufgrund der körperlichen Anstrengung zu einem stark erhöhten Atemminutenvolumen, sodass mehr Partikel pro Zeiteinheit eingeatmet werden, welche durch das tiefere Einatmen vermutlich weiter in die Atemorgane eindringen können. Bei einer Atmung

durch den Mund würde außerdem die Filtrationsleistung der Nase wegfallen.

Im Vergleich zu Holi-Festivals finden in Deutschland nur wenige Colour-Runs statt. Von den eingangs erwähnten, per Internetrecherche ermittelten 139 Holi-Veranstaltungen im Jahr 2015 zählten nur neun zu den Colour-Runs.

Private Veranstaltungen

Einen besonderen Aspekt stellt die Verwendung von Holi-Farben in privatem Rahmen dar. Internet-Anbieter der gefärbten Pulver werben zum Beispiel mit tollen Effekten bei privaten Foto-Shootings, bunten Partys mit Freunden oder gar der Verwendung bei Hochzeiten. So ist das Werfen von Holi-Farben mittlerweile eine beliebte Einlage bei Schulfesten und Abitur-Feiern, und es ist wahrscheinlich, dass Holi-Farben auch auf Kindergeburtstagen Verwendung finden. Aufgrund des in vielen Punkten unklaren Risikos, welches von der Anwendung von Holi-Farben ausgeht, sollten Kinder aus Vorsorgegründen nicht intensiv mit diesen Produkten in Kontakt kommen. Kinder gelten, was Schadstoffbelastungen insbesondere durch Inhalation betrifft, zu den besonders empfindlichen Bevölkerungsgruppen.

Literatur

Bossmann K, Bach S, Süring K et al. (2016): Holi colours contain PM10 and can induce pro-inflammatory responses. Submitted.

Chauhan D, Arora R, Das S et al. (2007): Bilateral peri-orbital necrotizing fasciitis following exposure to Holi colors: a case report. *Indian J Ophthalmol*. 55 (5): 373–374.

Depnath M, Parmeshwar L, Renu J (2015): Inductively coupled plasma-mass spectrometric profiling of metal contamination in Holi colours. *Current Science* 108 (08).

Dipalma JR (1990): Tartrazine sensitivity. *Am Fam Physician* 42 (5): 1347–1350.

Verordnung EU – Verordnung der Europäischen Union (EG) Nr. 1333/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über Lebensmittelzusatzstoffe. *Amtsblatt der Europäischen Union*. L354. 16.

Führ M, Schenten J, Hermann A et al. (2015): Stärkung der Regelungen für (Import-)Erzeugnisse in der Chemikalienverordnung REACH. *UBA-Texte* 40: 153. FKZ: 371365312.

Gessner C (2014): Holi-Party doch gefährlich für die Lunge? *Medical Tribune*. <http://www.medical-tribune.de/home/news/artikeldetail/holi-party-doch-gefaehrlich-fuer-die-lunge.html> (Zugriff am: 12.02.2016).

Gordon, RE, Fitzgerald S, Millette J (2014): Asbestos in commercial cosmetic talcum powder as a cause of mesothelioma in women. *Int J Occup Environ Health* 20(4): 318–32. DOI: 10.1179/2049396714Y.0000000081.

Langen, U, Schmitz R, Steppuhn H (2013): Prevalence of allergic diseases in Germany. *Bundesgesundheitsbl*. 56: 698–706. DOI: 10.1007/s00103-012-1652-7.

Mattenklott M (2007): Asbest in Talkumpudern und Speckstein - heutige Situation. *Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft* 67: 287–292.

Mauderly JL, Samet JM (2009): Is there evidence for synergy among air pollutants in causing health effects? *Environ Health Perspect* 117: 1–6. DOI:10.1289/ehp.11654.

Schnuch A, Uter W, Lessmann H (2012): Clinical epidemiology and prevention of contact allergies. The Information Network of Departments of Dermatology (IVDK) as a register and surveillance system. *Bundesgesundheitsbl*. 55: 329–337. DOI: 10.1007/s00103-011-1428-5.

Straff W, Bach S, Becker K et al. (2015): Feinstaubbelastung auf Holi-Festivals – Orientierende Messungen des Umweltbundesamtes. *UMID* 2: 68–74.

UBA – Umweltbundesamt (2015): Emission von Feinstaub der Partikelgröße PM10. <https://www.umweltbundesamt.de/indikator-emission-von-feinstaub> (Zugriff am: 12.02.2016).

VDI – Verein Deutscher Ingenieure (1990): Staubbrände und Staubexplosionen; Gefahren, Beurteilung, Schutzmaßnahmen; Untersuchungsmethoden zur Ermittlung von sicherheitstechnischen Kenngrößen von Stäuben. *VDI Richtlinie 2263: Blatt 1*.

Welter P (2015): Unglück in Taiwan - Erstes Opfer erliegt Verletzungen. *FAZ.NET*. <http://www.faz.net/aktuell/gesellschaft/ungluecke/farbpulverwolke-in-taiwan-verletzt-500-personen-13673346.html> (Zugriff am: 12.02.2016).

Kontakt

Dr. Katrin Bossmann
Umweltbundesamt
Fachgebiet II 1.5 Umweltmedizin und gesundheitliche Bewertung
Corrensplatz 1
14195 Berlin
E-Mail: [katrin.bossmann\[at\]uba.de](mailto:katrin.bossmann[at]uba.de)

[UBA]

Die körperlichen und psychischen Wirkungen von Lärm

Physical and mental effects of noise

Jördis Wothge

Abstract

As a consequence of our modern lifestyle, many people are constantly surrounded by noise. In 2014 the study on environmental awareness by the German Environment Agency showed that a great number of people in Germany suffer from noise annoyance. Chronic noise does not only affect the perception of our quality of life and our mental well-being, it can also have a serious impact on the cardiovascular system and on our sleep. The current article therefore discusses the physical and mental effects of noise.

Zusammenfassung

Viele Personen sind heutzutage fortwährend Lärm ausgesetzt. Zuletzt hat die Umweltbewusstseinsstudie aus dem Jahr 2014 erneut gezeigt, dass sich eine große Zahl von Menschen durch Lärm belästigt fühlt. Chronischer Lärm beeinträchtigt nicht nur die Lebensqualität und das subjektive Wohlbefinden auf vielen Ebenen, sondern auch das Herz-Kreislauf-System und stört den Schlaf. Im vorliegenden Text werden die körperlichen und psychischen Auswirkungen von Lärm dargestellt.

Einleitung

„Studie zeigt: Lärm schadet weniger, als befürchtet“ titelte die Internetseite Spiegel-Online in ihrem Gesundheitsressort Anfang November 2015. Anlass dieser journalistischen These war die Veröffentlichung der NORAH-Studie (Noise Related Annoyance Health and Cognition). Diese gilt als die größte Lärmwirkungsstudie, die in Europa bislang durchgeführt worden ist. Eine nähere Betrachtung des aktuellen Erkenntnisstands der Lärmwirkungsforschung verdeutlicht jedoch, dass chronischer Lärm nicht nur die Lebensqualität und das subjektive Wohlbefinden auf vielen Ebenen negativ beeinflusst, sondern auch das Herz-Kreislauf-System beeinträchtigt und den Schlaf stört. Um die weitreichenden Folgen von Lärm zu verdeutlichen, werden nachfolgend die häufigsten beziehungsweise schwerwiegendsten psychischen und körperlichen Wirkungen von Lärm auf den Menschen dargestellt.

Körperliche und psychische Wirkungen von Lärm

Im Einklang mit den Leitlinien der Weltgesundheitsorganisation (WHO) lassen sich mindestens fünf unterschiedliche Wirkungsfelder von Lärm auf den Menschen differenzieren (WHO 2011):

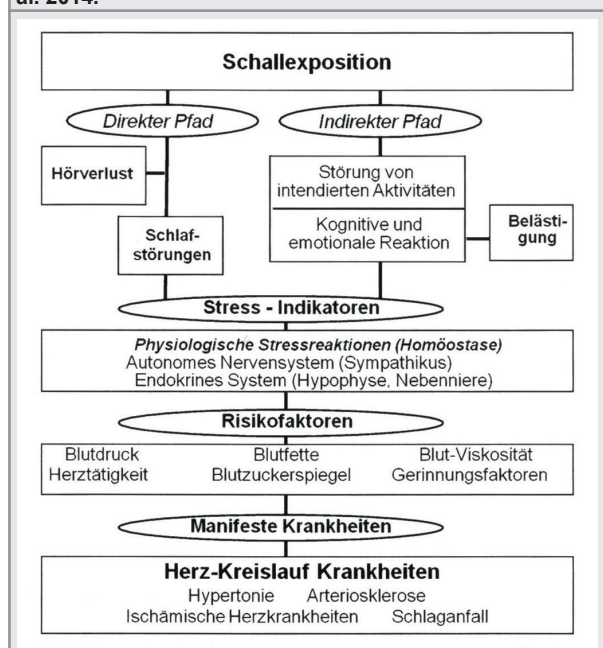
- Herz-Kreislauf-Erkrankungen,
- Schlafstörungen,
- kognitive Entwicklungsstörungen bei Kindern,
- Tinnitus und
- Belästigung.

Zusätzlich wird Lärm inzwischen auch als Risikoindikator mit dem Auftreten der unipolaren Depression von der WHO, der EU und der Lärmwirkungsforschungslandschaft in Verbindung gebracht (z.B. WHO 2011).

Zunächst ist zwischen auralen und extra-auralen Auswirkungen von Lärm zu unterscheiden. Aurale Auswirkungen beziehen sich direkt auf das Hör-Organ. Extra-aurale Wirkungen hingegen betreffen den gesamten restlichen Organismus. Dies sind beispielsweise Beeinträchtigungen des Herz-Kreislauf-Systems aber auch Schlafstörungen oder Depressionen.

Da aurale Wirkungen von Lärm im Kontext des umweltbezogenen Immissionsschutzes selten auftreten, konzentriert sich der folgende Text auf die extra-auralen Wirkungen von Lärm.

Abbildung 1: Wirkungsschema zum lärmbedingten Risiko von Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Quelle: Babisch et al. 2014.



Belästigung

Die Belästigung der Bevölkerung durch Lärm gehört zu den am meisten erforschten Lärmwirkungen. Verschiedene nationale und internationale Studien an europäischen Flughäfen (Amsterdam-Schiphol, Stockholm-Arlanda, Frankfurt/Main) zeigen, dass sich ein erheblicher Teil der Bevölkerung durch Fluglärm belästigt fühlt (Schreckenberg et al. 2015; Janssen, Vos 2009; DfT 2007). Dabei handelt es sich bei „Belästigung“ nicht allein um das subjektive Wohlbefinden einzelner Menschen in der Bevölkerung. Vielmehr kann die Belästigung Stress-Reaktionen auslösen und darüber hinaus ein potentieller Vorläufer für gesundheitliche Schäden sein. Die Belästigung ist daher ein ernstzunehmender gesundheitlicher Risikofaktor (WHO 2011). Dies schlägt sich auch in der deutschen Gesetzgebung nieder. So schreibt der Gesetzgeber den Schutz der Bevölkerung vor „erheblicher Belästigung“ in mehreren Rechtsvorschriften zum Immissionsschutz vor (z. B. Bundes-Immissionsschutzgesetz, Fluglärmschutzgesetz).

Berechnet und dargestellt wird der Zusammenhang zwischen der Geräuschbelastung und der Belästigung der Bevölkerung anhand des Anteils hoch belästigter Personen pro Schallpegelstufe. Hieraus resultieren sogenannte Expositions-Wirkungskurven für die jeweiligen Lärmarten. Die Kurven zeigen, dass der Anteil hoch belästigter Personen mit stei-

gendem Schalldruckpegel kontinuierlich und zunehmend stärker ansteigt (Miedema, Oudshoorn 2001).

Die Belästigungsforschung unterscheidet grundsätzlich zwischen den einzelnen Lärmquellen. Am besten erforscht ist der Verkehrslärm: Der Fluglärm gilt als die am meisten belästigende Verkehrslärmquelle, gefolgt von Straßen- und Schienenverkehrslärm (Miedema, Oudshoorn 2001). Studien der letzten Jahre weisen darauf hin, dass bei hohen Lärmpegeln der Schienenverkehr gegenüber dem Straßenverkehrslärm als stärker belästigend wahrgenommen wird (Schreckenberg et al. 2015; Lercher et al 2008).

Aufgrund des Mangels an aussagekräftigen Studien existieren für die Belästigung der Bevölkerung durch Industrie- und Gewerbelärm bisher nur wenige belastbare Darstellungen von Expositions-Wirkungs-Zusammenhängen (Miedema, Oudshoorn 2001). Laut der aktuellen Umweltbewusstseinsstudie aus dem Jahr 2014 fühlen sich immerhin rund 21 Prozent der Befragten durch Industrie und Gewerbelärm gestört oder belästigt (UBA 2014).

Herz-Kreislauf-Erkrankungen

Lärm stört und belästigt nicht nur, sondern wirkt sich auch direkt auf die körperliche Gesundheit aus. Beispielsweise aktiviert Lärm das Hormonsystem und das autonome Nervensystem. Infolgedessen können sich der Blutdruck und die Herzfrequenz verändern und der Stoffwechsel und dessen Regulation beeinträchtigt werden. Biologische Risikofaktoren, wie der Blutzucker oder die Gerinnung des Blutes, können beeinflusst werden und zu Arterienverkalkung und Bluthochdruck bis hin zum Herzinfarkt führen (Babisch et al. 2014).

Abbildung 1 zeigt, wie Lärm sowohl auf dem direkten als auch auf dem indirekten Pfad Einfluss auf das Herz-Kreislauf-System nimmt und welche Folgen er haben kann.

Zu den Herz-Kreislauf-Erkrankungen zählen Veränderungen des Blutdrucks (Hypertonie und Hypotonie), ischämische Herzkrankheiten, wie Angina Pectoris, eine daraus resultierende Herzinsuffizienz und der Myokardinfarkt, aber auch der Hirninfarkt. Die Mehrzahl der bisher durchgeführten Studien untersucht dabei den Zusammenhang von Fluglärm beziehungsweise Straßenverkehrslärm auf das Herz-Kreislauf-System. Zu den Lärmauswirkungen des Schienenverkehrs – insbesondere des nächtli-

chen Schienenverkehrs – gibt es hingegen nur wenige Erhebungen.

Der aktuelle Forschungsstand legt nahe, dass Personen, die stärker durch Lärm belastet sind, höhere Blutdruckwerte aufweisen als Menschen, die in ruhigeren Wohngebieten leben (Babisch et al. 2014; Babisch 2006). Die an sechs europäischen Flughäfen durchgeführte HYENA-Studie (HYENA - Hypertension and exposure to noise near airports) fand einen Zusammenhang zwischen Luft- und Straßenverkehrslärm und der Prävalenz von Hypertonie: Bei einem Anstieg des nächtlichen Fluglärmpegels (L_{Night}) um 10 dB(A) stieg das Risiko für das Auftreten von Bluthochdruck um 14 Prozent. Für den Straßenverkehr wurde eine Risikoerhöhung von 10 Prozent bei einem Anstieg des Schalldruckpegels um 10 dB(A) gefunden (Jarup et al. 2008).

Auch Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Straßenverkehrslärm und Herzinfarkten beziehungsweise Schlaganfällen zeigen eine vergleichbare prozentuale Risikoerhöhung von 6 bis 15 Prozent bei einem Anstieg des Schalldruckpegels um 10 dB(A) (Gan et al. 2012; Sørensen et al. 2012a; Sørensen et al. 2012b).

Im Einklang mit diesen Erkenntnissen belegen mehrere Analysen von Krankenkassendaten an Flughäfen in Deutschland, den Niederlanden und Schweden einen Zusammenhang zwischen der Fluglärmbelastung und verschreibungspflichtigen Medikamenten für kardio-vaskuläre Erkrankungen (Greiser, Greiser 2006; van Kamp et al. 2006; Franssen et al. 2004). Am Flughafen Amsterdam-Schiphol wurde beispielsweise bei einem Anstieg des äquivalenten Dauerschallpegels um 10 dB(A) ein Anstieg in der Verschreibungshäufigkeit für die Medikation mit Herz-Kreislauf-Medikamenten um 20 bis 40 Prozent festgestellt (van Kamp et al. 2006). Die internationalen Ergebnisse lassen sich jedoch nur eingeschränkt auf mögliche Erkrankungsrisiken der deutschen Bevölkerung übertragen: Einerseits können sich die Verschreibungsgewohnheiten in den verschiedenen Ländern unterscheiden, andererseits ist die Verschreibung eines Medikaments nur ein indirekter Indikator für eine Erkrankung.

Ogleich nicht alle Forschungserkenntnisse aus Blutdruckuntersuchungen einheitlich sind und die Verwendung einer Vielzahl von Methoden die Vergleichbarkeit der Ergebnisse erschwert, sprechen die meisten Forschungsbefunde dafür, dass chro-

nischer Lärm den Blutdruck beeinflusst und das Risiko von Herz-Kreislauf-Erkrankungen erhöht (Babisch et al. 2014). Neuere Studien legen nahe, dass dies bereits bei einem äquivalenten Dauerschallpegel für die Tagesbewertung $L_{\text{Aeq,Tag}}$ -Wert ab 60 dB(A) und einem äquivalenten Dauerschallpegel für die Nachtbewertung $L_{\text{Aeq,Nacht}}$ -Wert ab 50 dB(A) eintreten könnte (MKULNV 2012).

Schlafstörungen

Die WHO stellte 2011 in ihrem Bericht über die Krankheitslasten durch Umgebungslärm fest, dass mehr als die Hälfte der jährlich lärmbedingt verlorenen gesunden Lebensjahre in Europa (ca. 900.000 DALYs p.a.) auf Schlafstörungen zurückzuführen sind. Für den Erhalt der psychomotorischen Leistungsfähigkeit und Gesundheit ist ungestörter Schlaf in ausreichender Dauer von zentraler Bedeutung (Banks, Dinges 2007). Nicht nur zu Zeiten der Wachphase, sondern auch wenn der Mensch schläft, werden Hormone ausgeschüttet, Proteine aufgebaut oder Gedächtnisinhalte konsolidiert. Diese komplexen physiologischen Prozesse sind notwendig, damit sich der Körper mental und physisch erholen und auf die nächste anstehende Wachphase vorbereiten kann. Treten in der Nacht Geräusche auf, werden diese auch im Schlaf wahrgenommen und können situationsbedingt unterschiedliche physiologische Reaktionen zur Folge haben. Dies kann von einer Beschleunigung der Herzfrequenz bis hin zu einer vollständigen Aufwachreaktion reichen. Auf diese Weise kann nächtlicher Verkehrslärm den natürlichen Schlafablauf stören und die Erholungsfunktion des Körpers beeinträchtigen (Basner et al. 2010). Akute Folgen sind das vermehrte Auftreten von Müdigkeit und eine herabgesetzte Leistungsfähigkeit (Elmenhorst et al. 2010). Langfristig ist eine Störung des Schlafs durch eine andauernde Verkehrslärmbelastung zudem ein Gesundheitsrisiko, vor allem für das Herz-Kreislauf-System, da die erhöhte Aktivierung des Hormonsystems und des vegetativen Nervensystems während des Schlafs zu Herz-Kreislauf-Erkrankungen führen kann (WHO 2009; Babisch, van Kamp 2009; Jarup et al. 2008).

Im Einzelnen lassen sich folgende lärmbedingte Störungen des Schlafs identifizieren (Babisch et al. 2014):

- Wechsel des Schlafstadiums,
- Aufwachreaktion,
- Veränderungen der Schlafstadien-Verteilung,

- Verlängerung der Latenzzeiten,
- Verkürzung der Gesamtschlafzeit,
- Veränderungen der Atemfrequenz, Hormonausschüttung und Durchblutung sowie
- vermehrte Körperbewegungen.

