

Ausgabe 2 • 2014

Oktober 2014



**Schwerpunkt: Umwelt und Gesundheit  
in Stadtentwicklung und -planung**

**Außerdem in diesem Heft:**

Beiträge aus dem Workshop „Mischexpositionen und Kombinationswirkungen“

Humane Nickelallergie – Vorkommen, Mechanismen, Produktsicherheit

Häufigkeit von Sensibilisierungen gegen Allergene von Beifuß und Ambrosia

Kernkraftwerke in Deutschland – Entwicklungen im anlagenexternen Notfallschutz





Aktionsprogramm  
Umwelt und Gesundheit  
(APUG)

# UMID

Ausgabe 2 • 2014

**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. 02/2014**

**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

<b>Redaktion:</b>	Dr. Suzan Fiack Bundesinstitut für Risikobewertung Thielallee 88-92 14195 Berlin E-Mail: <a href="mailto:pressestelle[at]bfr.bund.de">pressestelle[at]bfr.bund.de</a>	Dr. med. Ute Wolf Robert Koch-Institut General-Pape-Straße 62-66 12101 Berlin E-Mail: <a href="mailto:u.wolf[at]rki.de">u.wolf[at]rki.de</a>
	Dr. Monika Asmuß Bundesamt für Strahlenschutz Ingolstädter Landstraße 1 85764 Oberschleißheim (Neuherberg) E-Mail: <a href="mailto:masmuss[at]bfs.de">masmuss[at]bfs.de</a>	Dr. Hedi Schreiber Umweltbundesamt Corrensplatz 1 14195 Berlin E-Mail: <a href="mailto:hedi.schreiber[at]uba.de">hedi.schreiber[at]uba.de</a>

**Redaktion Schwerpunkt:** Christiane Bunge (Dipl.-Soz.)  
Umweltbundesamt  
Corrensplatz 1  
14195 Berlin  
E-Mail: [christiane.bunge\[at\]uba.de](mailto:christiane.bunge[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](mailto:kerstin.gebuhr[at]uba.de)

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

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

UMID im Internet: <http://www.umweltbundesamt.de/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: Bürgerpark Bielefeld. Foto: Thomas Claßen.

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

## SCHWERPUNKT: UMWELT UND GESUNDHEIT IN STADTENTWICKLUNG UND -PLANUNG

Umweltgerechtigkeit im städtischen Raum – Erfolgsfaktoren für eine Implementierung im kommunalen Handeln.....	5
Environmental justice in urban areas – Factors of success for implementing on the local level <i>Christa Böhme, Thomas Preuß, Christiane Bunge</i>	
Planung für gesundheitsfördernde Stadtregionen – Ein Bericht aus dem Arbeitskreis der Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL) .....	11
Planning for health-promoting urban regions – A report from the working group of the Academy for Spatial Research and Planning (ARL) <i>Sabine Baumgart</i>	
Umweltgerechtigkeit im Land Berlin – Zur methodischen Entwicklung des zweistufigen Berliner Umweltgerechtigkeitsmonitorings .....	16
Environmental justice in the state of Berlin – New concepts and methods of the two-stages monitoring of environmental justice <i>Heinz-Josef Klimeczek</i>	
Gesundheitsfördernde Stadtentwicklung für alle: Gemeinsam den Bestand entwickeln .....	23
Healthy urban development for all: Jointly developing existing urban neighbourhoods <i>Heike Köckler, Beate Blättner, Gabriele Bolte, Johannes Flacke, Andrea Rüdiger, Sabine Baumgart</i>	
Welchen Beitrag leisten urbane Grünräume (Stadtgrün) und Gewässer (Stadtblau) für eine gesundheitsförderliche Stadtentwicklung? Einblicke in die Arbeit der Juniorforschungsgruppe „StadtLandschaft & Gesundheit“ .....	30
Healthy urban open spaces? Contributions of urban green and blue spaces to healthy urban development: Insights into the work of the young researchers group „Urban Landscapes & Health“ <i>Thomas Claßen, Sebastian Völker, Hendrik Baumeister, Angela Heiler, Jasmin Matros, Thorsten Pollmann, Thomas Kistemann, Alexander Krämer, Frank Lohrberg, Claudia Hornberg</i>	
Leitlinien Schutzgut Menschliche Gesundheit – Für eine wirksame Gesundheitsfolgenabschätzung in Planungsprozessen und Zulassungsverfahren .....	38
Guidelines for Protection of Human Health – Assuring effective health impact assessment in planning processes and approval procedures <i>Thomas Knetschke und Thomas Claßen für die Arbeitsgemeinschaft Menschliche Gesundheit der UVP-Gesellschaft e.V.</i>	
Der Schutz ruhiger Gebiete – Ein Beitrag zur Stadtentwicklung .....	44
The protection of quiet areas – A contribution to urban development <i>Matthias Hintzsche</i>	

## **WORKSHOP „MISCHEXPOSITIONEN UND KOMBINATIONSWIRKUNGEN“**

Mischexpositionen und Kombinationswirkungen – Arbeitskreis diskutiert aktuelle Fragen aus der Sicht von Umwelt & Gesundheit .....	55
Mixed exposures and combined effects – Working group discusses current aspects from environmental health perspective <i>André Conrad, Michael Hoopmann, Dorothee Twardella</i>	
Belastung der Bevölkerung mit Weichmachern – Studienergebnisse und Stand der Diskussion zu einer kumulativen Risikobewertung .....	58
Population's internal exposure to plasticizers – Study results and status quo of the discussion on cumulative risk assessment <i>Petra Apel, André Conrad, Ulrike Fiddicke, Marika Kolossa-Gehring</i>	
Goldgewinnung mit einfachen Methoden: Vielfältige Gesundheitsgefahren im handwerklichen Kleingoldbergbau .....	66
Gold extraction with simple methods: Diverse health hazards in artisanal small-scale gold mining <i>Nadine Steckling, Stephan Böse-O'Reilly</i>	
Methodische Aspekte bei der Modellierung des Zusammenhanges zwischen einer Exposition gegenüber Bioaerosolen und respiratorischen Symptomen .....	73
Methodological aspects in modeling the relationship between an exposition to bioaerosols and respiratory symptoms <i>Michael Hoopmann</i>	

## **WEITERE BEITRÄGE**

Nagetierbekämpfung mit Antikoagulanzen – Was ändert sich durch die Biozid-Zulassung für die Praxis? .....	79
Rodent control using anticoagulant rodenticides – What changes due to the biocidal product authorisation? <i>Erik Schmolz, Stefanie Wieck, Anton Friesen</i>	
Die humane Nickelallergie – Vorkommen, Mechanismen, Produktsicherheit .....	87
Human nickel allergy – Background, mechanisms, product safety <i>Hermann-Josef Thierse, Andreas Luch</i>	
Die Häufigkeit von Sensibilisierungen gegen Allergene von Beifuß und Ambrosia. Ergebnisse der Studie des Robert Koch-Instituts zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1) .....	96
Frequency of sensitizations to allergens of mugwort and ragweed. Results of the German Health Interview and Examination Survey for Adults (DEGS1) of the Robert Koch Institute <i>Detlef Laußmann, Marjolein Haftenberger, Michael Thamm</i>	
Kernkraftwerke in Deutschland – Neue Entwicklungen im anlagenexternen Notfallschutz .....	102
Nuclear powerplants in Germany – Recent developments in off-site nuclear emergency preparedness and response <i>Florian Gering</i>	

# Umweltgerechtigkeit im städtischen Raum – Erfolgsfaktoren für eine Implementierung im kommunalen Handeln

## Environmental justice in urban areas – Factors of success for implementing on the local level

*Christa Böhme<sup>1</sup>, Thomas Preuß<sup>1</sup>, Christiane Bunge<sup>2</sup>*

### Abstract

From January 2012 to September 2014 the German Institute of Urban Affairs (Difu) carried out the research project „environmental justice in urban areas“, funded by the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety (BMUB) and the Federal Environment Agency (UBA). The project aimed at providing a basis and recommendations for implementing the new cross-cutting issue environmental justice on the local level. It will be crucial to link environmental justice with existing activities of the local authorities with focus on interdepartmental cooperation and to anchor environmental justice in the decision making processes at the local level. To achieve these fundamental requirements, the local authorities, but also the federal government and federal states should take an active part in the process in various ways.

### Zusammenfassung

Das Deutsche Institut für Urbanistik (Difu) hat von Januar 2012 bis September 2014 mit Förderung des Umweltbundesamtes (UBA) und des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) das Forschungsvorhaben „Umweltgerechtigkeit im städtischen Raum“ durchgeführt. Ziel dieses Vorhabens war es, Grundlagen und Empfehlungen zu erarbeiten, um das neue Querschnittsthema Umweltgerechtigkeit im kommunalen Handeln zu implementieren. Für diese Implementierung – so ein zentrales Ergebnis des Vorhabens – wird es entscheidend darauf ankommen, das Thema angedockt an laufende Prozesse in der Kommunalverwaltung ressortübergreifend zu bearbeiten sowie kommunalpolitisch zu verankern. Zur Erfüllung dieser grundlegenden Voraussetzungen können die Kommunen selbst, aber auch Bund und Länder auf vielfältige Weise beitragen.

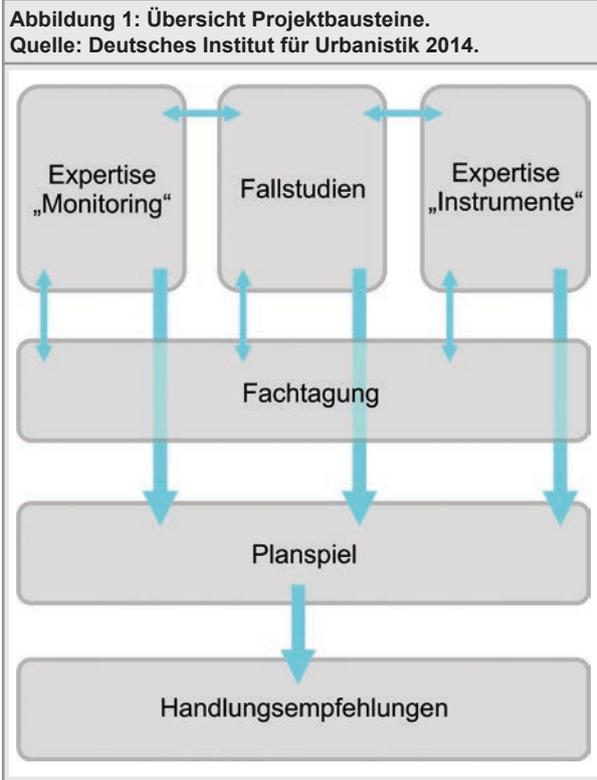
## Einleitung

Das Thema Umweltgerechtigkeit gewinnt vor dem Hintergrund der sozialräumlich ungleichen Verteilung von Umweltbelastungen und -ressourcen sowie den hiermit verbundenen gesundheitlichen Folgen zunehmend an Aufmerksamkeit. Allerdings trifft das Thema bislang vor allem auf wissenschaftliches Interesse. In der kommunalen Praxis ist es noch kaum „angekommen“ und hat sich dort noch nicht als eigenständiges Thema etabliert. Strategien und Maßnahmen zur Implementierung von Umweltgerechtigkeit im kommunalen Handeln fehlen daher weitgehend. Das vom Umweltbundesamt (UBA) und vom Bundesministerium für Umwelt,

Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) geförderte Forschungsvorhaben „Umweltgerechtigkeit im städtischen Raum“ soll dazu beitragen, diese Lücke zu schließen. Die im Forschungsprojekt erarbeiteten Handlungsempfehlungen sollen Entscheidungsträger in den Kommunen, aber auch im Bund und in den Ländern unterstützen, das neue Querschnittsthema Umweltgerechtigkeit im kommunalen Handeln zu implementieren. Zur Herleitung der Handlungsempfehlungen wurden im Forschungsvorhaben verschiedene, inhaltlich vernetzte Bausteine bearbeitet, die zusammen ein

<sup>1</sup> Deutsches Institut für Urbanistik.

<sup>2</sup> Umweltbundesamt.



kohärentes Untersuchungsdesign gewährleisten (Abbildung 1).

Zu den untersuchten Fragestellungen zählten neben der Analyse und Bewertung von Instrumenten und Verfahren (Monitoring, Einsatz von Planungs-, Umwelt- und Finanzierungsinstrumenten) auch akteursbezogene Aspekte der Implementierung von Umweltgerechtigkeit im kommunalen Handeln. Hierbei ging es insbesondere darum, wie unterschiedliche Ressorts und Akteure in einer Kommune zu einem systematischen Vorgehen für mehr Umweltgerechtigkeit zusammengeführt werden können (**integriertes Verwaltungshandeln**) und wie das Thema Umweltgerechtigkeit auf die kommunalpolitische Agenda gelangen kann (**politische Verankerung**). Die Empfehlungen des Forschungsvorhabens zu diesen zwei für die Implementierung von Umweltgerechtigkeit im kommunalen Handeln als zentral anzusehenden Handlungsbereichen sind im Folgenden dargestellt.

## Der Begriff Umweltgerechtigkeit

Eine allgemein verbindliche Definition des Begriffs Umweltgerechtigkeit steht in Deutschland noch aus. Im Forschungsvorhaben „Umweltgerechtigkeit im städtischen Raum“ wurde die im Begriff

Umweltgerechtigkeit implizit angelegte Zusammenführung der Themen soziale Lage, Umwelt und Gesundheit (Bolte et al. 2012) aufgegriffen. Umweltgerechtigkeit wird als ein normatives Leitbild verstanden, das auf die Vermeidung und den Abbau der sozialräumlichen Konzentration gesundheitsrelevanter Umweltbelastungen sowie die Gewährleistung eines sozialräumlich gerechten Zugangs zu Umweltressourcen ausgerichtet ist. Umweltgerechtigkeit verfolgt auf diese Weise das Ziel, umweltbezogene gesundheitliche Beeinträchtigungen zu vermeiden und zu beseitigen sowie bestmögliche umweltbezogene Gesundheitschancen herzustellen.

Umweltgerechtigkeit beschreibt damit einen gewünschten Zustand, der in der Regel Handlungsbedarf impliziert, und nimmt Bezug auf das „Schutzgut“ Mensch (Hornberg et al. 2011) sowie die Verwirklichung des im Grundgesetz verankerten Grundsatzes der „Herstellung gleichwertiger Lebensverhältnisse“ (Artikel 72 Abs. 2). Der Begriff verbindet dadurch klassische Ziele des gesundheitsbezogenen Umweltschutzes mit dem aus dem Gleichheitsgrundsatz und dem Sozialstaatsprinzip abgeleiteten Ziel eines sozial gerechten Zugangs zu einer möglichst gesunden Lebensumwelt. Umweltgerechtigkeit kann daher im Sinne einer integrierten Strategie für die Politikbereiche Umwelt, Gesundheit und Soziales nutzbar gemacht werden.

Umweltgerechtigkeit fokussiert meist auf den städtischen Raum oder auf Stadtregionen und kann sich sowohl auf die physische Umwelt (natürliche und gebaute Umwelt) als auch auf die soziale Umwelt (Individuen, Gruppen, soziale Beziehungsgeflechte) beziehen. Im Forschungsvorhaben „Umweltgerechtigkeit im städtischen Raum“ stand die physische Umwelt im Vordergrund.

## Integriertes Verwaltungshandeln

„Integriertes Verwaltungshandeln“ kann als „Dreh- und Angelpunkt“ für ein systematisches Vorgehen zur Schaffung von mehr Umweltgerechtigkeit angesehen werden. In diesem Handlungsbereich stellt sich die Herausforderung, unterschiedliche Ressorts und Akteure zusammenzuführen und zu koordinieren. Es geht darum, gemeinsam

- sozialräumliche Ungleichheiten mit Blick auf Umweltqualität, soziale und gesundheitliche Lage zu erfassen, zu beobachten und auf dieser

Grundlage städtische Teilräume mit Mehrfachbelastungen zu identifizieren,

- Schnittstellen zum und Andockpunkte für das Thema Umweltgerechtigkeit in laufenden (Planungs-)Prozessen zu ermitteln,
- Maßnahmen und Projekte zur Vermeidung und zum Abbau der räumlichen Konzentration gesundheitsrelevanter Umweltbelastungen sowie zur Gewährleistung eines sozialräumlich gerechten Zugangs zu Umweltressourcen abzustimmen und umzusetzen,
- kommunale Ressourcen und Fördermittel bedarfsgerecht und gebietsbezogen einzusetzen und
- die gebietsbezogenen Aktivitäten in eine gesamtstädtische Entwicklungspolitik einzubetten.

## **Empfehlungen für Kommunen**

### Zuständigkeiten identifizieren und Abläufe festlegen

Wichtig ist, dass die Kommunen frühzeitig die Zuständigkeiten der relevanten Verwaltungsbereiche sowie von Akteuren außerhalb der Kommunalverwaltung (u. a. Umwelt- und Naturschutzverbände, Lokale-Agenda-21-Gruppen, Bürgerinitiativen, Stiftungen, Wohnungswirtschaft, private Immobilieneigentümer, Gewerbetreibende) identifizieren und deren Rollen definieren. Hinsichtlich der Einbeziehung verwaltungsexterner Akteure und entsprechender Kooperationen kann es erforderlich sein, Möglichkeiten der Aktivierung und Beteiligung stärker zu nutzen. Zudem geht es darum, Abläufe für eine dauerhafte Integration von Umweltgerechtigkeit in das Verwaltungshandeln in Bezug auf inhaltliche und prozessuale Aspekte festzulegen. Hierzu zählen die Festlegung von Schnittstellen, Informationsflüssen sowie von Verfahren der Kommunikation und Beteiligung.

### Zusammenwirken der Verwaltungsbereiche sicherstellen

Von zentraler Bedeutung ist es, in den Kommunen sicherzustellen, dass insbesondere die Verwaltungsbereiche für Stadtentwicklung/Stadtplanung, Umwelt/Grün, Gesundheit und gegebenenfalls weitere Ressorts frühzeitig und kontinuierlich an der Entwicklung und Umsetzung von Maßnahmen und Projekten für Umweltgerechtigkeit zusammenwirken. Dabei sollte insbesondere überprüft werden, wie an laufende (Planungs-)Prozesse in den jewei-

ligen Ressorts angedockt und die Perspektive von Umweltgerechtigkeit systematisch in das Handeln der verschiedenen Ressorts integriert werden kann. Mit Blick auf kreisangehörige Kommunen ist zu berücksichtigen, dass viele Zuständigkeiten für Umwelt und Gesundheit regelmäßig beim Kreis angesiedelt sind.

### Mögliche Schnittstellenfunktion der Statistikstelle prüfen

In den Kommunen sollte geprüft werden, ob und in welchem Umfang kommunale Statistikstellen eine zentrale Rolle bei der Identifizierung städtischer Teilräume mit Mehrfachbelastungen übernehmen können. Dies beinhaltet eine Schnittstellen- und Auswertungsfunktion mit Blick auf die daten- und indikatorengestützte Erfassung sozialräumlicher Ungleichheiten in den Bereichen Umweltqualität, soziale und gesundheitliche Lage.

### Federführung klären

Zudem sollte geklärt werden, welcher Verwaltungsbereich die Federführung für das Thema Umweltgerechtigkeit innehat. Aufgrund ihrer stark räumlichen Orientierung und ihres integrativen Handlungsansatzes sowie einer vergleichsweise guten Ausstattung mit Fördermitteln kommen hierfür insbesondere die Verwaltungsorganisationen der Stadtentwicklung/Stadtplanung in Betracht. Es können aber auch andere Verwaltungsbereiche die Federführung übernehmen (u. a. Umwelt, Gesundheit). Wer die Federführung vor Ort einnimmt, sollte je nach den spezifischen Ausgangs- und Rahmenbedingungen in der jeweiligen Kommune entschieden werden.

### Geeignete Kooperationsformen einrichten

Weiterhin ist es sinnvoll, in den Kommunen geeignete Formen der Zusammenarbeit einzurichten, um ein systematisches Vorgehen zur Schaffung von mehr Umweltgerechtigkeit zu organisieren. Hierfür ist nicht unbedingt die Bildung formeller Strukturen (z. B. ressortübergreifende Arbeitsgruppe) erforderlich. Auch informelle Formen der Ämterkooperation können bei der Verankerung von Umweltgerechtigkeit als integrativem Ansatz erfolgreich sein.

### Sozialraumorientierung der Umwelt- und Gesundheitsämter stärken

Das Handeln der Umweltämter orientiert sich vor allem an bestimmten Umweltmedien, Belastungspfaden beziehungsweise Gefahr- und Schadstoffen.

Gesundheitsämter wiederum richten ihre Aktivitäten in der Regel auf spezifische Zielgruppen und Aspekte des Infektionsschutzes, der Gesundheitsförderung und der Hygiene aus. Die Implementierung von Umweltgerechtigkeit erfordert jedoch einen sozialraumorientierten Handlungsansatz. Dieser ist bisher im kommunalen Umweltschutz rechtlich nicht verankert und wird auch in der Praxis kaum systematisch verfolgt. Auch Gesundheitsämter wenden einen sozialraumorientierten Ansatz meist nur projektbezogen an. Analog zum Settingansatz, der die Rolle der Verhältnisprävention betont und die soziale und gebaute Umwelt als zentrale Determinanten von Gesundheit herausstellt, kann ein sozialraumbezogenes Handeln die Ziele von Umwelt- und Gesundheitsämtern unterstützen. Für den kommunalen Umweltschutz bietet sich insbesondere die Möglichkeit, im Hinblick auf das Schutzgut Mensch sozialraumbezogen kumulative Wirkungen gesundheitsfördernder und -schädlicher Umweltfaktoren zu betrachten und integrierte Maßnahmen zum Schutz von Mensch und Umwelt umzusetzen (Akademie für Raumordnung und Landesplanung 2014).

#### Verwaltungsbereich Gesundheit mit Blick auf räumliche Planung qualifizieren

Um gesundheitliche Belange in der Stadtentwicklung/Stadtplanung zu stärken, wird empfohlen, den Verwaltungsbereich Gesundheit mit Blick auf die räumliche Planung zu qualifizieren. Dazu könnte die Erstellung eines kommunalen Fachplans Gesundheit sowie die Verankerung raum-/stadtplanerischen Sachverständs im Gesundheitsamt (z. B. durch eine planungsfachliche Qualifizierung der Mitarbeiterschaft des Gesundheitsressorts) beitragen. Auf diese Weise kann eine intensivere Beteiligung des Gesundheitsressorts an stadtentwicklungspolitisch relevanten Planungen und Konzepten sowie eine bessere Einbindung in ämterübergreifende Abstimmungs- und Kommunikationsprozesse zur Stadtentwicklung/Stadtplanung gelingen.

### **Empfehlungen für Bund und Länder**

#### Integriertes Handeln in den Kommunen fördern

Sinnvoll ist eine stärkere Verankerung integrierten kommunalen Handelns in Förderrichtlinien des Bundes und der Länder, die für die Schaffung von Umweltgerechtigkeit relevant sind. Beispielgebend hierfür kann die bereits etablierte Förderung integrierten kommunalen Handelns beziehungsweise von integrierten Entwicklungskonzepten im Rah-

men der Städtebauförderung (Programme Soziale Stadt, Stadtumbau) sein.

#### Arbeitshilfen anbieten und Erfahrungsaustausch fördern

Die Erarbeitung von Arbeitshilfen zur Verbesserung integrierten Handelns sowie die Förderung des kommunalen Wissens- und Erfahrungsaustausches können die Akteure vor Ort unterstützen. Die Empfehlung niedrighschwelliger, pragmatisch ausgerichteter Grundstandards und die Bereitstellung geeigneter Kommunikationsplattformen können die Arbeit erleichtern. Zur thematischen Integration und Zusammenarbeit von kommunalen Akteuren aus Stadtentwicklung, Umwelt, Gesundheit, Sozialem unter anderem mit Blick auf Umweltgerechtigkeit gibt es bislang so gut wie keine Routinen. Einige ortsspezifische Lösungsansätze sind bereits zu finden. Der Austausch über solche Ansätze kann über internetbasierte Plattformen und „Face-to-Face“-Veranstaltungen unterstützt werden.

#### Ressortübergreifende Kooperation ausbauen

Auch auf den Ebenen von Bund und Ländern ist mit Blick auf die Schaffung geeigneter Rahmenbedingungen (Instrumente, Förderprogramme/-richtlinien) für die Implementierung des Themas Umweltgerechtigkeit im kommunalen Handeln eine intensivere Zusammenarbeit der Ressorts Stadtentwicklung, Umwelt und Gesundheit sinnvoll. Auf Bundesebene kann der neue Ressortzuschnitt, der Bauen und Umwelt in einem Ministerium zusammenfasst, hierfür günstige Voraussetzungen bieten (Akademie für Raumforschung und Landesplanung 2014; Bundestransferstelle Soziale Stadt 2014). Gegenstand der ressortübergreifenden Zusammenarbeit auf den Ebenen von Bund und Ländern könnte beispielsweise die Identifizierung von Schnittstellen zwischen dem Städtebauförderungsprogramm Soziale Stadt und dem Leitbild Umweltgerechtigkeit sein.

### **Politische Verankerung**

Das politische „Wollen“ ist Grundvoraussetzung dafür, dass bei den von der Kommunalpolitik zu treffenden Entscheidungen über räumliche und inhaltliche Präferenzen die Maßnahmen zur Schaffung von mehr Umweltgerechtigkeit mehrheitsfähig sind. Es ist wichtig, die kommunalpolitischen Akteure von der Notwendigkeit eines integrierten Vorgehens zum Thema Umweltgerechtigkeit zu

überzeugen, dass sie hierfür finanzielle und personelle Ressourcen bereitstellen und das Thema – gegebenenfalls mit einem Grundsatzbeschluss der Gemeindevertretung – auf die politische Agenda setzen. Strategische Bausteine zur Erlangung einer solchen Vereinbarung der kommunalpolitischen Akteure können unter anderem sein:

- Aufbereitung relevanter Informationen und Daten (Monitoring) sowie Kommunikation der Ergebnisse im politischen Raum,
- Schaffung einer ausreichenden Sensibilität kommunalpolitischer Akteure für die mit dem Thema Umweltgerechtigkeit verbundenen Zielsetzungen,
- Öffentlichkeitsarbeit und Öffentlichkeitsbeteiligung mit Blick auf die Wechselwirkung zwischen der öffentlichen Meinung und dem politischen Willensbildungsprozess.

## **Empfehlungen für Kommunen**

### Bedarf und Mehrwert von Umweltgerechtigkeit vermitteln

Wichtig für die politische Verankerung des Themas Umweltgerechtigkeit ist es, gegenüber kommunalpolitischen Entscheidern den Bedarf und Mehrwert einer Implementierung des Themas Umweltgerechtigkeit darzustellen und zu begründen. Hierzu gehören unter anderem eine Verbesserung der Umweltsituation und Lebensqualität in belasteten Gebieten sowie die Schaffung einer ausgewogenen Stadtstruktur und eines sozialen und gesellschaftlichen Ausgleichs. Diese Überzeugungsarbeit für das Thema Umweltgerechtigkeit kann durch die thematisch zuständigen Fachverwaltungen in den Kommunen als auch durch engagierte Kommunalpolitikerinnen und -politiker erfolgen.

### Leitbilder und Ziele qualifizieren und entwickeln

Kommunalverwaltung und -politik können vorhandene Leitbilder und Ziele (z.B. integrierte Stadtentwicklungskonzepte) mit Blick auf Umweltgerechtigkeit qualifizieren und weiterentwickeln oder ein eigenständiges Leitbild und eigenständige Ziele hierfür entwickeln. Es ist notwendig, diese Leitbilder und Ziele breit zu kommunizieren sowie die damit verbundenen Vorteile und Mehrwerte im Sinne einer zukunftsfähigen Stadt(teil)entwicklung

mit allen relevanten, auch zivilgesellschaftlichen Akteuren in der Kommune zu diskutieren.

### Implementierung kommunalpolitisch beschließen

Die gemeinsame Arbeit zum Thema Umweltgerechtigkeit kann in einen kommunalpolitischen Beschluss zur Verankerung von Umweltgerechtigkeit münden. In diesem Beschluss können Beweggründe, Anknüpfungspunkte und Schnittstellen in laufenden (Planungs-)Prozessen thematisiert werden. Zukünftige Ziele und Aktivitäten, erste Umsetzungsschritte sowie Art und Weise der Beteiligung von Organisationseinheiten innerhalb der Verwaltung und von Zivilgesellschaft und Betroffenen können ebenso dargestellt werden.

## **Empfehlungen für Bund und Länder**

### Stärkere gesetzliche und programmatische Verankerung prüfen

Bund und Länder sollten prüfen, ob und in welcher Form die Berücksichtigung von Umweltgerechtigkeit durch Kommunen, aber auch durch Bund und Länder selbst stärker gesetzlich und programmatisch verankert werden kann. Bislang lässt sich eine gesetzliche Verpflichtung zur Berücksichtigung von Umweltgerechtigkeit lediglich mittelbar und zwar vor allem aus dem Grundgesetz Art. 72 Abs.2 (Herstellung gleichwertiger Lebensverhältnisse) und dem Baugesetzbuch (§ 1 Abs.6 Nr.1 und 7c (Berücksichtigung der allgemeinen Anforderungen an gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse sowie der umweltbezogenen Auswirkungen auf den Menschen und seine Gesundheit) ableiten. Eine Aufnahme von Umweltgerechtigkeit in gesellschaftspolitische Programme der Bundes- und Landespolitik kann ein weiterer wichtiger Schritt zur Verankerung von Umweltgerechtigkeit sein.

## **Ausblick**

Für eine erfolgreiche Implementierung von Umweltgerechtigkeit in das kommunale Handeln ist es notwendig, das Thema ressortübergreifend zu bearbeiten und auf der politischen Ebene zu verankern. Zudem ist es wichtig, die bestehenden Schnittstellen und Andockpunkte in den Kommunen zu identifizieren, um Umweltgerechtigkeit als Querschnittsthema in laufende Prozesse in Politik und Verwaltung zu integrieren. Von zentraler Bedeutung ist, dass

die Kommunen laufende oder in der Entwicklung befindliche formelle und informelle Planungen und Konzepte in den Bereichen Stadtentwicklung/ Stadtplanung, Umwelt/Grün und Gesundheit überprüfen: Wie kann eine Integration von Umweltgerechtigkeitsaspekten sowohl inhaltlich als auch prozessual – gegebenenfalls nachholend – erreicht werden? Wo bestehen Möglichkeiten, Umweltqualität, soziale und gesundheitliche Lage noch stärker und möglichst gemeinsam zu berücksichtigen?

Neben den Kommunen können der Bund und die Länder entscheidend dazu beitragen, Umweltgerechtigkeit als ressortübergreifendes Thema voranzubringen. Durch den neuen Ressortzuschnitt im Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) können sich neue Handlungsmöglichkeiten ergeben, Fragen der sozialen und ökologischen Stadtentwicklung frühzeitig gemeinsam zu beantworten und integrierte Lösungen zu entwickeln. Es bietet sich beispielsweise die Chance, das Zusammenwirken von Instrumenten der Städtebauförderung wie dem Programm „Soziale Stadt“ und dem Förderinstrumentarium zum Umwelt- und Klimaschutz zu verbessern. Weitere Forschungsvorhaben zur Umsetzung von Umweltgerechtigkeit auf kommunaler Ebene sind erforderlich, um unter anderem die im Difu-Forschungsprojekt erarbeiteten Handlungsempfehlungen in der Praxis modellhaft mit wissenschaftlicher Begleitung anzuwenden.

Derzeit entwickeln verschiedene Regionen in Deutschland praxisorientierte Lösungen. Der Masterplan Umwelt und Gesundheit des Landes Nordrhein-Westfalen hat unter Federführung des Umweltministeriums das Thema Umweltgerechtigkeit im Jahr 2014 als ein Schwerpunktthema gesetzt. Eine bundesweite Vorreiterrolle nimmt das Modellvorhaben „Umweltgerechtigkeit im Land Berlin“ der Berliner Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt ein (siehe Beitrag von H.-J. Klimeczek in diesem Heft).

Auch Umweltverbände, wie die Deutsche Umwelthilfe (DUH), weitere zivilgesellschaftliche Gruppen und zahlreiche Forschungsverbände bemühen sich derzeit verstärkt darum, integrierte Antworten auf ökologische und soziale Fragen zu finden.

Nur durch das Zusammenwirken vieler Akteure auf politischer, wissenschaftlicher, zivilgesellschaftlicher und der Verwaltungsebene wird es möglich

sein, das Thema Umweltgerechtigkeit dauerhaft zu verankern und nachhaltige Wohnquartiere und gesunde Lebensbedingungen für alle zu schaffen.

## Literatur

Akademie für Raumordnung und Landesplanung (Hrsg., 2014): Umwelt- und Gesundheitsaspekte im Programm Soziale Stadt: Ein Plädoyer für eine stärkere Integration. Hannover. Positionspapier aus der ARL. 97. [http://shop.arl-net.de/media/direct/pdf/pospaper\\_97.pdf](http://shop.arl-net.de/media/direct/pdf/pospaper_97.pdf) (Abrufdatum: 07.08.2014).

Böhme C, Bunzel A (2014): Umweltgerechtigkeit im städtischen Raum. Expertise „Instrumente zur Erhaltung und Schaffung von Umweltgerechtigkeit“. Berlin. Deutsches Institut für Urbanistik. Sonderveröffentlichung. <http://www.difu.de/publikationen/2014/umweltgerechtigkeit-im-staedtischen-raum-expertise.html> (Abrufdatum: 20.06.2014).

Böhme C, Preuß T, Bunzel A, Reimann B, Seidel-Schulze A, Landua D (2014): Umweltgerechtigkeit im städtischen Raum – Entwicklung von Strategien und Maßnahmen zur Minderung sozial ungleich verteilter Umweltbelastungen. Dessau-Roßlau. UBA-Schriftenreihe Umwelt & Gesundheit. Im Erscheinen.

Bolte G, Bunge C, Hornberg C et al. (2012): Umweltgerechtigkeit durch Chancengleichheit bei Umwelt und Gesundheit. Eine Einführung in die Thematik und Zielsetzung dieses Buches. In: Dies. (Hrsg.): Umweltgerechtigkeit. Chancengleichheit bei Umwelt und Gesundheit: Konzepte, Datenlage und Handlungsperspektiven. Bern: 15–37.

Bundestransferstelle Soziale Stadt (2014): Kurzauswertung „Benachteiligte Quartiere und Umweltbelastungen“. Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, vertreten durch das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung. Unveröffentlicht.

Deutsches Institut für Urbanistik (2012): Fachtagung Potenziale für mehr Umweltgerechtigkeit im städtischen Raum: Umwelt, Gesundheit und Soziales vernetzen und gemeinsam handeln. Dokumentation der Fachtagung vom 19.–20. November 2012 in Berlin. <http://www.difu.de/dokument/potenziale-fuer-mehr-umweltgerechtigkeit-nov-2012.html> (Abrufdatum: 23.06.2014).

Hornberg C, Bunge C, Pauli A (2011): Strategien für mehr Umweltgerechtigkeit. Handlungsfelder für Forschung, Politik und Praxis. Bielefeld.

## Kontakt

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

[UBA]

# Planung für gesundheitsfördernde Stadtregionen – Ein Bericht aus dem Arbeitskreis der Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL)

Planning for health-promoting urban regions – A report from the working group of the Academy for Spatial Research and Planning (ARL)

*Sabine Baumgart*

## Abstract

Livable and healthy cities are a core component of sustainable spatial development. This covers social inequalities in health incorporated in the concept of environmental justice and provides principles of sustainability. The Academy for Spatial Research and Planning (ARL) focusses on these topics when it established the working group „Planning for health-promoting urban regions“ in 2013. The members are originated from research and practice as well as spatial and health science and they provide a variety of perspectives to analyze the instruments for the different planning levels and contributing to their aim at a further development. Since July 2014 there is a position paper „Environmental and health aspects in the Social City program – A plea for more integration“, which links the financial appreciation of the program with a further development through consistent integration of environmental health aspects.

## Zusammenfassung

Lebenswerte und gesunde Städte sind ein zentraler Bestandteil einer nachhaltigen Raumentwicklung. Dazu gehört die Schaffung von Chancengleichheit in Bezug auf umweltbezogene Gesundheit. Dies wird unter dem Begriff Umweltgerechtigkeit thematisiert und liefert einen klaren Bezug zum Leitbild der Nachhaltigkeit. Diesen Themen widmet sich der von der Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL) 2013 eingerichtete Arbeitskreis „Planung für gesundheitsfördernde Stadtregionen“, dessen Mitglieder aus Forschung und Praxis sowie aus raum- und gesundheitswissenschaftlicher Perspektive die Instrumente für die unterschiedlichen Planungsebenen analysieren und einen Beitrag zu deren Weiterentwicklung leisten wollen. Seit Juli 2014 liegt das Positionspapier „Umwelt- und Gesundheitsaspekte im Programm Soziale Stadt – Ein Plädoyer für eine stärkere Integration“ des Arbeitskreises vor, das die finanzielle Aufwertung des Programms mit einer inhaltlichen Weiterentwicklung durch eine konsequente Integration von Umwelt- und Gesundheitsaspekten verknüpft.

## Einleitung

Lebenswerte und somit auch gesunde Städte sind ein zentraler Bestandteil einer nachhaltigen Raumentwicklung. Hierbei wird menschliche Gesundheit im Sinne der Weltgesundheitsorganisation (WHO) als Zustand des körperlichen, psychischen und sozialen Wohlbefindens und nicht (nur) als bloße Abwesenheit von Krankheit verstanden (WHO 1986). Verschiedene räumliche Situationen führen auch im 21. Jahrhundert in Deutschland noch zu ungesunden Wohn-, Arbeits- oder Freizeitbedingungen. Hier geht es zum einen um schleichende Risiken (Luftbelastung) und zum anderen um Extremereignisse (Hitze, Überflutung). Außerdem ist hier die soziale Ungleichheit in Bezug auf die umweltbezogene Gesundheit einzubeziehen. Dazu gehört die Schaffung von Chancengleichheit in Bezug auf umweltbezogene

ne Gesundheit. Dies wird unter dem Begriff Umweltgerechtigkeit thematisiert und liefert einen klaren Bezug zum Leitbild der Nachhaltigkeit (Bolte 2012).

Die gebaute Stadt verändert sich in regional unterschiedlicher Dynamik. Nur ein Fünftel der zur Bebauung anstehenden Flächen wurde vor der neuen Bebauung landwirtschaftlich genutzt. Der weit überwiegende Teil wurde bereits vorher baulich genutzt und liegt somit in einem bebauten und von Menschen genutzten Umfeld. Daraus entstehen Konflikte zwischen bestehenden und neuen Nutzungen. Für die räumliche Planung stellen sich dabei Fragen nach Leitbildern, denen die städtebauliche Entwicklung folgen sollte, beispielsweise: Wird eine kompakte Stadt angestrebt mit höheren baulichen Dichten, um

damit die Inanspruchnahme von landwirtschaftlichen Flächen am Stadtrand zu reduzieren? Dies entspricht der politischen und fachlichen Zielsetzung, indem man sich auf die sogenannte Innenentwicklung orientiert. Oder legt man den Schwerpunkt auf ein Leitbild, das in hohem Maße auf eine Klimaanpassung ausgerichtet ist und damit die innerstädtische Freiraumsicherung und die Sicherung des Mikroklimas in den Vordergrund stellt? In jedem Fall ist es Aufgabe der räumlichen Planung, Lösungen für räumliche Konflikte zu finden und umwelt- sowie gesundheitsbezogene Auswirkungen auf den Menschen zu berücksichtigen. Im Weiteren stellen sich Fragen, inwieweit man diese Auswirkungen quantifizieren und qualifizieren kann und wie dies im Planungsverfahren zu berücksichtigen ist. Dazu dient nicht zuletzt die Strategische Umweltprüfung, die die Auswirkungen von Planungen auf die Umweltbelange einschließlich der menschlichen Gesundheit im Rahmen der Planverfahren transparent und nachvollziehbar dokumentieren sowie eine entscheidungsleitende Rolle in den Planungsverfahren spielen sollte (Baumgart 2012).

## **Raumbezogene Planungsansätze und Instrumente als Beitrag zur Gesundheitsförderung**

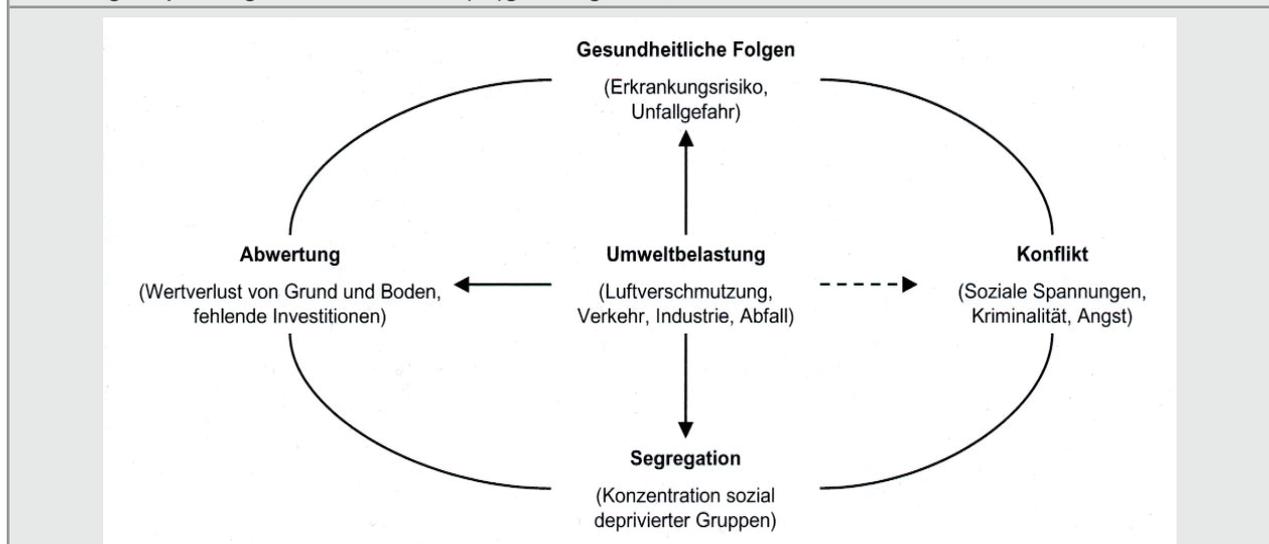
Gesundheitsförderung ist seit jeher ein zentrales Anliegen räumlicher Planung, das in ihren gesetzlichen Regelwerken und in ihren Instrumenten seinen Niederschlag findet. Eine gesunde Lebenswelt drückt sich in übergeordneten Leitbildern über die Daseinsvorsorge bis hin zu gesetzlichen Vorschriften in einzelnen Genehmigungsverfahren aus. So besagt das zentrale Regelwerk für die räumliche Planung auf der lokalen Ebene, das Baugesetzbuch (BauGB), dass unter anderem „die allgemeinen Anforderungen an gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse und die Sicherheit der Wohn- und Arbeitsbevölkerung“ bei der Aufstellung der Bauleitpläne besonders zu berücksichtigen sind (§ 1 Abs. 6, Nr. 1 BauGB). Die Raum- beziehungsweise Stadtplanung übernimmt dabei eine Koordinationsfunktion für eine Vielzahl staatlicher und privatwirtschaftlicher Akteure mit ihrem raumrelevanten Handeln. Eine kleinräumig sozial-differenzierte Gesundheitsberichterstattung steckt noch in den Kinderschuhen; für solche Aussagen werden häufig Schuleingangsuntersuchungen herangezogen, die jedoch ohne zusätzlichen Aufwand nur selten in Bezug auf die sozial-räumlichen Daten der Herkunftsorte der Kinder analysiert werden (können). Das Potenzial der

Instrumente der Raumb Beobachtung und Planung für gesunde Wohn- und Lebensverhältnisse wird weder von den Ressorts Stadtplanung noch Gesundheit voll ausgeschöpft. Diese Aussagen gelten entsprechend auch für die Ebene der Stadtregion, deren Ballungsraum mit seinen funktionalen Verflechtungen (v. a. Pendlerbeziehungen zwischen Wohn- und Arbeitsstandort) über die Kernstadt hinausgeht. Gleichwohl sind jedoch diese Verflechtungen mit Blick auf Gesundheit und Umwelt von zentraler Bedeutung, denkt man nur an die Erreichbarkeit von Natur und Landschaft zu (Nah)Erholungszwecken.

Stadtplanung und Public Health stehen im Spannungsfeld lokaler Umwelt(un)gerechtigkeit und haben beide einen gestaltenden beziehungsweise Interventionsanspruch. Ihre fachlichen Perspektiven, Sprache und Zuständigkeiten beziehen sich angesichts der Fragen von gesundheitlichen Folgen einerseits auf die Exposition der einzelnen Menschen und andererseits auf daraus resultierende Konflikte und soziale Spannungen in derart belasteten Quartieren, aber auch auf gesamtstädtischer Ebene. Beides basiert auf Umweltbelastungen, die auf räumlicher Ebene – insbesondere im Quartier – zu raumbezogenen Abwertungen im Sinne des Wertverlustes von Immobilien aufgrund desinvestiven Verhaltens der Eigentümer (mangelndes Interesse, ökonomisches Unvermögen) führen können. Dies kann zu einer sozial-räumlichen Spaltung der Stadt und zur Segregation, das heißt zur Konzentration sozial benachteiligter Gruppen in bestimmten städtischen Gebieten beitragen. Diese Spirale an Wechselwirkungen führt andererseits zu einer erhöhten Nachfrage und Konzentration einkommensstärkerer Bevölkerungsgruppen in Quartieren mit städtebaulichen Qualitäten, charakterisiert durch gute Wohnungs-, Freiraum- und Infrastrukturstandards (**Abbildung 1**).

Auf die benannten Missstände wird bereits mit verschiedenen Programmen und Projekten von Seiten der Praxis reagiert. So hat die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt in Berlin das Thema der Umweltgerechtigkeit durch die Überlagerung von Umwelt- und sozial-ökonomischen Daten für eine integrierte Betrachtung als analytische Grundlage für die Stadtentwicklung veröffentlicht (vgl. Beitrag von H.-J. Klimeczek in diesem Heft). Zentrale Handlungsfelder zur Förderung gesundheitlicher Chancengleichheit liegen in der physischen und in der sozialen Umwelt. Folgt man Merten, bezieht sich der Handlungsbedarf somit konkret auf die gebaute und die natürliche Umwelt sowie

Abbildung 1: Spannungsfeld lokaler Umwelt(un)gerechtigkeit. Quelle: Elvers 2009: 197.



Immissionen und Emissionen und auch auf soziales und politisches, kulturelles und ökonomisches Kapital (Merten 2010: 24). Hier gehen strukturelle Voraussetzungen im Sinne von institutionellen Rahmenbedingungen und Zuständigkeiten ein und Ansatzpunkte für Intervention von Seiten der räumlichen Planung, aber auch der Gesundheitsförderung.

Die renommierte wissenschaftliche Fachzeitschrift „The Lancet“ widmete eine Ausgabe dem Thema „Shaping cities for health: complexity and the planning of urban environments in the 21st century“, online veröffentlicht am 30. Mai 2012. Das Titelbild zeigt die Verknüpfung der gesundheitlichen Auswirkungen mit vier Dimensionen räumlicher Planung: städtebauliche Planung und Management, Merkmale der gebauten Umgebung, gesundheitliche Auswirkungen der gebauten Umgebung und Gesellschaft und Steuerungsfähigkeit. Darunter wird festgestellt: Reiche und arme Menschen leben in sehr unterschiedlichen gesundheitsbeeinflussenden sozialen und umweltbezogenen Rahmenbedingungen, sogar innerhalb derselben Stadt (Rydin 2012). Dies vermittelt die große Dynamik in dem Feld Umweltgerechtigkeit an inter- und transdisziplinären Schnittstellen zwischen Raum- und Gesundheitswissenschaften, die auch im internationalen Kontext zu beobachten sind (vgl. auch Bunzel, Böhme 2014). Dies schließt Verfahrensgerechtigkeit ein, die sich auch auf die Adressierung und das Erreichen von Menschen bezieht, die zwar betroffen, aber bisher wenig in die Planverfahren involviert waren.