Im Rahmen der Night Noise Guidelines for Europe hat die WHO im Jahr 2009 Wirkungsschwellen für die einzelnen lärmbedingten Schlafstörungen angegeben. Hier zeigt sich, dass vermehrte Bewegungen (erhöhte Motilität) bereits ab einem Maximalpegel im Innenraum ($L_{Amax,innen}$) von 32 dB(A) objektiv quantifizierbar ist. Für Schlafstadienwechsel, verfrühtes Erwachen am Morgen, Bluthochdruck und Herzinfarkt treten lärmbedingte Wirkungen ab $L_{Amax,innen}$ von 35 dB(A) bis 50 dB(A) auf (WHO 2009). Diese niedrigen Wirkungsschwellen der Maximalpegel sind physiologisch plausibel, erste Reaktionen erfolgen, sobald das menschliche Gehör ein Umgebungsgeräusch vom Hintergrundgeräusch differenzieren kann.

Um gesundheitliche Auswirkungen zu vermeiden, empfiehlt die WHO daher in den Night Noise Guidelines for Europe, dass die nächtliche Lärmbelastung einen Dauerschallpegel von 40 dB(A) außerhalb der Wohnung ($L_{Night,außen}$) nicht überschreiten sollte (WHO 2009). Diese Empfehlung teilt das Umweltbundesamt (UBA) uneingeschränkt.

Kognitive Entwicklung von Kindern

Kinder sind vor dem Hintergrund kontinuierlicher Geräuschbelastung und deren möglichen Wirkungen eine besonders vulnerable Gruppe. Studien der letzten Jahrzehnte zeigen wiederkehrend, dass Lärm die kognitive Leistungsfähigkeit bei Kindern beeinträchtigt (Haines et al. 2001; Johnson 2000).

In den letzten 20 Jahren sind zudem Untersuchungen von Lärmbeeinträchtigungen im Kontext der Schulumgebung in den Fokus gerückt. Querschnittsanalysen aus London (RANCH-Studie, 2005) und dem Rhein-Main-Gebiet (NORAH-Studie, 2014) zeigen, dass die Lesekompetenz von Kindern durch einen erhöhten Dauerschallpegel beeinträchtigt wird. Bei einem Anstieg des Dauerschallpegels um 10 (bzw. 20 dB(A)) verzögert sich der Erwerb der Lesekompetenz um 1 (bzw. 2 Monate) (Klatte et al. 2014; Stansfeld et al. 2005).

Psychische Erkrankungen

Die gesundheitlichen Auswirkungen von Lärm auf die psychische Gesundheit wurden bisher we-

niger untersucht als beispielsweise die Lärmauswirkungen auf das Herz-Kreislauf-System. Zu den Studien, die psychische Erkrankungen in Verbindung mit Lärm thematisieren, gehören neben der aktuell veröffentlichten NORAH-Studie auch zwei Forschungsvorhaben des UBA, welche die Auswirkungen von Umgebungslärm beziehungsweise nächtlichem Fluglärm auf psychische Erkrankungsrisiken untersuchten (Greiser, Greiser 2015; Greiser, Greiser 2010). Alle vorgenannten Studien weisen auf einen Anstieg psychischer Erkrankungen, insbesondere der unipolaren Depression, bei steigendem Schalldruckpegel hin. Die NORAH-Studie beziffert den Anstieg der Risikowahrscheinlichkeit an einer Depression zu erkranken – in Abhängigkeit von der Verkehrslärmquelle – auf 3,9 bis 8,9 Prozent pro 10 dB Anstieg des Dauerschallpegels (Seidler et al. 2015). Mit diesen Werten ist die unipolare Depression das Krankheitsbild der Studie, bei dem das Risiko des Auftretens am stärksten anstieg. Die Zahl derer, die an einer unipolaren Depression erkrankt sind, wurde hierbei möglicherweise unterschätzt, da mutmaßlich nicht alle Erkrankten medizinische Hilfe in Anspruch nahmen, weil sie eine Stigmatisierung befürchteten. Einschränkend ist zu erwähnen, dass die NORAH-Studie nicht bestätigen kann, dass der Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und Depressionsrisiko für alle Lärmquellen stetig steigend ist. Vielmehr sinkt das Erkrankungsrisiko in den höchsten Schallpegelklassen des Luft- und Schienenverkehrs aus wissenschaftlich bisher ungeklärten Gründen wieder. Hier besteht daher weiterhin dringend Forschungsbedarf, auch aufgrund der geringen Gesamtzahl an Studien, um den Zusammenhang zwischen psychischen Erkrankungen und der Geräuschbelastung besser zu verstehen. Zusätzlich ist es wichtig, die Gleichwertigkeit psychischer Erkrankungen gegenüber körperlichen Krankheiten im gesamtgesellschaftlichen Verständnis zu stärken, um Stigmatisierungen vorzubeugen und eine adäquate Behandlung zu gewährleisten.

Unterschiedliche Wirkungszusammenhänge einzelner und mehrerer Geräuschquellenarten

Die Wirkungszusammenhänge sind nicht bei allen Geräuschquellenarten gleich. Beispielsweise wirkt Fluglärm bei gleichem Schalldruckpegel stärker belästigend als Straßen- oder Schienenverkehrslärm (Schreckenberg 2014; Miedema, Oudshoorn 2001).

Diese Unterschiede können mit der Geräuschstruktur der einzelnen Quellenarten erklärt werden: Während Luft- und Schienenverkehr eher intermittierende, das heißt zeitweise aussetzende und mit Unterbrechung auftretende Geräusche verursachen, ist der Straßenverkehr durch kontinuierliche Geräusche charakterisiert. Dies spiegelt sich auch in Studien zu nächtlichen Schlafstörungen wider. Diese zeigen, dass insbesondere hohe Maximalpegel im Luft- und Schienenverkehr die Konfiguration des Schlafs durch Aufwachreaktionen oder Herzfrequenzbeschleunigungen beeinflussen können (Müller et al. 2015; Müller et al. 2010).

Das Zusammenwirken mehrerer Geräuschquellenarten ist besonders relevant, da die Bürgerinnen und Bürger häufig Lärmbelastungen aus mehr als nur einer Quellenart ausgesetzt sind. Beim Verkehrslärm trifft dies für 23 Prozent der Bevölkerung zu. Werden zusätzlich Nachbarschaftslärm sowie Industrie- und Gewerbelärm berücksichtigt, sind sogar 44 Prozent von mehreren Geräuschquellenarten betroffen (UBA 2014). Um dies künftig stärker bei Lärmschutzmaßnahmen zu berücksichtigen, hat die Bundesregierung in ihrem Koalitionsvertrag festgehalten, dass „der Gesamtlärm (insbesondere von Straßen- und Schienenverkehr) als Grundlage für Lärmschutzmaßnahmen herangezogen werden muss“.

Aktuelle Forschungserkenntnisse, wie beispielsweise aus der NORAH-Studie, weisen zudem darauf hin, dass sich die Belästigung durch mehrere Geräuschquellen an der Beurteilung der als am lästigsten empfundenen Geräuschquelle ausrichtet (Schreckenberg et al. 2015). Dies bestärkt die in der Lärmwirkungsforschung diskutierte Annahme, dass eine einfache energetische Summation der einzelnen Geräuschquellen für die Beurteilung der Belästigung bei einer Mehrfachbelastung nicht hinreichend ist (Miedema, Oudshoorn, 2001). Auch das UBA hat dies frühzeitig erkannt und im Jahr 2015 ein Forschungsvorhaben zur wirkungsgerechten Neubewertung und Erweiterung bestehender Regelwerke für den Gesamtlärm initiiert. Ergebnisse des Vorhabens sind im Jahr 2018 zu erwarten.

Fazit

Insgesamt zeigt sich, dass Lärm ernsthafte Gesundheitsrisiken verursacht. Vor allem nächtlicher Lärm, hohe Maximalpegel insbesondere beim Schienenverkehr sowie die zunehmende Belastung der Be-

völkerung durch mehrere Geräuschquellenarten können deutliche negative Folgen nach sich ziehen. Für eine wirksame Minderung des Lärms sind daher die bestehenden Instrumente und Maßnahmen noch effizienter und zielgerichteter einzusetzen. Darüber hinaus ist ein intensiver gesellschaftlicher Diskurs über die körperlichen und psychischen Folgen des Lärms notwendig.

Literatur

Babisch W, Guski R, Ising H et al. (2014): Lärm. In: Wichmann HE, Schlipkötter HW, Fülgraff G (Hrsg.): Handbuch Umweltmedizin, 52. Erg. Lfg. 6/14.

Babisch W, van Kamp I (2009): Exposure-response relationship of the association between aircraft noise and the risk of hypertension. *Noise Health* 11(44): 149–156.

Babisch W (2006): Transportation Noise and cardiovascular risk, Review and synthesis of epidemiological studies, dose-effect curve and risk estimation. WaBoLu-Hefte 01/06, Umweltbundesamt. Dessau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/transportation-noise-cardiovascular-risk> (Zugriff am: 25.02.2016).

Banks S, Dinges D: (2007): Behavioral and physiological consequences of sleep restriction. *Journal of Clinical Sleep Medicine* 3: 519–528.

Basner M, van den Berg M, Grieffhahn B (2010): Aircraft noise effects on sleep: mechanisms mitigation and research needs. *Noise Health* 12(47): 95–109.

DfT – Department for Transport (2007): ANASE: Attitudes to Noise from Aviation Sources in England. Final Report for Department of Transport. MVA Consultancy in Association with John Bates Services, Ian Flindell and RPS. London.

Elmenhorst E, Elmenhorst D, Wenzel J (2010): Effects of nocturnal aircraft noise on cognitive performance in the following morning: dose-response relationships in laboratory and field. *International Archives of Occupational and Environmental Health* 83(7): 743–751.

Franssen EAM, Wiechen C, Nagelkerke N et al. (2004): Aircraft noise around a large international airport and its impact on general health and medication use. *Occupational Environmental Medicine* 61: 405–413.

Gan W, Davies H, Koehorn M et al. (2012): Association of long-term exposure to community noise and traffic-related air pollution with coronary heart disease mortality. *American Journal of Epidemiology* 175(9): 898–906.

Greiser E, Greiser C (2015): Umgebungslärm und Gesundheit am Beispiel Bremen. Forschungsbericht 3710 61 170. Umweltbundesamt. Dessau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umgebungs-laerm-gesundheit-am-beispiel-bremen> (Zugriff am: 25.02.2016).

Greiser E, Greiser C (2010): Risikofaktor nächtlicher Fluglärm - Abschlussbericht über eine Fallkontrollstudie zur kardiovaskulären und psychischen Erkrankungen im Umfeld des Flughafens Köln-Bonn. Förderkennzeichen 3708 51 101, Schriftenreihe Umwelt & Gesundheit 01/2010. Umweltbundesamt. Dessau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/risikofaktor-naechtlicher-fluglaerm> (Zugriff am: 25.02.2016).

Greiser E, Jahnsen K, Greiser C (2006): Beeinträchtigung durch Fluglärm: Arzneimittelverbrauch als Indikator für gesundheitliche Beeinträchtigung. Forschungsbericht 205 51 100. Umweltbundesamt. Dessau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/beeintraechtigung-durch-fluglaerm> (Zugriff am: 25.02.2016).

Haines M, Stansfeld S, Job R et al. (2001): Chronic aircraft noise exposure, stress responses, mental health and cognitive performance in school children. *Psychological Medicine* 31(2): 265–277.

Jarup L, Babisch W, Houthuijs D et al. (2008). Hypertension and exposure to noise near airports – the HYENA study. *Environmental Health Perspectives* 116: 329–933.

Janssen S, Vos H (2009): A comparison of recent surveys to aircraft noise exposure response relationships. TNO Reports 2009. TNO-034-DTM-2009-01799.

Johnson C E (2000): Children's phoneme identification in reverberation and noise. *Journal of Speech, Language and Hearing Research* 43: 144–157.

Klatte M, Bergström K, Spilski J (2014): Wirkungen chronischer Fluglärmbelastung auf kognitive Leistungen und Lebensqualität bei Grundschulkindern. In: Gemeinnützige Umwelthaus gGmbH (Hrsg.): NORAH (Noise related annoyance cognition and health): Verkehrslärmwirkungen im Flughafenumfeld. Band 1. Kelsterbach.

Lercher P, De Greve B, Botteldoren D et al. (2008): A comparison of regional noise-annoyance-curves in alpine areas with the European standard curves. Proceedings of the 9th International Congress on Noise as a Public Health Problem (ICBEN). Foxwoods (USA, CT): 562–570.

Miedema H, Oudshoorn C (2001): Annoyance from transportation noise: relations with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals. *Environmental Health Perspectives* 109(4): 409–416.

MKULNV – Ministerium für Klimaschutz, Umwelt Landwirtschaft, Natur und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2012): Kernaussagen im Fachgespräch vom 16.12.2012 über gesundheitliche Auswirkungen von Fluglärm unter besonderer Berücksichtigung des Nachtfluglärms. Düsseldorf.

Müller U, Aeschbach D, Elmenhorst EM et al. (2015): Fluglärm und nächtlicher Schlaf. In: Gemeinnützige Umwelthaus gGmbH (Hrsg.): NORAH (Noise related annoyance cognition and health): Verkehrslärmwirkungen im Flughafenumfeld. Band 4. Kelsterbach.

Müller U, Elmenhorst E, Maass H et al. (2010): Verbundprojekt: DEUFRAKO/RAPS – Railway noise (and other modes) annoyance, performance, sleep: wirkungsorientierte Bewertung unterschiedlicher Verkehrslärmarten. Teilvorhaben DLR: Metaanalyse und Feldstudie. Abschlussbericht. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. in der Helmholtz Gemeinschaft. <http://edok01.tib.uni-hannover.de/edoks/e01fb10/639593747.pdf> (Zugriff am: 20.11.2015).

Schreckenberger D, Faulbaum F, Guski R et al. (2015): Wirkungen von Verkehrslärm auf die Belästigung und Lebensqualität. In: Gemeinnützige Umwelthaus gGmbH (Hrsg.): NORAH (Noise related annoyance cognition and health): Verkehrslärmwirkungen im Flughafenumfeld. Band 3. Kelsterbach.

Seidler A, Wagner M, Schubert M et al. (2015): Sekundärdatenbasierte Fallkontrollstudie mit vertiefender Befragung. In: Gemeinnützige Umwelthaus gGmbH (Hrsg.): NORAH (Noise related annoyance cognition and health): Verkehrslärmwirkungen im Flughafenumfeld. Band 6. Kelsterbach.

Sörensen M, Andersen Z, Norsborg R et al. (2012a): Road traffic noise and incident myocardial infarction: A prospective cohort study. *PLoS* 7(6).

Sörensen M, Hvidberg M, Andersen Z (2012b): Road traffic noise and stroke: a prospective cohort study. *European Heart Journal*, 32(6): 734–744.

Stansfeld S, Berglund B, Clark C et al. (2005): Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: a cross-national study. *Lancet* 365: 1942–1949.

van Kamp I, Houthuijs D, van Wiechen C et al. (2006): Environmental noise and cardiovascular diseases: evidence from 10 year Schiphol research. In *Inter-Noise 2006. Proceedings of the 35th International Congress and Exposition of Noise Control Engineering*. Honolulu, Hawaii. Edited by I-INCE, pp. Paper No.: in07_132.

UBA – Umweltbundesamt (2014): Umweltbewusstseinsstudie 2014. Dessau.

WHO – World Health Organization (2011): Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years lost in Europe. Bonn.

WHO – World Health Organization (2009): Night noise guidelines for Europe. Copenhagen.

WHO – World Health Organization (1999): Community noise guidelines for Europe. Zürich.

Kontakt

Jördis Wothge
Umweltbundesamt
Fachgebiet I 3.4 Lärminderung bei Anlagen
und Produkten, Lärmwirkungen
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau
E-Mail: [joerdis.wothge\[at\]juba.de](mailto:joerdis.wothge[at]juba.de)

[UBA]

Das GENiUS-Projekt – Eine Übersicht aktueller Studien zu umweltbedingten Krankheitslasten und -kosten

The GENiUS-project – an overview of current environmental burden of disease and environmental cost-of-illness studies

Myriam Tobollik¹, Dietrich Plaß¹, André Conrad¹, Claudia Hornberg², Dirk Wintermeyer¹

Abstract

The GENiUS project (full title: Environmental burden of disease and public health economics in environmental protection) developed a comprehensive database which includes the main information and an evaluation of international environmental burden of disease and environmental cost-of-illness studies with the aim to support policy decision-making processes in the field of environmental health. A systematic literature review was performed for 40 biological, chemical and physical risk factors relevant for Germany. 42 environmental burden of disease and 44 environmental cost-of-illness studies were identified and essential information was summarized in a database. The studies were evaluated in terms of quality and transferability of the results to the situation in Germany. Although several studies were found for some stressors (e. g. air pollution, mould and dampness, noise, metals), none were found for many other relevant stressors (e. g. perfluorinated compounds, insecticides or plasticizers). The studies included in the database are heterogeneous regarding quality and methods, which limits the usefulness of some of the results for decision-making.

Zusammenfassung

Im Forschungsvorhaben GENiUS (Gesundheitsökonomie und Environmental Burden of Disease im Umwelt-Schutz) wurde eine umfassende Datenbank mit internationalen Studien zu umweltbedingten Krankheitslasten und -kosten erstellt, mit dem Ziel, Argumentationshilfen zur Beurteilung umweltpolitischer Problemstellungen bereitzustellen. In dem Projekt wurde eine systematische Literaturrecherche zu 40 biologischen, chemischen und physikalischen Risikofaktoren mit gesundheitlicher Relevanz für Deutschland durchgeführt. 42 Krankheitslasten- und 44 Krankheitskostenstudien wurden identifiziert und die essentiellen Informationen in eine benutzerfreundliche Datenbank eingepflegt. Anhand eines im Projekt entwickelten Kriterienkatalogs wurden die Studienqualität sowie Übertragbarkeit der Studienergebnisse auf Deutschland bewertet. Für einige der betrachteten Stressoren wurden mehrere Studien identifiziert (z. B. für Feinstaub, Schimmel, Lärm und Metalle). Für viele weitere relevante Stressoren wurden jedoch weder Studien zu Krankheitslasten noch -kosten gefunden (z. B. perfluorierte Chemikalien, Pflanzenschutzmittel, Weichmacher). Die eingeschlossenen Studien weisen große Unterschiede hinsichtlich ihrer Qualität und verwendeten Methoden auf, sodass einige der Studien nur eingeschränkt zur Entscheidungsfindung in umweltpolitischen Prozessen genutzt werden können.

Umweltfaktoren können sich positiv, aber auch negativ auf die menschliche Gesundheit auswirken. Deshalb ist es eine wesentliche politische Aufgabe, die natürliche und vom Menschen gebaute Umwelt möglichst risikoarm und gesundheitsförderlich zu gestalten. Im Sinne der gesundheitlichen Vorsorge erfordern umweltpolitische Entscheidungen – insbesondere vor dem Hintergrund vorhandener Mehrfachbelastungen – ein vielschichtiges Fachwissen über die gesundheitlichen Wirkungen von

Umweltfaktoren. Diese Informationen können mit unterschiedlichen wissenschaftlichen Methoden erhoben und in unterschiedlichen Formaten bereitgestellt werden (Weingart, Lentsch 2008). Häufig liegen wissenschaftliche Erkenntnisse nicht in einer für Politikerinnen und Politiker direkt nutzbaren Form vor, weil die von Fachwissenschaftlerinnen und Fachwissenschaftlern publizierten Ergebnisse vielfach nicht primär auf die praxisnahe Lösung von Problemen abzielen, sondern eher erkenntnis-

¹ Umweltbundesamt Berlin

² Universität Bielefeld, Fakultät für Gesundheitswissenschaften, AG 7 Umwelt und Gesundheit

orientiert sind. Zudem gibt es eine Vielzahl an wissenschaftlichen Erkenntnissen, die entweder primär an wissenschaftliche Fachkreise adressiert, oder für den Zweck der wissenschaftlichen Politikberatung nicht adäquat aufbereitet worden sind (Kusche 2010). Eine weitere Schwierigkeit stellen die unterschiedlichen Zeithorizonte dar: Politik muss oft schnell entscheiden, um auf soziale, gesellschaftliche oder Umweltprobleme zu reagieren. Sie kann daher aus unterschiedlichen Gründen nicht immer auf endgültige Ergebnisse wissenschaftlicher Forschung warten, die in der Regel mehr Zeit für die Bereitstellung von fundiertem Wissen benötigt (Sutcliffe, Court 2005).