## Arbeitskreis „Planung für gesundheitsfördernde Stadtregionen“

Diese Themen wurden auch von der Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL), Leibniz-Forum für Raumwissenschaften, erkannt, die im Jahr 2013 einen Arbeitskreis zum Thema „Planung für gesundheitsfördernde Stadtregionen“ eingerichtet hat. Die ARL macht es sich zur Aufgabe, die Wirkungen des menschlichen Handelns in den Bereichen Wirtschaft, Soziales, Ökologie und Kultur auf den Raum zu erforschen, um dessen nachhaltige Entwicklung zu fördern. Als ein disziplinübergreifendes Netzwerk von Fachleuten aus Wissenschaft und Praxis gibt sie mit ihren Forschungsergebnissen der Wissenschaft neue Impulse und erbringt wissenschaftlich fundierte Beratungsdienstleistungen für Politik und Verwaltung. Dies wird durch themenzentrierte, inter- und transdisziplinär zusammengesetzte Arbeitsgremien auf unterschiedlichen räumlichen Ebenen gewährleistet (Selbstdarstellung der ARL, <http://www.arl-net.de/content/ueber-uns>).

Der Arbeitskreis „Planung für gesundheitsfördernde Stadtregionen“, der im Oktober 2013 seine konstituierende Sitzung hatte, setzt sich aus 15 Mitgliedern zusammen, die aus den Bereichen Medizin, Biologie, Public Health, Stadt- und Raumplanung, Architektur, Landschaftsarchitektur, Erziehungswissenschaften, Sozialarbeit, Geographie sowie der Umweltwissenschaft und Sportwissenschaft kommen. Die Mitglieder kommen sowohl aus Forschung und Praxis. Sie behandeln das Themenfeld

somit aus raum-, sozial- und gesundheitswissenschaftlichen Perspektiven und aus der Perspektive der raumbezogenen Planungspraxis. Der Arbeitskreis widmet sich einer Betrachtung auf der stadtregionalen, der städtischen und der Ebene von Quartieren und ist derzeit mit der Darstellung und Analyse bestehender Instrumente (Gesamt- und Fachplanungen, Rahmenbedarfsplanung, Genehmigungs- und Planfeststellungsverfahren sowie Programme und Projekte) befasst. Es gilt dabei, Synergien und Konflikte mit den Zielen der Gesundheitsförderung – insbesondere im Kontext von Umweltgerechtigkeit sowie hinsichtlich Strategien zur Innenentwicklung und Nachverdichtung oder Anpassung an den Klimawandel – zu identifizieren. Auf dieser Grundlage sollen anschließend Anregungen zur Weiterentwicklung von Instrumenten der Gesundheitsförderung (Fachplan ggf. Fachbeitrag Gesundheit, Einbeziehung des an lebensweltlichen Organisationszusammenhängen orientierten Setting-Ansatzes, z. B. Kindertagesstätte, Schule oder Krankenhaus) erarbeitet sowie private und öffentliche Finanzierungsmöglichkeiten dieser freiwilligen Aufgabe einbezogen werden. Im Sinne einer Fokussierung auf den Vorsorgegedanken in der räumlichen Planung ist eine vertiefende Befassung mit Qualitätsstandards der gesundheitlichen Versorgung in der Stadtregion und im Quartier (z. B. raumbezogene Bedarfszahlen für ärztliche Versorgung, Pflegeeinrichtungen) in diesem Arbeitskreis nicht vorgesehen. In einem anderen Arbeitskreis befasst sich die ARL mit Daseinsvorsorge und gleichwertigen Lebensbedingungen; hier wird auch die ärztliche Versorgung thematisiert.

## **Positionspapier des Arbeitskreises zum Programm Soziale Stadt**

Seit Juli 2014 liegt ein erstes Positionspapier des Arbeitskreises vor: „Umwelt- und Gesundheitsaspekte im Programm Soziale Stadt – Ein Plädoyer für eine stärkere Integration“ (ARL 2014). Es knüpft an die Aufstockung der Bundesmittel für das Städtebauförderungsprogramm „Stadtteile mit besonderem Entwicklungsbedarf – Soziale Stadt“ (kurz: Soziale Stadt) von jährlich 40 Millionen Euro auf 150 Millionen Euro an. Diese finanzielle Aufwertung des Programms sollte – nach Auffassung des Arbeitskreises – mit einer inhaltlichen Weiterentwicklung des Programms durch eine konsequente Integration von solchen Gesundheitsaspekten einhergehen, die durch das Wohnumfeld bestimmt und

daher in den Gesundheitswissenschaften als verhältnisbedingt bezeichnet werden. Zu den verhältnisbedingten Gesundheitsaspekten gehören insbesondere Umweltfaktoren. Durch den neuen Ressortzuschnitt des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) können diese relevanten Themenfelder somit auf Bundesebene integriert bearbeitet werden.

Im Positionspapier werden übergreifende Thesen und Empfehlungen formuliert:

- 1) die Schnittstellen zwischen dem Programm Soziale Stadt und dem Leitbild Umweltgerechtigkeit identifizieren und nutzen,
- 2) das Programm Soziale Stadt mit dem Themenfeld Klimaschutz und Klimaanpassung verschränken und
- 3) eine ressortübergreifende Kooperation ausbauen.

Weitere Thesen und Empfehlungen richten sich an den Bund und die Länder:

- Gesundheit und Umwelt in den Programmgrundlagen der Sozialen Stadt verankern,
- gesundheits- und umweltbezogene Partnerprogramme zur Sozialen Stadt auflegen,
- eine Plattform für den (inter-)kommunalen Erfahrungsaustausch zur Integration von Umwelt- und Gesundheitsaspekten in die Programmumsetzung seitens der Länder einrichten.

Die Empfehlungen adressieren aber auch Kommunen:

- Gesundheits- und Umweltämter in die Organisationsstruktur zur Abgrenzung der Fördergebiete und zur Umsetzung des Programms einbeziehen,
- Indikatoren zu Umwelt und Gesundheit bei der Abgrenzung von Gebieten der Sozialen Stadt sowie der Einrichtung eines Monitoringsystems Soziale Stadtentwicklung berücksichtigen,
- umwelt- und gesundheitsbezogene Fachplanungen in integrierte städtebauliche Entwicklungskonzepte einbeziehen,
- Umwelt- und Gesundheitsämter stärker sozialraumorientiert beziehungsweise gebietsbezogen ausrichten,

- kommunale Akteursbündnisse mit Gesundheits- und Umweltakteuren schließen.

Mit diesem Positionspapier möchten die Mitglieder des Arbeitskreises ihre Erkenntnisse aus Forschung und Praxis in die Debatte mit politischen Entscheidungsträgern und der Planungspraxis einbringen. Denn angesichts der oben angerissenen Themen wird deutlich, dass auch Umweltgerechtigkeit ein wichtiges Leitbild für die städtebauliche und stadtregionale Entwicklung darstellt. Dieses kann mit bestehenden Instrumenten verfolgt werden (Bunzel, Böhme 2014). Aktuell wird in vielen Städten und Gemeinden an neuen integrierten Handlungskonzepten für die städtebauliche Entwicklung, auch in Verbindung mit der expliziten Zielsetzung der Klimaanpassung, oder auch an sektoralen Konzepten für den Wohnungsbau oder die Freiraumentwicklung gearbeitet. Diese Konzepte sollen die relevanten Themen Umwelt und Gesundheit unmittelbar berücksichtigen, sowohl in ihren Planungsverfahren als auch in ihren Ergebnissen. Eine möglichst breite Diskussion der Empfehlungen kann eine ämterübergreifende Zusammenarbeit erleichtern.

## Ausblick

Eine zentrale Zielsetzung des Arbeitskreises ist es, den fachlichen Austausch in diesem Themenbereich zu verbessern. Dies umfasst die Einbeziehung von Akteursnetzwerken und Partizipationsformen räumlicher Planung und Public Health, die bisher nur wenig Berührungspunkte zeigen. Dies betrifft insbesondere die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen räumlicher Planung und Public Health, aber auch den transdisziplinären Austausch mit Praktikerinnen und Praktikern aus verschiedenen staatlichen, kommunalen, privaten und wohlfahrtsorientierten Institutionen. Zu diesem Zweck ist unter anderem die Erarbeitung eines Glossars zentraler Begriffe vor allem aus den Planungs- und Gesundheitswissenschaften geplant, da vielfach ein unterschiedliches Begriffsverständnis festzustellen ist. Weitere zentrale Arbeitsschwerpunkte des Arbeitskreises sind beispielsweise Fragen nach der Gestaltung öffentlicher Räume als physische Umwelt und nach der Aufnahme einer sozialräumlichen Fokussierung in das umweltbezogene Instrumentarium. Weiterhin orientiert sich die Diskussion darauf, wie das Interesse geweckt und die Verantwortung bei den politischen Entscheidungsträgern

und der Verwaltungsspitze für ein integriertes Verwaltungshandeln erhöht werden können.

## Literatur

ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (2014): Umwelt- und Gesundheitsaspekte im Programm Soziale Stadt – Ein Plädoyer für eine stärkere Integration. Positionspapier aus der ARL Nr. 97. Hannover. <http://shop.arl-net.de/umwelt-gesundheit-soziale-stadt.html> (Abrufdatum: 25.08.2014).

Baumgart S (2012): Schutzgut Mensch – Überlegungen zur strategischen Verankerung von Gesundheitsbelangen in der Umweltprüfung. In: Bolte G, Bunge C, Hornberg C et al. (Hrsg.) (2012): Umweltgerechtigkeit: Chancengleichheit bei Umwelt und Gesundheit: Konzepte, Datenlage und Handlungsperspektiven. Bern: 271–282.

Bolte, G Bunge C, Hornberg C et al. (Hrsg.) (2012): Umweltgerechtigkeit: Chancengleichheit bei Umwelt und Gesundheit: Konzepte, Datenlage und Handlungsperspektiven. Bern.

Bunzel A, Böhme C (2014): Umweltgerechtigkeit im städtischen Raum. Expertise „Instrumente zur Erhaltung und Schaffung von Umweltgerechtigkeit“. Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH (Hrsg.). Berlin.

Elvers HD (2009): Umweltgerechtigkeit im Kontext von Public Health. In: Hornberg C, Pauli A (Hrsg.): Umweltgerechtigkeit – Die soziale Verteilung von gesundheitsrelevanten Umweltbelastungen. Dokumentation der Fachtagung vom 27. bis 28. Oktober 2008 in Berlin. Bielefeld: 196–202.

Mertens I (2010): Gesundheitsfördernde Stadtentwicklung. Akteure, Programme, Vernetzung – Praxisanalyse in einem Sanierungsgebiet in München. Blaue Reihe. Dortmunder Beiträge zur Raumplanung. Band 134. Dortmund: IRPUD.

Rydin Y et al. (2012): Shaping cities for health: complexity and the planning of urban environments in the 21st century. In: The Lancet, Sonderdruck, online veröffentlicht am 30. Mai 2012, <http://www.thelancet.com> (Abrufdatum 03.10.2014).

WHO 1986: Ottawa-Charta zur Gesundheitsförderung. [http://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0006/129534/Ottawa\\_Charter\\_G.pdf](http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0006/129534/Ottawa_Charter_G.pdf) (Abrufdatum: 03.10.2014).

## Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Sabine Baumgart  
Technische Universität Dortmund  
Fakultät Raumplanung  
Fachgebiet Stadt- und Regionalplanung  
August-Schmidt-Straße 10  
44227 Dortmund  
E-Mail: [sabine.baumgart\[at\]tu-dortmund.de](mailto:sabine.baumgart[at]tu-dortmund.de)

[UBA]

# Umweltgerechtigkeit im Land Berlin – Zur methodischen Entwicklung des zweistufigen Berliner Umweltgerechtigkeitsmonitorings

## Environmental justice in the state of Berlin – New concepts and methods of the two-stages monitoring of environmental justice

*Heinz-Josef Klimeczek*

### **Abstract**

In the years 2010–2013, the Senate Department for Urban Development and the Environment of the Land of Berlin developed and implemented a two-stage monitoring of environmental justice. For the first time in Germany, this monitoring system aims for an overview of the condition of the environment in the Land of Berlin. The monitoring system consists of an environment associated core indicator set completed by indicators of public health, social state of the city dwellers, and indicators of urban planning/urban development. The resulting detailed small-scale map on multiple exposures (Berliner Umweltgerechtigkeitskarte 2014 – Berlin Map of Environmental Justice 2014) shows that the majority of the city districts (so-called planning areas) with high values of environmental burdens for three, four or five parameters of exposure are located in the extended city centre area.

### **Zusammenfassung**

Um einen Gesamtüberblick über die Umweltbelastungssituation im Land Berlin zu erhalten, hat die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt in den Jahren 2010 bis 2013 – bundesweit erstmalig – ein neues zweistufiges Umweltgerechtigkeitsmonitoring entwickelt und implementiert. Das neue Stadtbeobachtungssystem besteht aus einem umweltbezogenen „Kernindikatorenset“, der durch zusätzliche gesundheitsorientierte, soziale und städtebauliche/stadtplanerische „Ergänzungsindikatoren“ fachlich-inhaltlich untersetzt wird. Die hieraus entwickelte kleinräumige Mehrfachbelastungskarte (Berliner Umweltgerechtigkeitskarte 2014) zeigt, dass der größte Teil der drei-, vier- und fünffach belasteten Quartiere im hochverdichteten „Erweiterten Innenstadtbereich“ liegt.

## **Einleitung**

Für eine erfolgreiche und umsetzungsorientierte Stadtentwicklung und Umweltpolitik ist eine ausreichende und aussagefähige Datenbasis eine unverzichtbare Grundlage. Um die Arbeits- und Entscheidungsgrundlagen in den Berliner Senats- und Bezirksverwaltungen zu verbessern, hat die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt – bundesweit erstmalig – die Grundlagen für ein gestuftes Umweltgerechtigkeitsmonitoring entwickelt. Das neue Berliner Stadtbeobachtungssystem hat den Anspruch, durch die kleinräumige und handlungsorientierte Beschreibung der Umweltqualität einen Gesamtüberblick über die Umweltbelastungssituation in der Hauptstadt zu ermöglichen und gleichzeitig verbesserte Grundlagen für die Festlegung von Umweltzielen bereitzustellen. Der Ansatz ist integrativ und auf die gesamtstädtische Ebene bezogen.

Das hierfür entwickelte System des zweistufigen Umweltgerechtigkeitsmonitorings mit einem Kern- und einem Ergänzungsindikatorenset gilt bundesweit als richtungweisend, da es erstmalig ermöglicht, „Räume mit Mehrfachbelastungen“ zu identifizieren. Das neue Monitoringsystem versteht sich als ein Frühwarnsystem, das die bereits etablierten Stadtbeobachtungssysteme im Land Berlin fachlich-inhaltlich weiter untersetzt und Grundlagen für die Definition von Handlungsfeldern bereitstellt. Fachspezifische Berichterstattungen werden durch das neue Monitoring nicht ersetzt, sondern durch eine zusammenfassende Betrachtung der Umweltsituation und der sozialräumlichen Verteilung der gesundheitsrelevanten Umweltbelastungen ergänzt.

Mit den vorliegenden Umweltgerechtigkeitsanalysen liegt für die Hauptstadt die erste kleinräumi-

ge Bestandsaufnahme zur Umweltqualität in den Quartieren und Teilbereichen der Hauptstadt vor. Der Berliner Indikatorenset wurde in enger Kooperation zwischen den Senatsressorts Stadtentwicklung, Umwelt, Gesundheit und Soziales, dem Umweltbundesamt, dem Amt für Statistik Berlin-Brandenburg sowie externen Forschungseinrichtungen in den Jahren 2010 bis 2013 entwickelt und die Praxistauglichkeit im Kontext der Berliner Stadtentwicklung und Umweltplanung überprüft (Klimeczek 2011).

## Die Berliner Umweltgerechtigkeitskonzeption

Die Berliner Umweltgerechtigkeitskonzeption besteht aus drei Teilen beziehungsweise Handlungsebenen:

- dem Umweltgerechtigkeitsmonitoring (kleinräumige Umweltbelastungsanalyse),
- der Planungsebene (Ausgleichskonzeption) sowie
- der Umsetzungsebene zur Vermeidung oder Minderung der Umweltbelastungen (**Abbildung 1**).

Die Ergebnisse aus dem Umweltgerechtigkeitsmonitoring bilden die Ist-Analyse („Berlin heute“) ab und ergänzen durch eine zusammenfassende Betrachtung der Umweltsituation und der sozialräumlichen Verteilung der gesundheitsrelevanten Umweltbelastungen die fachspezifischen Berichterstattungen und etablierten Monitoringsysteme. Stadträume mit prioritärem Handlungsbedarf werden sichtbar.

Durch die Integration der Umweltgerechtigkeitsanalysen in das Berliner Planungssystem können im Vorfeld der Umsetzung grundlegende Handlungsprämissen und Schwerpunkte auf der Ebene der Planungsräume festgelegt werden. Gleichzeitig wird der querschnittsorientierte Umweltgerechtigkeitsansatz als ein Orientierungsrahmen in die Arbeit der planenden Fachverwaltung integriert. Durch die integrierte Sichtweise können über die Ressortgrenzen hinaus gemeinsame Zielvorstellungen entwickelt und Handlungsfelder identifiziert werden. Diese werden dann auf der dritten Ebene – der Umsetzungsebene – im Rahmen von Strategien, Maßnahmen und Projekten umgesetzt und im Stadtgebiet verortet. Diese dritte Ebene ist gleichzeitig Ausgangspunkt und Plattform für den Dialog in der Stadtgesellschaft.

## Methodik

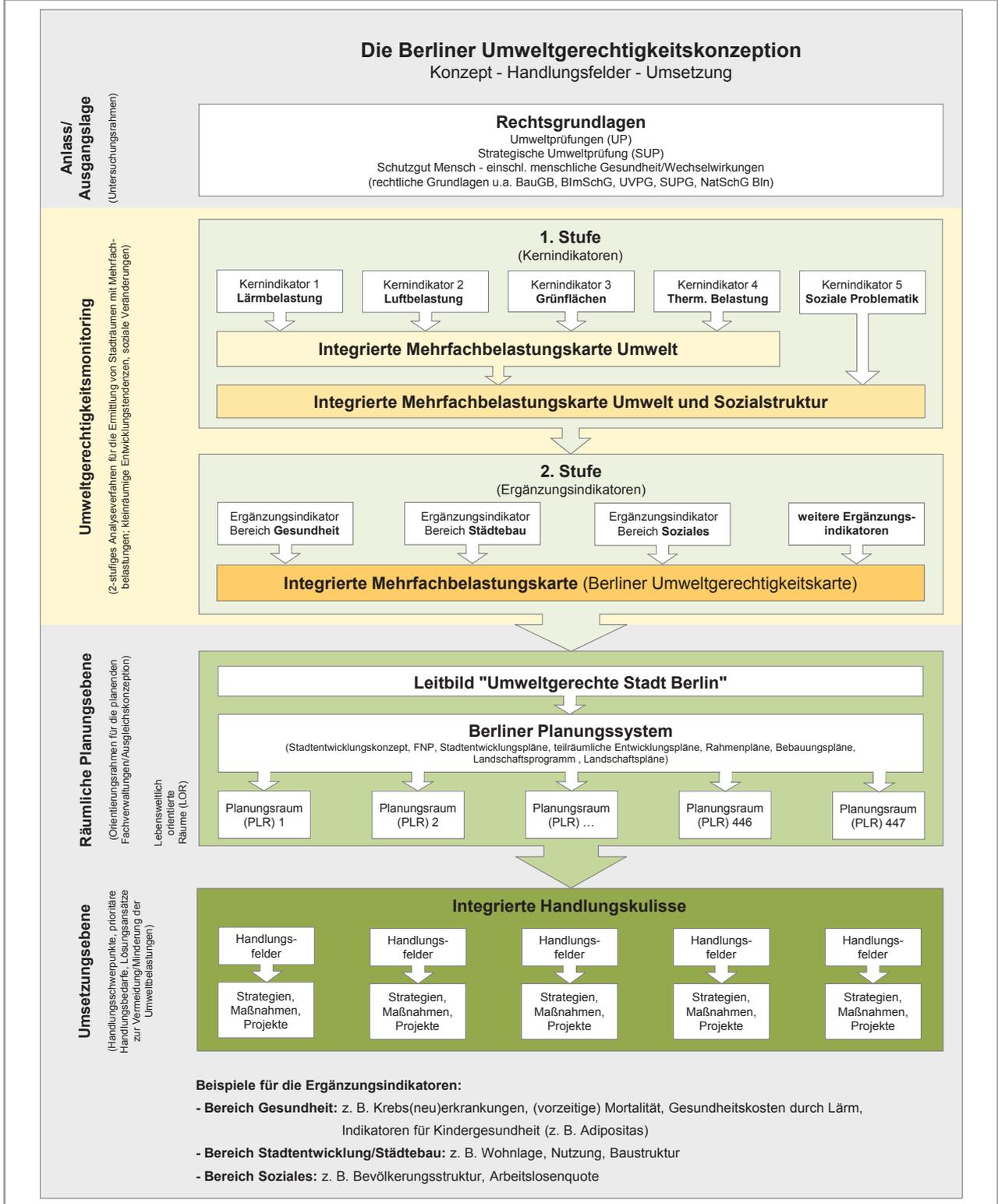
Das Berliner Umweltgerechtigkeitsmonitoring beruht im Wesentlichen auf der Auswertung und Aggregation vorhandener Datengrundlagen aus verschiedenen Quellen, unter anderem Umweltatlas, Luftreinhalte- und Lärminderungsplanung, Monitoring Soziale Stadtentwicklung (MSS), Einschulungsuntersuchungen (ESU). Es ist als zweistufiges Verfahren (Kernindikatoren und Ergänzungsindikatoren) angelegt (**Tabelle 1**). Die fünf Kernindikatoren sind die Grundlage für die Identifizierung der mehrfach belasteten Gebiete. Die Ergänzungsindikatoren können als zusätzliche Informationen hinzugezogen werden, um Sachverhalte zu präzisieren beziehungsweise fachlich-inhaltlich weiter zu untersetzen. Für die Auswahl der Umwelt-, Gesundheits-, Sozial- und Stadtplanungsdaten war entscheidend, dass die Daten in unterschiedlichen Abständen kleinräumig, auf der Ebene der Planungsräume, erhoben werden, das heißt auch über längere Zeiträume hin verfügbar sind.

Analog zum Monitoring Soziale Stadtentwicklung (MSS) (Internetadresse am Ende des Beitrags) wurde bei den Umweltgerechtigkeitsanalysen die räumliche Gliederung Berlins auf den drei Ebenen der Lebensweltlich orientierten Räume (LOR) zugrunde gelegt, die sich hierarchisch ineinander überführen lassen. Für das gestufte Indikatorensystem des Umweltgerechtigkeitsmonitorings wurde die kleinste Einheit – die 447 Planungsräume – mit einer Raumgröße von durchschnittlich 7.500 Einwohnern gewählt. (Internetseite: Lebensweltlich orientierte Räume in Berlin – LOR) (SenGUV 2011).

Um die ungleiche Verteilung der kleinräumigen Umweltbelastungen für das Land Berlin messbar zu machen, wurden zunächst auf der Grundlage der Strategischen Umweltprüfung (SUP) vier wichtige umweltbezogene Themenfelder (Lärm, Luftbelastung, Grünflächenversorgung und bioklimatische Belastung) ausgewählt, deren Gesundheitsrelevanz wissenschaftlich belegt ist (Internetseite: Umweltatlas). Als weiterer gesundheitlich relevanter Bereich wurde die soziale Problemdichte (Statusindex aus dem Monitoring Soziale Stadtentwicklung) in das Grundindikatorenset der fünf Kernindikatoren integriert.

Um die Aussagefähigkeit der Kernindikatoren zur Erfassung der Umweltqualität zu verbessern, wurden weitere Ergänzungsindikatoren aus den Be-

Abbildung 1: Integrierte Berliner Umweltgerechtigkeitskonzeption mit dem zweistufigen Umweltgerechtigkeitsmonitoring.  
 Quelle: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin | Abt. IX - Umweltpolitik | Dr.-Ing. H.-J. Klimeczek (2012).



reichen Gesundheit, Städtebau, Stadtentwicklung oder Risikomerkmale (Planungsräume mit einem hohen Anteil an einfacher Wohnlage sowie sehr hoher Luft- und/oder Lärmbelastung) entwickelt. Aufgrund des gesundheitsorientierten Ansatzes der

Berliner Umweltgerechtigkeitsanalysen haben vor allem Ergänzungsindikatoren aus dem Bereich Gesundheit Relevanz. Für Berlin liegen unter anderem planungsraumbezogene Aussagen zur „vorzeitigen Sterblichkeit an Erkrankungen des Kreislauf- und

**Tabelle 1: Kern- und Ergänzungsindikatoren des zweistufigen Berliner Umweltgerechtigkeitsmonitorings auf der Ebene der 447 Planungsräume – LOR (SenStadtUm).**

Kernindikatoren (1. Stufe)	Ergänzungsindikatoren (2. Stufe)
Luftbelastung (PM <sub>10</sub> / PM <sub>2,5</sub> , NO <sub>2</sub> )	einfache Wohnlage (Mietspiegel)
Lärmbelastung	Flächennutzung (u. a. Gewerbe, Wohnen)
Grünflächenversorgung	Stadtstruktur
Bioklimatische Belastung	Klimawandel (Hitzeinseln)/Betroffene
Sozialstruktur (Monitoring Soziale Stadtentwicklung)	Einwohnerdichte/Betroffenheit
	Lärmkosten (Gesundheit)
	vorzeitige Sterblichkeit (Erkrankungen des Kreislauf- und Atmungssystems)
	Adipositas (Einschulungsuntersuchungen - ESU)
	besonders hohes Gesundheitsrisiko (Planungsräume mit einem hohen Anteil an einfacher Wohnlage sowie sehr hoher Luft- und/oder Lärmbelastung)
	Krebs(neu)erkrankungen
	Lichtverschmutzung

Atmungssysteme“, zu „durch Lärm verursachten Gesundheitskosten“, zu „Adipositas“ (Grundlage Einschulungsuntersuchungen - ESU) sowie Daten zu den Krebs(neu)erkrankungen vor (SenGUV 2011).

Im ersten Schritt des zweistufigen Analyseverfahrens wurden die Daten zu den drei Kernindikatoren Luftgüte, Lärm und Thermische Belastung analysiert und entsprechend dem gesundheitlichen Risiko mit „gut“, „mittel“, oder „schlecht“ eingestuft. Die Einstufung der Kernindikatoren „Soziale Problematik“ und Grünflächenversorgung erfolgte analog, jedoch ohne eine gesundheitliche Gewichtung. Danach wurde für jeden der 447 Planungsräume der Mehrfachbelastungsfaktor durch Summierung derjenigen Kernindikatoren ermittelt, die in dem genannten Bewertungssystem der Kategorie 3 („schlecht“) zugeordnet wurden. Die entsprechende Kartierung identifiziert nachvollziehbar und transparent die mehrfach belasteten Räume auf gesamtstädtischer Ebene, wodurch gleichzeitig für das gesamte Stadtgebiet Umwelt- und Sozialdaten auf der kleinräumigen Quartiersebene zur Verfügung gestellt werden.

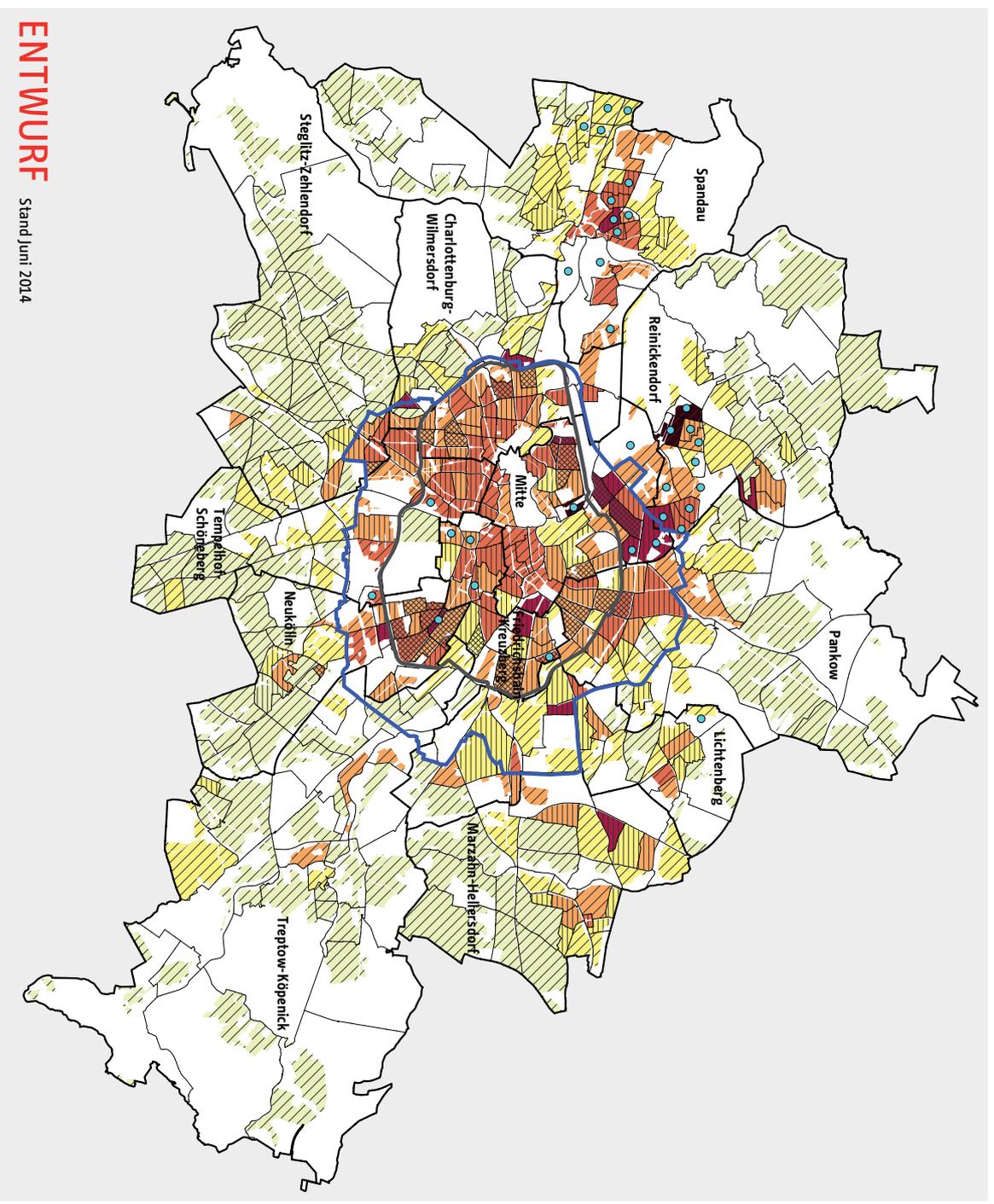
Die Aussagen der Mehrfachbelastungskarte aufgrund der Kernindikatorenauswertung können in der zweiten Stufe mit Blick auf das Verwaltungshandeln durch Ergänzungsindikatoren aus den Bereichen Gesundheit, Soziales, Städtebau und Stadtentwicklung fachlich-inhaltlich weiter unteretzt werden. Durch das zusätzliche, gesundheitlich

orientierte „Risikomerkmale“ können weitere Planungsräume gekennzeichnet werden, die aus umweltmedizinischer Sicht besonders stark belastet sind. Im Ergebnis wurden drei (integrierte) Mehrfachbelastungskarten erarbeitet. Die erste Karte zeigt die vier umweltbezogenen Mehrfachbelastungen (Kernindikatoren Luft, Lärm, Thermische Belastung und Grünflächenversorgung), die zweite Karte erweitert die Kartierung durch den Kernindikator Soziale Problematik (insgesamt fünf Indikatoren). Die Berliner Umweltgerechtigkeitskarte 2014 stellt neben den fünf Kernindikatoren noch das besonders hohe Gesundheitsrisiko sowie die Betroffenheit (Anzahl der Einwohner in den Planungsräumen) dar (**Abbildung 2**).

## Ergebnisse

Von insgesamt 447 LOR-Planungsräumen (PLR) auf der gesamtstädtischen Ebene sind 3 PLR fünf-, 17 PLR vier-, 71 PLR dreifach, 106 PLR zweifach, 105 PLR einfach und 145 PLR unbelastet. Die Untersuchungen belegen, dass sich im Bereich des hochverdichteten „Erweiterten Innenstadtbereichs“ der größte Teil der mehrfach belasteten Gebiete befindet (**Abbildung 2**). In diesem Bereich sind von 173 Planungsräumen 71 fünf-, vier- oder dreifach belastet. Hiervon sind 663.860 Einwohnerinnen und Einwohner betroffen (Stand 31.12.2013). Die 145 Planungsräume ohne Mehr-

Abbildung 2: Integrierte Mehrfachbelastungskarte (Berliner Umweltgerechtigkeitskarte 2014). Quelle: SenStadtUm.



**ENTWURF**  
Stand Juni 2014

**Umweltgerechtigkeit  
im Land Berlin 2014**  
**Integrierte Umweltbelastung  
einschließlich Soziale Problematik**

Mehrfachbelastung durch die Kennindikatoren Luftbelastung, Luftschadstoffe, Grünflächenversorgung, Bodenmäßige Belastung, Soziale Problematik (Staatsanwaltschaft nach Monitoring Soziale Stadtentwicklung 2013)

Die Kennindikatoren fließen als Einzelbelastung in die Bewertung ein, wenn sie im Hinblick auf die gesundheitswissenschaftliche Belastung nach der jeweiligen Kennindikator der höchsten Kategorie zugeordnet werden.  
Planungsgebiete mit überwiegend einfacher Wohnlage (mehr als 66 % der Adressen) sowie sehr hoher Lärm- und/oder sehr hoher Luftbelastung

**Einwohnerdichte in EW/km<sup>2</sup>**

- 20.000
- 10.000 bis unter 20.000
- unter 10.000

- weltweit unbesohlene Fläche
- Grenze Planungsräum (PlR)
- Grenze Bezirks- und Schwerpunktbereich Innenstadt (Vorranggebiet Luftreinhalbung gemäß NFP)

Grenze Umweltzone  
Die Karte enthält die Stimmabgabe und die Stimmabgabe des 487. Planungsgebietes im Jahr 2013. Die Stimmabgabe des 487. Planungsgebietes ist im Jahr 2013 nicht erfolgt.

**Herausgeber: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt**

**Konzept:** Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt  
**Beauftragte:** Altfahrschiff und Umweltentwicklung  
**In Zusammenarbeit:** Planungsamt, Kohlewerke 65

**Daten:**  
- Lärmkarten (Lärm, Stand 2013)  
- Heft 1/2 zum Bericht für Luftreinhaltung (Luftbelastung, Stand 2009)  
- GPR GmbH (Grünversorgungs, Stand 2012)  
- Universität Kassel (Thermische Belastung, Stand 2012)  
- Monitoring Soziale Stadtentwicklung 2013  
- Amt für Statistik Berlin-Brandenburg (Einwohnerdichte, Stand 31.12.2013)  
- Amt für Statistik Berlin-Brandenburg (Einwohnerdichte, Stand 31.12.2013)

**Karten-Grundlage:**  
- Technisch orientierte Karte (TOK), Übersichtskarte 1:50.000, Ausgabe 5/2013

fachbelastung (unbelastet) liegen vorwiegend in den Außenbezirken.

Die Analysen zeigen weiter, dass ein Großteil der Gebiete mit einer hohen sozialen Problemdichte gleichzeitig auch von hohen gesundheitsrelevanten Umweltbelastungen betroffen ist. Dies betrifft insbesondere die Planungsräume im nördlichen Bereich des Bezirks Neukölln, im Bereich Mitte, im südlichen Bereich des Bezirks Reinickendorf sowie in Tempelhof-Schöneberg. Eine geringe Umweltbelastung (unbelastet, einfach-belastet) und ein sehr hoher oder hoher positiver sozialer Status finden sich vor allem in den Außenbezirken (SenStadtUm).

## Fazit und Ausblick

Die kleinräumigen kartografischen Darstellungen und die dahinter stehenden raumbezogenen Daten machen die quartiersbezogene Betroffenheit besonders deutlich. Sie zeigen den politischen Entscheidungsträgern, wo der Handlungsbedarf besonders groß ist. Diese Form der Darstellung kann als Frühwarnung für die Politik dienen, wenn sich umweltbezogene Risiken oder ungünstige Entwicklungen räumlich zu verfestigen drohen. Durch die Darstellung werden direkte oder indirekte Zusammenhänge der Sachverhalte, vor allem an der Schnittstelle der Ressorts Gesundheit/Soziales, Städtebau/Stadtentwicklung und Umwelt deutlich, da komplexe Sachverhalte auch für die Betroffenen in den belasteten Quartieren einfach und nachvollziehbar vermittelt werden (SenStadtUm).

Die Ergebnisse haben fach- und behördenübergreifende Bedeutung. Zur Verbesserung der Lebensqualität sind vor allem in den Gebieten mit Mehrfachbelastungen integrierte Strategien und Konzepte stärker als bisher ressortübergreifend auszurichten. Hierfür ist es notwendig, dass die Umweltbelastungsanalysen in die bereits etablierten kleinräumigen Stadtbeobachtungssysteme Berlins, wie beispielsweise die Gesundheits- oder Sozialberichterstattung des Landes, oder in die entsprechenden bezirklichen Berichterstattungen integriert werden. Wichtig ist, dass die Ergebnisse in die strategischen Konzepte sowie informellen und formelle Instrumente der Stadtentwicklung und der Umweltplanung eingehen. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf die Bauleitplanung, die Bereiche Stadtentwicklung und Stadterneuerung, das Bund-Länder-Programm Soziale Stadt, die Weiter-

entwicklung der Umweltprüfungen, Vorgaben für Planungswettbewerbe, Berücksichtigung im Rahmen Städtebaulicher Verträge und bei Aktionsprogrammen.

Um die sozialräumlichen Veränderungen im Hinblick auf die Verteilung der Umweltbelastungen im Zeitablauf verfolgen zu können, ist es notwendig, das Umweltgerechtigkeitsmonitoring zu verstetigen. Hierbei ist zu beachten, dass die einzelnen Fachbereiche beziehungsweise Ressorts kleinräumige Daten in sehr unterschiedlichen Abständen erheben beziehungsweise aufbereiten und dass sich das Monitoring künftig den sich ständig verändernden Rahmenbedingungen anpassen muss. Dies gilt nahezu für alle Kern- und Ergänzungsindikatoren des zweistufigen Berliner Monitoringansatzes. Für eine erfolgreiche Strategie zu mehr Umweltgerechtigkeit ist die Entwicklung integrativer Planungsinstrumente und geeigneter Rahmenvorgaben und -bedingungen erforderlich (Klimeczek 2012).

Vor diesem Hintergrund und mit Blick auf die Umsetzung nimmt das Land Berlin bundesweit weiterhin eine Vorreiterrolle ein. Die aktuellen Ergebnisse der Umweltgerechtigkeitsanalysen werden bei der Erarbeitung des Stadtentwicklungskonzeptes 2030 (StEK 2030) berücksichtigt und sollen Eingang in den Bericht zum Flächennutzungsplan des Landes Berlin finden. Derzeit wird geprüft, inwieweit die kleinräumige Umweltbelastungsanalyse im Sinne eines Wertausgleichs in die Berechnungen der Finanzmittelzuweisungen des Senats an die Bezirke (vertikaler und horizontaler Finanzausgleich) mit herangezogen werden kann. Darüber hinaus ist beabsichtigt, dass die Umweltgerechtigkeitsergebnisse als zusätzliche Entscheidungshilfe bei der Umsetzung der Umweltförderprogramme Verwendung finden. Auch mit Blick auf das Ziel „Klimaneutralität Berlin 2050“ werden die Ergebnisse Bedeutung haben, denn die Gebiete mit „Mehrfachbelastungen“ sind gleichzeitig die vulnerablen Gebiete im Hinblick auf den Klimawandel.

Aufgrund der interdisziplinären Vorgehensweise ist davon auszugehen, dass bei der Umsetzung klimapolitischer Strategien und Maßnahmen die Umweltgerechtigkeitsanalysen eine wichtige Entscheidungsgrundlage werden. Dies gilt auch im Hinblick auf die Entwicklung neuartiger Lösungen für intelligente und multifunktionale stadttechnische Infrastrukturen (Smart City) zur Verbesserung der Lebensqualität in den Quartieren sowie der Eta-

blierung neuer innovativer Beteiligungsformen. Die Ergebnisse der Umweltgerechtigkeitsanalysen werden voraussichtlich Ende 2014/Anfang 2015 auf der Internetseite der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt veröffentlicht werden.

### Internetadressen

**Umweltatlas Berlin** (Themenfelder Lärm, Luft, Bioklima, Grün, Stadtstruktur): <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/> (Abrufdatum 30.07.2014).

**Monitoring Soziale Stadtentwicklung** (MSS): [http://www.stadtentwicklung.berlin.de/planen/basisdaten\\_stadtentwicklung/monitoring/index.shtm](http://www.stadtentwicklung.berlin.de/planen/basisdaten_stadtentwicklung/monitoring/index.shtm) (Abrufdatum 30.07.2014).

**Lebensweltlich orientierte Räume in Berlin** (LOR): [http://www.stadtentwicklung.berlin.de/planen/basisdaten\\_stadtentwicklung/lor/](http://www.stadtentwicklung.berlin.de/planen/basisdaten_stadtentwicklung/lor/) (Abrufdatum 30.07.2014).

**Umweltgerechtigkeit im Land Berlin:** in Vorbereitung.

### Literatur

Klimeczek HJ (2012): Umweltgerechtigkeit durch Chancengleichheit bei Umwelt und Gesundheit – Strategien auf Landesebene. In: Bolte G, Bunge C, Hornberg C et al. (Hrsg.): Umweltgerechtigkeit, Chancengleichheit bei Umwelt und Gesundheit: Konzepte, Datenlage und Handlungsperspektiven. Bern: 205–218.

Klimeczek HJ (2011): Umweltgerechtigkeit im Land Berlin – Entwicklung und Umsetzung einer neuen ressortübergreifenden Strategie. In: UMID 2: 19–21.

SenGUV (2011): Handlungsfeld Umweltgerechtigkeit – Entwurf des Basisberichtes. Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz. Unveröffentlicht.

SenStadtUm: Handlungsfeld Umweltgerechtigkeit – Erster Basisbericht zum zweistufigen Berliner Umweltgerechtigkeitsmonitoring. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, Umweltbundesamt (Hrsg.). In Vorbereitung.

### Kontakt

Dr.-Ing. H.-Josef Klimeczek  
Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt  
(Sozialräumliche Umweltpolitik / Nachhaltigkeit)  
Brückenstraße 6  
10179 Berlin  
E-Mail: [heinz-josef.klimeczek\[at\]senstadtum.berlin.de](mailto:heinz-josef.klimeczek[at]senstadtum.berlin.de)

[UBA]

# Gesundheitsfördernde Stadtentwicklung für alle: Gemeinsam den Bestand entwickeln

## Healthy urban development for all: Jointly developing existing urban neighbourhoods

*Heike Köckler<sup>1</sup>, Beate Blättner<sup>2</sup>, Gabriele Bolte<sup>3</sup>,  
Johannes Flacke<sup>4</sup>, Andrea Rüdiger<sup>1</sup>, Sabine Baumgart<sup>1</sup>*

### Abstract

Healthy urban development for all in the light of environmental justice is the overall interest of the junior-research group Salus. Five PhD students conduct joined research in a team of scientists from public health and urban planning and in close collaboration with various partner from planning practice. In the case study cities of Dortmund and Munich transdisciplinary research is being carried out to analyse spatial phenomena of social inequity in health and environmental distribution as well as procedural injustice. First results of this transdisciplinary dialogue focus on a more healthy development of historically grown urban neighbourhoods revealing a mixed land use pattern and an improvement of living conditions for people with migration background as a major challenge in metropolitan areas today.

### Zusammenfassung

Gesundheitsfördernde Stadtentwicklung, die auch sozial benachteiligten Gruppen Verhältnisse für ein gesundes Leben in Metropolen bietet, ist das Hauptinteresse der Junior-Forschungsgruppe Salus, in der fünf Promovierende in einem Team mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus den Bereichen Stadtplanung und Public Health gemeinsam forschen. In den Referenzstädten Dortmund und München wird transdisziplinär geforscht, um soziale Ungleichheiten bei Umwelt und Gesundheit ebenso wie umweltbezogene Verfahrensgerechtigkeit zu analysieren. Ein erstes Ergebnis des transdisziplinären Dialogs ist die Fokussierung auf eine gesundheitsfördernde Entwicklung historisch gewachsener Gemengelagen und einer Verbesserung der Lebenssituation von Menschen mit Migrationshintergrund.

## Die Jufo-Salus im transdisziplinären Dialog

Die Junior-Forschungsgruppe mit dem Titel „Stadt als gesunder Lebensort unabhängig von sozialer Ungleichheit“ (Jufo-Salus) untersucht Ursachen für soziale Ungleichheit bei Umwelt und Gesundheit sowie Möglichkeiten der Gesundheitsförderung durch Public Health und Stadtplanung. Viele Studien weisen bereits nach, dass es soziale Ungleichheit bei Umwelt und Gesundheit gibt. So liegt die durchschnittliche Lebenserwartung von Menschen mit einem geringen Einkommen unter der von Menschen mit hohem Einkommen. Insbesondere Menschen, die Transferleistungen nach dem SGB II

beziehen und/oder einen Migrationshintergrund haben, wohnen häufig in einem Wohnumfeld, das durch mehr Luft- und Lärmbelastung sowie weniger Zugang zu Freiflächen geprägt ist. Zudem ist die Teilhabe dieser Menschen an gesellschaftlichen Entscheidungsprozessen, wie Kommunalwahlen oder Planungs- und Beteiligungsverfahren, die sich auf die Umweltqualität im Wohnumfeld auswirken, geringer. Diese Zusammenhänge werden unter dem Konzept Umweltgerechtigkeit gefasst (Bolte et al. 2012).

<sup>1</sup> Technische Universität Dortmund.

<sup>2</sup> Hochschule Fulda.

<sup>3</sup> Universität Bremen.

<sup>4</sup> Universität Twente, Niederlande.

Die Jufo-Salus forscht in den zwei Referenzstädten Dortmund und München, die beide in Metropolregionen liegen, aber in ihrer sozio-ökonomischen und stadträumlichen Struktur deutliche Unterschiede aufweisen. Gefördert von der Fritz und Hildegard Berg-Stiftung forschen in dem Förderprogramm „Stadt der Zukunft: Gesunde, nachhaltige Metropolen“ fünf Promovierende für drei Jahre gemeinsam in einem Team von Forscherinnen und Forschern aus Public Health und Raumplanung (**Abbildung 1**).

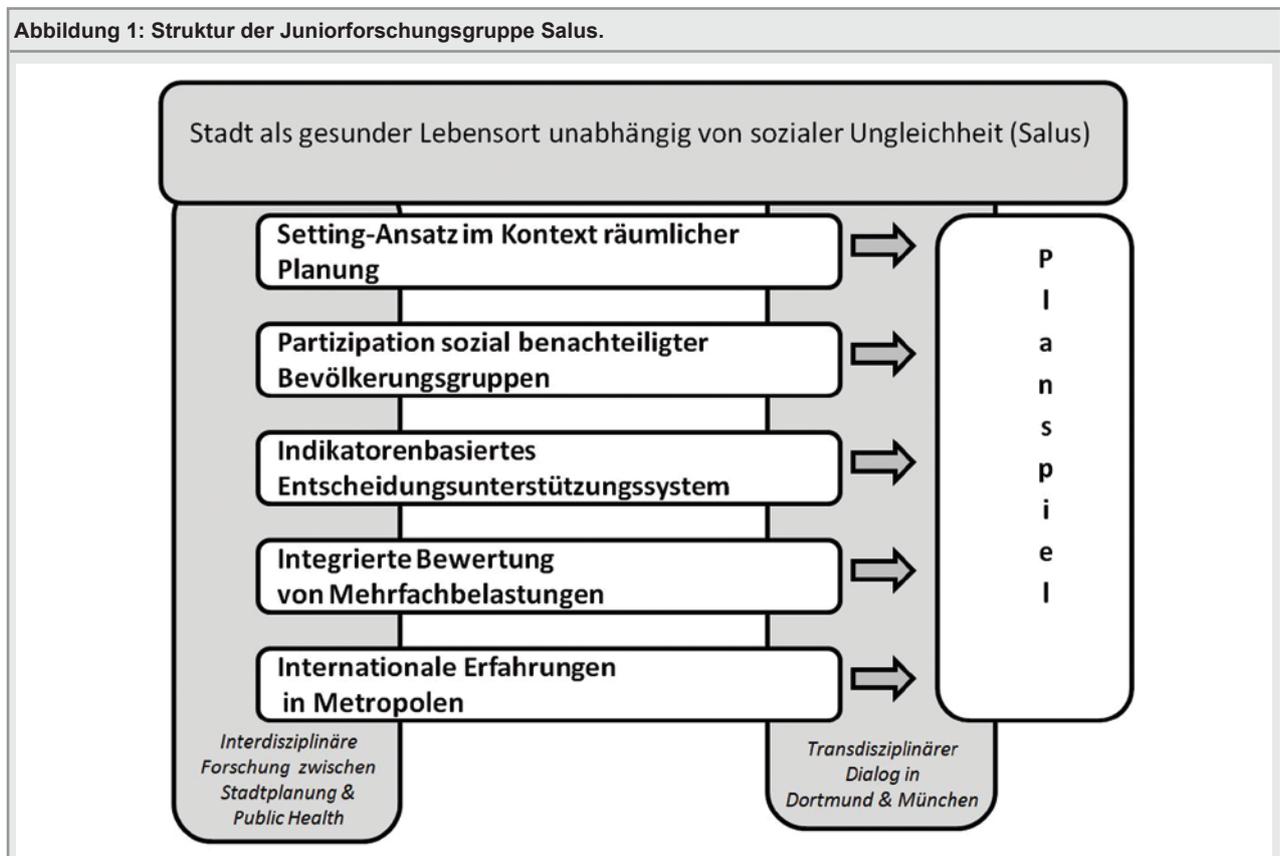
Zentrales Element der Jufo-Salus ist ein transdisziplinärer Ansatz. Hierunter wird eine lebensweltlich orientierte disziplinenübergreifende Problembearbeitung verstanden (Hunecke 2006), die im direkten Austausch mit der Praxis erfolgt. Die Jufo-Salus vereint daher die Disziplinen Public Health und Stadtplanung, orientiert sich in ihrer Forschung an konkreten Lebenswelten in den Städten München und Dortmund und tauscht sich in methodisch unterschiedlich gestalteten Workshops mit Akteuren aus der Praxis aus.