Diese Schwierigkeiten führen zu den folgenden zentralen Fragen der wissenschaftlichen Politikberatung im Bereich Umwelt und Gesundheit:

- *Welche Informationen werden benötigt, um einen gesundheitsbezogenen Umweltschutz zu gewährleisten?*
- *Wie können diese Informationen bereitgestellt werden, sodass diese zeitnah und einfach zu erreichen sind?*

Zur Beantwortung der ersten Fragestellung wurden vom Umweltbundesamt (UBA) zwei wissenschaftliche Ansätze, die *umweltbedingte Krankheitslast* (*Environmental Burden of Disease*, EBD) und die *umweltbedingten Krankheitskosten* ausgewählt. Mithilfe des EBD-Konzeptes können die gesunden Lebensjahre, die aufgrund des Lebens mit einer Erkrankung (*Years Lost due to Disability*, YLD) und durch vorzeitigen Tod (*Years of Life Lost due to premature mortality*, YLL) verlorengehen, quantifiziert und anteilig auf einen Umweltfaktor zurückgeführt werden. Zusammengefasst ergeben die beiden Komponenten das Summenmaß *Disability-Adjusted Life Year* (DALY), das verlorene gesunde Lebensjahre darstellt (u. a. Conrad et al. 2009; Kallweit, Srebotnjak 2015; Murray 1994; Prüss-Üstün et al. 2003). Das Konzept der umweltbedingten Krankheitskosten umfasst direkte (Behandlungs- und Therapiekosten, Verbrauch von Gesundheitsgütern und -leistungen), indirekte (Folgekosten aufgrund von Morbidität und Mortalität, wie Arbeitsunfähigkeit, Invalidität) und intangible Kosten (nicht monetäre Kosten, die aufgrund einer Erkrankung entstehen, wie Schmerzen, Einschränkung der Lebensqualität, psychische Belastungen) (Greiner, Damm 2012; Henke, Martin 2006). Sowohl Informationen zu umweltbedingten Krankheitslasten

als auch zu umweltbedingten Krankheitskosten können genutzt werden, um die Konsequenzen verschiedener Umwelteinflüsse für die Gesundheit einer Bevölkerung und damit für die Gesellschaft vergleichend darzustellen.

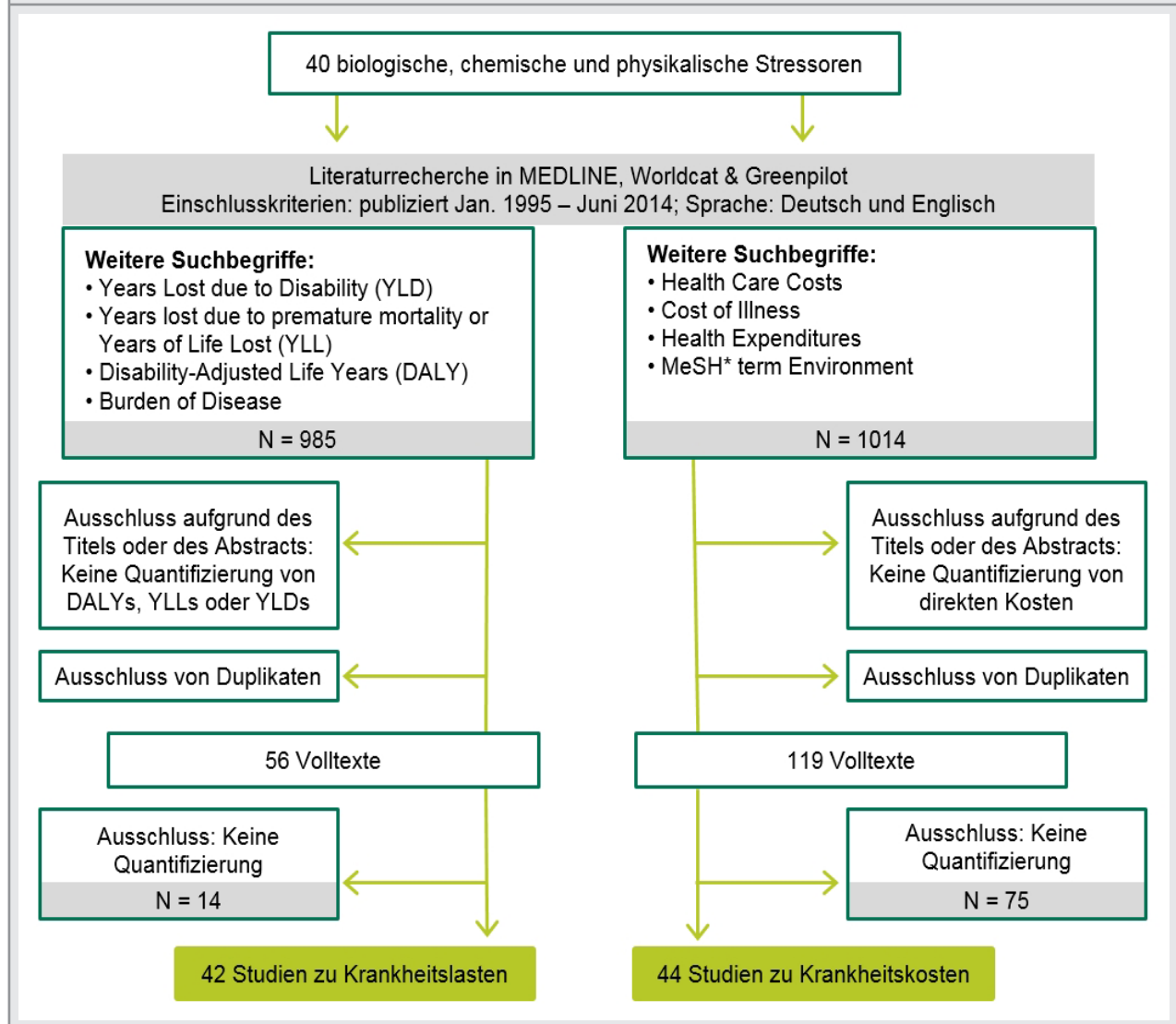
Das GENiUS-Projekt

Zur Bearbeitung der zweiten Frage hat das UBA ein Forschungsvorhaben in Auftrag gegeben. Das übergeordnete Ziel des Vorhabens mit dem Kurztitel „Gesundheitsökonomie und Environmental Burden of Disease im Umwelt-Schutz (GENiUS)“ war es, die vorhandene Literatur über Studien zu umweltbedingten Krankheitslasten und umweltbedingten Krankheitskosten systematisch aufzuarbeiten (Tobollik et al. 2014; Tobollik et al. 2015b). Der Fokus lag dabei auf den durch Umweltstressoren verlorenen Lebensjahren (YLLs, YLDs, DALYs) und den infolgedessen durch Gesundheitsschäden oder vorzeitigen Tod tatsächlich anfallenden Kosten, die den beteiligten Institutionen, den Betroffenen oder weiteren Beteiligten entstehen. Die in dem Projekt erfassten Informationen sollen sowohl die gesundheitlichen Folgen als auch deren monetäre Effekte berücksichtigen, um so zusätzliche Argumentationshilfen zur Beurteilung und gegebenenfalls Priorisierung einzelner umweltpolitischer Maßnahmen verfügbar zu machen.

Zur Erfassung des aktuellen Forschungsstands wurde eine umfassende systematische Literaturrecherche zu 40 als relevant eingestuften Umweltstressoren durchgeführt. Der Prozess der Recherche ist in **Abbildung 1** dargestellt.

Insgesamt wurden 42 Studien zu umweltbedingten Krankheitslasten und 44 Studien zu umweltbedingten Krankheitskosten identifiziert. Die eingeschlossenen Studien wurden mithilfe eines eigens entwickelten Kriterienkatalogs hinsichtlich ihrer methodischen Qualität bewertet. Insgesamt umfasst der Kriterienkatalog 38 Fragen, die Hinweise für die Verwendung der Studienergebnisse zur wissenschaftlichen Politikberatung geben. Da sich der größte Teil der identifizierten Studien nicht auf Deutschland bezieht, wurde zusätzlich die Übertragbarkeit der Studienergebnisse auf die Verhältnisse in Deutschland bewertet. Ob die Ergebnisse einer Studie auf Deutschland übertragbar sind, wurde anhand der Kriterien Bevölkerungsstruktur, Lebenserwartung, Entwicklungsstand, Bruttoinlandsprodukt,

Abbildung 1: Ablauf der Literaturrecherche im Projekt GENiUS. Quelle: Tobollik et al. 2015a.



Gesamtkrankheitslast sowie Exposition gegenüber dem untersuchten Umweltstressor beurteilt.

In einem weiteren Arbeitsschritt wurden die relevanten Ergebnisse der recherchierten Studien in eine übersichtliche und anwenderfreundliche Datenbank eingegeben. Die Datenbank enthält zu jeder Studie Informationen:

- 1) zur Studie allgemein und zur verwendeten Methode,
- 2) zum geografischen Bezugsraum,
- 3) zu den untersuchten Umweltstressoren,
- 4) zu den gesundheitlichen Effekten der Stressoren,
- 5) zu den Ergebnissen (Krankheitslasten oder -kosten),

6) zu den in der Studie genannten Limitationen sowie

7) einen Link zur jeweiligen Bewertung der Studie nach dem Kriterienkatalog.

Datenbanknutzende können entweder auf die gesamten in der Datenbank enthaltenen Informationen zurückgreifen oder mithilfe einer Suchfunktion nach bestimmten Kategorien, wie zum Beispiel Stressoren oder Ländern, filtern.

Ergebnisse

Die Auswertung der in die Datenbank aufgenommenen Studien zeigt, dass es für einige der ausgewählten 40 Umweltstressoren mehrere Studien gibt, jedoch für viele weitere Stressoren keine Studien zu

Krankheitslasten oder -kosten identifiziert werden konnten (**Tabelle 1**). Mehrere Studien zu Krankheitslasten wurden zum Beispiel für Feuchte und Schimmel (5), Lärm (11), Radon (7), Feinstaub (19), Arsen (6) und Blei (7) identifiziert. Für die Gruppe der Kohlenwasserstoffe waren es insgesamt neun Studien, wobei sich die meisten auf Benzol (4) beziehen. Keine Studien wurden beispielsweise für Ethylbenzol, Styrol, Hexachlorbenzol (HCB), Alkane, Biozide, Weichmacher, Phthalate und halogenierte Kohlenwasserstoffe gefunden. Für die Gruppe der gasförmigen Verbindungen gibt es eine Reihe von Krankheitslastenstudien, die meisten für Ozon (8).

Hinsichtlich der Studienlage zu Krankheitskosten zeigt sich ebenfalls ein selektiv defizitäres Bild: So gibt es lediglich eine Studie zu Feuchte und Schimmel und zwei zu Lärm. Feinstaub ist in dieser Hinsicht mit elf Studien vergleichsweise gut untersucht. Für Passivrauch konnten 14 Studien ermittelt und aufgenommen werden. Es fehlen jedoch Krankheitskostenstudien zu Radon, Kohlenwasserstoffen, Pflanzenschutzmitteln und Weichmachern. Die Metalle Arsen (1), Blei (8) und Quecksilber (3) wurden ebenso im Hinblick auf die durch sie verursachten Kosten bewertet wie einige gasförmige Verbindungen (5) und Asbest (1).

Insgesamt beziehen sich die Krankheitslastenstudien auf 15 verschiedene Länder oder Städte. Darüber hinaus wurde die Krankheitslast für 14 Länderzusammenschlüsse, wie zum Beispiel Europa oder die Euro-A Region der Weltgesundheitsorganisation, quantifiziert. Die meisten Krankheitslastenstudien, die in der Datenbank enthalten sind, haben den Bezugsraum Deutschland (5), Bangladesch (5), die Niederlande (4) oder Euro-A (7). Die meisten Krankheitskostenstudien beziehen sich auf die USA (14) und China (8). Die Übertragbarkeit der Ergebnisse, beispielsweise aus Bangladesch oder Indien, ist unter anderem aufgrund der nicht vergleichbaren Bevölkerungsentwicklung und Lebenserwartung sehr eingeschränkt. Hingegen können Ergebnisse aus den Niederlanden oder der Schweiz mit gewissen Einschränkungen für eine grobe Einschätzung der Krankheitslasten und -kosten in Deutschland verwendet werden.

Vor Nutzung der Ergebnisse für die Umweltpolitik muss auch die Qualität der einzelnen Studien berücksichtigt werden. Eine Vielzahl der recherchierten Studien weist Mängel auf. So fehlen beispielsweise

Angaben zu den verwendeten Datenquellen oder die angewandten Methoden sind nicht ausreichend beschrieben. Über die Qualität der einzelnen Studien hinaus konnten auch Rückschlüsse auf die Datenverfügbarkeit hinsichtlich Krankheitslasten und -kosten gezogen werden. So wurde in der Hälfte aller Krankheitslastenstudien beschrieben, dass die quantifizierte Krankheitslast des jeweils untersuchten Umweltstressors aufgrund von fehlenden Daten unvollständig sei. Darüber hinaus führen Unsicherheiten der in den Studien verwendeten Expositions-Wirkungsfunktionen zu Unsicherheiten in den Gesamtergebnissen. In den Studien zu Krankheitskosten wurde vielfach bemängelt, dass nicht alle relevanten Kosten mit aufgenommen werden konnten, besonders Langzeitkosten werden meist nicht eingeschlossen. Auch wird häufig von einer Unterschätzung der Kosten berichtet.

Fazit

Sowohl Angaben zu umweltbedingten Krankheitslasten als auch zu Krankheitskosten können genutzt werden, um die Auswirkungen von Umwelteinflüssen auf die menschliche Gesundheit darzustellen. Eine Verknüpfung der beiden Komponenten konnte im Projekt nicht erfolgen. Hier wurde Forschungsbedarf hinsichtlich der gemeinsamen Nutzung von Krankheitslasten und -kosten identifiziert. Bisher erfolgt diese Verknüpfung mithilfe des sogenannten *Wert eines statistischen Lebens* (Hajen et al. 2006). Bei diesem wird einem Menschenleben beziehungsweise einem Lebensjahr ein statistisch abgeleiteter Geldwert zugesprochen. Verschiedene Institutionen kombinieren den Wert statistischen Lebens mit verlorenen gesunden Lebensjahren (DALYs), um dadurch die monetären Auswirkungen von Umweltstressoren näherungsweise abzubilden. Dieses Konzept birgt diverse Unsicherheiten sowie methodische Limitationen (z.B. fehlende oder unvollständige Inputdaten, mangelhafte Durchführung der Berechnungen, fehlende Transparenz hinsichtlich getroffener Annahmen) und wird deshalb bisweilen kritisch diskutiert. Hier bedarf es aus unserer Sicht weiterer Forschung.

Im Forschungsvorhaben wurde eine umfassende Übersicht über den derzeitigen Stand der Forschung zu umweltbedingten Krankheitslasten und -kosten erstellt, die in einer Datenbank zugänglich ist. Durch die Zusammenstellung der wichtigsten Informationen in der Datenbank sind die Informa-

Tabelle 1: Anzahl vorhandener Studien zu Krankheitslasten und -kosten, differenziert nach Stressor.		
Stressor	Studien zu umweltbedingten Krankheitslasten	Studien zu umweltbedingten Krankheitskosten
Biologische Stressoren		
Feuchte, Schimmel	5	1
Physikalische Stressoren		
Lärm	11	2
Radon	7	0
Übergreifende Stressoren		
Feinstaub	19	11
Innenraumlftverschmutzung	7	0
Luftverschmutzung	5	1
Passivrauch	8	14
Chemische Stressoren		
Kohlenwasserstoffe	9	0
Benzol	4	0
Toluol	1	0
Xylol	1	0
Polyzyklische Kohlenwasserstoffe (PAK)	1	0
Formaldehyd	2	0
Keine Studien zu Ethylbenzol, Styrol, Hexachlorbenzol (HCB), Alkanen und halogenierten Kohlenwasserstoffen		
Metalle	15	12
Arsen	6	1
Blei	7	8
Cadmium	2	0
Quecksilber	0	3
Keine Studie zu Uran		
Pflanzenschutzmittel und Weichmacher	1	0
Pestizide	1	0
Keine Studien zu Pestiziden und Weichmachern		
Gasförmige Verbindungen	16	5
Kohlenmonoxid (CO)	3	0
Stickstoffoxide (NO _x)	1	2
Stickstoffdioxid (NO ₂)	2	0
Ozon (O ₃)	8	2
Schwefeldioxid (SO ₂)	2	/*
Ammoniak (NH ₃)	0	1
Keine Studien zu Kohlendioxid (CO ₂)		
Fasern	0	1
Asbest	0	1
Polychlorierte Dioxine, Furane und Biphenyle	1	0
Dioxine	1	0
Keine Studien zu polychlorierten Dibenzo-p-dioxinen (PCDD), polychlorierten Dibenzofuranen (PCDF) und polychlorierten Biphenylen (PCB)		
Keine Studien zu perfluorierten Chemikalien und Tensiden		
* kein Suchbegriff; die Krankheitslastenstudien zu SO ₂ wurden über die Suche mit allgemeinen Suchbegriffen gefunden.		

tionen gut nutzbar und ermöglichen einen breiten Überblick zu den Themenfeldern. Das Projekt hat gezeigt, dass die Studienqualität sehr heterogen und die Übertragbarkeit der Studienergebnisse auf Deutschland teilweise stark eingeschränkt ist. Daher muss bei der Verwendung der in der Datenbank enthaltenen Informationen zur Beurteilung der gesundheitlichen Bedeutung von Umweltstressoren immer im Einzelfall geprüft werden, welche der identifizierten Studien nutzbar sind. Die Datenbank, in der alle relevanten Studieninformationen enthalten sind, sowie die Bewertungen der Studien anhand des Kriterienkatalogs können Nutzerinnen und Nutzer bei der Prioritätensetzung unterstützen.

Der Abschlussbericht des Projektes ist als Band 02/2016 in der UBA-Reihe „Umwelt und Gesundheit“ erschienen und im Internet veröffentlicht (<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/das-environmental-burden-of-disease-ebd-konzept> Zugriff am: 01.03.2016).

Danksagung

Das Projekt wurde durchgeführt von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Arbeitsgruppe 7 Umwelt und Gesundheit der Fakultät für Gesundheitswissenschaften, Universität Bielefeld und dem Department Gesundheitswissenschaften der Fakultät Life Sciences, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg (HAW Hamburg).

Das Projekt wurde gefördert mit Mitteln aus dem Umweltforschungsplan des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit und fachlich begleitet vom Umweltbundesamt.

Literatur

Conrad A et al. (2009): Wie krank macht uns unsere Umwelt? Bestimmung und Vergleich gesundheitlicher Belastungen durch Umweltfaktoren. UMID: Umwelt und Mensch – Informationsdienst. (2): 5–8.

Greiner W, Damm O (2010): Die Berechnung von Kosten und Nutzen. In: Schöffski O, Graf von der Schulenburg JM (Hrsg.): Gesundheitsökonomische Evaluationen. Springer. Berlin, Heidelberg: 23–42.

Hajen L, Schumacher H, Paetow H (2006): Gesundheitsökonomie: Strukturen - Methoden - Praxisbeispiele. Kohlhammer. Stuttgart.

Henke K D, Martin K (2006): Die Krankheitskostenrechnung als Entscheidungshilfe. Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz. (49): 19–27.

Kallweit D, Srebotnjak T (2015): Die Berechnung umweltbedingter Krankheitslasten auf dem Prüfstand – Ergebnisse des Forschungsprojekts EBDreview. UMID: Umwelt und Mensch – Informationsdienst (1): 46–49.

Kusche I (2010): Ökologische Politikberatung als Gesellschaftsberatung? In: Büscher C, Japp K P, (Hrsg.): Ökologische Aufklärung. VS Verlag für Sozialwissenschaften. Wiesbaden: 259–280.

Murray C J (1994): Quantifying the burden of disease: the technical basis for disability-adjusted life years. Bull World Health Organ. (72): 429–45.