Mit Hilfe des transdisziplinären Ansatzes soll die Forschung an aktuellen Problemlagen in Städten ansetzen und Ergebnisse in die Praxis zurückführen. Den Forschenden wird der Zugang zu bestehenden

Daten erleichtert, welche durch forschungsseitige Erhebungen und Auswertungen auch für die Praxis weiter an Wert gewinnen. Akteure, die bisher nicht im persönlichen Kontakt standen, werden miteinander vernetzt. Konkrete Planungshilfen können entwickelt werden.

Im Rahmen je eines Workshops in den Referenzstädten wurden ortsspezifische aktuelle Problemlagen zu sozialer Ungleichheit bei Gesundheit identifiziert und im Sinne einer Konkretisierung mögliche Indikatoren zu deren Beschreibung diskutiert: In Dortmund wurden vor allem historisch gewachsene Gemengelagen benannt, die für eine gesundheitsrelevante unmittelbare Nachbarschaft von Wohnen, Gewerbe und Verkehr stehen und mit einem Mangel an gut zugänglichen, qualitativ hochwertigen Grünflächen einhergehen. In München wurden Belastungen aus dem Straßenverkehr sowie ein immenser Druck auf bestehende Grünflächen aufgrund der großen Nachfrage nach Siedlungsfläche identifiziert. Ähnlich wie in historisch gewachsenen Gemengelagen kann dies zu Nutzungskonflikten führen. Als besonders vulnerable Gruppe wurden in München und Dortmund vor allem Menschen mit Migrationshintergrund genannt. In beiden Workshops wurde die Gefahr betont, dass

**Abbildung 1: Struktur der Juniorforschungsgruppe Salus.**



bestehende Beteiligungsstrukturen in den Städten soziale Ungleichheiten in der Umweltqualität manifestieren können (Jufo-Salus 2013a; Jufo-Salus 2013b). Dieses Phänomen wird auch als umweltbezogene Verfahrensungerechtigkeit gefasst (Köckler 2014).

Für die Bearbeitung im Rahmen der Jufo-Salus wurde von der Forschungsgruppe aus den vielfältigen Diskussionen der Workshops der thematische Schwerpunkt Gesundheitsförderung für und mit Menschen mit Migrationshintergrund in Gemengelagen herausgearbeitet. Historisch gewachsene Gemengelagen prägen Eigentums- und Stadtstrukturen und haben Folgen für die Möglichkeiten planerischer Steuerung. In Gemengelagen gewinnen besondere normative Vorgaben, wie beispielsweise der Trennungsgrundsatz oder das Rücksichtnahmegebot, an Bedeutung und dienen der Abwägung zwischen unterschiedlichen Interessen im Planungsprozess.

Menschen mit Migrationshintergrund sind eine heterogene Gruppe, die das Merkmal einer persönlichen oder familiären Migrationsgeschichte eint. Die starke Heterogenität dieser Gruppe steht im Kontrast zu ihrer gemeinsamen strukturellen Benachteiligung sowohl hinsichtlich der Exposition gegenüber Umweltbelastungen (Raddatz, Mennis 2013), in gesundheitlichen Outcomes (Razum et al. 2008) als auch bei umweltbezogener Verfahrensgerechtigkeit (Gosine, Teelucksingh 2008).

Als Fallbeispiele für vertiefte Analysen wurden in Dortmund die Nordstadt und in München Berg am Laim/Ramersdorf ausgewählt, da in diesen die gewählten thematischen Schwerpunkte prägend sind. In beiden Stadtteilen gibt es Gebiete des Bund-Länder-Programms „Soziale Stadt“. Am Beispiel dieser beiden Stadtteile werden exemplarisch Zusammenhänge analysiert und Interventionsmöglichkeiten für Stadtplanung und Public Health eruiert.

## **Methodische Herausforderungen disziplinübergreifender Datenanalysen**

Vor dem Hintergrund sozialer Ungleichheiten bei Umwelt und Gesundheit gewinnen Interventionen von Stadtplanung und Public Health zur Verringerung beziehungsweise Verhinderung gesundheitlicher Ungleichheiten insbesondere in städtischen

Räumen an Bedeutung (CSDH 2008; Rydin et al. 2012). Das Verständnis entsprechender Zusammenhänge von sozialer Ungleichheit bei Umwelt und Gesundheit ist eine Voraussetzung für die Entwicklung konkreter Maßnahmen zur Verbesserung der Situation für die betroffenen Menschen. Dementsprechend werden in den letzten Jahren zunehmend Effekte des Raums auf Gesundheit untersucht (Macintyre et al. 2002). Räumliche Unterschiede von Gesundheit in Bevölkerungen bezogen beispielsweise auf die Lebenserwartung, Übergewicht bei Kindern oder Erkrankungen des Herz-Kreislaufsystems können erklärt werden durch räumliche Unterschiede in der Bevölkerungszusammensetzung (Kompositionseffekte), durch Unterschiede zwischen den Räumen bei Merkmalen der gebauten und der sozialen Wohnumwelt (Kontexteffekte) und durch soziokulturelle und historische Merkmale von Gemeinden, wie gemeinsame Werte, Normen und Traditionen (Macintyre et al. 2002; Diez Roux 2001). Diese Erklärungsansätze schließen sich nicht wechselseitig aus, vielmehr ist eine strikte Trennung von kompositionellen und kontextuellen Effekten nicht möglich (Cummins 2007).

Aus Sicht von Public Health und Epidemiologie bestehen verschiedene methodische Herausforderungen bei räumlichen Analysen zur Situation von Menschen mit Migrationshintergrund in Gemengelagen. So stehen oftmals keine Gesundheitsdaten kleinräumig beziehungsweise auf individueller Ebene zur Verfügung, weshalb geeignete Daten gewonnen werden müssen. Zudem sind geeignete räumliche Einheiten für die Analysen zu definieren sowie zeitliche Intervalle zwischen Exposition und Effekt einzubeziehen und zusätzlich individuelle und kontextuelle Einflussfaktoren zu analysieren. Gleichzeitig sind Aspekte der individuellen Vulnerabilität zu berücksichtigen, die wiederum Gesundheitseffekte vorhandener Belastungen oder Ressourcen modifizieren können. Eine räumliche Analyse, die lediglich addiert, welche Belastungsfaktoren oder Ressourcen der sozialen und gebauten Wohnumwelt in einem bestimmten Gebiet gleichzeitig vorhanden sind, reicht nicht aus. Zur Erfassung und Quantifizierung der komplexen Zusammenhänge werden in der multivariaten statistischen Analyse Mehrebenenmodelle eingesetzt (Diez Roux 2000).

Die räumliche Analyse dieser Zusammenhänge auf der Basis räumlich-administrativer Einheiten, wie zum Beispiel statistischer Bezirke, birgt vor allem

zwei Problematiken: Zum einen liegen relevante Faktoren oftmals in verschiedenen räumlichen Bezugseinheiten vor (Higgs, Langford 2009). Zum anderen besteht die Gefahr, dass in Abhängigkeit von der gewählten Raumeinheit räumliche Verteilungsmuster und Schwerpunkte entweder erkannt werden oder auch nicht (Maantay 2002). Dieses Phänomen wird in der englischsprachigen Literatur als Modifiable Area Unit Problem (MAUP) diskutiert (Openshaw 1984). Eine weitere methodische Herausforderung besteht daher in der Erprobung räumlich-statistischer Analysen von Belastungsschwerpunkten, die über ein Addieren von Einzelbelastungen hinausgehen. Zudem gilt es, räumliche Verteilungsmuster von Gesundheits-, Umwelt- und Sozialfaktoren basierend auf Punktdaten, wie sozialen Merkmalen, die für Wohnadressen vorliegen, mit räumlichen Analyse-Methoden zu untersuchen. Hierzu können Kernel Density, Geographically Weighted Regression (GWR) oder Spatial Autocorrelation gezählt werden (Fotheringham et al. 2000).

Bezogen auf die Stadtplanung stellt sich ferner die Frage, wie die Informationen und Ergebnisse aus derartigen Analysen für konkrete Planungsprozesse nutzbar gemacht und den Akteuren zur Verfügung gestellt werden können. Die methodische Herausforderung besteht darin, kommunale Akteure, die mit gesundheitsrelevanten Planungsprozessen befasst sind, zu unterstützen, bedarfsgerecht aktuelle kleinräumige und aggregierte entscheidungsrelevante Informationen selber zu erzeugen und abzurufen. Integrierte Planungsprozesse zur Entwicklung von geeigneten Interventionen sollten damit inhaltlich qualifiziert und die verschiedenen Akteure stärker eingebunden werden. Ein Schwerpunkt in der Jufo-Salus ist es dabei, im Sinne der Verfahrensgerechtigkeit Akteure mit Migrationsgeschichte in Planungsprozesse einzubinden, welche häufig unterrepräsentiert sind.

In der Jufo-Salus werden diese methodischen Herausforderungen in zwei Dissertationen aufgegriffen: Eine Dissertation mit Schwerpunkt auf der Verknüpfung von Sozial- und Umweltepidemiologie befasst sich mit der integrierten Bewertung von Mehrfachbelastungen im Zusammenhang mit sozialer Ungleichheit. Hierbei werden kleinräumige Unterschiede von individuellen Daten zur Gesundheit und der sozialen Lage von Kindern in der Stadt München aus einer früheren epidemiologischen Studie in Bezug gesetzt zu gesundheitsförderlichen

oder -belastenden Faktoren der gebauten und sozialen Wohnumwelt. Für vergleichbare Analysen in der Stadt Dortmund werden Daten zur Kindergesundheit derzeit erhoben.

Eine weitere Dissertation untersucht den Einsatz und Nutzen von Entscheidungsunterstützungssystemen in gesundheitsbezogenen Planungsprozessen. Entscheidungsunterstützungssysteme sind computerbasierte, räumliche Informationssysteme, die Akteure mit relevanten Informationen und zielgerichteten Arbeitshilfen versorgen. Schwerpunkte liegen in dieser Dissertation auf der Unterstützung der Akteure bei der gemeinschaftlichen Problemdefinition und -strukturierung am Beispiel der Dortmunder Nordstadt (Shrestha et al. 2014). Zusätzlich wird untersucht, wie kumulative Umwelt- und Gesundheitsaspekte bewertet und visualisiert und Planungsprozesse, mit denen neue Planungsinstrumente getestet werden sollen, unterstützt werden können.

## **Strategien und Interventionen aus Stadtplanung und Public Health**

Aus stadtplanerischer Perspektive ist bereits die Formulierung von Leitlinien und Zielen ein wichtiger strategischer Baustein zur Schaffung gesundheitsfördernder Strukturen für alle Bewohnerinnen und Bewohner einer Stadt. Der Inhalt dieser Leitlinien und Ziele wird in formellen und informellen Instrumenten operationalisiert. Im Rahmen von formellen, also gesetzlich normierten, Planverfahren sind unter anderem gesetzliche Beteiligungsvorschriften für die Träger öffentlicher Belange verankert, die unter anderem das Ziel einer Integration von Fachwissen verfolgen. Hierüber ergibt sich die Möglichkeit, Bewertungen und Stellungnahmen gegebenenfalls auf Basis konkretisierter Zielsetzungen und Strategien der Gesundheitsförderung als Belange in Planverfahren einzubringen. Geäußerte Belange sind in jedem Fall im Abwägungsprozess eines Planungsverfahrens zu berücksichtigen, ebenso wie Belange, die offenkundig sind, zum Beispiel über Aussagen und Informationen aus Gutachten, Expertisen oder Fachplanungen wie im Fall der Lärmaktionsplanung. Das im Baugesetzbuch verankerte Bund-Länder Programm „Soziale Stadt“ bietet eine gute Möglichkeit, Gesundheitsförderung als zentrales Element einer sozialen Stadtteilentwicklung zu integrieren und in den Programmgebieten zu realisieren (siehe Beitrag von S. Baumgart in diesem Heft).

Aus gesundheitswissenschaftlicher Perspektive ist die Teilhabe an gesundheitsrelevanten Stadtentwicklungsprozessen eine zentrale Gesundheitsressource. Die aktive Beteiligung, gerade auch sozial benachteiligter Bevölkerungsgruppen, ist zugleich eine Frage der sozialen Gerechtigkeit. Partizipation (Wright et al. 2007) sowie die Befähigung zur Partizipation durch Empowermentprozesse (Brandes, Stark 2010) ist deshalb für alle Entscheidungen der Stadtentwicklung eine relevante Anforderung. Diese ist sowohl für die Gesundheitsförderung als auch für die Stadtplanung mit Herausforderungen verbunden. Obwohl Partizipationsförderung ein zentrales Anliegen beider Disziplinen ist, unterscheiden sich konzeptionelle und theoretische Hintergründe stark voneinander. In der Gesundheitsförderung gelten Information, Anhörung und Einbeziehung als manchmal notwendige Vorstufen der Partizipation. Partizipation selbst umfasst verschiedene Abstufungen von Entscheidungsmacht, die sich danach unterscheidet, ob Betroffene Entscheidungen allein treffen oder Entscheidungen mit anderen gemeinsam fällen (Wright et al. 2007). Währenddessen setzen Stadtplanungsverfahren auf vielfältige, gesetzlich vorgegebene sowie freiwillige Angebote an Teilnehmungsformaten abhängig von dem Charakter und der Bindungswirkung der Planung.

Deshalb beschäftigt sich eine weitere Dissertation mit der Frage, wie es gelingen kann, Partizipation im Sinne von Entscheidungsteilhabe in einer gesundheitsfördernden Stadtentwicklung so umzusetzen, dass gesundheitlicher Ungleichheit entgegengewirkt werden kann. Gegenstand der Analyse sind Erfahrungen und Einschätzungen der Akteure, die sich in ihrem beruflichen Alltag mit gesundheitsfördernder Stadtentwicklung insbesondere in der Dortmunder Nordstadt und dem Münchener Stadtteil Berg am Laim/Ramersdorf befassen. Aus deren Wissensbeständen sollen Potenziale und Grenzen partizipativer Verfahren in kommunalen Lebenswelten rekonstruiert werden. Erste Ergebnisse weisen darauf hin, dass selbst in Einrichtungen, zu deren zentralen Aufgaben der Aufbau tragfähiger Teilnehmungsstrukturen zählt, Entscheidungen über relevante Themen für statt durch sozial benachteiligte Bevölkerungsgruppen getroffen werden. Insbesondere Migrantengruppen bleiben aus den relevanten Entscheidungsgremien strukturell ausgeschlossen.

Welche vorherrschenden Denkmuster über eine gesundheitsförderliche Stadtentwicklungsplanung

existieren, welchen Einfluss diese auf zivilgesellschaftliche Gruppen ausüben und inwieweit diese Denkmuster beeinflussbar sind, ist Untersuchungsgegenstand einer weiteren Dissertation, die von internationalen Erfahrungen in San Diego (USA) und Santiago (Chile) lernen wird. In beiden Ländern werden diskursmächtige Denkmuster über gesundheitsförderliche Stadtentwicklungsplanung analysiert. Ferner werden Handlungsstrategien zivilgesellschaftlicher Akteure untersucht, mit denen sie ihren Forderungen bezüglich einer gesundheitsförderlichen Stadtentwicklungsplanung „von unten“ Gehör verschaffen wollen. Hierbei stehen entsprechend dem Schwerpunkt der Jufo-Salus insbesondere zivilgesellschaftliche Akteure mit Migrationshintergrund im Fokus.

Partizipation im Sinne der Gesundheitsförderung erfolgt in Settings, das heißt in den Sozialzusammenhängen und Bedingungen, in denen Menschen leben, lernen, arbeiten und konsumieren (Rosenbrock, Hartung 2010). Neben den etablierten Settings wie Schule, Betrieb oder Familie wird immer wieder das Wohnumfeld als Setting benannt. Da dies in der Theorie als eine Schnittstelle gesehen wird, Stadtplanung und Public Health zu integrieren, befasst sich eine weitere Dissertation der Jufo-Salus zunächst mit einer interdisziplinären analytischen Fragestellung im Kontext des Settingansatzes und räumlicher Planung. In Fallstudien der Referenzstädte wird untersucht, ob auch in Instrumenten der räumlichen Planung auf Settings Bezug genommen wird. Dies kann zum einen im physisch-räumlichen oder sozialräumlichen Charakter im Sinne von Lebenswelten oder im methodisch-prozesshaften Charakter im Sinne von partizipativer Strukturentwicklung erfolgen. Zur weiteren Qualifizierung von Strategien einer gesundheitsfördernden Stadtentwicklung für alle werden anschließend konzeptionelle Ansätze diskutiert, die im Rahmen stadtplanerischer Instrumente Interventionen nach dem Settingansatz ermöglichen. Diese werden in einem Workshop mit Praxispartnern erprobt.

## **Ausblick für die Forschung in der Jufo-Salus**

Die Jufo-Salus hat im Sommer 2014 „Halbzeit“. Im Herbst 2014 widmen sich Workshops in den beiden Referenzstädten der Entwicklung von Strategien und Interventionen in den beiden Fallbeispielgebieten – der Nordstadt in Dortmund und Berg am

Laim/Ramersdorf in München. Diese gemeinsam mit den Akteuren vor Ort erarbeiteten Ergebnisse werden in der Forschungsgruppe reflektiert, in den Promotionen weiter vertieft und in je einem weiteren Workshop, in dem die Methode des Planspiels angewendet wird, auf ihre Tragfähigkeit hin erprobt.

Ein Planspiel ist eine Art Simulation, in der sich Teilnehmende zu Gruppen zusammenschließen und in bestimmten Rollen handeln, wobei sie wechselnde Szenarien und Situationen miteinander durchspielen. Das Planspiel ist in einer hypothetischen Umwelt angelegt, die auf bloßen Annahmen beruht, aber dennoch möglichst realistisch die Planungs- oder Arbeitssituation wiedergibt. In den Spielunterlagen, die vor allem Regieanweisungen, Karten und Daten enthalten, ist das Problem vorgegeben, das nun durch spielerisches Experimentieren gelöst werden soll. Das Problem ist meist ein in realen Situationen häufig anzutreffendes alltägliches Handlungs- und/oder Entscheidungsproblem. Planspiele ermöglichen dadurch ein alltagsnahes Lernen. Gleichzeitig sind die den Planspielen zugrunde liegenden Modelle – ebenfalls wie die alltägliche Realität – dynamisch und ermöglichen Veränderungen und Rückkoppelungen.

Die Planspiele der Jufo-Salus werden jeweils eine alltägliche Situation in den Fallbeispielgebieten aufgreifen, die auch für andere Stadtquartiere mit Gemengelage und einem im gesamtstädtischen Vergleich hohen Anteil an Bewohnerinnen und Bewohnern mit Migrationshintergrund exemplarisch ist. Ergebnisse der einzelnen Dissertationen fließen in das Planspiel ein (**Abbildung 1**). So forschen die Promovierenden nicht nur vertieft an ihren spezifischen Fragestellungen, sondern arbeiten auch auf ein gemeinsames Produkt hin, das einen durch Integration der Einzelarbeiten geleisteten Mehrwert liefert. Zudem ist das Planspiel ein bedeutendes Element im transdisziplinären Ansatz, da es Forschung, die im Dialog mit Praktikerinnen und Praktikern konkretisiert wurde, so aufbereitet, dass sie von eben diesen getestet werden kann. Die Planspiele werden anschließend ausgewertet. Die Ergebnisse werden sowohl den Referenzstädten als auch der Fachöffentlichkeit berichtet.

#### Hinweis

*Die Jufo-Salus wird im Kern getragen von den fünf Promovierenden, deren Gedanken und Diskussionen auch in diesen Aufsatz geflossen sind. Dies sind Ursula Hemetek, Steffen Schüle, Rehana Shrestha,*

*Raphael Sieber und Lisa Waegerle. Weitere Informationen zur Jufo-Salus unter [www.jufo-salus.de](http://www.jufo-salus.de).*

#### Literatur

Bolte G, Bunge C, Hornberg C, Köckler H, Mielck A. (Hrsg.) (2012): Umweltgerechtigkeit. Chancengleichheit bei Umwelt und Gesundheit: Konzepte, Datenlage und Handlungsperspektiven. Bern.

Brandes S, Stark W (2010): Empowerment/Befähigung. In: Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (Hrsg.): Leitbegriffe der Gesundheitsförderung. Verfügbar unter <http://www.bzga.de/leitbegriffe/?id=angebote&idx=169> (Abrufdatum: 13.07.2014).

CSDH (Commission on Social Determinants of Health) (2008): Closing the gap in a generation: health equity through action on the social determinants of health. Geneva: World Health Organization.

Cummins S (2007): Commentary: investigating neighbourhood effects on health--avoiding the 'local trap'. In: *Int J Epidemiol* 36: 355–357.

Diez Roux AV (2000): Multilevel analysis in public health research. In: *Annu Rev Public Health* 21: 171–192.

Diez Roux AV (2001): Investigating neighborhood and area effects on health. In: *Am J Public Health* 91: 1783–1789.

Fotheringham AS, Brunsdon C, Charlton M (2000): Quantitative geography: Perspectives on spatial data analysis. London. Thousand Oaks Calif: Sage Publications.

Gosine A, Teelucksingh C (2008): Environmental Justice and Racism in Canada. An Introduction. Toronto.

Higgs G, Langford M (2009): GIScience, environmental justice, & estimating populations at risk: The case of landfills in Wales. In: *Applied Geography*, 29 (1): 63–76.

Hunecke M (2006): Eine forschungsmethodologische Heuristik zur sozialen Ökologie. München. Oekom (Ergebnisse sozial-ökologischer Forschung, 3).

Jufo-Salus (2013a): Gesundheitsfördernde Stadtentwicklung für Alle in Dortmund: Die Jufo-Salus im Dialog mit Dortmunder Akteuren. Dokumentation des Workshops zu Themen und Indikatoren vom 10. September 2013. Unter Mitarbeit von Heike Köckler. Hg. v. Jufo-Salus. Dortmund. [http://www.jufo-salus.de/cms/Medienpool/Veroeffentlichung\\_Ressourcen\\_Bilder/Salus\\_WS\\_1\\_Dortmund.pdf](http://www.jufo-salus.de/cms/Medienpool/Veroeffentlichung_Ressourcen_Bilder/Salus_WS_1_Dortmund.pdf) (Abrufdatum: 01.07.2014).

Jufo-Salus (2013b): Gesundheitsfördernde Stadtentwicklung für Alle in München: Die Jufo-Salus im Dialog mit Münchener Akteuren. Dokumentation des Workshops zu Themen und Indikatoren vom 08. Oktober 2013. Unter Mitarbeit von Heike Köckler. Jufo-Salus. Dortmund. [http://www.jufo-salus.de/cms/Medienpool/Veroeffentlichung\\_Ressourcen\\_Bilder/Salus\\_WS\\_1\\_Muenchen.pdf](http://www.jufo-salus.de/cms/Medienpool/Veroeffentlichung_Ressourcen_Bilder/Salus_WS_1_Muenchen.pdf) (Abrufdatum: 01.07.2014).

Köckler H (2014): Nur die Einladung reicht nicht. Teilhabe als Schlüssel umweltbezogener Gerechtigkeit. In: Politische Ökologie 136: 43–48.