Prüss-Üstün A et al. (2003): Introduction and methods. Assessing the environmental burden of disease at national and local levels. World Health Organization. Geneva.

Sutcliffe S, Court J (2005): Evidence-Based Policymaking: What is it? How does it work? What relevance for developing countries? Overseas Development Institute. London.

Tobollik M et al. (2014): Combined Evaluation of International Estimations of Environmentally Attributable Disability-Adjusted Life Years and Health Care Costs to Support National Decision-Making. Posterbeitrag. 26th Annual Conference International Society for Environmental Epidemiology (ISEE), 24. –28. August. Seattle.

Tobollik M et al. (2015a): Umweltbedingte Krankheitslasten- und Krankheitskostenanalysen – das GENiUS-Projekt. Posterbeitrag. 10. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Epidemiologie (DGepi) 30. September–2. Oktober. Potsdam.

Tobollik M et al. (2015b). Summary of environmental burden of disease and health care costs analyses for policy advising. Posterbeitrag. 8th European Public Health Conference. Health in Europe – from global to local policies, methods and practices. 14. –17. Oktober. Mailand.

Weingart P Lentsch J (2008): Wissen - Beraten - Entscheiden. Form und Funktion wissenschaftlicher Politikberatung in Deutschland. Weilerswist. Velbrück.

Kontakt

Myriam Tobollik
Umweltbundesamt
Fachgebiet II 1.6 „Expositionsschätzung,
gesundheitsbezogene Indikatoren“
Corrensplatz 1
14195 Berlin
E-Mail: [myriam.tobollik\[at\]uba.de](mailto:myriam.tobollik[at]uba.de)

[UBA]

Der Stromnetzausbau als konfliktträchtiges Terrain

The German power grid extension as a terrain of conflict

Florian Weber, Corinna Jenal, Olaf Kühne

Abstract

With its phase-out of nuclear power generation and the expansion of renewably sourced energy, changes of the national power grid are necessary. Existing networks are to be upgraded and new long-distance north-south power-lines built. This creates resistance and conflict. In sum, the underlying need for grid extension on the one hand, and issues of the technology involved, health, local economies, natural environment, and landscape, as well as participation in the decision-making process on the other, form central fields of conflict. Different health related fears can be differentiated – a focus of this article. Finally, different action related recommendations are briefly outlined.

Zusammenfassung

Im Zuge des Ausstiegs aus der Kernkraft und des Ausbaus erneuerbarer Energien ergeben sich Veränderungen im bestehenden Stromnetz. Vorhandene Leitungstrassen sollen angepasst, andere umfänglich neu gebaut werden, was Widerstände und Konflikte mit sich bringt. Zentrale Konfliktfelder bilden die Bedarfsfrage des Stromnetzausbaus, Beteiligung, die eingesetzte Technik und Gesundheit, Wirtschaft sowie Natur und Landschaft. Verschiedene gesundheitsbezogene Ängste und Befürchtungen lassen sich ausdifferenzieren, die im Mittelpunkt des Beitrages stehen. Abschließend werden hierzu verschiedene handlungsbezogene Empfehlungen angerissen.

Einleitung: Stromnetzausbau und Konflikte

Mit dem Energieleitungsausbaugesetz (EnLAG) wurden bereits im Jahr 2009 zentrale Vorhaben zum Ausbau bestehender deutscher Stromnetze mit fast 2.000 Kilometern Länge festgelegt (Riegel, Brandt 2015: 10). In Folge der Reaktorkatastrophe von Fukushima im Frühjahr 2011 und dem Ausstieg aus der Kernkraft bis 2022 erhält der Aus- und Umbau bestehender Netze allerdings eine neue Dimension: In dem im Juli 2013 in Kraft getretenen Bundesbedarfsplangesetz (BBPlG) wird ein „Bedarf für rund 5.000 Kilometer Netzausbau- und Netzverstärkungsmaßnahmen“ konstatiert (Riegel, Brandt 2015: 10). Dieser wird darüber legitimiert, dass die stark zunehmenden erneuerbaren Energien aus dem windreichen Norden in den energieverbrauchstarken Süden geleitet werden müssten. Neben weitreichender Befürwortung entzündet sich an den Netzausbauplänen auch deutliche Kritik (Forschungsgruppe UmweltPsychologie 2010; Zimmer et al. 2012; Hübner, Hahn 2013).

In einem vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) und vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) ge-

förderten Forschungsvorhaben wurden zwischen November 2014 und Oktober 2015 aus diskurstheoretischer Perspektive (zur Theorie unter anderem Glasze 2013; Kühne et al. 2013; Weber 2013) zentrale aktuelle Argumentationsmuster der Aushandlungsprozesse um den Stromnetzausbau untersucht (Weber et al. 2016).

Eine diskurstheoretische Forschungsperspektive – innerhalb des Vorhabens in Anlehnung an Ernesto Laclau und Chantal Mouffe (Laclau, Mouffe 1985; Laclau 1993) – fragt danach, warum im Alltag bestimmte Deutungen ‚natürlich‘ und ‚fest gegeben‘ erscheinen und potenzielle Veränderungsmöglichkeiten eher in den Hintergrund rücken. So wird beispielsweise die Rolle und Bedeutung eines Bundeskanzlers oder Ministerpräsidenten üblicherweise nicht in Frage gestellt. Gleichzeitig können sich aber selbst in stabilen Strukturen Veränderungen ergeben. Heute wird zum Beispiel in Deutschland die Kernkraft in hohem Maße als nicht ausreichend steuerbar betrachtet und daher mit Risiken verbunden, während diese Technik in den 1960er Jahren noch von der Mehrheit als zukunftsweisend

bewertet wurde (Gleitsmann 2011: 20, 23). Für Laclau und Mouffe (1985: 112) werden vor diesem Hintergrund Diskurse zu Konstellationen, in denen Bedeutung temporär – also für eine bestimmte Zeit – fixiert wird. Zur Leitfrage wird es entsprechend, einerseits fest verankerte Positionierungen zum Stromnetzausbau und gleichzeitig andererseits Veränderungsprozesse zu beleuchten.

Ein Fokus wurde in den Analysen des Forschungsvorhabens auf gesundheitsbezogene Aspekte gelegt, um darauf aufbauend Handlungsempfehlungen zur strahlenschutzbezogenen Kommunikation abzuleiten.

Die Untersuchungen fußen auf einer breiten empirischen Basis: Zur Abbildung medialer Aushandlungsprozesse wurden die ersten 50 Google-Treffer zum Schlagwort ‚Stromnetzausbau‘ (erfasst mit einem PC, mit dem erstmalig eine Suchanfrage zum Netzausbau gestellt wurde) und jeweils etwas mehr als 100 online frei verfügbare Artikel der *Süddeutschen Zeitung* und des *Focus* zur Thematik des Netzausbaus zusammengestellt und ausgewertet. Mittels einer Internetrecherche konnten 90 Bürgerinitiativen mit Internetauftritt und/oder Facebook-Profil ermittelt werden, die sich im Zusammenhang mit dem Netzausbau engagieren und deren Beweggründe quantitativ und qualitativ untersucht wurden.

Darüber hinaus wurden Einschätzungen von 16 Interviewpartnern mit Bundes- und Länderbezug berücksichtigt. Zur Beleuchtung der lokalen Ebene wurden zwei norddeutsche und zwei bayerische

Fallstudien mit insgesamt acht Interviews sowie Artikeln aus acht regionalen und lokalen Zeitungen (jeweils zwischen 60 und 120 Artikel) sowie zusätzliche Materialien (Flyer, öffentliche Briefe, Internetseiten der Kommunen etc.) analysiert.

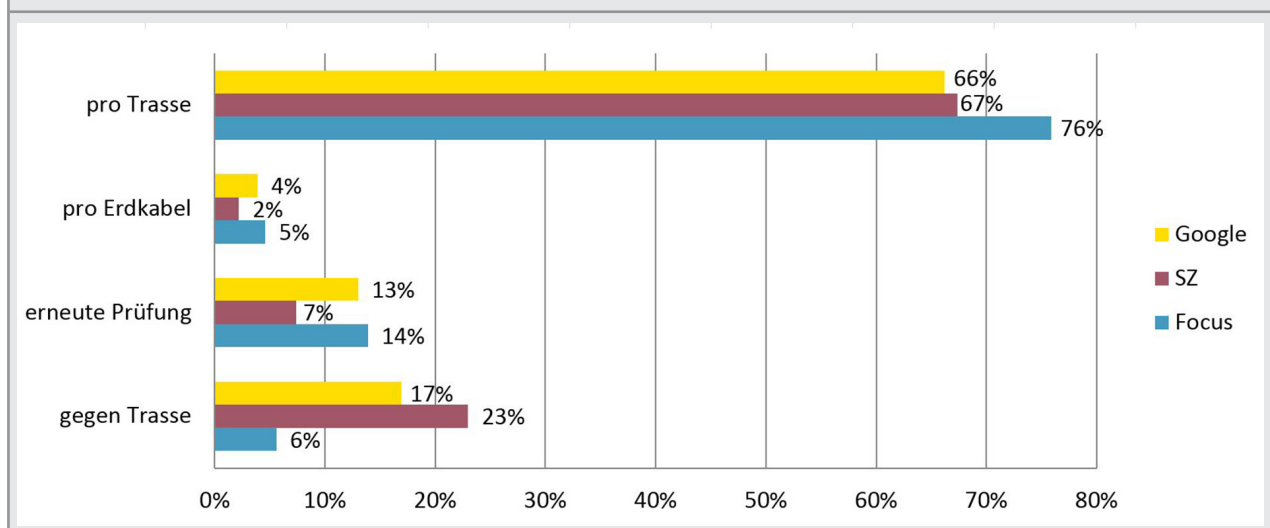
Im Folgenden werden synthetisierend zentrale Aspekte der Befürwortung und der Gegnerschaft in den Mittelpunkt gerückt, um der Frage nachzugehen, welche zentralen Argumentationsmuster die Aushandlungsprozesse im Zuge des geplanten Stromnetzausbaus prägen. Im Besonderen werden gesundheitsbezogene Fragestellungen und Konflikte angerissen. Im abschließenden Fazit werden hierzu mögliche Handlungsansätze skizziert.

Zentrale Ergebnisse

Befürwortung des Stromnetzausbaus

Die Pläne zum Stromnetzaus- und -umbau finden bei vielen Politikerinnen und Politikern, besonders der Bundesebene, aber auch der Landesebene, sowie bei der Bundesnetzagentur und den Übertragungsnetzbetreibern (50Hertz, Amprion, TenneT, TransnetBW) breite Unterstützung. Der Ausstieg aus der Kernkraft und der Ausbau erneuerbarer Energien werden zu zentralen Voraussetzungen einer „gelingenden“ Energiewende, die wiederum auch den Stromnetzausbau erforderlich mache. In einem Artikel des *Focus* heißt es beispielsweise plakativ, die Energiewende sei „tot“, wenn der SuedLink als große Nord-Süd-Trasse in Frage gestellt würde (*Focus*-Artikel vom 13.02.2015). Ohne

Abbildung 1: Zentrale vertretene Positionen innerhalb der Top50-Google-Treffer (n = 77), der SZ-Artikel (n = 135) und der Focus-Artikel (n = 108). Quelle: Eigene Erhebung und Darstellung.



den Netzausbau sei die Energiewende mit dem Ausbau der erneuerbaren Energien „gar nicht zu schaffen“ (geführtes Interview mit einem Amprion-Mitarbeiter) beziehungsweise die Energiewende mache es notwendig, Netze „umzubauen und auszubauen“ (geführtes Interview mit einem TenneT-Mitarbeiter). Energiewende und Stromnetzausbau stehen in engem Verhältnis und werden zu einer wenig hinterfragten ‚Einheit‘.

Die Ausbaubefürwortung zeigt sich auch eindrücklich in einer quantifizierenden Auswertung der in den Top50-Google-Treffern sowie in den Artikeln von *Süddeutscher Zeitung* und *Focus* vertretenen Positionen: Zwischen zwei Drittel und drei Viertel befürworten die bestehenden Trassenplanungen, weniger als ein Viertel lehnen diese ab (**Abbildung 1**).

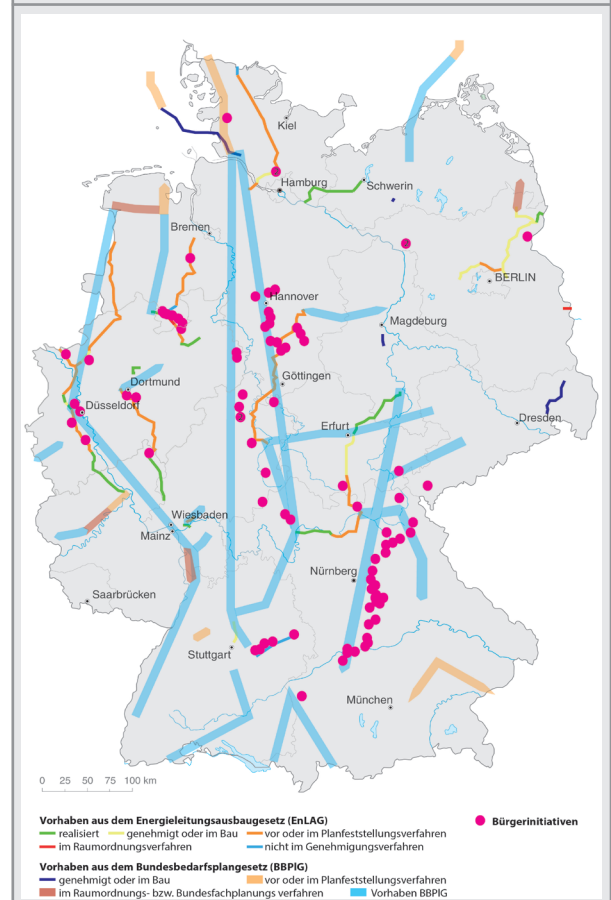
Gerade auf lokaler Ebene regte sich allerdings in Teilen heftiger Widerstand, der nicht folgenlos für die Politik blieb. Stimmte beispielsweise die bayerische Staatsregierung im Juni 2013 dem Stromnetzausbau im Bundesrat zu und forderte noch im Oktober 2013 das bayerische Wirtschaftsministerium einen stärkeren Netzausbau, so können massive Bürgerproteste in Bayern entlang der geplanten Trassenkorridore als Impuls einer Kurskorrektur gedeutet werden. Gerade entlang der avisierten Gleichstrompassage Süd-Ost reißen sich die Bürgerinitiativen wie Perlen auf einer Kette aneinander (**Abbildung 2**).

Im Oktober 2014 lehnte Ministerpräsident Horst Seehofer alle Trassenplanungen innerhalb des Freistaats Bayern ab. Schließlich wurden im Juli 2015 die Gleichstrompassage Süd-Ost und der SuedLink doch als notwendig akzeptiert, allerdings sollten Erdverkabelungen zum Regelfall werden. Diese werden als weniger konfliktbehaftet angesehen, was deutlich wird, wenn Kritikpunkte gegen bestehende Planungen, insbesondere gegen Freileitungen, ausdifferenziert werden.

Kritik an bestehenden Planungen

Bei einer Beleuchtung der Argumente gegen bestehende Planungen neuer Stromtrassen ist das Vorbringen einer Vielzahl und in Teilen auch sehr unterschiedlicher Argumente auffällig. Dies trifft gleichermaßen auf die mediale Berichterstattung, die geführten Interviews und auch auf die ausgewerteten Materialien zu. In einem Artikel von *Focus online*, einem der Google-Treffer, werden beispielsweise als Vorteile von Erdverkabelungen

Abbildung 2: Bürgerinitiativen und Leitungsvorhaben. Leitungsvorhaben aus EnLAG und BBPlG eingezeichnet, ebenso die Sitze der Bürgerinitiativen, soweit Webauftritt/Facebook-Profil über eine Ortsangabe verfügen. Quelle: Eigene Erhebung und Darstellung.



gegenüber Freileitungen „[g]eringerer Geländeverbrauch, keine Leitungsgeräusche, kein Wertverlust der Häuser an der Strecke und vor allem keine Kopfschmerzen und Schlafstörungen durch Elektro-Smog“ vorgebracht. Ein Interviewpartner aus dem BMUB verbindet „Veränderung vor Ort“, „Immobilienwerte“ und „Ästhetik“. Die Aspekte ‚Gesundheit‘, ‚Landschaft‘ und ‚Immobilienwerte‘ tauchen bei Stromnetzausbaueegnerinnen und -gegnern besonders häufig auf (**Textbox 1**). Die verschiedenen Bezüge werden zu verfestigten Bestandteilen der Aushandlungsprozesse – es entsteht ein ‚Problembündel‘, mit dem Planungen kritisiert werden. Die ablehnende Haltung wird untermauert und gefestigt.

Viele der bayerischen Bürgerinitiativen widersprechen mit dem Verweis auf unterschiedliche Gründe dem Trassenausbau. Hierbei wird vielfach der grundsätzliche Bedarf des Stromnetzausbaus hinterfragt (37 von 38 bayerischen Bürgerinitiativen,

Textbox 1: Unterschiedliche vorgebrachte Befürchtungen und Bedenken in Bezug auf den Stromnetzausbau.
Quelle: Eigene Erhebung.

Fünfter Google-Treffer: Artikel von Focus online vom 03.10.2014:

„Die örtliche Bürgerinitiative hat lange für die Verkabelung gekämpft und freut sich, dass der Gemeinde ‚Stahlkolosse‘ für Überlandleitungen erspart bleiben. Geringerer Geländeverbrauch, keine Leitungsgeräusche, kein Wertverlust der Häuser an der Strecke und vor allem keine Kopfschmerzen und Schlafstörungen durch Elektro-Smog, jubelt die ‚Initiative Pro Erdkabel NRW‘.“

Interviewpassage Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB), Interview im März 2015 geführt:

„[E]s geht um die Veränderung vor Ort, wo starke Eingriffe befürchtet werden; man auch Angst hat um Immobilienwerte, [...] später natürlich auch dann die Angst vor der Veränderung der Natur, das sind sehr starke Eingriffe. [Dann] geht es natürlich sehr, sehr stark um Veränderung, um Ästhetik, [...]. Das sind die Ängste, die hochkommen.“

Interviewpassage Deutsche Umwelthilfe e. V. (DUH), Interview im März 2015 geführt:

„Also der Gesundheitsschutz ist auf jeden Fall ein Argument, das zweite ist der Schutz der Landschaft oder der Landschaftsveranschaulung. Das dritte ist der Wertverlust des eigenen Grundstücks, des eigenen Hauses.“

Interviewpassage Bürgerinitiative ‚Keine 380kV-Freileitung am Teuto‘, Interview im März 2015 geführt:

„Jeder redet davon [...], wir wollen unsere Umwelt erhalten, wir wollen unsere Landschaft erhalten, also kann man da nicht einfach davon ausgehen, wir knallen dieses Ding jetzt rein und friss Vogel oder stirb und das Thema ist erledigt. Wir haben eine weitaus erhöhte Belastung durch die elektromagnetische Spannung, durch die Strahlung, durch den Korona-Effekt.“

Rede Kommunalpolitiker im Kontext der Fallstudie ‚Pegnitz unter Strom‘ vom 10.02.2014:

„Das Damoklesschwert HGÜ Passage Süd-Ost schwebt über unseren Köpfen. Wir sind bedroht. Unsere Landschaft ist bedroht. Unsere Gesundheit ist bedroht. Unsere Stadtentwicklung ist bedroht. Unsere Heimat ist bedroht.“

die mit Internet- und/oder Facebook-Auftritt identifiziert wurden), womit es kaum möglich wird, das ‚wie‘ des Stromnetzausbaus zu thematisieren, wenn schon das ‚ob‘ in Frage gestellt wird.

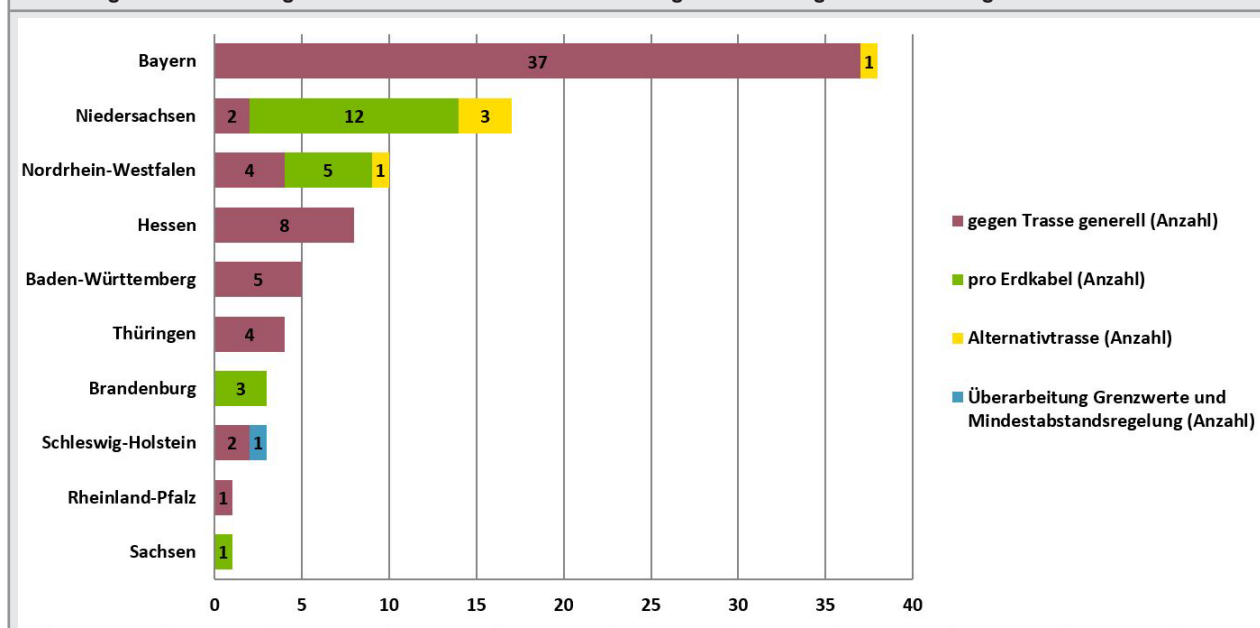
Bei den norddeutschen Bürgerinitiativen wird hingegen der Bedarf eines Stromnetzausbaus als Grundlage einer ‚erfolgreichen‘ Energiewende weitgehend nicht in Frage gestellt: 17 von 27 Bürgerinitiativen aus Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen akzeptieren bestehende Planungen, vier plädieren für Alternativtrassen, nur sechs widersprechen prinzipiell der Notwendigkeit des Trassenausbaus (**Abbildung 3**).

Bei den Bürgerinitiativen in Norddeutschland regt sich Widerstand, der sich in sechs Teilargumentationsbereiche einordnen lässt, die tendenziell dazu dienen, Erdverkabelungen anstelle von Freileitungen einzufordern: unzureichende Beteiligung, Kritik an der eingesetzten Technik (besonders die neue Hochspannungsgleichstromübertragung), Sorgen um Gesundheit, ‚Landschaftsveranschaulung‘, ‚Naturzerstörung‘ sowie Befürchtungen von Immobilienwertverlusten und Einbußen beim Tourismus (also Ökonomie). Auch die bayerischen Bürgerinitiativen nehmen auf diese inhaltsbezogenen Argumente Bezug, allerdings dienen diese tendenziell zur Untermauerung der Infragestellung des Bedarfs neuer Trassen (**Abbildung 4**).

Gerade gesundheitsbezogene Sorgen und Ängste finden sich regelmäßig in den Analysen und neh-

men eine wichtige Position ein. Unter anderem interviewte Mitarbeiter von Amprion, TenneT, Demoenergie und vom niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz nutzen vergleichbar in Ausführungen die Begriffe ‚Sorge‘, ‚Gesundheitsrisiken‘ und ‚Angst‘, mit denen neue Stromtrassen von potenziell Betroffenen in Beziehung gebracht würden. Eine der konkretisierten Ängste manifestiert sich in einem befürchteten, erhöhten Krebsrisiko. Es ergeben sich vergleichbare Interviewpassagen, in denen Risiken angeführt werden, die nicht auszusräumen seien beziehungsweise Hinweise auf erhöhte Kinder-Leukämie-Raten, die weder ganz bestätigt noch ganz ausgeschlossen werden könnten. Es würde zur „schwierige[n] Angelegenheit“, in der Bevölkerung mit der Thematik umzugehen (Interview mit einem Amprion-Mitarbeiter). „[E]inige neuere epidemiologische Bevölkerungsstudien“ sähen „einen möglichen Zusammenhang zwischen Leukämie bei Kindern, neurodegenerative[n] Erkrankungen (Demenz oder Alzheimer) und niederfrequenten Magnetfeldern. Die Hinweise sind jedoch recht spärlich und werden wissenschaftlich kontrovers diskutiert, da es keinen Nachweis bezüglich der biophysikalischen Wirkungsmechanismen gibt, der diesen statistischen Zusammenhang erklären könnte.“ (Interview mit einem Mitarbeiter der Bundesnetzagentur). Ein befragter Mediziner rekurriert wiederum auf Untersuchungen in England, bei denen „ein erhöhtes Risiko für Leukämien“ bei Freileitungs-Exposition hätte nachgewiesen werden können, so dass hier das Risiko als ‚vorhanden‘ gefasst wird.

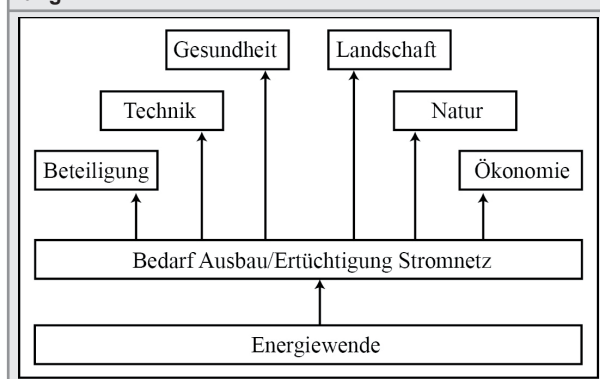
Abbildung 3: Ziele der Bürgerinitiativen nach Ländern. Quelle: Eigene Erhebung und Darstellung.



Im Internetauftritt der Bürgerinitiative ‚Keine 380kV-Freileitung am Teuto‘ (an der Grenze Nordrhein-Westfalen/Niedersachsen) wird „Elektrosmog“ als Verursacher für „Schmerzempfinden (Verspannungen, Kopfschmerzen, Gelenk- und Muskelschmerzen), Tinnitus, Schlafstörungen, Hitzewallungen, Reizung von Nerven- und Muskelzellen, Sehstörungen, Herzrhythmusstörungen, Beeinflussung elektronischer Implantate wie Herzschrittmacher und Insulinpumpen“ bezeichnet. Darüber hinaus wird angeführt, es gäbe eine „hohe Wahrscheinlichkeit von Krebserkrankungen, besonders bei Kindern und Schwangeren“ sowie „Geräusche“ als eine „nicht zu vernachlässigende Dauerbelastung“. In der Rede eines Kommunalvertreters der Stadt Pegnitz heißt es, Gesundheit sei „bedroht“ und „gesundheitliche Risiken durch

elektromagnetische Felder und Ionenstaub und Ionenwolken“ seien „unkalkulierbar“. Entsprechend könne es nicht sein, dass bei Konzernen „die Kassen klingeln“ und die Bürger mit ihrer Gesundheit „herhalten sollen“. In den mit einem Kommunalvertreter von Pegnitz und Mitgliedern der Bürgerinitiative ‚Pegnitz unter Strom‘ geführten Interviews werden Gesundheitsrisiken, unter anderem „durch Magnetismus-Staub und Dreckbündelungen“, die eingeatmet würden, als „Sorgen, die die Menschen haben“ (Kommunalvertreter Pegnitz) beschrieben beziehungsweise Risiken seien gerade nicht auszuschließen. Die Hochspannungsgleichstromübertragungstechnik (HGÜ) wird besonders kritisiert, da hierzu bisher zu wenig Forschung vorläge, um mögliche Auswirkungen einzuschätzen. Die Bürgerinitiativen argumentieren insgesamt sehr stark emotional – sowie ästhetisch in Bezug auf ‚Landschaft‘ –, was von einem hohen Grad der gefühlten Betroffenheit zeugt (Näheres zu diesem Zusammenhang siehe Kühne 2013). Die bestehenden Planungen von Freileitungen beziehungsweise HGÜ-Freileitungen sollen verhindert werden. Obwohl auch bei Erdkabeln magnetische Felder auftreten (elektrische Felder werden vom Erdreich stark abgeschirmt; BfS 2015), so werden diese – bisher zumindest – von vielen potenziell Betroffenen favorisiert und wenig negativ bewertet.

Abbildung 4: Die Energiewende und Konfliktfelder beim Stromnetzausbau. Quelle: Eigene Erhebung und Darstellung.



Fazit und Ausblick

Wie die Ausführungen verdeutlichen, treffen bei Planungen zum Stromnetzausbau unterschiedliche Positionen aufeinander und lassen diese zu einem konflikträchtigen Terrain werden: Auf der einen Seite stehen Befürworter, die den Netzausbau – vielfach eher kognitiv argumentierend (Kühne, Weber 2015) – als erforderlich bewerten, damit die Energiewende gelingen könne. Auf der anderen Seite stehen Gegner bestehender Planungen, wobei deren Positionen unterschiedlich ausfallen. Gerade viele norddeutsche Bürgerinitiativen akzeptieren den Bedarf des Netzausbaus, möchten aber stärker in bestehende Planungen einbezogen und informiert werden. Freileitungen sollen zugunsten von Erdverkabelungen verhindert werden – Erdkabel werden mit geringeren Auswirkungen verbunden.

Viele der bayerischen Bürgerinitiativen stellen dagegen den grundsätzlichen Bedarf des Stromnetzausbaus in Frage und setzen auf eine dezentrale, regionale Energiewende. Während die bayerische Staatsregierung im Zeitverlauf zunächst für den Netzausbau eintrat, lehnte sie diesen in der Folge vor dem Hintergrund massiver Bürgerproteste ab. Nun sollen Gleichstromtrassen in den Freistaat Bayern primär als Erdverkabelungen umgesetzt werden.

Handlungsbezogen gilt es zunächst, den grundlegenden Bedarf noch transparenter und nachvollziehbarer zu machen. Nur wenn die Basis, das Fundament, auf Akzeptanz stößt, können zielführend Auseinandersetzungen um die eingesetzte Technik, Gesundheit, Landschaft, Natur oder Immobilienwerte und Tourismus geführt werden.

Gesundheitsbezogene Aspekte werden in besonderer Weise von Vertreterinnen und Vertretern der Bürgerinitiativen vor Ort aufgegriffen und aufbereitet. Fachwissenschaftliche Erkenntnisse und emotionale Bezugnahmen sowie Befürchtungen und Sorgen können hier so ineinander übergreifen, dass eine Trennung bei der Informationsweitergabe an Dritte nicht mehr ersichtlich ist und damit Meinungen oder Befürchtungen eine Reproduktion als Fakten erfahren. Entsprechend könnte für gesundheitsbezogene Fragestellungen grundlegend eine noch umfänglichere Informationsarbeit insbesondere auf lokaler Ebene sinnvoll sein. Dies gilt im Hinblick auf neueste Erkenntnisse zum aktuellen Wissensstand beziehungsweise zu neu initiiertender Forschung, um Transparenz zu zeigen und einen

Umgang mit vielfältigen Befürchtungen zu finden, die durch ihre Vielfalt in der Bevölkerung diverse Ängste auf- und ausbauen können. Hierzu zählen unter anderem auch konkrete Vergleiche zwischen elektrischen und magnetischen Feldern im Alltag gegenüber Freileitungen und Erdkabeln, um eine ‚Alltagseinordnung‘ zu erreichen. Bestehende Grenzwerte werden vielfach als unzureichend im Verhältnis zu anderen Ländern bemängelt, was aber auch im Zusammenhang mit unterschiedlich definierten Grenzwerten in Beziehung steht: Vermeintliche oder tatsächliche Unterschiede im europäischen Vergleich der Grenzwerte könnten noch transparenter aufbereitet werden.

Danksagung

Wir danken dem BfS und dem BMUB für die Unterstützung des Vorhabens. Unser besonderer Dank gilt auch unseren am Projekt beteiligten Kolleginnen und Kollegen Kerstin Langer, Tina Sanio, Michael Igel und Tobias Sontheim sowie Cornelia Eglomassé-Roidl vom Bundesamt für Strahlenschutz.

Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens werden nach dem Ende des laufenden Abstimmungsprozesses als Ressortforschungsbericht des Bundesamtes für Strahlenschutz veröffentlicht: Weber F, Kühne O, Jenal C, Sanio T, Langer K, Igel M (2016): Analyse des öffentlichen Diskurses zu gesundheitlichen Auswirkungen von Hochspannungsleitungen – Handlungsempfehlungen für die strahlenschutzbezogene Kommunikation beim Stromnetzausbau.

Literatur

BfS – Bundesamt für Strahlenschutz (2015): Feldbelastung durch Hochspannungsleitungen. http://www.bfs.de/DE/themen/emf/netzausbau/basiswissen/feldbelastungen/feldbelastungen_node.html (Zugriff am: 07.12.2015).

Forschungsgruppe UmweltPsychologie (2010): Umweltpsychologische Untersuchung der Akzeptanz von Maßnahmen zur Netzintegration Erneuerbarer Energien in der Region Wahle-Mecklar (Niedersachsen und Hessen). http://www.fg-umwelt.de/assets/files/Akzeptanz%20Netzausbau/Abschlussbericht_Akzeptanz_Netzausbau_Juni2010.pdf (Zugriff am: 18.11.2015).

Glasze G (2013): Politische Räume. Die diskursive Konstitution eines »geokulturellen Raums« – die Frankophonie. Transcript. Bielefeld.

Gleitsmann RJ (2011): Der Vision atomtechnischer Verheißungen gefolgt. Von der Euphorie zu ersten Protesten – die zivile Nutzung der Kernkraft in Deutschland seit den 1950er Jahren. In: *Journal of New Frontiers in Spatial Concepts* 3: 17–26.

Hübner G, Hahn C (2013): Akzeptanz des Stromnetzausbaus in Schleswig-Holstein. Abschlussbericht zum Forschungsprojekt (Institut für Psychologie der Universität Halle-Wittenberg). http://www.forum-netzintegration.de/uploads/media/Akzeptanz_Stromnetz_SH_Mai2013_web.pdf (Zugriff am: 18.11.2015).

Kühne O (2013): Landschaftstheorie und Landschaftspraxis. Eine Einführung aus sozialkonstruktivistischer Perspektive. Springer VS. Wiesbaden.

Kühne O, Weber F (2015): Der Energienetzausbau in Internetvideos – eine quantitativ ausgerichtete diskurstheoretisch orientierte Analyse. In: Kost S, Schönwald A (Hrsg.): *Landschaftswandel – Wandel von Machtstrukturen*. Springer VS Wiesbaden: 113–126.

Kühne O, Weber F, Weber F (2013): Wiesen, Berge, blauer Himmel. Aktuelle Landschaftskonstruktionen am Beispiel des Tourismusmarketings des Salzburger Landes aus diskurstheoretischer Perspektive. In: *Geographische Zeitschrift* 101(1): 36–54.

Laclau E (1993): Discourse. In: Goodin R E, Pettit P (Hrsg.): *A companion to contemporary political philosophy*. Wiley-Blackwell Oxford: 431–437.

Laclau E, Mouffe C (1985): *Hegemony and socialist strategy. Towards a radical democratic politics*. Verso. London.

Riegel C, Brandt T (2015): Eile mit Weile – Aktuelle Entwicklungen beim Netzausbau. In: *ARL-Nachrichten* 45(2): 10–16.

Weber F (2013): *Soziale Stadt – Politique de la Ville – Politische Logiken. (Re-)Produktion kultureller Differenzierungen in quartiersbezogenen Stadtpolitiken in Deutschland und Frankreich*. Springer VS. Wiesbaden.

Weber F et al. (2016): Analyse des öffentlichen Diskurses zu gesundheitlichen Auswirkungen von Hochspannungsleitungen – Handlungsempfehlungen für die strahlenschutzbezogene Kommunikation beim Stromnetzausbau. Im Erscheinen, Veröffentlichung erfolgt als Ressortforschungsbericht des Bundesamtes für Strahlenschutz.

Zimmer R, Kloke S, Gaedtke M (2012): Der Streit um die Uckermarkleitung – Eine Diskursanalyse. Studie im Rahmen des UfU-Schwerpunktes „Erneuerbare Energien im Konflikt“. http://opus.kobv.de/zlb/volltexte/2013/20508/pdf/Streit_um_die_Uckermarkleitung.pdf (Zugriff am: 03.11.2014).

Kontakt

Dr. Florian Weber
Hochschule Weihenstephan-Triesdorf
Am Hofgarten 6
85354 Freising
E-Mail: [florian.weber\[at\]hswt.de](mailto:florian.weber[at]hswt.de)

[BfS]

Soziale und psychische Folgen von nuklearen Notfällen und Katastrophen

Social and mental consequences of radiological emergencies and disasters

Christiane Pölzl-Viol

Abstract

Aim of nuclear emergency management is to minimize negative consequences of radiological exposure for the public in case of an accident in a nuclear plant. Studying health consequences of radiological emergencies, the focus so far was on health consequences of increased radiation exposure. Only a second glance focused on the effects of radiological emergencies on mental health and on social life. The article presents the knowledge on mental and societal effects of radiological emergencies. It argues that physical and mental health effects should be treated as equal. They should be investigated in a combined manner. Previous approaches of interdisciplinary disaster research have to be strengthened. The radiological emergency management should be integrated.

Zusammenfassung

Der radiologische Notfallschutz hat die Aufgabe, die negativen Auswirkungen für Menschen durch erhöhte Strahlenexposition im Falle eines Unfalls in einer kerntechnischen Anlage zu minimieren, das heißt diese möglichst zu vermeiden oder zumindest soweit möglich zu verringern. Bei der Untersuchung der gesundheitlichen Folgen nuklearer Notfälle lag das Hauptaugenmerk bislang auf den Folgen für die physische Gesundheit durch erhöhte Strahlenexposition. Erst der zweite Blick befasste sich mit den Auswirkungen auf die psychische Gesundheit und auf das gesellschaftliche Zusammenleben. Der Artikel beschreibt Erkenntnisse zu psychischen und gesellschaftlichen Auswirkungen bisheriger nuklearer Notfälle. Er plädiert dafür, physische und psychische Gesundheitsbeeinträchtigungen noch stärker kombiniert und gleichrangig zu betrachten. Die bisherigen Ansätze der interdisziplinären Katastrophenschutzforschung müssen gestärkt werden und den Bereich des radiologischen und nuklearen Notfallschutzes mit einbeziehen.

Kernaufgaben des Strahlenschutzes im Notfall

Ziel des Strahlenschutzes ist es, die Bevölkerung vor gesundheitlichen Wirkungen ionisierender Strahlung zu schützen. Auf Basis der Erkenntnisse über gesundheitliche Wirkungen ionisierender Strahlung wurden in der Strahlenschutzverordnung Dosisgrenzwerte für die Bevölkerung und für beruflich strahlenexponierte Personen festgelegt. Es gilt, dass jede Anwendung ionisierender Strahlung gerechtfertigt sein muss (Grundsatz der Rechtfertigung) und dass die Strahlenbelastung auch unterhalb der Grenzwerte so gering wie möglich gehalten werden muss (Grundsatz der Optimierung).