Macintyre S, Ellaway A, Cummins S (2002): Place effects on health: how can we conceptualise, operationalise and measure them? In: Social Science & Medicine 55: 125–139.

Maantay J (2002): Mapping Environmental Injustices: Pitfalls and Potential of Geographic Information Systems in Assessing Environmental Health and Equity. In: Environmental Health Perspectives, Vol. 110, Supplement 2: Community, Research, and Environmental Justice: 161–171.

Openshaw S (1984): The modifiable area unit problem. Norwich. Geo Books.

Raddatz L, Mennis J (2013): Environmental Justice in Hamburg, Germany. In: The Professional Geographer 65 (3): 495–511.

Razum O, Zeeb H, Meesmann U et al. (2008): Migration und Gesundheit. Robert Koch-Institut. Berlin. Schwerpunktbericht der Gesundheitsberichterstattung des Bundes.

Rosenbrock R, Hartung S (2010): Settingansatz / Lebensweltansatz. In: Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (Hrsg.): Leitbegriffe der Gesundheitsförderung. <http://www.bzga.de/leitbegriffe/?id=angebote&idx=131> (Abrufdatum: 13.07.2014).

Rydin Y, Bleahu A, Davies M et al. (2012): Shaping cities for health: complexity and the planning of urban environments in the 21st century. in: Lancet 379: 2079–2108.

Shrestha R et al. (2014): SUSS Revisited: An interactive spatial understanding support system (IUSUSS) for collaborative spatial problem-structuring. AESOP-Konferenzbeitrag.

Wright MT, Block M, Unger H v (2007): Stufen der Partizipation in der Gesundheitsförderung: Ein Modell zur Beurteilung von Beteiligung. Infodienst für Gesundheitsförderung 3: 4–5.

## **Kontakt**

Dr. Heike Köckler  
Fachgebiet Stadt- und Regionalplanung  
Fakultät Raumplanung  
August-Schmidt-Str. 10  
44221 Dortmund  
E-Mail: [heike.koeckler\[at\]u-dortmund.de](mailto:heike.koeckler[at]u-dortmund.de)

[UBA]

# Welchen Beitrag leisten urbane Grünräume (*Stadtgrün*) und Gewässer (*Stadtblau*) für eine gesundheitsförderliche Stadtentwicklung? Einblicke in die Arbeit der Juniorforschungsgruppe „*StadtLandschaft & Gesundheit*“

Healthy urban open spaces? Contributions of urban green and blue spaces to healthy urban development: Insights into the work of the young researchers group „*Urban Landscapes & Health*“

Thomas Claßen<sup>1</sup>, Sebastian Völker<sup>2</sup>, Hendrik Baumeister<sup>1</sup>, Angela Heiler<sup>1,3</sup>,  
Jasmin Matros<sup>4</sup>, Thorsten Pollmann<sup>5</sup>, Thomas Kistemann<sup>2</sup>,  
Alexander Krämer<sup>5</sup>, Frank Lohrberg<sup>4</sup>, Claudia Hornberg<sup>1</sup>

## Abstract

*Urban green and blue spaces* have for a long time been recognised as a crucial, health-promoting factor of *urban public open spaces*. Hence, creating, restoring and enhancing *green and blue spaces* is often globally claimed within sustainable, health-promoting and integrated urban development. Since October 2011, the inter- and transdisciplinary Young Researchers Group „*Urban Landscapes & Health*“ (supported by a grant from the Fritz & Hildegard Berg foundation) has aimed at answering the following questions: To which extent promote *urban green and blue spaces* human health? How can these spaces be protected and optimised from a public health perspective? In this context, analysing how different direct and indirect functions of *urban green and blue spaces* are perceived by the public, local and regional politics, and by planning and implementation authorities is important for understanding of potential synergies and obstacles as well as resulting patterns in occupancy and development. The overall project aims at revealing fields of action and communication concepts to initiate strategic alliances for promotion of *urban green and blue spaces* and sustainable networks in urban development. The cities of Bielefeld and Gelsenkirchen are co-operating partners.

## Zusammenfassung

Urbanen Grünräumen und Gewässern wird als gesundheitsförderlichen Freiraumstrukturen bereits seit langem ein hoher Stellenwert zugesprochen. Deshalb wird häufig pauschal gefordert, diese Strukturen im Rahmen einer integrierten, zukunftsfähigen Stadtentwicklungsplanung zu erhalten, zu fördern und gegebenenfalls wiederherzustellen. In diesem Kontext beschäftigt sich seit Oktober 2011 die von der Fritz und Hildegard Berg-Stiftung (im Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft) geförderte, inter- und transdisziplinäre Juniorforschungsgruppe „*StadtLandschaft & Gesundheit*“ mit folgenden Fragen: Welche Beiträge können urbane Grünräume und Gewässer zur Gesundheitsförderung der Bevölkerung leisten, und welche Möglichkeiten bestehen zum Schutz und zur Optimierung dieser Räume. Es wird untersucht, wie unterschiedliche Funktionen von Grünräumen und Gewässern in der Bevölkerung sowie in Kommunalpolitik, Planungs- und Vollzugspraxis wahrgenommen werden, welche nutzungs- und entwicklungsförderlichen und -hemmenden Faktoren bestehen und welche Aneignungs- und Entwicklungsmuster resultieren. Ein Ziel ist es, kommunalen Akteuren ein Argumentations- und Entscheidungswerkzeug zur Förderung von *Stadtgrün* und *Stadtblau* an die Hand zu geben und strategische Allianzen zu initiieren. Kooperierende Städte sind Bielefeld und Gelsenkirchen.

<sup>1</sup> Universität Bielefeld, Fakultät für Gesundheitswissenschaften, AG 7 Umwelt und Gesundheit.

<sup>2</sup> Universität Bonn, Institut für Hygiene & Öffentliche Gesundheit, Arbeitsgruppe Medizinische Geographie & Public Health.

<sup>3</sup> Kreis Herford, Geschäftsstelle Gesundheitskonferenz.

<sup>4</sup> RWTH Aachen University, Lehrstuhl für Landschaftsarchitektur.

<sup>5</sup> Universität Bielefeld, Fakultät für Gesundheitswissenschaften, AG 2 Bevölkerungsmedizin.

## Hintergrund

Die städtische Umwelt beeinflusst in vielfältiger Weise Wohlbefinden, Lebensqualität und Gesundheit der Bevölkerung. Städte weisen – neben unterschiedlichen Belastungen von Boden, Wasser, Luft sowie aus der baulich-technischen und der sozialen Umwelt – zahlreiche gesundheitsförderliche, salutogene Ressourcen<sup>1</sup> auf. Hierzu gehören unter anderem eine hohe Dichte an gesundheitsrelevanten Einrichtungen (z. B. Sportvereine, Ärzte, Krankenhäuser), soziale Unterstützung durch Familie und Nachbarschaft, Quartiersidentität sowie urbane Grünräume (*Stadtgrün*<sup>2</sup>) und Gewässer (*Stadtblau*<sup>3</sup>) (Maller et al. 2006; Dannenberg et al. 2011; Hornberg et al. 2011; Claßen et al. 2012). Hierbei sind Grünräume und Gewässer häufig eng verzahnt, so beispielsweise als Linienstrukturen entlang von Gewässerläufen, als Umrandung größerer Gewässerflächen oder über deren Integration als weiteres städtebauliches Element (Springbrunnen, Teiche etc.) in Park- und Grünanlagen (Kistemann et al. 2010; Heiler et al. 2014).

Im vergangenen Jahrzehnt und verstärkt in den letzten Jahren ist die Evidenz zur gesundheitlichen Bedeutung von städtischen Grünräumen und Gewässerstrukturen, meist unter *Stadtgrün*, vereinzelt unter *StadtNatur* subsummiert, erheblich angestiegen. Seit langem besteht ein durch evolutionsbiologisch-anthropologische Theorien sowie wahrnehmungspsychologische Erklärungsansätze geprägter Diskurs, demzufolge Menschen eine Präferenz für spezifische natürliche Umgebungen besitzen. Darüber hinaus gibt es heutzutage vermehrte Hinweise auf einen direkten und indirekten positiven Beitrag zum psychisch-mental, physischen und sozialen Wohlbefinden und zur Gesundheit (vgl. Abraham et al. 2007; Bowler et al. 2010a; Lee, Maheswaran 2011; Claßen et al. 2012; Hartig

et al. 2014). So können Grünräume und Gewässerstrukturen Anreiz und Motivation für körperliche Aktivität bieten (Kistemann et al. 2010; de Vries et al. 2011) sowie Ängsten und depressiven Symptomen entgegenwirken (Maas et al. 2009; Roe, Aspinall 2011; Ward Thompson et al. 2012). Sie können das psychische und körperliche Stressempfinden reduzieren (Hartig et al. 2003; Korpela et al. 2010), das allgemeine Wohlbefinden steigern (White et al. 2013) und mit einer höheren Vitalität und geringeren Sterblichkeit im Alter assoziiert sein (Takano et al. 2002; Maas et al. 2009). Ferner besitzen sie eine Ausgleichsfunktion gegenüber umweltbezogenen Stressoren, wie zum Beispiel Lärm (Gidlöf-Gunnarsson, Öhrström 2007) oder klimatischen Extremen (Bowler et al. 2010b; Völker et al. 2013). Auch hinsichtlich der Möglichkeiten, soziale Kontakte zu erschließen oder zu pflegen, gelten urbane Grünräume – ebenso wie Gewässer – als bedeutende sozialräumliche Systeme und soziale Begegnungsstätten, die das soziale Wohlbefinden insgesamt positiv beeinflussen können (Ellaway et al. 2005; Völker, Kistemann 2013). Urbane Grünräume und Gewässer können somit Menschen aller Altersgruppen als Erlebnis-, Begegnungs-, Bewegungs- und Regenerationsräume dienen (Claßen et al. 2012; Völker, Kistemann 2013).

Mit dem Erlebnis von Gewässerstrukturen wird in vereinzelt Studien zudem eine über die Wirkung „reiner“ Grünräume hinausgehende erholsame, stressmildernde Wirkung assoziiert (Korpela et al. 2010; White et al. 2010; Völker, Kistemann 2013). Zudem besitzen sie eine stärkere klimaökologische Ausgleichsfunktion als Grünräume (Völker et al. 2013). Sie stellen gerade in Hitzeperioden besondere Anziehungspunkte für die Bevölkerung dar und werten Grünräume insbesondere in ästhetischer Hinsicht auf (White et al. 2010). Inzwischen wird *Stadtgrün* und *Stadtblau* als urbanen gesundheits-

<sup>1</sup> Salutogene Ressourcen: Stärkung der gesellschaftlichen und individuellen Ressourcen für Gesundheit, Wohlbefinden und Lebensqualität als Widerstandsressourcen gegenüber Gesundheitsrisiken und potenziellen Krankheiten (vgl. Antonovsky 1997).

<sup>2</sup> Als urbane Grünräume („Stadtgrün“) werden in diesem Beitrag punktuelle Freiräume (z. B. Parkanlagen, Privatgärten und Kleingartenanlagen), lineare Freiräume (z. B. Grünzüge, Alleen) und großflächige, natürliche oder naturnahe Freiräume (z. B. Waldflächen), gemeinhin oft auch heutzutage als „grüne Infrastrukturen“ bezeichnet, verstanden (vgl. Claßen et al. 2012). Primär landwirtschaftlich genutzte Freiräume sind zwar nicht explizit Bestandteil von Stadtgrün, in zahlreichen umweltepidemiologischen Studien zu „green & health“ fließen sie jedoch subsummiert über den „Faktor Grün“ in die Berechnungen mit ein.

<sup>3</sup> Als urbane Gewässer („Stadtblau“) werden alle öffentlich wahrnehmbaren linienhaften und flächigen Oberflächengewässer (z. B. Bäche, Flüsse, Kanäle, Seen, Teiche, Stauseen) inklusive ihrer Uferbereiche und Rückhalteflächen verstanden, des Weiteren alle dekorativen aquatischen Anlagen, wie Wasserbecken, -spiele und Springbrunnen (vgl. Kistemann et al. 2010). Im weiteren Sinne kann die Typologie von Stadtblau auch um zum Beispiel naturnahe Freibäder und bei Küstenstädten um das Meer selbst erweitert werden (Heiler et al. 2014).

förderlichen Strukturen in Wissenschaft und Politik international wie national ein hoher Stellenwert zugesprochen. Somit steht oftmals pauschal die Forderung im Raum, im Rahmen einer integrierten, zukunftsfähigen Stadtentwicklungsplanung die bestehenden Belastungen zu minimieren, zudem aber insbesondere gesundheitliche Ressourcen zu erhalten, zu fördern und wiederherzustellen (vgl. u. a. NSW Department of Health 2009; Dannenberg et al. 2011; Claßen et al. 2012; Hartig et al. 2014).

Allerdings belegt eine Vielzahl von Studien auf den Gebieten der Umweltgerechtigkeits- und Urban Health-Forschung auch, dass sozial benachteiligte Bevölkerungsgruppen häufiger gesundheitsbeeinträchtigenden Umwelteinwirkungen (z. B. durch verkehrsbedingte Lärm- und Luftschadstoffbelastungen) ausgesetzt sind (Hornberg et al. 2011) und der Zugang der Bewohnerinnen und Bewohner sozial benachteiligter Stadtgebiete zu naturnahen Erholungsräumen eher unterdurchschnittlich ist (u. a. Claßen et al. 2012; Hornberg, Pauli 2012). Zudem gibt es zahlreiche, weitgehend ungeklärte Fragen beispielsweise im Hinblick auf

- die tatsächliche Wahrnehmung und Nutzung dieser Räume durch unterschiedliche Bevölkerungsgruppen (z. B. beeinflusst durch soziodemographische Unterschiede wie Alter und Geschlecht, den sozio-ökonomischen Status, die Ethnie, Kultur und Religion sowie gesundheitliche Einschränkungen und Behinderungen; Claßen et al. 2012),
- mögliche unterschiedliche gesundheitliche Wirkungen von *Stadtblau* und *Stadtgrün* auf die Bevölkerung sowie unterschiedliche Wahrnehmung und Bewertung ihrer Nutzungsfähigkeit sowie gesundheitlichen Bedeutung (Heiler et al. 2014),
- belastbare Kausalzusammenhänge zwischen *Stadtgrün*, *Stadtblau* und Gesundheit,
- die Übertragbarkeit von Studienergebnissen aus dem angloamerikanischen Raum auf die Bedingungen in Deutschland sowie
- die integrierte Betrachtung von gesundheitlichen und sozialen Belangen, *Stadtgrün* und *Stadtblau* im Planungsalltag.

Die Beantwortung dieser Fragen ist von entscheidender Bedeutung, wenn es darum geht, räumlich und bevölkerungsgruppenspezifisch differenzierte präventive Strategien und Maßnahmen für eine gesundheitsförderliche Stadtentwicklung zu entwi-

ckeln und umzusetzen (vgl. u. a. NSW Department of Health 2009; Hornberg, Pauli 2012). Hier setzt die Arbeit der Juniorforschungsgruppe „*StadtLandschaft & Gesundheit*“ an (vgl. <http://www.stadtlandschaft-und-gesundheit.de>).

## Aufbau, Zielsetzung und Fragestellung der Juniorforschungsgruppe

Die Fritz und Hildegard Berg-Stiftung (im Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft) fördert innerhalb der neu gegründeten Förderinitiative „*Stadt der Zukunft: Gesunde, nachhaltige Metropolen*“ seit dem Jahr 2011 inzwischen drei Juniorforschungsgruppen in Bielefeld, Dortmund und Stuttgart. Im Jahr 2011 erhielt die Juniorforschungsgruppe „*StadtLandschaft & Gesundheit*“ (verantwortliche Hochschullehrerin: Prof. Dr. Claudia Hornberg) an der Fakultät für Gesundheitswissenschaften der Universität Bielefeld den Auftrag zur Durchführung des Vorhabens „Lebenswerte urbane Räume in Deutschland – Studien zur gesundheitlichen Bedeutung urbaner Grünräume (Stadtgrün) und Gewässer (Stadtblau)“.

Die Juniorforschungsgruppe hat sich zum Ziel gesetzt, folgende Fragen zu klären:

- Welche Beiträge können Stadtgrün und Stadtblau zur Gesundheitsförderung der Bevölkerung leisten?
- Welche Möglichkeiten bestehen zum Schutz und zur Optimierung dieser Räume?

Es wird untersucht, wie unterschiedliche Funktionen von urbanen Grünräumen und Gewässern in der Bevölkerung sowie in der Kommunalpolitik, Planungs- und Vollzugspraxis wahrgenommen werden, welche nutzungs- und entwicklungsförderlichen sowie hemmenden Faktoren (Strukturen, Akteure, Denkmuster) die Prozesse bestimmen und welche Aneignungs- und Entwicklungsmuster resultieren. Auf diese Weise möchte die Juniorforschungsgruppe dazu beitragen,

- national wie international das Wissen um die gesundheitliche Bedeutung von Stadtgrün und Stadtblau zu erweitern,
- den kommunalen Akteuren ein Argumentations- und Entscheidungswerkzeug zur Erhaltung, Schaffung und Förderung urbaner Grünräume und Gewässer an die Hand zu geben,

- potenzielle Handlungsfelder und schlüssige Kommunikationskonzepte zur Initiierung strategischer Allianzen zwischen Gesundheits-, Umwelt- und Stadtplanung sowie zur Bildung nachhaltiger Akteurs-Netzwerke zu entwickeln.

Im inter- und transdisziplinär angelegten Vorhaben arbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler (darunter fünf Stipendiatinnen und Stipendiaten) der Universitäten Bielefeld, Bonn und Aachen zusammen. Darüber hinaus besteht eine enge Kooperation mit verschiedenen Akteuren aus den Verwaltungen der Städte Bielefeld und Gelsenkirchen, die als gleichberechtigte Partner in das Projekt und damit in alle wesentlichen Abstimmungsprozesse integriert sind.

## Studiendesign und Methoden

Das Gesamtvorhaben verfolgt einen interdisziplinären Forschungsansatz mit einer Kombination von Perspektiven aus Gesundheitswissenschaften, Sozial- und Stadtgeographie, Stadtökologie, Medizin, Epidemiologie, Risikokommunikation, Umweltpsychologie, Architektur und Landschaftsarchitektur sowie Stadt- und Freiraumplanung. Überdies ist das Vorhaben durch die intensive intersektorale Kooperation mit den beteiligten Städten und den hiermit verbundenen Wissenschaft-Praxis-Wissenschaft-Transfer stark transdisziplinär angelegt.

Als Studienstandorte wurden die Städte Bielefeld und Gelsenkirchen ausgewählt. Beide Städte repräsentieren „kleinere Großstädte“ in Deutschland (< 500.000 Einwohner nach Definition des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung) und weisen untereinander, aber auch innerhalb ihrer administrativen Grenzen, eine große Heterogenität hinsichtlich der Grün- und Blaustrukturen sowie der Siedlungs- und Sozialstruktur auf.

- Die Stadt Bielefeld ist ein monozentrisches Oberzentrum (Einwohnerzahl 2009: 324.000, stagnierender Bevölkerungssaldo) mit einer diversifizierten Wirtschaftskraft und Einwohnerstruktur. Das Bielefelder Grünraumnetz ist sehr heterogen verteilt und weist mit dem Teutoburger Wald, der in mehreren Querriegeln das Stadtgebiet kreuzt, ausgedehnte urbane Waldflächen auf. Ferner findet sich durch späte Eingemeindungen dörflicher Strukturen ein hoher Anteil sonstiger Freiräume. Andererseits ist Bielefeld äußerst

arm an natürlichen Oberflächengewässern (**Abbildung 1**).

- Die Stadt Gelsenkirchen ist ein Oberzentrum im multizentrischen Verdichtungsraum Ruhrgebiet (Einwohnerzahl 2009: 260.000). Aufgrund der direkten Nachbarschaft zu Essen und Bochum besitzt Gelsenkirchen eine bedeutend niedrigere Zentralität als Bielefeld und ist durch eine vergleichsweise hohe Strukturschwäche mit hoher Arbeitslosenquote und stark negativem Bevölkerungssaldo geprägt. Gelsenkirchen verfügt aus der Vergangenheit (Steinkohlenbergbau, Schwerindustrie; **Abbildung 2**) über verschiedene Industriebrachen, von denen in der jüngeren Vergangenheit einige in sogenannte Industriegewässer umgewandelt wurden. Zudem queren mit der Emscher und dem Rhein-Herne-Kanal zwei größere Gewässer mit starkem zukünftigen Wandel das Stadtgebiet.

Für die Durchführung des Gesamtvorhabens wurde ein Methodenmix gewählt, der im Sinne einer vergleichenden, primär im Querschnittsdesign angelegten Untersuchung sowohl qualitative als auch quantitative Studiendesigns integriert (Methodentriangulation). Dies geschieht in enger Abstimmung mit verschiedenen städtischen Akteuren und mittels variierender Erhebungs-, Analyse- und Bewertungsverfahren auf unterschiedlichen räumlichen (von Haushalts- bis Regionalebene) und funktionalen Ebenen (z. B. Verwaltung vs. Planung). Das

**Abbildung 1: Impression aus Bielefeld. Foto: T. Claßen.**

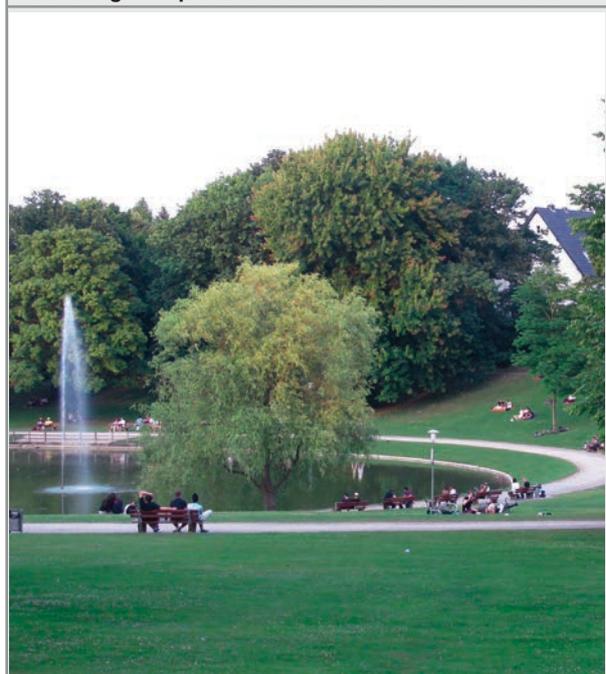
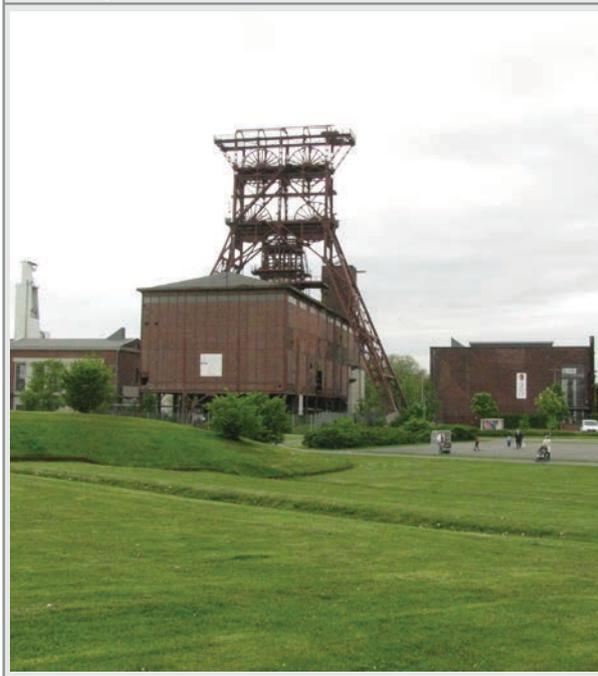


Abbildung 2: Impression aus Gelsenkirchen. Foto: T. Claßen.