Der radiologische und nukleare Notfallschutz wird aktiviert, wenn es zu einem Unfall in einer kerntechnischen Anlage kommt. Für beide Bereiche – also den Strahlenschutz in Alltag, Beruf, medizinischen Anwendungen und den radiologischen

Notfallschutz – wurde über viele Jahrzehnte ein wissenschaftlich fundiertes, sorgfältig differenziertes System aus Grenzwerten, Richtlinien, Schutz- und Überwachungssystemen entwickelt. Der nukleare Notfallschutz wird unterteilt in anlageninternen Notfallschutz, der auf Basis organisatorischer und technischer Maßnahmen innerhalb einer kerntechnischen Anlage dafür sorgen soll, dass eine Freisetzung radioaktiver Stoffe verhindert oder soweit wie möglich minimiert wird. Anlagenexterne Maßnahmen werden gegebenenfalls zusätzlich zum Schutz der Bevölkerung und der Umwelt ergriffen. Sie unterscheiden zwischen Katastrophenschutz und Strahlenschutzvorsorge. Katastrophenschutzmaßnahmen gegen die ionisierende Strahlung werden zur unmittelbaren Gefahrenabwehr in der näheren Umgebung von kerntechnischen Anlagen ergriffen. Beispiele sind die Evakuierung, die Verteilung und

Einnahme von Jodtabletten, die Aufforderung zum Aufenthalt in Gebäuden, die Warnung der Bevölkerung vor dem Verzehr frisch geernteter Lebensmittel und von Frischmilch. In Gebieten, in denen Katastrophenschutzmaßnahmen nicht gerechtfertigt sind, dienen Maßnahmen der Strahlenschutzvorsorge dazu, die Strahlenexposition der Bevölkerung zu verringern. Mögliche Maßnahmen sind Verbote und Beschränkungen beim Verzehr von Lebensmitteln sowie die Empfehlung bestimmter Verhaltensweisen (mehr Informationen unter: <http://www.bfs.de/DE/themen/ion/notfallschutz/einfuehrung/einfuehrung.html> Zugriff am: 04.02.2016).

Für nukleare Notfälle gibt es festgelegte Zuständigkeiten und Ablaufpläne während der akuten Notfallphase sowie etablierte Wege der Beobachtung und Bewertung der durch den Notfall entstandenen Strahlenexposition und deren gesundheitliche Konsequenzen. Hauptakteure sind die für den Katastrophenschutz zuständigen Behörden der Bundesländer und auf nationaler Ebene Behörden wie das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) und die zugehörige wissenschaftliche Behörde Bundesamt für Strahlenschutz (BfS). Auf internationaler Ebene beobachten und bewerten Institutionen wie die Weltgesundheitsorganisation (WHO), die Internationale Atomenergiebehörde (IAEA), und das Wissenschaftliche Komitee der Vereinten Nationen über die Effekte der atomaren Strahlung (UNSCEAR) die gesundheitliche Beeinträchtigung durch eine unfallbedingte Strahlenexposition, wie zum Beispiel beim Reaktorunglück von Fukushima.

Zusätzlich zu den direkten körperlichen beziehungsweise gesundheitlichen Beeinträchtigungen ist jedes katastrophale Ereignis – dies gilt auch für nukleare Notfälle – belastend und verstörend für eine Vielzahl von Personen und hat folglich eine große Reichweite.

Erkenntnisse zu psychischen und gesellschaftlichen Konsequenzen nuklearer Notfälle

Im Folgenden werden Erkenntnisse über die Auswirkungen nuklearer Notfälle auf die psychische Verfassung der Menschen und auf gesellschaftliche Aspekte beschrieben, die jenseits der Wirkungen gegebenenfalls erhöhter Strahlenbelastung auftreten.

Auswirkungen von Notfällen auf die psychische Verfassung

Allgemeine Erkenntnis ist, dass sich die Rate psychischer Erkrankungen nach Katastrophen im Schnitt um 20 Prozent erhöhen kann. Posttraumatische Belastungsstörungen treten zu 15 bis 75 Prozent auf, je nach Bedrohung durch die Katastrophe und Zeitpunkt der Untersuchung. Unabhängig vom Typ der Katastrophe gibt es Risikofaktoren, welche die Wahrscheinlichkeit psychischer Belastungen erhöhen (Bromet et al. 2011):

- Schwere der Katastrophe, wozu auch die Dauer der Exposition und gegebenenfalls Evakuierungsmaßnahmen gehören.
- Rahmenbedingungen in der Nachunfallphase, wie zum Beispiel praktische oder psychologische Unterstützung, der Zugang zu organisierten Hilfsmaßnahmen, Kompensationen etc.
- Eigenschaften der persönlichen Verletzlichkeit, wie zum Beispiel weibliches Geschlecht, kleine Kinder, psychiatrische Probleme in der Vergangenheit etc. Häufig sind körperliche und psychische Beeinträchtigungen nicht eindeutig voneinander zu trennen.

Radiologische Ereignisse rufen, nicht zuletzt aufgrund ihrer verzögerten und langanhaltenden Wirkungen auf die Gesundheit, eher chronische

PSNV und PTBS

Posttraumatische Belastungsstörungen (PTBS) sind klar abzugrenzen von der „Psychosozialen Notfallversorgung“ (PSNV), die seit längerem Bestandteil des Katastrophenschutzes ist. Die Psychosoziale Notfallversorgung ist ein Oberbegriff für Maßnahmen, die die Erhaltung und Wiederherstellung des psychischen oder seelischen Wohlbefindens zum Ziel haben. Grundlage sind die „...Bemühungen, neben der medizinischen und technischen Hilfeleistung in Notfallsituationen auch psychische, seelische psychosoziale Bedürfnisse von Betroffenen und Einsatzkräften als gleichrangige Handlungsanforderungen wahrzunehmen, anzuerkennen und zu beantworten“ (Perren-Klingler 2015: 3). Deutlich wird, dass sich die PSNV auf Helfer, Einsatzkräfte und akut von einer Krise betroffene Personen bezieht.

Das Handlungsfeld der posttraumatischen Belastungsstörungen (PTBS) dagegen bezeichnet eine psychische Erkrankung aufgrund eines belastenden Ereignisses, die sich in unterschiedlichen psychischen und psychosomatischen Beschwerden manifestiert. PTBS stellen damit einen kleinen Teil der im Folgenden beschriebenen möglichen Folgen von Notfällen dar.

psychopathologische Erkrankungen hervor als andere Katastrophen. Strahlenexposition ist ein klassischer Angstauslöser. Viele körperliche Beschwerden werden darauf zurückgeführt. Den Behörden wird eine unvollständige, widersprüchliche und unverständliche Informationspolitik vorgehalten. Eine uneinheitliche Medienberichterstattung und diverse Gerüchte tragen ihren Teil dazu bei. Oft ist mit nuklearen Notfällen auch eine Schädigung der Umwelt verbunden.

Die folgenden Abschnitte fokussieren auf Unfälle in kerntechnischen Anlagen, wie das Reaktorunglück in Tschernobyl 1986, den Unfall in Fukushima 2011 und die Beinahe-Katastrophe von Three Mile Island 1979.

Tschernobyl 1986

Der Bericht des Tschernobyl-Forums (eine Arbeitsgruppe mehrerer UN-Organisationen und der Regierungen von Russland, Weißrussland und der Ukraine) zum 20. Jahrestag der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl führt aus, dass die Auswirkungen auf die psychische Verfassung die bedeutsamsten Gesundheitsfolgen des Unfalls waren (Bromet et al. 2011; IAEA 2006). 200.000 Personen wurden damals dauerhaft umgesiedelt. Insgesamt circa 350.000 Personen verließen unmittelbar nach dem Unglück dauerhaft die am stärksten exponierten Gebiete. Die Umsiedlung war eine zutiefst traumatische Erfahrung. Die gängige Bezeichnung der betroffenen Bevölkerung als „Tschernobyl-Opfer“ und „Leidtragende“ wurde auch von den Medien aufgegriffen. Evakuierte Personen und Bewohnerinnen und Bewohner von kontaminierten Gebieten fühlten sich schicksalsergeben selbst als Invalide und verhielten sich entsprechend. Nähere Informationen zum Tschernobyl-Unfall sind zu finden unter http://www.bfs.de/DE/themen/kt/unfaelle/tschernobyl/tschernobyl_node.html (Zugriff am: 06.02.2016).

Die Rahmenbedingungen für die Abschätzung der gesundheitlichen Konsequenzen waren ein undurchsichtiges Gemenge aus Todesfällen durch Strahlung, chaotischen Evakuierungen, unsicheren Wohnsituationen für Evakuierte und Empfangsgemeinden und mangelnder Akzeptanz für Patientinnen und Patienten, die ihre Ängste vor gesundheitlichen Folgen durch die Strahlung zeigten. Sie wurden als „radiophob“ bezeichnet und von der medizinischen Gemeinde nicht ernst genommen. Der Zusammenbruch der Sowjetunion führte dazu, dass sich mehrere einschneidende Ereignisse

überlagerten. Die sozioökonomischen Probleme der Evakuierten wurden dadurch weniger offensichtlich. Allerdings eröffnete der gesellschaftspolitische Umbruch auch erst die Möglichkeit, die psychischen Konsequenzen des Tschernobyl-Unfalls transparent zu untersuchen.

Eine Studie, die sechs Jahre nach dem Unglück durchgeführt wurde, zeigte bei der exponierten Bevölkerung einen signifikant höheren Anteil an psychischen Stresssymptomen, einen subjektiv schlechter wahrgenommenen Gesundheitszustand und höhere Medikamenteneinnahme (Havenaar et al. 1997). Auch spätere Studien in der allgemeinen Bevölkerung berichten über erhöhte Raten geringerer Einschätzung der eigenen Gesundheit, Depression, Angststörungen und posttraumatische Belastungsstörungen. Evakuierte Frauen, die zum Zeitpunkt des Unglücks kleine Kinder hatten, sind eine besonders gefährdete Gruppe. Auch 11 beziehungsweise 19 Jahre nach dem Unglück wiesen sie ein höheres Risiko für Depressionen und posttraumatische Belastungsstörungen auf. Sie beschreiben die eigene Gesundheit als weniger gut. Sie zeigen eine hohe Besorgnis über gesundheitliche Konsequenzen der Strahlung auf ihre eigene Gesundheit und die ihrer Kinder. Zahlreiche Familien emigrierten deswegen, beispielsweise nach Israel und später auch in die USA.

Studien zeigen, dass die Ersthelfer und Personen, die in die Aufräumarbeiten involviert waren – die sogenannten Liquidatoren –, auch zwei Jahrzehnte nach dem Unglück erhöhte Depressionsraten und posttraumatische Belastungsstörungen haben (Bromet et al. 2011). Konsequenz ist eine negative eigene Gesundheitseinschätzung, Glaube an eine geringere Lebenserwartung, mangelnde Eigeninitiative und Abhängigkeit von staatlicher Unterstützung. Zum Teil wurde erhöhter Alkoholismus festgestellt. Bisher fehlen allerdings ausreichend angemessene Maßnahmen, um die psychischen Beeinträchtigungen dieser Gruppe zu behandeln oder zu verringern.

Auch Jugendliche, die als Ungeborene oder Kleinkinder evakuiert worden waren, zeigten in einer späteren Untersuchung eine geringere subjektive Gesundheitseinschätzung und mehr ärztlich diagnostizierte Erkrankungen in den Jahren vor der Untersuchung. Allerdings war für sie Tschernobyl nicht immer das prominente Thema, ganz im Gegensatz zu ihren – damals evakuierten – Müttern (Bromet et al. 2009).

Übereinstimmende Erkenntnis der verschiedenen Untersuchungen ist, dass die psychischen Wirkungen nicht eine direkte Folge der Exposition sind. Vielmehr besteht aufgrund der Exposition eine höhere Besorgnis um die eigene Gesundheit, die bis hin zu einem langfristig veränderten Umgang mit Krankheiten und Medikamenteneinnahme führen kann (Havenaar et al. 1997).

Fukushima 2011

Beim Reaktorunglück von Fukushima 2011 führten ein starkes Erdbeben und der nachfolgende Tsunami zu großen Schäden im dortigen Kernkraftwerk (<http://www.bfs.de/DE/themen/kt/unfaelle/fukushima/gesundheitsfolgen/gesundheitsfolgen.html> Zugriff am: 06.02.2016). Mehr als 80.000 Personen wurden evakuiert. Mehrere Personen starben im Zuge der Evakuierungsmaßnahmen. Auch hier legen erste Untersuchungen nahe, dass Aufräumarbeiter und Mütter kleiner Kinder ein höheres Risiko haben für Depressionen, Angstzustände, psychosomatische und posttraumatische Symptome. Diese können direktes Ergebnis ihrer Ängste vor Strahlenexposition sein. Aber auch die gesellschaftliche Stigmatisierung aufgrund der Strahlenexposition trägt ihren Teil dazu bei (Bromet 2014). Manche Aufräumarbeiter im Kernkraftwerk waren persönlich von der Zerstörung durch das Erdbeben und den Tsunami betroffen. Diese Überlagerung verschiedener Belastungsfaktoren erschwert eine Ursachenanalyse. Beobachtet wurde als zusätzliche Belastung, dass Aufräumarbeiter per-

sönlich mit Vorwürfen konfrontiert wurden, die sich im Grunde an das mangelnde Notfallmanagement der Firma TEPCO richteten (Harada 2015).

Three Mile Island 1979

Das Ereignis von Three Mile Island (TMI) ist ein Sonderfall des nuklearen Notfallschutzes. Die Beinahe-Katastrophe im amerikanischen Bundesstaat Pennsylvania führte letztlich zu geringen Freisetzen von Radionukliden und damit zu einer geringen Erhöhung der Strahlenbelastung der Bevölkerung. Die starke Anspannung und die Evakuierungsmaßnahmen verursachten jedoch deutliche psychische Belastungen der Bevölkerung (Dew et al. 1987). Verständlicherweise wurde auch hier die mentale Gesundheit später als das größte resultierende Problem erkannt. Die Wiedereinschaltung des TMI-Reaktors im Jahr 1985 führte zu weiteren psychischen Belastungen. Die psychischen Konsequenzen von Three Mile Island wurden allerdings nicht sehr vertieft untersucht. Zum einen wurde „psychische Gesundheit“ zu dieser Zeit noch stigmatisiert und marginalisiert, Studien dazu waren nicht von allgemeinem Interesse. Zum anderen zog sieben Jahre später der Tschernobyl-GAU die weltweite Aufmerksamkeit auf sich.

Zwischenfazit psychische Konsequenzen von Katastrophen

Alle Unfälle zeigen die Notwendigkeit einer gründlichen und langfristigen Betrachtung der mit einer Katastrophe verbundenen psychischen Beeinträchtigungen auf. Sie verdeutlichen, dass physische und psychische Gesundheit auch im Kontext gesellschaftlicher Prozesse und Veränderungen untersucht werden müssen. Neben dem Erlebnis der Katastrophe sind verschiedene daraus resultierende Einschnitte in das Leben Betroffener eine sekundäre Ursache von Störungen: geänderter Familien- und Berufsstand, Arbeitslosigkeit aufgrund schlechter Gesundheit, Tod des Hauptverdieners durch das Unglück. Soziale Beziehungen müssen neu geordnet und gestärkt werden. Unabhängigkeit und Würde müssen wiedergewonnen werden. Deutlich wird, dass Untersuchungen der psychischen Auswirkungen wichtig sind. Es darf aber nicht bei ihnen belassen werden. Daraus abgeleitet werden müssen Maßnahmen, die diese Effekte abmildern. Dies setzt erst zögernd ein.

Stigma

Stigmatisierung bedeutet, dass eine Eigenschaft einer Person zum prominenten Zuschreibungsmerkmal wird und über andere persönliche Eigenschaften dieser Personen dominiert. Das gesellschaftliche Umfeld ordnet die Personen einer bestimmten Gruppe zu. In der Folge werden die sozialen Kontakte und die Kommunikation durch diese Eingruppierung geprägt. Stigmatisierung ist ein gesellschaftsimmanenter Zuschreibungs- und Ausgrenzungsprozess und findet in vielen Lebensbereichen statt.

Personen, die eine Evakuierung durchlebten, werden in neuen Gemeinschaften angesiedelt. Evakuierung und Umsiedlung sind an sich schon einschneidende Erlebnisse für die Betroffenen. Bei einem nuklearen Notfall tragen die Betroffenen zusätzlich das Stigma der „Evakuierten“ oder „Verstrahlten“. Die externe Zuschreibung prägt die weitere Lebensgestaltung. Evakuierte Personen haben es somit umso schwerer, zur Normalität und einer anderen Selbstzuschreibung zurückzukehren. Sowohl bei der Katastrophe in Tschernobyl als auch in Fukushima war diese Form der Stigmatisierung in hohem Maße zu beobachten.

Auswirkungen auf die gesellschaftliche Ordnung

Jedes Ereignis, dessen Bereich über den lokalen Wirkkreis hinausgeht, hat Auswirkungen auf die Gesellschaft und das gesellschaftliche Zusammenleben. Aussagekräftige Zahlenangaben sind zu den angeführten Beispielen schwer zu finden, daher werden im Folgenden grundsätzliche demografische, ökonomische und politische Auswirkungen beschrieben (Lindell 2011).

Demografische Auswirkungen: Sie entstehen, wenn Ereignisse die Anzahl der Todesfälle oder Geburten sowie den Zu- und Wegzug beeinflussen. In Industriegesellschaften ist meist nicht die Anzahl der Todesfälle maßgeblich für demografische Veränderungen. Vielmehr sorgen Wegzug ganzer Bevölkerungsgruppen (z.B. Hurrikan Katrina, bei dem die Menschen ihr Wohn- oder auch Arbeitsumfeld verloren haben) und Zuzug neuer Gruppen (z.B. Aufräum-Arbeiter) für Veränderungen in der Sozialstruktur.

Ökonomische Auswirkungen: Zerstörung auf den unterschiedlichsten Ebenen, wie im persönlichen Wohnbereich, bei Unternehmen oder behördlichen Einrichtungen, führt zu immensen, schwer zu kalkulierenden Kosten. Zu direkten Verlusten kommen indirekte ökonomische Auswirkungen, die zum Beispiel durch den Tod oder Wegzug von Arbeitskräften, den Wegfall der Infrastruktur für Produktion, Lieferung und Verkauf von Waren, den Verlust von Kunden und industriellen Abnehmern entstehen. Das Beispiel Fukushima zeigte, dass sich Produkte aus der gesamten Region nicht mehr verkaufen lassen, obwohl sie radiologisch nicht belastet sind.

(Gesellschafts-)Politische Auswirkungen reichen von der Gründung lokaler Hilfsinitiativen über die Gründung neuer politischer Parteien bis hin zu Veränderungen in der staatlichen Politik. Transnationale Beziehungen bilden sich neu auf der zivilgesellschaftlichen, der politischen und der wissenschaftlichen Ebene. Seit dem Unglück von Tschernobyl haben sich zum Beispiel in Deutschland über 1.000 größere und kleinere Organisationen zur Unterstützung der Opfer von Tschernobyl gebildet. Noch heute verbringen belarussische Kinder Ferien in Deutschland, auch wenn deren Zahl rückläufig ist. Die Unfälle in Tschernobyl und Fukushima führten zu einem intensiven wissenschaftlichen Austausch zwischen den betroffenen Ländern und innerhalb

der internationalen wissenschaftlichen Community. In Deutschland veränderte Tschernobyl die Auffassung von Wissenschaft, Technik, staatlicher Fürsorge und Risikokommunikation und hatte Einfluss auf die Energiepolitik bis hin zur Entscheidung, aus der Nutzung der Kernenergie auszusteigen.

Im Forschungsfeld der Erinnerungskultur wird analysiert, wie die Katastrophe in öffentlichen Räumen dargestellt und auf verschiedenen politischen und gesellschaftlichen Ebenen gehandhabt wird, welchen Stellenwert Denkmäler haben etc. Wie beispielsweise das Unglück von Tschernobyl von ukrainischer öffentlicher Hand interpretiert und politisch eingebettet wird, hat – auch 30 Jahre danach – entscheidenden Einfluss auf ergriffene Maßnahmen. Der Umgang der Ukraine mit Tschernobyl wandelte sich vom heldenhaften Kampf gegen den unsichtbaren Feind, über das Gedenken an die Katastrophe als nationales Trauma, hin zu Appellen, die Landschaft um Tschernobyl wieder zu beleben (Kasperski 2015). Wenn das Vertrauen der Bevölkerung in den Staat erhalten bleiben soll, dürfen eine politisch gesteuerte Erinnerungskultur und die Wahrnehmung der Menschen nicht zu weit auseinanderklaffen.