Vorhaben untergliedert sich in fünf Teilvorhaben (vier Promotionsvorhaben und ein Post-Doc-Vorhaben). Die Arbeiten der zwei Stipendiatinnen und drei Stipendiaten bilden die Kernelemente des Gesamtvorhabens. Sie sind weitgehend unabhängig voneinander durchführbar, besitzen jedoch zahlreiche Schnittstellen und leisten einen definierten Beitrag zur Beantwortung der Fragestellungen des Gesamtvorhabens. Die methodischen Zugänge der Teilvorhaben stellen sich wie folgt dar (detaillierte Übersicht auf <http://www.stadtlandschaft-und-gesundheit.de>):

- **„Blue-Governance“ – Chance für eine gesundheitsförderliche Stadtentwicklung (Hendrik Baumeister):** Befragung städtischer Expertinnen und Experten mittels leitfadengestützter Interviews, inhaltsanalytische Auswertung orientiert an verschiedenen Governance-Ansätzen mit nachfolgender Ergebnisabsicherung in Akteursforen → *qualitativer Forschungsansatz*
- **Wahrnehmung, Nutzung und gesundheitliche Bedeutung von städtischem Grün für die Bevölkerung (Angela Heiler):** Quantitative postalische Bevölkerungsumfrage mittels standardisiertem Fragebogen, Auswertung mittels multivariater statistischer Verfahren → *quantitativer Forschungsansatz*
- **Freiraumspezifische Wohlfühlfaktoren – Wahrnehmung, Nutzung und Aneignung städtischer Freiräume (Jasmin Matros):** Teilstandardisierte Befragungen im Rahmen von Vororterhebungen in unterschiedlichen städtischen Freiräumen, Auswertung mittels deskriptiv-statistischer Verfahren, ferner Durchführung eines Planspiels zur gesundheitsförderlichen Freiraumentwicklung in Gelsenkirchen → *integrierter Forschungsansatz*
- **Gesundheits- und entwicklungsförderliche Potenziale urbaner Grünräume und Spielflächen bei Kindern (Thorsten Pollmann):** Räumlich-epidemiologische Querschnittstudie, basierend auf Individualdaten der ärztlichen Schuleingangsuntersuchung (SEU), einer an die SEU gekoppelten Elternbefragung sowie auf raumbezogenen Daten aus den Geoinformationssystemen der beiden Städte zur Modellierung gesundheitlicher Effekte von urbanen Grünelementen mittels (räumlich-)statistischer Verfahren → *quantitativer Forschungsansatz*
- **„Stadtblaue Gesundheit“ – Potenzial, Komparation und Diskurs (Dr. Sebastian Völker)** Geographische Diskursanalyse (Längsschnittdesign) mittels Sichtung und Auswertung von städtischen Protokollen, Zeitungsartikeln und Transkripten der Interviews von Hendrik Baumeister, ferner Durchführung von Stadtblau-bezogenen Queranalysen im Kontext primär Stadtgrün-bezogener Teilvorhaben → *integrierter Forschungsansatz*

Um zwischen drei Universitätsstandorten und den beiden Städten einen möglichst optimalen Austausch zu gewährleisten, finden in regelmäßigen Abständen Treffen und Werkstätten statt. Hier besteht neben der weiteren Vorhabenplanung insbesondere Raum für die wichtigen Schnittstellendiskussionen. Zudem wurde eine webbasierte Infrastruktur für Projektdaten inklusive Literaturliteraturdatenbank aufgebaut.

Über das reine Forschungsdesign hinaus wird zudem eine intensive Öffentlichkeitsarbeit betrieben. Wesentliche Basis hierfür ist ein eigenes entwickeltes Corporate Design (Logo, einheitliches Präsentationsdesign, Visitenkarten, Slogan, gemeinschaftlicher Webauftritt (<http://www.stadtlandschaft-und-gesundheit.de>). Darüber hinaus informiert ein Newsletter über Aktuelles aus dem Projekt. Pressemitteilungen flankierten die empirischen Phasen der Teilvorhaben.

## Erste Ergebnisse

Inzwischen sind die empirischen Phasen der Teilvorhaben weitgehend abgeschlossen. Nachfolgend werden schlaglichtartig einige erste Analyseergebnisse und Erfahrungen aus dem Gesamtvorhaben und aus den Teilvorhaben vorgestellt.

- Es gibt deutliche Hinweise auf eine **räumliche Differenzierung** der Verfügbarkeit, Erreichbarkeit und Qualität sowie auf eine **soziodemografische Differenzierung** der Wahrnehmung und Nutzung von Stadtgrün und Stadtblau. Hieraus lassen sich stadtspezifische Empfehlungen für die weitere Freiraumentwicklung ableiten.
- Begriffe und Aspekte wie **Ästhetik, Atmosphäre, Sicherheit** und **(sozial-)räumliche Identifikation** besitzen einen hohen Stellenwert in der Bevölkerung bei der Wahrnehmung und Bewertung von Stadtgrün und Stadtblau.
- Die relativ geringe Zahl erreichter Personen, die Stadtgrün und Stadtblau **nicht** oder nur selten **nutzen**, sowie die **Überrepräsentierung „gesunder“ Bevölkerungsgruppen** in den Befragungen erschweren das Aufdecken möglicher Zusammenhänge zwischen Grünraumnutzung und Gesundheitszustand. Daraus resultieren **geringere Effektstärken** als erwartet.
- Hinweise aus den Interviews und der Diskursanalyse deuten auf **administrativ-strukturelle und rechtliche Defizite** sowie eine **unterschiedliche Sensibilisierung der beteiligten Akteure** im Hinblick auf eine integrierte Betrachtung von Stadtgrün, Stadtblau und Gesundheit in der Stadtentwicklung hin. Projektbezogen werden aber auch Wege aufgezeigt, diese Hemmnisse zu überwinden.
- Die enge Kooperation auf Augenhöhe mit den Städten offenbart zahlreiche **Chancen**, zum Beispiel vereinfachte Datenverfügbarkeit und -nutzung, Einbeziehung spezifischer Erfahrungen und Kenntnisse. Es zeigen sich aber auch interessante **Herausforderungen inter- und transdisziplinärer Forschungsansätze**. Wesentlich ist die frühzeitige Herstellung eines „Common Sense“ (im Sinne gemeinsamer Sprache, Zielsetzung und Herangehensweise) forschungsgruppenintern ebenso wie mit den beteiligten Städten. Eine formale Kooperationsvereinbarung mit den Städten und die explizite Benennung von Hauptansprechpartnern in den Städten erwiesen sich

als besonders fruchtbare Basis in der Projektzusammenarbeit.

Das Studiendesign des Gesamtvorhabens, ebenso wie methodische Vorgehensweisen und Zwischenergebnisse der Teilvorhaben, wurden zwischenzeitig auf zahlreichen nationalen und internationalen Fachtagungen vorgestellt. Zudem entstanden Publikationen, in denen die gesundheitlichen Bezüge von Stadtgrün und Stadtblau aufgeschlüsselt und vertiefend analysiert werden (u.a. Claßen et al. 2012; Völker et al. 2012; Völker, Kistemann 2013; Völker et al. 2013; Heiler et al. 2014; s. auch <http://www.stadtlandschaft-und-gesundheit.de>). Hierdurch wird das Vorhaben zunehmend in der nationalen und internationalen Forschungslandschaft wahrgenommen. Inzwischen steht die Gruppe in regem Austausch mit Mitgliedern des im Zuge des Forschungsrahmenplans 7 der EU geförderten Projekts *Positive Health Effects of the Natural Outdoor environment in Typical Populations Of different regions in Europe (PHENOTYPE)*, siehe <http://www.phenotype.eu> sowie der *EU COST Action FP12.04 'Greeninurbs'*. Zudem stieß die Thematik auch auf ein breites Medieninteresse (Aufstellung s. <http://www.stadtlandschaft-und-gesundheit.de>).

## Ausblick

Die Fritz und Hildegard Berg-Stiftung formulierte im Jahr 2010 das Ziel, die beiden Leitkonzepte der *Nachhaltigen Gesundheitsförderung* und der *Nachhaltigen Entwicklung am Beispiel urbaner Räume* zu verknüpfen und den interdisziplinären Dialog im Sinne einer neuen Wissenskultur anzuregen. Hierzu werden mittlerweile drei Juniorforschungsgruppen gefördert. Sie haben den Auftrag, in interdisziplinärer, praxisorientierter Forschungsarbeit an der Schnittstelle von Wissenschaft und Gesellschaft herausragende Strategien und Konzepte für die nachhaltige Entwicklung urbaner Räume zu entwickeln. Damit soll ein Beitrag geleistet werden, um Ansätze einer inter- und transdisziplinären Stadtforschung im Bereich von Umwelt und Gesundheit zu stärken und den international hochaktuellen Forschungsbereich Urban Health in Deutschland zu etablieren.

Die Juniorforschungsgruppe *„StadtLandschaft & Gesundheit“* erfüllt inhaltlich wie methodisch zentrale Ziele der Stiftungsinitiative und ist inzwischen in die entscheidende Projektphase eingetreten: die

weitergehenden Ergebnisanalysen, Interpretationen, Ableitungen von Empfehlungen, Diskussionen in und mit den städtischen Akteuren stehen, ebenso wie Ergebnissicherung und deren Publikation (u. a. mit vier Dissertationen und Übersichtsartikeln im Jahr 2015), unmittelbar bevor. In diesem Zusammenhang soll auch der bereits bestehende Austausch mit den Juniorforschungsgruppen *JuFo-Salus* (siehe Beitrag von H. Köckler et al. in diesem Heft) und *AutonomMOBIL* weiter intensiviert werden. Zudem werden Teilergebnisse in den 2013 gegründeten Arbeitskreis „Planung für gesundheitsfördernde Stadtregionen“ der Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL) einfließen (siehe Beitrag von S. Baumgart in diesem Heft).

Ein weiterer wichtiger Meilenstein wird die 4. Fachtagung in der Reihe „Stadt der Zukunft“ mit dem Titel „Gesundheitsförderliche StadtLandschaften der Zukunft“ sein, die vom 03. – 04.11.2014 in Bielefeld mit internationaler Ausrichtung stattfindet und die Schwerpunktthemen „Stadtgrün, Stadtblau & Gesundheit“, „Urban Health“ und „Transdisziplinäre Kooperationen“ behandelt (siehe <http://www.fachtagung-gesunde-stadtlandschaften.de>; Abrufdatum: 17.10.2014). Diese von der Fritz und Hildegard Berg-Stiftung geförderte Fachtagung soll dazu genutzt werden, die bisherigen Anstrengungen und Ergebnisse der Förderinitiative „Stadt der Zukunft“ zu bewerten und neue Impulse aufzunehmen.

## Danksagung

Die Juniorforschungsgruppe „*StadtLandschaft & Gesundheit*“ wird gefördert im Rahmen der Förderinitiative „*Stadt der Zukunft: Gesunde, nachhaltige Metropolen*“ der Fritz und Hildegard Berg-Stiftung im Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft.

## Literatur

Abraham A, Sommerhalder K, Bolliger-Salzmann H et al. (2007): *Landschaft und Gesundheit. Das Potential einer Verbindung zweier Konzepte*. Bern.

Antonovsky A (1997): *Salutogenese - Zur Entmystifizierung der Gesundheit*. In: *Forum für Verhaltenstherapie und psychosoziale Praxis*. Bd. 36. Tübingen.

Bowler DE, Buyung-Ali LM, Knight TM et al. (2010a): A systematic review of evidence for the added benefits to health of exposure to natural environments. In: *Biomedical Central Public Health* 10: 456–466.

Bowler DE, Buyung-Ali LM, Knight TM et al. (2010b): Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. In: *Landscape and Urban Planning* 97(3): 147–155.

Claßen T, Heiler A, Brei B (2012): Urbane Grünräume und gesundheitliche Chancengleichheit – längst nicht alles im „grünen Bereich“. In: Bolte G, Bunge C, Hornberg C et al. (Hrsg.): *Umweltgerechtigkeit durch Chancengleichheit bei Umwelt und Gesundheit: Konzepte, Datenerhebung und Handlungsperspektiven*. Bern: 113–123.

Claßen T, Heiler A, Brei B et al. (2011): Stadtgrün und Gesundheit – ein Beitrag zur Debatte um soziale und räumliche Ungleichheit. In: *UMID 02*: 100–104.

Dannenberg AL, Frumkin H, Jackson RJ (Hrsg.) (2011): *Making Healthy Places: Designing and Building for Health, Well-being, and Sustainability*. Washington, DC.

De Vries S, Claßen T, Hug SM et al. (2011): Chapter 3.1: Contribution of Natural Environments to Physical Activity – theory and evidence base. In: Nilsson K, Sangster M, Gallis C et al. (Hrsg.): *Forests, Trees and Human Health and Wellbeing*: Berlin/Heidelberg: 205–243.

Ellaway A, Macintyre S, Bonnefoy X (2005): Graffiti, greenery, and obesity in adults: secondary analysis of European cross sectional survey. In: *British Medical Journal* 333: 612–613.

Gidlöf-Gunnarsson A, Öhrström E (2007): Noise and well-being in urban residential environments: The potential role of perceived availability to nearby green areas. In: *Landscape & Urban Planning* 83: 115–126.

Hartig T, Mitchell R, de Vries S et al. (2014): Nature and health. In: *Annu Rev Public Health* 35: 207–228.

Hartig T, Evans GW, Jamner LD et al. (2003): Tracking restoration in natural and urban field settings. In: *Journal of Environmental Psychology* 23(2): 109–123.

Heiler A, Baumeister H, Völker S et al. (2014): Gesundheitsförderung im urbanen Raum – Stadtgrün und -blau als Chance? In: Schmidt B (Hrsg.): *Akzeptierende Gesundheitsförderung – Gesundheitliche Unterstützung im Spannungsfeld zwischen Einmischung und Vernachlässigung*. Weinheim: 283–295.

Hornberg C, Pauli A (2012): Soziale Ungleichheit in der umweltbezogenen Gesundheit als Herausforderung für Stadtplanung. In: Böhme C, Kliemke C, Reimann B et al. (Hrsg.): *Stadtplanung und Gesundheit*. Bern: 129–138.

Hornberg C, Bunge C, Pauli A (2011): *Strategien für mehr Umweltgerechtigkeit – Handlungsfelder für Forschung, Politik und Praxis*. Bielefeld, Eigenverlag der Universität Bielefeld.

Kistemann T, Völker S, Lengen C (2010): Stadtblau – die gesundheitliche Bedeutung von Gewässern im urbanen Raum. In: NUA NRW (Hrsg.): *Bedeutung von Stadtgrün für Gesundheit und Wohlbefinden. Dokumentation der gleichnamigen Veranstaltung vom 25.09.2008*. Recklinghausen. (= NUA-Hefte Nr. 26): 61–66.

Korpela KM, Ylén M, Tyrväinen L et al. (2010): Favorite green, waterside and urban environments, restorative experiences and perceived health in Finland. In: *Health Promotion International* 25: 200–209.

Lee AC, Maheswaran R (2011): The health benefits of urban green spaces: a review of the evidence. In: *J Public Health (Oxf)* 33(2): 212–22.

Maas J, Verheij RA, De Vries S et al. (2009): Morbidity is related to a green living environment. In: *Journal of Epidemiological Community Health* 63: 967–973.

Maller C, Townsend M, Pryor A et al. (2006): Healthy nature healthy people: 'contact with nature' as an upstream health promotion intervention for populations. In: *Health Promotion International* 21 (1): 45–54.

NSW Department of Health (2009): *Healthy Urban Development Checklist - A guide for health services when commenting on development policies, plans and proposals*. NSW Department of Health: Sidney.

Roe J, Aspinall P (2011): The restorative benefits of walking in urban and rural settings in adults with good and poor mental health. In: *Health geography's voluntary* 17: 103–113.

Takano T, Nakamura K, Watanabe M (2002). Urban residential environments and senior citizens' longevity in megacity areas: the importance of walkable green spaces. In: *Journal of Epidemiology & Community Health* 56: 913–918.

Völker S, Baumeister H, Claßen T et al. (2013): Evidence for the temperature-mitigating capacity of urban blue space - a health geographic perspective. In: *Erdkunde* 67(4): 355–371.

Völker S, Kistemann T (2013): "I'm always entirely happy when I'm here!" Urban blue enhancing human health and well-being in Cologne and Düsseldorf, Germany. In: *Social Science & Medicine* 78: 113–124.

Völker S, Claßen T, Baumeister H et al. (2012): „Stadt-blau“ – die Renaissance eines gesundheitsförderlichen Faktors. In: *Public Health Forum* 20(75): 21.e1-21.e3 (21-22).

Ward Thompson C, Roe J, Aspinall P et al. (2012): More green space is linked to less stress in deprived communities: Evidence from salivary cortisol patterns. In: *Landscape & Urban Planning* 105: 221–229.

White MP, Alcock I, Wheeler BW et al. (2013): Would you be happier living in a greener urban area? A fixed-effects analysis of panel data. In: *Psychol Sci.* 24(6): 920–928.

White M, Smith A, Humphries K et al. (2010): Blue space: The importance of water for preference, affect, and restorativeness ratings of natural and built scenes. In: *Journal of Environmental Psychology* 30: 482–493.

## **Kontakt**

Dr. rer.nat. Thomas Claßen (Dipl.-Geogr.)  
Leiter der Juniorforschungsgruppe „*StadtLandschaft & Gesundheit*“  
Universität Bielefeld  
Fakultät für Gesundheitswissenschaften  
AG 7 Umwelt & Gesundheit  
Universitätsstraße 25  
33615 Bielefeld  
E-Mail: thomas.classen[at]uni-bielefeld.de

[UBA]

# Leitlinien Schutzgut Menschliche Gesundheit – Für eine wirksame Gesundheitsfolgenabschätzung in Planungsprozessen und Zulassungsverfahren

## Guidelines for Protection of Human Health – Assuring effective health impact assessment in planning processes and approval procedures

*Thomas Knetschke<sup>1</sup> und Thomas Claßen<sup>2</sup> für die  
Arbeitsgemeinschaft Menschliche Gesundheit der UVP-Gesellschaft e.V.*

### **Abstract**

In the year 2008, the German Association for the Promotion of the Environmental Impact Assessment (EIA Association) and the former north Rhine-Westphalian State Institute of Public Health (Iögd NRW) founded the working group on human health. Main objectives focus on a) substantial promotion of health impact assessment in planning processes and approval procedures and b) enhancing of overall interdisciplinary dialogue. For this purpose, guidelines have been developed, meanwhile, for those stakeholders who professionally deal with protection of human health. Part 1 of the guidelines for the first time presents a consistently structured and comprehensive description of (environmental) health determinants and potential exposure response relationships. The section on health determining factors is complemented by a precautionarily driven interpretation with regard to available evaluation standards (instead of pure basing on threshold values). Furthermore, the guidelines compile different references considering planning processes and instruments for health impact assessment.

### **Zusammenfassung**

Im Jahr 2008 entstand in Kooperation der UVP-Gesellschaft (Gesellschaft für die Prüfung der Umweltverträglichkeit) e.V. mit dem Landesinstitut für den Öffentlichen Gesundheitsdienst (Iögd) Nordrhein-Westfalen die „AG Menschliche Gesundheit“. Ziele sind, der Berücksichtigung des Menschen und seiner Gesundheit in Planungsprozessen und Zulassungsverfahren mehr Substanz zu verschaffen und den interdisziplinären Dialog zur Bearbeitung dieses Themenfeldes zu fördern. Zu diesem Zweck wurden Leitlinien für jene Akteure entwickelt, die sich in ihrem Aufgabenbereich mit dem Schutzgut ‚Menschliche Gesundheit‘ befassen. Teil 1 der Leitlinien liegt nun vor. Er liefert erstmals in einheitlich strukturierter Form eine umfassende Darstellung über (umweltbezogene) Gesundheitsdeterminanten und mögliche Wirkungszusammenhänge. Der Abschnitt ‚Gesundheitsbestimmende Faktoren‘ wird zudem durch eine vorsorgegeleitete Interpretation im Hinblick auf heranzuziehende Bewertungsmaßstäbe (im Gegensatz zur reinen Grenzwertbasierung) ergänzt. Daneben stellen die Leitlinien Hinweise und Übersichten zu Planungsprozessen und Instrumenten der gesundheitsbezogenen Folgenabschätzung zusammen.

## **Warum eine UVP-AG Menschliche Gesundheit?**

Frühzeitige Umweltvorsorge ist der beste Umweltschutz. Deshalb ist dieses Prinzip die Grundlage der Arbeit Gesellschaft für die Prüfung der Umweltverträglichkeit e.V. Der Fachverband fördert seit über 25 Jahren die Umweltvorsorge und alle hierzu benötigten Planungs- und Management-

instrumente. Schwerpunkte der Arbeit sind die Umweltverträglichkeitsprüfung von Projekten, Plänen, Programmen und Politiken sowie eine integrative Landschafts- und Umweltplanung.

<sup>1</sup> Gesundheitsamt, Landkreis Bautzen.

<sup>2</sup> Universität Bielefeld, Fakultät für Gesundheitswissenschaften, AG 7 Umwelt & Gesundheit.

Prominente aktuelle Entwicklungen, wie der ‚Masterplan Umwelt und Gesundheit‘ oder ein ‚Fachplan Gesundheit‘, befördern in Nordrhein-Westfalen (NRW) und darüber hinaus die Diskussion um eine gesundheitsförderliche Entwicklung der natürlichen, bebauten und sozialen Umwelt. Bislang ließ die Berücksichtigung der menschlichen Gesundheit allerdings auf den verschiedenen Ebenen der räumlichen Planung eine adäquate Operationalisierung vermissen.

Vor diesem Hintergrund entstand in der UVP-Gesellschaft in Kooperation mit dem vormaligen Landesinstitut für den Öffentlichen Gesundheitsdienst NRW (heute: Landeszentrum Gesundheit NRW) im Jahr 2008 die Arbeitsgruppe „Menschliche Gesundheit“. Die Mitglieder aus Hochschulen, Behörden und Gutachterbüros setzen sich das Ziel,

- den Vorgaben von UVP-Gesetz, Baugesetzbuch und anderen Umweltfachgesetzen zur Berücksichtigung des Menschen und seiner Gesundheit in Planungsprozessen und Zulassungsverfahren mehr Substanz zu verschaffen und
- das Verständnis der beteiligten Fachdisziplinen untereinander für die Arbeitsweisen und Fragestellungen der anderen Disziplinen zu verbessern, um die interdisziplinäre Bearbeitung des Themenfeldes zu optimieren.

Hierzu wurden Leitlinien für die Akteure entwickelt, die sich in ihrem Aufgabenbereich mit dem Schutzgut ‚Menschliche Gesundheit‘ befassen – ob in Planungsbüros, in Genehmigungsbehörden, in verfahrensbeteiligten Gesundheitsämtern, Verbänden oder in sonstigen interessierten Kreisen.

Inzwischen konnte die Erstellung des ersten, grundlegenden Teils der Leitlinien realisiert werden (UVP-AG Mensch 2014). Deren Hintergründe und Inhalte werden in diesem Beitrag vorgestellt.

## Warum „Leitlinien“?

Die menschliche Gesundheit zählt seit Einführung der Umweltverträglichkeitsprüfung 1990 zu den Schutzgütern, die bei der Auswirkungsuntersuchung regelmäßig zu berücksichtigen sind. Mit der Novellierung des UVP-Gesetzes Mitte 2005 wird sie seitdem auch namentlich in § 2 Abs. 1 ausdrücklich aufgeführt. Obwohl nun mehr als zwei Jahrzehnte Praxiserfahrungen mit dem Instrument vorliegen, ist

eine zufriedenstellende und vorsorgeorientierte Bearbeitung dieses Schutzgutes in aller Regel selten.

Die Gründe hierfür sind vielfältig und können an dieser Stelle nicht umfassend diskutiert werden. Sie liegen einerseits in der Art und Weise, wie die Schutzgüter in Umweltverträglichkeitsstudien und Umweltberichten auf mögliche Auswirkungen hin untersucht werden. So führt die häufig anthropozentrisch geprägte Sichtweise der einschlägigen umweltbezogenen Rechtsvorschriften dazu, dass bei anderen zu untersuchenden Schutzgütern (Boden, Wasser, Luft, Klima, Landschaft, Kultur- und Sachgüter) gesundheitsbezogene Aspekte stets impliziter Bestandteil sind. Die Folgen für das Schutzgut Mensch beziehungsweise die menschliche Gesundheit werden jedoch nicht deutlich herausgearbeitet. In der Folge wird das Untersuchungsprogramm zum Schutzgut menschliche Gesundheit auf „Trivialindikatoren“, wie zum Beispiel auf den Verlust von Siedlungs- und Erholungsflächen oder deren Beeinträchtigung durch Schall oder Luftschadstoffimmissionen, reduziert. Andererseits werden Institutionen wie die Gesundheitsämter, die dazu beitragen können, dass die Gesundheitsbelange umfassend und in effizienter Weise Eingang in den Untersuchungsrahmen von Umweltverträglichkeitsstudien und -berichten finden, nicht ausreichend an den einschlägigen Verfahren beteiligt.