Die Rolle von Vertrauen

Vertrauen ist die Grundlage der zwischenmenschlichen Kommunikation und des gesellschaftlichen Zusammenhalts. Vertrauen verringert die Komplexität und Unsicherheiten des täglichen Lebens. Es sorgt dafür, dass eine Person nicht jede Entscheidung und Bewertung selbst vornehmen muss, sondern sich auf die Aussagen anderer Personen oder Institutionen verlassen kann. Vertrauen in die Richtigkeit und Sicherheit der Entscheidungen anderer stärkt den sozialen Zusammenhalt und das Gefühl, Situationen unter Kontrolle zu haben. Ein Mensch mit Vertrauen hält das eigene Verhalten und das anderer Menschen für einschätzbar und vorhersehbar. Ein gut funktionierendes Gesellschaftssystem mit Solidarität und Verlässlichkeit ist eine der Voraussetzungen für eine resiliente Gesellschaft.

In Zeiten von Unsicherheiten, die zum Beispiel durch ein katastrophales Ereignis hervorgerufen werden, ist Vertrauen eine Grundlage für Zuversicht und Resilienz (Hommerich 2012). Sichere und vertrauenswürdige Reaktionen der Behörden auf ein Unglück verringern die Angst der Betroffenen. Dazu gehört auch, öffentliche Besorgnis zu erfassen und angemessen auf Ängste zu reagieren.

Vertrauen ist leicht zu zerstören, und schwer wieder zu erlangen. Untersuchungen rund um Fukushima zeigen auch zwei Jahre nach dem Unglück ein sehr geringes Vertrauen der Bürgerinnen und Bürger in die Regierung und die zuständige Firma TEPCO (Kohzaki 2015).

Zwischenfazit gesellschaftliche Konsequenzen von Katastrophen

In der Phase der Wiederherstellung nach einem Ereignis müssen gesellschaftliche Abläufe wieder neu formiert werden. Diese Prozesse betreffen den Einzelnen ebenso wie breite gesellschaftliche Bereiche. Themen sind die psychische Stabilisierung, die Wiederherstellung der Wohnstätten und die ökonomische Wiederherstellung. Dazu bedarf es großer zeitlicher, personeller und finanzieller Investitionen. Neben der Hilfestellung von außen sind die intrinsischen Bestrebungen der Gesellschaft die treibende Kraft, wieder funktionierende Prozesse herzustellen.

Die Notwendigkeit: Interdisziplinäre Katastrophenforschung

Auch wenn die bisherigen Ausführungen nicht ins Detail gehen konnten, legen sie nahe, dass Katastrophenforschung verschiedene Ebenen betrachten muss. In Deutschland verfolgt zum Beispiel die Katastrophenforschungsstelle in Berlin einen überzeugenden interdisziplinären Ansatz, der sich mit den Entstehungs-, Verlaufs- und Bewältigungsbedingungen beschäftigt. Der Schwerpunkt liegt dabei darauf, die kulturellen und gesellschaftlichen Zusammenhänge von Katastrophen zu verstehen. *„Präventions- und Schutzmaßnahmen müssen daher auf die jeweiligen gesellschaftlichen Verhältnisse, die Einstellungen der Bevölkerung und ihre Verhaltensweisen – also unter Berücksichtigung aller Ebenen, vom Globalen über das Regionale bis zum Lokalen – abgestimmt entwickelt und installiert werden, um nachhaltig wirksam sein zu können. Dies lässt sich nur mit einer intensiven Einbindung der Bevölkerung sowie aller relevanten Akteure des Katastrophenschutzes, der Behörden, der Privatwirtschaft usw. erreichen.“* (Webseite der Katastrophenforschungsstelle Berlin <http://www.polsoz.fu-berlin.de/ethnologie/forschung/arbeitsstellen/katastrophenforschung/allgemeines/index.html> Zugriff am: 04.02.2016).

Katastrophen werden heute nicht mehr nur als von außen auf die Gesellschaft einwirkend interpretiert, sondern als Ergebnis gesellschaftlicher Prozesse gesehen, in denen menschliche Fehlanpassungen, falsche Ressourcennutzung, Armut und Ungerechtigkeiten maßgebliche Faktoren sind. So wird ein „Unfall“ oder ein „Ereignis“ erst im Zusammenspiel mit den gesellschaftlichen Rahmenbedingungen zur

Katastrophe (z.B. Flugrouten direkt über Wohngebiete; Bebauung lawinen- oder erdbebengefährdeter Gebiete). Kleinräumige Einwirkungen stehen im Zusammenhang mit großräumigen Auswirkungen. So ist zum Beispiel der einzelne Betroffene Teil eines Haushalts, der in einer Nachbarschaft in einer Gemeinde lebt. Unternehmen sind Teil von Industriezweigen, die die Wirtschaft prägen. Jede Einheit, die das Funktionieren einer Gesellschaft prägt, hat eine andere Form der Vulnerabilität und erfordert folglich ganz spezifische Maßnahmen zur Erhöhung der so wichtigen Resilienz.

Resilienz

Der Begriff Resilienz wird in verschiedenen Zusammenhängen verwendet. Auf der individuellen Ebene ist es die Bezeichnung für seelische Widerstandskraft – also negative Einflüsse zu erfahren, ohne seelisch zu erkranken. Auf der gesellschaftlichen Ebene kann es bedeuten, Krisen oder Störungen zu verkraften, ohne dass dabei die bisherige Ordnung nennenswert gestört wird. Es kann aber auch bedeuten, dass Gesellschaften in der Lage sind, nach gestörten Prozessen und Funktionsweisen rasch wieder zu einer neuen stabilen Ordnung zu finden.

Bedeutung von Information und Kommunikation im Notfallschutz

Die Information der Bevölkerung über aktuelle Geschehnisse und deren Konsequenzen, über Erkenntnisse und Wissenslücken, über aktuelle und geplante Maßnahmen ist ein wesentlicher Bestandteil eines guten Katastrophenmanagements. Insbesondere in der ersten Phase eines Ereignisses wird oft beobachtet, dass die Menschen nicht mit den Informationen versorgt werden, die sie für ihr eigenes Gefühl der Sicherheit und Kontrolle benötigen.

Die Folgen sind Verunsicherung, beeinträchtigtes Vertrauen, kreative Eigeninitiativen zum Schutz. Es wird angenommen, dass eine bessere Information und Kommunikation die Folgen von Katastrophen für die psychische Gesundheit mildern könnten. Denn Kommunikation bedeutet auch, im ständigen Kontakt mit Betroffenen zu bleiben und Wahrnehmungen und Bedürfnisse zu erkennen. Verhindert werden muss, dass Kommunikation selbst wiederum neue Ängste auslöst. Empfehlungen zur Gestaltung von Warnungen und deren Wirkungen gibt zum Beispiel der Beitrag von Ellen M. Geenen „Warnung der Bevölkerung“ (Geenen 2009).

Empfehlungen zur Kommunikation in der Akutphase eines Ereignisses sind inzwischen in zahlreichen guten Leitfäden zu Krisenkommunikation aufbereitet. Ein Beispiel hierfür ist der Leitfaden Krisenkommunikation des Bundesministerium des Inneren (http://www.bmi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/2008/Krisenkommunikation.pdf?__blob=publicationFile Zugriff am: 04.02.2016). Zur Vorbereitung auf Ereignisse, die sich zu Katastrophen ausweiten könnten, muss die Risikokommunikation sorgfältig gepflegt werden. Sie bereitet auf zukünftige mögliche Ereignisse vor und legt so die Grundlage für Maßnahmen der Krisenkommunikation und des Krisenmanagements.

Risiko- und Krisenkommunikation müssen als eigene Kompetenzfelder im Notfallschutz stärker etabliert werden. Die Kenntnisse über Verhalten und verhaltensbeeinflussende Faktoren müssen nachhaltig Eingang in das Katastrophenmanagement finden. So kann ein Beitrag geleistet werden, psychische und auch gesellschaftliche Konsequenzen aus Notfällen zu verringern.

Fazit und Ausblick

Auf die Maßnahmen des radiologischen und nuklearen Notfallschutzes ist es zurückzuführen, dass die Strahlenexposition durch die beschriebenen radiologischen Notfälle nicht zu größeren als den bekannten gesundheitlichen Auswirkungen führte. Es bleiben als maßgebliche Auswirkungen psychische Belastungen und gesellschaftliche Veränderungen, die zum Teil auch durch die Notfallschutz-Maßnahmen verursacht werden. Umso mehr muss das Augenmerk nach einer Katastrophe darauf liegen. Insbesondere in den vergangenen fünf bis zehn Jahren gab es zahlreiche Ansätze, welche die Auswirkungen von katastrophalen Ereignissen multidimensional betrachten und die Entstehung, den Verlauf und die Bewältigung von Katastrophen interdisziplinär analysieren. Aber immer noch werden häufig die Belastungsfaktoren der gesellschaftlichen Veränderungen und psychischen Beeinträchtigungen sowie ihre immensen Auswirkungen auf die Lebensqualität vernachlässigt. Forschung ist insofern zum Teil auch ein Spiegelbild der gesellschaftlich formulierten Forschungsnotwendigkeiten.

Gesundheit muss als die Summe aus körperlichem und psychischem Wohlbefinden verstanden werden. Das Verständnis und die Akzeptanz für die Rele-

vanz psychischer Leiden muss in allen Ebenen der Gesellschaft weiter gestärkt werden. Den negativen Auswirkungen der Stigmatisierung exponierter Personen muss entgegengewirkt werden.

Kommunikation als verbindendes Element zwischen gesellschaftlichen Subsystemen, Interpretationen und Handlungsempfehlungen muss kompetenter werden. Nur so können Maßnahmen des Katastrophenmanagements aus der Dynamik aller Betroffenen heraus entstehen und wiederum Teil der gesellschaftlichen Dynamik werden.

Der Artikel ist ein Plädoyer dafür, die bisherigen multidimensionalen Ansätze weiter zu stärken. Das in verschiedenen Disziplinen vorhandene Wissen um die gesellschaftlichen Einflussfaktoren bei Katastrophen muss noch stärker zwischen den Akteuren im allgemeinen Katastrophenschutz und im themenspezifischen radiologischen Notfallschutz ausgetauscht werden. Radiologische Schutzmaßnahmen, Warnungen und Handlungsempfehlungen können mit Hilfe des Wissens über gesellschafts- und verhaltensrelevante Faktoren sorgfältiger ausgerichtet werden. Bei Entscheidungen über Schutzmaßnahmen müssen auch die negativen Auswirkungen der Maßnahmen berücksichtigt und im Einzelfall abgewogen werden. Bei derartigen Entscheidungen müssen neben den potenziellen strahlenbedingten Gesundheitsfolgen auch mögliche psychische Belastungen und gesellschaftliche Veränderungen und deren Auswirkungen auf die Gesundheit gleichrangig berücksichtigt werden. Insbesondere das Vertrauen der Gesellschaft, das durch vergangene radiologische Ereignisse stark beeinträchtigt wurde, ist durch kontinuierliche vertrauensbildende Maßnahmen im Rahmen einer bevölkerungszentrierten Risikokommunikation wieder zu stärken. Dabei spielt die Zusammenarbeit mit den lokalen und regionalen Einsatzkräften und Institutionen eine wichtige Rolle.

Literatur

Bromet EJ, Taormina DP, Guey LT et al. (2009): Subjective health legacy of the Chernobyl accident: a comparative study of 19-year olds in Kyiv. BMC Public Health. 2009; 9:417. DOI: 10.1186/1471-2458-9-417.

Bromet EJ, Havenaar JM, Guey LT (2011): A 25 Year Retrospective Review of the Psychological Consequences of the Chernobyl Accident. Clinical Oncology 23: 297–305. DOI:10.1016/j.clon.2011.01.501.

Bromet EJ (2014): Emotional Consequences of Nuclear Power Plant Disasters. *Health Physics* 106, 2: 206–210. DOI: 10.1097/HP.0000000000000012.

Dew MA, Bromet EJ, Schulberg HC et al (1987): Mental Health Effects of the Three Mile Island Nuclear Reactor Restart. *Am J Psychiatry* 144 (8): 1074–1077.

Geenen EM (2009): Warnung der Bevölkerung. In: *Schriften der Schutzkommission Band 1 „Gefahren und Warnung“*. Bonn.

Harada N, Shigemura J, Tanichi M et al. (2015): Mental Health and psychological impacts from the 2011 Great East Japan Earthquake disaster: a systematic literature review. *Disaster and Military Medicine* 1: 17. DOI 10.1186/s40696-015-0008-x.

Havenaar JM, Rumyantzeva GM, van den Brink W et al. (1997): Long-Term Mental Health Effects of the Chernobyl Disaster: An Epidemiologic Survey in Two Former Sowjet Regions. *Am J Psychiatry* 154(11): 1605–1607.

Hommerich C (2012): Trust and Subjective Well-being after the Great East Japan Earthquake, Tsunami and Nuclear Meltdown: Preliminary Results. *International Journal of Japanese Sociology* 2012, 21: 46–64. DOI: 10.1111/j.1475-6781.2012.01169.x.

IAEA (2006): The Chernobyl Forum: 2003–2005 (2006): Chernobyl's Legacy: Health, Environmental and Socio-Economic Impacts. IAEA, Wien. <https://www.iaea.org/sites/default/files/chernobyl.pdf> (Zugriff am: 04.02.2016).

Kasperski T (2015): Political and Social Fallout of the Chernobyl Accident: National Memory and Local Experiences of the Nuclear Disaster in Belarus and Ukraine. Presentation at the Workshop „Social and Psychological Consequences of Disasters and Emergencies“, 14-15th October, Barcelona.

Kohzaki M, Ootsuyama A, Moritake T (2015): What have we learned from a questionnaire survey of citizens and doctors both inside and outside Fukushima? Survey comparison between 2011 and 2013. *J Radiol Prot.* 35(1):N1–17. DOI: 10.1088/0952-4746/35/1/N1.

Lindell MK (2011): Disaster Studies; Sociopedia.isa. DOI: 10.1177/2056846011111.

Perren-Klingler G (2015): Psychische Gesundheit und Katastrophe. Internationale Perspektiven in der psychosozialen Notfallversorgung. 2015. Springer-Verlag. Berlin-Heidelberg. DOI 10.1007/978-3-662-45595-1.

Kontakt

Christiane Pölzl-Viol
Bundesamt für Strahlenschutz
Fachbereich Strahlenschutz und Gesundheit
AG-SG Koordinierung der Aufgabenerledigung des
Fachbereichs
Ingolstädter Landstraße 1
85764 Oberschleißheim
E-Mail: [cpoelzl\[at\]bfs.de](mailto:cpoelzl[at]bfs.de)

[BfS]

Robert Koch-Institut veröffentlicht umfassenden Bericht „Gesundheit in Deutschland“ – Demografischer Wandel und soziale Lage beeinflussen Gesundheit besonders stark –

**Robert Koch Institute publishes the comprehensive report „Health in Germany“
- Demographic changes and social situation affect health particularly strong -**

Anke-Christine Saß, Thomas Ziese

Abstract

The new report „Health in Germany“ of the Federal Health Reporting is a data-based, profound and comprehensive overview of the state of play and the development of health in the population. Like the previous reports, it constitutes a reference for a broad spectrum of important public health topics and addresses a wide readership. The focus is on the occurrence of diseases and on health-related behaviors among adults, children and adolescents in Germany. Moreover, it includes information about provision and use of health care and prevention as well as about health care costs. An emphasis is placed on demographic changes and the influence of the social situation. These two major developments at present substantially determine health and health care in Germany.

Zusammenfassung

Der neue Bericht „Gesundheit in Deutschland“ der Gesundheitsberichterstattung gibt einen datenbasierten, fundierten und umfassenden Überblick über den aktuellen Stand und die Entwicklung der Gesundheit in der Bevölkerung. Wie auch die Vorgängerberichte ist er eine Referenz für ein breites Spektrum Public-Health-relevanter Themen und richtet sich an eine breite Leserschaft. Im Fokus stehen das Krankheitsgeschehen und das Gesundheits- und Risikoverhalten von Erwachsenen, Kindern und Jugendlichen in Deutschland. Darüber hinaus enthält er Beiträge zu Angebot und Inanspruchnahme der Gesundheitsversorgung und Prävention sowie zu den Kosten des Gesundheitswesens. Ein Schwerpunkt liegt auf den Themen demografische Veränderungen und Einfluss der sozialen Lage. Diese zwei großen Entwicklungen bestimmen das Gesundheits- und Versorgungsgeschehen in Deutschland derzeit wesentlich mit.

Im Dezember 2015 ist der neue Bericht „Gesundheit in Deutschland“ erschienen. Er gibt einen umfassenden und fundierten Überblick über den aktuellen Stand und die Entwicklung der Gesundheit in der Bevölkerung. Im Fokus stehen das Krankheitsgeschehen und das Gesundheits- und Risikoverhalten von Erwachsenen, Kindern und Jugendlichen in Deutschland. Es ist der dritte Bericht dieser Art in der Gesundheitsberichterstattung (GBE) des Bundes, die am Robert Koch-Institut (RKI) angesiedelt ist.

Wichtigste Ergebnisse

Insgesamt zeigen die Daten sowohl positive Entwicklungen für die Gesundheit in Deutschland als auch Herausforderungen. Erfreulich ist, dass die Lebenserwartung bei Frauen wie Männern kon-

tinuierlich steigt. Ein weiterer positiver Trend ist der Rückgang schwerer oder tödlicher Krankheiten, beispielsweise Herzinfarkt und Schlaganfall. Chronische Erkrankungen nehmen hingegen weiter zu, beispielsweise Diabetes mellitus Typ 2. Auch für einige Krebserkrankungen steigen die Fallzahlen. Viele dieser Entwicklungen stehen im Zusammenhang damit, dass der Anteil älterer Menschen an der Bevölkerung steigt. Im Bereich der psychischen Gesundheit sind unterschiedliche Entwicklungen zu erkennen: Während epidemiologische Daten keine Zunahme psychischer Störungen nahelegen, steigt ihre Bedeutung bei Fehlzeiten und Frühberentungen deutlich an. Hier spielt auch die Enttabuisierung psychischer Krankheitsbilder eine Rolle. Der Bericht zeigt auch, dass lebensstilbedingte Gesundheitsrisiken in der Bevölkerung weiterhin stark verbreitet sind, selbst wenn zum Beispiel die Rauchquoten seit Anfang der 2000er-Jahre sinken.

Abbildung 1: Titelseite der Broschüre »Gesundheit in Deutschland«. Quelle: RKI.



Ein entsprechend großes Potenzial besteht in den Bereichen Prävention und Gesundheitsförderung.

Aufbau des Berichts

Der Bericht „Gesundheit in Deutschland“ umfasst etwa 500 Seiten und ist in elf Kapitel gegliedert. Zunächst werden die großen Themenbereiche behandelt, die für die Gesundheitsberichterstattung des Bundes, der Länder, Kommunen und auch auf europäischer Ebene zentral sind: Die gesundheitliche Lage wird in *Kapitel 2* „Wie steht es um unsere Gesundheit?“ beschrieben, wobei sowohl über weit verbreitete, insbesondere chronische Krankheiten berichtet wird als auch zum Beispiel über die Gesundheit von Schwangeren und Neugeborenen sowie das Verletzungsgeschehen in Deutschland. Ein wichtiges Thema des Kapitels ist beispielsweise die Verbreitung von Diabetes mellitus in Deutschland, die anhand von Daten aus dem Gesundheitsmonitoring des RKI nachgezeichnet werden kann: Bei 7,2 Prozent aller Erwachsenen zwischen 18 bis 79 Jahren in Deutschland ist ein Diabetes mellitus bekannt, das sind etwa 4,6 Millionen Menschen. 2,0 Prozent aller Erwachsenen (ca. 1,3 Millionen Menschen) haben einen unerkannten Diabetes mellitus. Steigende Fallzahlen in den letzten Jahren können nur zum Teil durch die demografische Alterung er-

klärt werden. Zumindest teilweise könnten sie auf eine verbesserte Früherkennung zurückzuführen sein, möglicherweise aber auch auf die Zunahme lebensstilbedingter Risikofaktoren, insbesondere Adipositas. Folgeerkrankungen des Diabetes, wie Erblindungen und Amputationen, gehen jedoch zurück.

Kapitel 3 „Welche Faktoren beeinflussen die Gesundheit?“ widmet sich den Determinanten der Gesundheit. Hier werden aktuelle Daten zum Gesundheitsverhalten vorgestellt, aber auch Auswertungen zu den Rahmenbedingungen für Gesundheit. Zum Beispiel wird der Frage nachgegangen, welchen Einfluss der sozioökonomische Status oder ein Migrationshintergrund auf die Gesundheit der Menschen haben. Ein beeindruckendes Ergebnis ist hier, dass Frauen mit sehr niedrigem Einkommen eine um acht Jahre geringere Lebenserwartung haben als Frauen mit hohem Einkommen; bei Männern beträgt der Unterschied sogar elf Jahre. Bereits im Kindes- und Jugendalter ist die Gesundheit durch den sozioökonomischen Status der Herkunftsfamilien geprägt. Auch zum Thema Gesundheit von Menschen mit Migrationshintergrund enthält der Bericht aktuelle Daten und Fakten; zur gesundheitlichen Lage von Asylsuchenden gibt es derzeit allerdings nur wenige Informationen. Aufgrund der steigenden Zahlen hat es hohe Priorität, diese Bevölkerungsgruppe besser in ein Gesundheitsmonitoring einzubeziehen. Im Kapitel 3 wird auch über Wohnen und Umwelt und den Einfluss auf die Gesundheit berichtet (*Kapitel 3.6*), unter anderem über Lärmbelastung und Passivrauchbelastung.

Kapitel 4 „Wie steht es um die Prävention und Gesundheitsförderung?“ enthält Informationen zu Angeboten und Akzeptanz entsprechender Maßnahmen in der Bevölkerung. Dabei werden medizinische und nichtmedizinische Präventionsangebote und ihre Nutzung ebenso diskutiert wie Aspekte der Gesundheitsförderung in Betrieben und Kommunen.

Kapitel 5 „Wie haben sich Angebot und Inanspruchnahme der Gesundheitsversorgung verändert?“ umfasst Daten und Fakten zur gesundheitlichen Versorgung. Neben den verschiedenen Sektoren der Versorgung (ambulant, stationär, Pflege) wurden Informationen zu Qualitätssicherung und Qualitätsmanagement in der Versorgung sowie zur Patientenorientierung und Selbsthilfe aufgenommen.

Kapitel 6 „Was geben wir für unsere Gesundheit aus?“ informiert über die Ausgaben im Gesundheitsbereich und beleuchtet auf der anderen Seite die Potenziale der Gesundheitswirtschaft.

In den *Kapiteln 2 bis 6* werden wichtige Themen aus dem Vorgängerbericht „Gesundheit in Deutschland 2006“ aufgegriffen und fortgeschrieben.

In den *Kapiteln 7, 8, 9 und 10* werden ergänzend zur Basisberichterstattung im ersten Teil jeweils neue thematische Schwerpunkte beleuchtet.

Kapitel 7 „Welche Bedeutung kommt Gesundheitszielen im Gesundheitswesen zu?“ widmet sich dem nationalen Gesundheitszieleprozess und befasst sich auch mit den Zieleprozessen auf der Ebene der Länder und Kommunen.

Kapitel 8 „Wie gesund sind die älteren Menschen?“ richtet den Blick auf das höhere Lebensalter und beleuchtet spezifische Aspekte der Gesundheit in der Lebensphase ab 65 Jahren.

Kapitel 9 „Welche Auswirkungen hat der demografische Wandel auf Gesundheit und Gesundheitsversorgung?“ beschreibt die demografischen Veränderungen in Deutschland und leitet die sich daraus ergebenden Folgen für das Gesundheitswesen ab. Es berücksichtigt dabei auch regionale Unterschiede im Altersaufbau der Bevölkerung sowie in den Versorgungsstrukturen.

Im Mittelpunkt von *Kapitel 10* „Wo steht Deutschland im europäischen Vergleich?“ steht die Gegenüberstellung der Gesundheitsdaten für Deutschland mit Ergebnissen aus dem Ausland. Anhand ausgewählter Indikatoren wird die Situation in Deutschland insbesondere im europäischen Kontext (EU 27) betrachtet.

Das abschließende *Kapitel 11* fasst die wichtigsten Ergebnisse und Erkenntnisse des Berichts zusammen und verdeutlicht die Relevanz der Gesundheitsberichterstattung für Public Health und die Gesundheitspolitik in Deutschland.

Entwicklungen im Gesundheits- und Versorgungsgeschehen in Deutschland

Der Bericht verdeutlicht, dass es derzeit vor allem zwei große Entwicklungen sind, die das Gesundheits- und Versorgungsgeschehen in Deutschland wesentlich mitbestimmen: die demografischen Veränderungen und der starke Einfluss der sozialen Lage auf die Gesundheit. Ein niedriger Sozialstatus geht mit einer geringeren Lebenserwartung einher. Auch Krankheiten wie Herzinfarkt, Schlaganfall, Diabetes mellitus und Depression betreffen Menschen mit niedrigem Sozialstatus häufiger. Die gesundheitliche Entwicklung ist bereits im Kindes- und Jugendalter mit der sozialen Herkunft assoziiert, beispielsweise die Verbreitung von Übergewicht und psychischen Auffälligkeiten. Da sich durch den demografischen Wandel der Altersaufbau in Deutschland künftig weiter in Richtung alter und hochaltriger Bevölkerungsgruppen verschieben wird, ergeben sich Herausforderungen für das Gesundheitswesen. Beispielsweise ist mit einer weiteren Zunahme nichtübertragbarer Erkrankungen wie Diabetes mellitus, Krebs sowie Demenz zu rechnen. Dies hat vielfältige Auswirkungen auf das Versorgungssystem, zum Beispiel auf das Pflegekräftepotenzial.

Fazit

Der nun vorliegende Bericht ist der dritte umfassende Gesundheitsbericht der GBE des Bundes. Der erste Bericht „Gesundheit in Deutschland“ wurde 1998 veröffentlicht und markierte den Einstieg in die Routinephase der Gesundheitsberichterstattung des Bundes, der Nachfolgebericht wurde im Jahr 2006 publiziert. Für den aktuellen Bericht konnte auf deutlich verbesserte Datengrundlagen zurückgegriffen werden: Im Rahmen des Gesundheitsmonitorings am RKI werden seit 2008 regelmäßig große bevölkerungsbezogene Gesundheitserhebungen bei Kindern und Erwachsenen durchgeführt, sowohl Befragungen als auch Untersuchungen. Die Ergebnisse der Studien KiGGS („Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland“), DEGS („Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland“) und GEDA („Gesundheit in Deutschland aktuell“) sind in den Bericht eingeflossen. Darüber hinaus wurde das gesamte Datenspektrum der Gesundheitsberichterstattung genutzt: belastbare, repräsentative und

qualitätsgesicherte Daten und Ergebnisse aus epidemiologischen Studien, epidemiologischen Registern, Routinedaten der Sozialversicherungsträger und aus amtlichen Statistiken.

Wie alle Publikationen der Gesundheitsberichterstattung wendet sich der Bericht an eine breite Leserschaft: wissenschaftliche Expertinnen und Experten, Ärztinnen und Ärzte, die Fachöffentlichkeit, Studierende, Journalistinnen und Journalisten, Politikerinnen und Politiker, Gesundheitsämter, Krankenkassen, Wohlfahrtsverbände, Selbsthilfeorganisationen, Bürgerinnen und Bürger.

Der Bericht „Gesundheit in Deutschland“ bietet mit seinen vertiefenden Darstellungen zu zahlreichen Themen einen guten Überblick über die Gesundheit der Menschen in unserem Land und zeigt aktuelle Entwicklungen auf. Wie auch die Vorgängerberichte ist diese Publikation der GBE eine Referenz für ein breites Spektrum Public-Health-relevanter Themen. Zusammen mit den anderen Ergebnissen der Gesundheitsberichterstattung liefert er eine wichtige Informationsbasis und Orientierung für

die Wissenschaft und für Akteure, die Prozesse und Maßnahmen zur Verbesserung der Gesundheit gestalten. Er unterstützt damit evidenzbasierte Entscheidungen für mehr Gesundheit in Deutschland.

Der Bericht steht unter <http://www.rki.de/gesundheitsbericht> kostenfrei zur Verfügung und kann sowohl als Gesamtbericht als auch in Einzelkapiteln heruntergeladen werden. Weitere Angebote der GBE finden Sie unter <http://www.rki.de/gbe>.

Kontakt

Dr. Anke-Christine Saß
Robert Koch-Institut
Abteilung für Epidemiologie und
Gesundheitsmonitoring (Abt. 2)
FG 24 Gesundheitsberichterstattung
Postfach 650261
13302 Berlin
E-Mail: [SassA\[at\]rki.de](mailto:SassA[at]rki.de)

[RKI]

Neue Broschüre »Krebs in Deutschland« im Dezember 2015 erschienen

New brochure »Cancer in Germany« published in December 2015

Manuela Franke, Julia Fiebig

Abstract

The German Centre for Cancer Registry Data (ZfKD) at the Robert Koch Institute (RKI) and the Association of Population-based Cancer Registries in Germany (GEKID) have jointly published the new brochure »Cancer in Germany 2011/2012« in December 2015. This brochure is available for download in German and will soon also be available in English on the web page of the ZfKD at www.krebsdaten.de.

Zusammenfassung

Das Zentrum für Krebsregisterdaten (ZfKD) im Robert Koch-Institut (RKI) hat Ende 2015 gemeinsam mit der Gesellschaft der epidemiologischen Krebsregister in Deutschland e.V. (GEKID) die neue Publikation »Krebs in Deutschland 2011/2012« veröffentlicht. Auf der Webseite des ZfKD steht diese Broschüre in deutscher und demnächst auch in englischer Sprache zum Download zur Verfügung (www.krebsdaten.de).

Wichtigste Ergebnisse

Im Dezember 2015 hat das Zentrum für Krebsregisterdaten (ZfKD) des Robert Koch-Instituts (RKI) gemeinsam mit der Gesellschaft der epidemiologischen Krebsregister in Deutschland e.V. (GEKID) die neueste Ausgabe ihrer Broschüre »Krebs in Deutschland« publiziert (RKI, GEKID 2015; **Abbildung 1**). Für diese nun vorliegende 10. Ausgabe konnten für das Vorwort Autoren der ersten Ausgabe gewonnen werden, die die Entstehungsgeschichte dieser Publikation beschreiben.

Publiziert wird die Broschüre etwa alle zwei Jahre, die erste Ausgabe 1997. Die Ergebnisse der aktuellen Ausgabe basieren auf den anonymisierten Daten der epidemiologischen Krebsregister (EKR) der Länder bis zum Jahr 2012, die jährlich nach dem Bundeskrebsregisterdatengesetz (BKRG 2009) an das ZfKD geliefert, hier geprüft und zusammengeführt werden. Die epidemiologische Krebsregistrierung in Deutschland erfasst Krebsneuerkrankungen mittlerweile flächendeckend. Die Vollzähligkeitsschätzung des ZfKD für das Jahr 2012 ergab, dass zwölf Bundesländer eine Erfassung von mindestens 90 Prozent erreichten. Sieben Länder erfassen sogar über 95 Prozent der für 2012 geschätzten Neuerkrankungen real in ihren Registern. Bis alle EKR Krebsneuerkrankungen in den Ländern vollzählig registrieren, muss das ZfKD für bundesweite Auswertungen die Zahlen der jährlichen Krebsneu-

erkrankungen auf Basis der vollzählig erfassenden Register weiterhin schätzen.

Abbildung 1: Titelseite der Broschüre »Krebs in Deutschland 2011/2012« (RKI, GEKID 2015). Quelle: RKI.



Aktuelle Zahlen

Insgesamt werden in der neuesten Ausgabe der Broschüre Ergebnisse zu 27 verschiedenen Krebsarten und Krebs gesamt dargestellt. Neu hinzugekommen ist ein Kapitel zu Tumoren des Weichteilgewebes. Wichtige epidemiologische Maßzahlen zur Erkrankungshäufigkeit und zur Sterblichkeit sowie Angaben zum Erkrankungs- und Sterberisiko werden für jede Krebsart berichtet. Zusätzlich zeigen Grafiken sowohl Trendverläufe und die Verteilung der Tumorstadien bei Erstdiagnose als auch regionale und internationale Vergleiche der Neuerkrankungs- und Sterberaten. Erstmals wurden Überlebensraten bis zu zehn Jahren nach Diagnose berechnet. Texte zu Früherkennungsmaßnahmen und Risikofaktoren, aktualisiert vom Krebsinformationsdienst des Deutschen Krebsforschungszentrums, ergänzen die einzelnen Kapitel. Unter den vermeidbaren Risikofaktoren hat der Tabakkonsum die größte Bedeutung, da dem Rauchen nach Schätzungen des ZfKD in Deutschland 2008 insgesamt etwa 15 Prozent aller Krebserkrankungen zuzuschreiben war. Überschätzt wird von vielen Menschen zumindest für Deutschland der Einfluss von Schadstoffen und Verunreinigungen von Lebensmitteln, ebenso der von Umwelteinflüssen oder Belastungen am Arbeitsplatz, die jedoch im Einzelfall auch einen wesentlichen Anteil an der Krebsentstehung haben können. Wie bisher werden Krebserkrankungen bei Kindern in einem eigenen Abschnitt, vom Deutschen Kinderkrebsregister Mainz, beschrieben.

Im Jahr 2012 sind in Deutschland rund 478.000 Menschen neu an Krebs erkrankt. Betroffen sind

225.890 Frauen und 252.060 Männer, zeigt die aktuellste Schätzung des Zentrums für Krebsregisterdaten. Nach wie vor erkrankten Frauen am häufigsten an Brustkrebs (etwa 69.550 Fälle) und Männer an Prostatakrebs (etwa 63.710 Fälle). Tumoren des Darms und der Lunge sind mit insgesamt circa 62.230 beziehungsweise 52.520 Neuerkrankten die zweit- beziehungsweise dritthäufigste Krebserkrankung in Deutschland (**Abbildung 2**).

Die Überlebensraten sind für Erkrankte mit Hodenkrebs, Schilddrüsenkrebs oder einem malignem Melanom der Haut im Durchschnitt annähernd so hoch wie in der gleichaltrigen Allgemeinbevölkerung. Immer noch sehr ungünstig hingegen ist die Prognose für die meisten Betroffenen mit Tumoren in Leber, Lunge oder Bauchspeicheldrüse oder einem Mesotheliom der Pleura.

Die Angaben zur Sterblichkeit in der Broschüre sind der amtlichen Todesursachenstatistik des Statistischen Bundesamtes entnommen. Demnach verstarben 119.717 Männer und 101.206 Frauen im Jahr 2012 an Krebs. Wie bisher starben Männer am häufigsten an Tumoren der Lunge, des Darms und der Prostata, Frauen hingegen an Krebs der Brustdrüsen, der Lunge und des Darms. Bauchspeicheldrüsenkrebs ist bei beiden Geschlechtern die vierthäufigste Krebstodesursache.

ZfKD-Webseite

Seit Dezember 2013 bietet das Zentrum für Krebsregisterdaten eine interaktive Datenbank auf ihrer

Abbildung 2: Prozentualer Anteil der häufigsten Tumorlokalisationen an allen Krebsneuerkrankungen in Deutschland 2012 (ohne nicht-melanotischen Hautkrebs). Quelle: RKI, GEKID 2015.

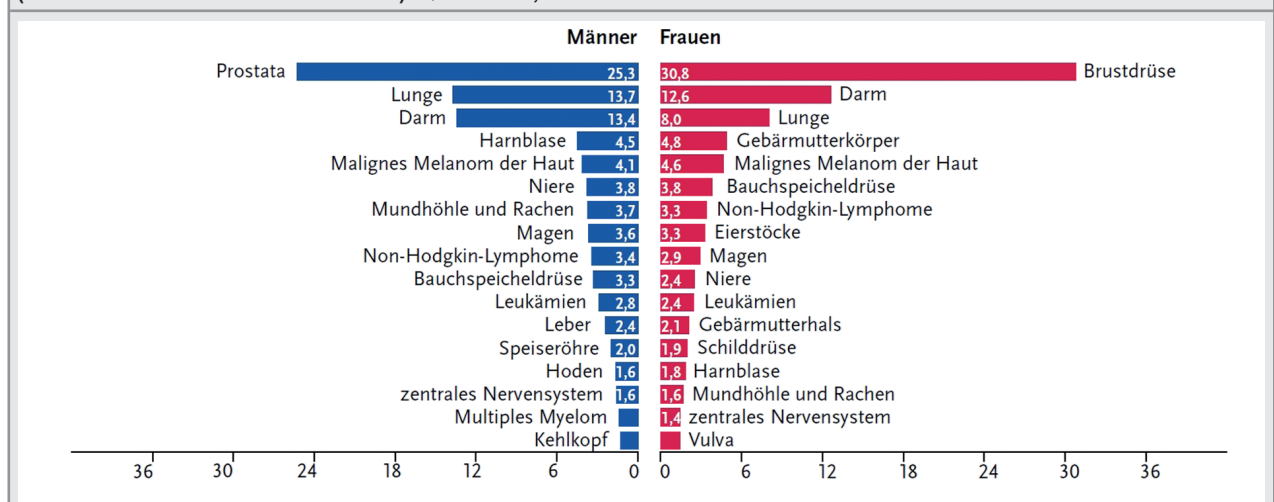


Abbildung 3: Abfrageformular der interaktiven Datenbank www.krebsdaten.de/abfrage (Zugriff am: 22.01.2016). Quelle: RKI.

Webseite an (s. <http://www.krebsdaten.de/abfrage>). Die Daten werden seitdem jährlich aktualisiert und ergänzt. Individuelle Fragestellungen und eigene Auswertungen können mittels verschiedener Auswahlkriterien bearbeitet werden (**Abbildung 3**). Angeboten werden Statistiken zu Inzidenz und Mortalität, Prävalenz und Überleben. Sie beruhen auf den anonymisierten Daten der epidemiologischen Krebsregister der einzelnen Länder. Die Angaben zu den Todesfällen stammen aus der Todesursachenstatistik des Statistischen Bundesamtes (Statistisches Bundesamt 2015). Im Jahr 2015 nutzten etwa 26.000 Interessierte die vom ZfKD angebotene Datenbank und ließen sich knapp 54.000 Ergebnisse generieren und darstellen.

»Krebs in Deutschland 2011/2012« kann als Druckversion kostenfrei über krebsdaten@rki.de bestellt werden. Darüber hinaus kann die Broschüre als Gesamtdatei oder in Einzelkapiteln auf der Webseite des ZfKD unter <http://www.krebsdaten.de> heruntergeladen werden.

Literatur

Bundesgesetzblatt (2009): Begleitgesetz zur zweiten Föderalismusreform. Art. 5 Bundeskrebsregisterdatengesetz (BKRG). BGBl. I Nr. 53 S. 2707-2708, ausgegeben zu Bonn am 17. August 2009.

RKI, GEKID (2015): Krebs in Deutschland 2011/2012.10. Ausgabe. Robert Koch-Institut (Hrsg) und die Gesellschaft der epidemiologischen Krebsregister in Deutschland e.V. (Hrsg). Berlin, 2015.

Statistisches Bundesamt DESTATIS, Wiesbaden 2015, Amtliche Todesursachenstatistik: <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/Gesundheit/Todesursachen/Todesursachen.html> (Zugriff: Oktober 2015).

Kontakt

Manuela Franke (Dipl.-Dokumentarin)
Robert Koch-Institut
Zentrum für Krebsregisterdaten
General-Pape-Straße 62-66
12101 Berlin
E-Mail: [krebsdaten\[at\]rki.de](mailto:krebsdaten[at]rki.de)

[RKI]



Diese Publikationen können Sie auf der Internetseite des Umweltbundesamtes www.umweltbundesamt.de kostenfrei lesen und herunterladen.