Hier setzen die Leitlinien an. Sie sollen die Akteure vom Vorhabenträger und den zu beteiligenden Behörden bis hin zu den Einwendern und Betroffenen umweltbezogener Planungsprozesse und Zulassungsverfahren unterstützen und dazu beitragen, gesundheitsbezogene Belange effektiv und vorsorgeorientiert in solche Prozesse und Verfahren einzubringen. Die Leitlinien stellen eine Orientierung und Grundlage für die gute fachliche Praxis der Berücksichtigung von Gesundheitsbelangen in Umweltprüfungen dar.

Dies geschieht in zwei Stufen. Zunächst wird in der ersten Stufe ein allgemeiner Rahmen der Gesundheitsfolgenabschätzung in Form der nun vorliegenden Leitlinien Teil 1 aufgespannt. In der nächsten Stufe sollen praxisorientierte, verfahrensspezifische Leitfäden und Ablaufskizzen entwickelt werden, die analog der Struktur des jeweils betrachteten Planungs- beziehungsweise Zulassungsverfahrens dort integriert werden können.

Die Leitlinien sollen auch dazu dienen, die im UVP-Gesetz geforderte wirksame Umweltvorsorge zu operationalisieren. Zwar sieht das Bundesverwaltungsgericht nach herrschender Rechtsprechung das UVP-Gesetz immer noch als reines Verfahrensrecht ohne eigene materiell-rechtliche Bewertungsmaßstäbe. Dennoch gilt insbesondere in Planungsprozessen und nicht gebundenen Zulassungsverfahren mit behördlichem Ermessensspielraum, dass umweltvorsorgeorientierte Bewertungsmaßstäbe, die über das gesetzliche Mindestmaß und die verbindlichen Grenzwerte hinausgehen, berücksichtigungsfähig sind. Dies kommt zum Beispiel zum Tragen, wenn vulnerable Gruppen mit ihrer deutlich erhöhten Empfindlichkeit gegenüber bestimmten bekannten oder vermuteten Gesundheitsgefährdungen betroffen sind. Aktuelle Rechtsurteile zeigen, dass ein Einhalten oder auch Unterschreiten von Grenzwerten allein nicht immer genügt, um ein ausreichendes Schutzniveau zu gewährleisten (z. B. OVG Münster 10. April 2014, AZ.: 7 D 57/12.NE).

Die Leitlinien sind als allgemeiner Orientierungsrahmen zu verstehen, der im konkreten Einzelfall projektbezogen anzupassen ist. Die Leitlinien zielen nicht darauf, neue verbindliche Grenzwerte für bestimmte Umweltauswirkungen oder Noxen abzuleiten. Vielmehr wird für bestimmte Wirkungsbereiche, in denen die Datenlage über Wirkungsbeziehungen nicht eindeutig ist und zu denen allerdings ausreichende Hinweise auf entsprechende Zusammenhänge vorliegen, eine Übersicht beispielsweise im Hinblick auf international verwendete Bewertungsmaßstäbe gegeben. Wenn gesundheitsbezogene Stellungnahmen und Fachbeiträge der Gesundheitsämter dies aufgreifen, kann die Diskussion um anzustrebende Umweltqualitäts- und Gesundheitsziele innerhalb von Planungs- und Zulassungsverfahren, die von Ermessensspielräumen charakterisiert sind, gefördert werden. Durch entsprechende Verweise auf den Stand der Wirkungsforschung und den Umgang mit gesundheitsbezogenen Gefährdungsrisiken kommt diesen Stellungnahmen durch eine gesteigerte Argumentations- und Begründungssicherheit im Idealfall ein höheres Gewicht in der Abwägung der zu berücksichtigenden Belange zu.

## Die Leitlinien: Teil 1 – ein Überblick

Teil 1 der Leitlinien beschreibt Auswirkungen von Planungen auf die menschliche Gesundheit, das

Wohlbefinden und damit in Verbindung stehende soziale Rahmenbedingungen. Mit Blick auf die planerische Beeinflussbarkeit von Gesundheit und Wohlbefinden werden verschiedene Analyseinstrumente dargestellt sowie allgemeine Planungsbezüge und Gestaltungsmöglichkeiten aufgezeigt. Nachfolgend werden schlaglichtartig die Inhalte der einzelnen Kapitel vorgestellt.

In Kapitel 1 werden *Anlass, Zielsetzung und Adressaten* der Leitlinien benannt. Kapitel 2 *Gesundheit und gesundheitliche Chancengleichheit* beleuchtet aus einer gesundheitswissenschaftlichen Perspektive Gesundheitsbegriffe auf deren raumplanerische Zugänglichkeit und die dafür notwendige Operationalisierung. Außerdem wirft dieses Kapitel einen sozialwissenschaftlichen Blick auf das Problem der sozialen und räumlichen Ungleichverteilung umweltbezogener Gesundheitsdeterminanten. Es wird die Bedeutung einer integrierten umwelt- und soziallagenbezogenen Gesundheitsberichterstattung für die sachgerechte Einbringung von Gesundheitsbelangen in die räumliche Planung unterstrichen.

Das Kapitel 3 *Anforderungen an den Schutz der menschlichen Gesundheit und ‚wirksame Umweltvorsorge‘* führt den Vorsorgebegriff als maßgeblichen Schutzstandard für die menschliche Gesundheit in Prozessen der räumlichen Planung ein. Es zeichnet einen Weg für den Umgang mit bisherigen planerischen Unwägbarkeiten vor, wie zum Beispiel das Zusammenwirken einzelner Umweltbelastungen in Gestalt von Mehrfachbelastungen oder den Umgang mit unsicheren Informationen. Der Begriff der wirksamen Umweltvorsorge wird dabei als gesetzlicher Auftrag verstanden, vom Kontext des internationalen Rechts über das deutsche Bundesrecht bis hin zur fachgesetzlichen Ebene. Dieses Kapitel zeigt für die bestehenden Regelungslücken pragmatische Lösungsansätze auf, setzt das deutsche Planungsrecht aus der Sicht der Rechtsanwendenden ins Verhältnis zum umweltbezogenen Fachrecht und bringt so die bestehenden Regelungserfordernisse auf den Punkt.

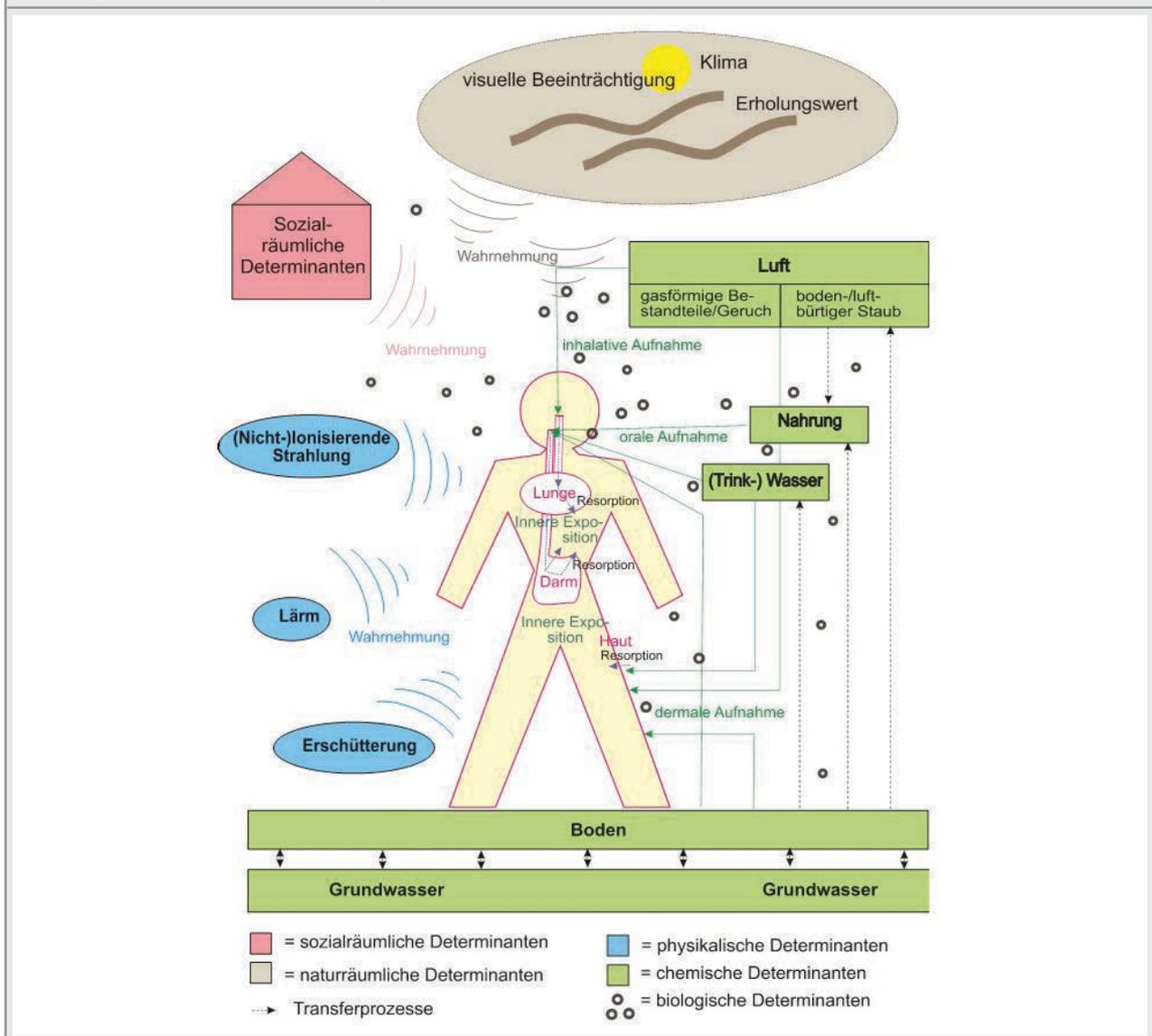
Das folgende Kapitel 4 *Ausgewählte rechtliche Rahmenbedingungen mit Bezug zur menschlichen Gesundheit* unterzieht die in der Praxis bedeutsamen Rechtsvorschriften einer systematischen Analyse anhand vergleichbarer Kriterien der Gesundheitsvorsorge. Es kommen praktisch erfahrene Rechtsanwendende für die verschiedenen Rechtsgebiete zu Wort, wobei aus der bewusst sektoralen Gliederung dieses Kapitels die jeweiligen Eigenarten im

fachlichen Sprachgebrauch erhalten bleiben. Daraus ergeben sich für die Leserinnen und Leser Antworten auf essentielle Fragen der praktischen Rechtsanwendung. So wird unter anderem der Begriff des gesundheitlichen Nutzens einer planerischen Vorgabe herausgearbeitet oder etwa die Anwendung der Eingriffs-Ausgleichsbilanzierung mit einer Ersatz- und Ausgleichspflicht für erhebliche Eingriffe in das Schutzgut menschliche Gesundheit zur Diskussion gestellt. Das Kapitel schließt mit einem Überblick über die Landesgesetze des öffentlichen Gesundheitsdienstes. Am Beispiel Nordrhein-Westfalens werden die Anforderungen gesundheitlicher Vorsorge bei der Beteiligung der Gesundheitsbehörden an Planungs- und Genehmigungsverfahren aufgezeigt.

Kapitel 5 gibt einen weitgehenden Einblick in die Vielfalt möglicher *Gesundheitsbestimmender Faktoren*. Neben den ‚etablierten‘ chemischen, physikalischen und biologischen Determinanten werden gleichermaßen natur- und sozialräumliche Determinanten mithilfe eines humanökologisch erweiterten Modells hergeleitet (**Abbildung 1**), wobei für letztere bislang im Umwelt- und Planungsrecht noch keine verbindlichen Bewertungsmaßstäbe existieren. Dementsprechend fordert dieses Kapitel zu einer stärkeren Berücksichtigung von umwelt- und sozialegpidemiologischen Konzepten und Ergebnissen in Planungsprozessen auf.

Hierzu wird eine Reihe von Möglichkeiten für den praktischen Umgang mit Gesundheitsdeterminanten angeboten. Beispielsweise wird die örtliche Planung

Abbildung 1: Schematische Darstellung umweltbezogener Gesundheitsdeterminanten. Quelle: Machtolf 2013.



in die Pflicht zum Abbau und zur Vorbeugung von Risiken aus dem materiellen, chemisch-physischen und sozialen Wohnkontext in mehrfach belasteten Räumen genommen. Es werden gesundheitsfördernde Potenziale, zum Beispiel Nachbarschaftsressourcen, möglichen gesundheitlichen Nachteilen gegenübergestellt, für welche die Planung Ausgleichs- oder Ersatzmaßnahmen bereitstellen kann.

Von unmittelbar praktischer Bedeutung sind die Vorschläge zu einer integrierten umwelt- und soziallagenbezogenen Gesundheitsberichterstattung im kleinräumigen Maßstab mit stellvertretender Berücksichtigung der Kindergesundheit für eine vulnerable Gruppe. Für eine kleinräumige Sozialraumanalyse wird die Beteiligung des Jugendamts in Planungs- und Genehmigungsverfahren angeregt. Das Konzept der Therapeutischen Landschaften erweitert den konventionellen Bewertungsrahmen des Schutzgutes Landschaft (Landschaftsbild und landschaftsbezogene Erholung) und liefert einen Begründungsrahmen, um auch gesundheitsförderliche Potenziale von Planungen für die Gesundheitsfolgenabschätzung berücksichtigen zu können. Die Herleitung eines hoheitlichen Auftrags zur Erholungsvorsorge operationalisiert zudem den Erholungswert als Erholungsnutzen.

Das Kapitel bezieht darüber hinaus Stellung zu den praktisch bedeutsamen Definitionsproblemen der Erheblichkeit und der mittelbaren gesundheitlichen Auswirkungen und diskutiert eine Vielfalt von alternativen Bewertungsmaßstäben, die, wie zum Beispiel Arbeitsplatzgrenzwerte, behelfsmäßig auch für umweltbezogene Gesundheitsfolgenabschätzungen herangezogen werden können. Im Zusammenhang mit der Diskussion um hinzunehmende Krebsrisiken stellt sich auch hier die Frage nach einer Möglichkeit des Ersatzes oder des Ausgleichs von Störungen der Gesundheit und des Wohlbefindens.

Erstmals werden auch Geruchsimmissionen umfassend für eine Gesundheitsfolgenabschätzung operationalisiert; eine schwierige Aufgabe, da die tatsächliche Geruchsbelastung in der Praxis oftmals unterschätzt wird. Für den Bereich der ionisierenden Strahlung werden aussagekräftigere Schadensmaße, also beispielsweise eine bevölkerungsbezogene Kollektivdosis oder auch die Quantifizierung der umweltbedingten Krankheitslast mittels altersadjustierter beeinträchtigungsfreier Lebensjahre vorgestellt.

Mit der Normenreihe VDI 4250 Bioaerosole wird die erste verbindliche umweltmedizinische Bewertungsrichtlinie im deutschen Sprachraum erläutert. Für Lärm als typischen Verursacher von Mehrfachbelastungen wird die Anhebung des Schutzniveaus auf Grundlage der Erkenntnisse der Lärmwirkungsforschung gefordert.

Im Hinblick auf die Hinnehmbarkeit von gesundheitlichen Risiken sowie Belästigungs- und Störwirkungen wird die Notwendigkeit der Berücksichtigung solcher Determinanten des Wohlbefindens im Vorfeld chronischer Gesundheitsstörungen bekräftigt. Zusammen mit einer angemessenen Betrachtung der gesundheitlichen Wechselwirkungen und ubiquitären Mehrfachbelastungen werden damit Maßstäbe der guten fachlichen Praxis für Gesundheitsfolgenabschätzungen gesetzt. Mangels fachlich etablierter Bewertungsmaßstäbe schlagen die Autorinnen und Autoren eine gesellschaftliche Vereinbarung zum Umgang mit unbestimmten Risiken vor und weisen generell auf die Notwendigkeit eines breiteren gesellschaftlichen Diskurses zur Abwägung des Schutzguts menschliche Gesundheit hin.

Kapitel 6 *Planungsprozesse und Verwaltungsverfahren* wartet mit einer Vielzahl an praktischen Hinweisen für ein effektiveres Einbringen von Gesundheitsbelangen in die Planungs- und Zulassungspraxis auf. Das Kapitel gibt Informationen für eine gelingende Beteiligung am Verfahrensablauf und steckt den Beurteilungsspielraum aus der Sicht einer Genehmigungsbehörde ab.

Kapitel 7 gibt einen zusammenfassenden Überblick über unterschiedliche *Instrumente der Folgenabschätzung zum Schutzgut menschliche Gesundheit*, darunter die quantitative Risikoabschätzung und die Anforderungen der guten Praxis an die Risikoanalyse und die Anforderungen an die Abschätzung der inneren Exposition nach den Empfehlungen der Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes. Darüber hinaus werden das in vielen Staaten bereits rechtsverbindliche Konzept des Health Impact Assessments sowie der Fachplan Gesundheit als eigenes sektorales Planwerk für die kommunale Ebene vorgestellt.

Im abschließenden Kapitel 8 verabschiedet Joachim Hartlik stellvertretend für alle Autorinnen und Autoren die Leserschaft mit einem *Ausblick* auf den Teil 2 der Leitlinien Schutzgut Menschliche Gesundheit, der zurzeit erarbeitet wird.

## Fazit

An Teil 1 der Leitlinien richten sich eine Vielzahl an Hoffnungen und Erwartungen dahingehend, das bestehende Defizit hinsichtlich der Berücksichtigung gesundheitlicher Belange und fehlender Hilfestellungen vor allem für Gesundheitsämter zu überwinden. Darüber hinaus soll mit den Leitlinien insgesamt neben der konkreten Unterstützung bei der Beteiligung an Planungs- und Zulassungsverfahren eine Sensibilisierung aller Verfahrensbeteiligten im Hinblick auf eine effektive Berücksichtigung gesundheitlicher Belange erreicht werden. Es bleibt zu hoffen, dass sich die Erwartungen erfüllen und letztendlich die Maßstäbe guter Praxis bei der Gesundheitsfolgenabschätzung im Planungs- und Genehmigungsalltag eine weitreichende Verbreitung finden werden.

## Danksagung

An der Erarbeitung der nun vorliegenden Leitlinien haben folgende Autorinnen und Autoren mitgearbeitet: Dr. Ilse Albrecht, Hendrik Baumeister, Prof. Dr. Sabine Baumgart, Corinna Berger, Christiane Bunge, Dr. Thomas Claßen, Martin Enderle, Prof. Dr. Rainer Fehr, Johanna Ferretti, Dr. Joachim Hartlik, Dirk Heller, Dr. Dagmar Hildebrandt, Prof. Dr. Claudia Hornberg, Dr. Thomas Knetschke, Prof. Dr. Wilfried Kühling, Monika Machtolf, Guido Müller, Julia Nowacki, Dr. Aranka Podhora, Natalie Riedel, Dr. Andrea Rüdiger, Prof. Dr. Inge Schmitz-Feuerhake, Martin Volmer, Dr. Rudolf Welteke, Dr. Klaus von Zahn.

## Literatur

UVP AG (2014): Leitlinien Schutzgut Menschliche Gesundheit – Für eine wirksame Gesundheitsfolgenabschätzung in Planungsprozessen und Zulassungsverfahren. Hamm. AG Menschliche Gesundheit der UVP-Gesellschaft (Hrsg.). 228 S.

Machtolf M (2013): Gesundheitliche Wirkungen durch chemische Determinanten. In: UVP-report 1+2.

Die Leitlinien können kostenpflichtig bezogen werden über:

UVP-Gesellschaft (Gesellschaft für die Prüfung der Umweltverträglichkeit) e.V.  
Sachsenweg 9  
59073 Hamm  
E-Mail: [zentrum\[at\]uvp.de](mailto:zentrum[at]uvp.de)

<http://www.uvp.de/de/arbeitshilfen-und-mehr>

## Kontakt

Reinhard Streckmann  
Leiter der AG Menschliche Gesundheit  
c/o UVP-Gesellschaft (Gesellschaft für die Prüfung der Umweltverträglichkeit) e.V.  
Sachsenweg 9  
59073 Hamm  
E-Mail: [zentrum\[at\]uvp.de](mailto:zentrum[at]uvp.de)

[UBA]

# Der Schutz ruhiger Gebiete – Ein Beitrag zur Stadtentwicklung

## The protection of quiet areas – A contribution to urban development

*Matthias Hintzsche*

### **Abstract**

The protection of quiet areas is in addition to the reduction of the noise levels an important issue of the EU Environmental Noise Directive. For the identification and selection of quiet areas, noise pollution and non-acoustic factors are important. The European Environment Agency EEA published a „Good practice guide on quiet areas“ to support the competent authorities. This guideline summarizes the experiences of the Member States and provides advice for the usage. The main conclusions for a national application are presented.

### **Zusammenfassung**

Neben der Verminderung der bestehenden Lärmbelastungen ist es ein wichtiges Ziel der EU-Umgebungslärmrichtlinie, ruhige Gebiete zu schützen. Für die Identifizierung und Auswahl ruhiger Gebiete sind neben der reinen Lärmbelastung auch nicht-akustische Faktoren von Bedeutung. Zur Unterstützung der zuständigen Behörden hat die Europäische Umweltagentur EEA einen „Good practice guide on quiet areas“ veröffentlicht. Dieser Leitfaden fasst die Erfahrungen in den Mitgliedstaaten zusammen und gibt Hinweise für die Verwendung des Instruments „ruhige Gebiete“. Es werden die wesentlichen Ergebnisse für die nationale Anwendung vorgestellt und bewertet.

## **Einleitung**

Die Belastung durch Umgebungslärm ist in Europa und in Deutschland ein zunehmendes Problem. Denn Lärm stört nicht nur, er macht auch krank. Umgebungslärm steht mit verschiedenen Erkrankungsrisiken, wie Bluthochdruck, Herzinfarkt sowie Schlafstörungen, in Zusammenhang, was durch epidemiologische Studien belegt ist. Der durch Verkehr verursachte Lärm in Städten trägt zudem entscheidend dazu bei, dass sich die Aufenthaltsqualität dort verschlechtert.

Einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung der Lärmsituation in Europa liefert die EU-Umgebungslärmrichtlinie. Hierdurch sollen der Umgebungslärm gemindert und in bisher ruhigen Gebieten einer Zunahme des Lärms vorgebeugt werden. Die Realisierung des Schutzes ruhiger Gebiete stellt die zuständigen Behörden in Deutschland und anderen europäischen Mitgliedstaaten vor neue Herausforderungen, zumal die gegenwärtige rechtliche Ausgestaltung in der Umgebungslärmrichtlinie viel Interpretationsspielraum lässt. Zur Unterstützung der zuständigen Behörden hat die Europäische Umweltagentur EEA einen „Good practice guide on quiet areas“ veröffentlicht (EEA 2014). Dieser Leitfaden fasst die Erfahrungen in den Mitgliedstaaten

zusammen und gibt Hinweise für die Verwendung des Instruments „ruhige Gebiete“. Nachfolgend werden die wesentlichen Ergebnisse für die nationale Anwendung vorgestellt und bewertet.

## **Geräusch – Lärm – Ruhe**

Unzählige Aktivitäten in der Umwelt verursachen Geräusche. Sie sind somit ein essentieller Bestandteil des menschlichen Lebens. Diejenigen Geräusche, die subjektiv als negativ empfunden werden, bezeichnet man als Lärm. Er wirkt sich negativ auf die Gesundheit sowie die Kommunikation, die Erholung und die Entspannung aus. Auch die kognitiven Fähigkeiten des Menschen, das psychische Wohlbefinden sowie die Wohnnutzung und -qualität werden durch Lärm beeinträchtigt. Würde überhaupt kein Lärm auftreten, wäre es jedoch nicht völlig still, denn beispielsweise die Atmosphäre ist in ständiger Bewegung und verursacht selbst Geräusche. Dementsprechend können ruhige Gebiete durch die Abwesenheit von Lärm beschrieben werden. Dort treten zwar Geräusche auf, die jedoch im Allgemeinen nicht als Lärm empfunden werden.

## Definitionen und Auswahlkriterien

Die Umgebungslärmrichtlinie unterscheidet zwischen ruhigen Gebieten innerhalb und außerhalb von Ballungsräumen. Ein ruhiges Gebiet in einem Ballungsraum bezeichnet ein von der zuständigen Behörde festgelegtes Gebiet, in dem beispielsweise der Tag-Abend-Nacht-Lärmindex ( $L_{DEN}$ ) oder ein anderer geeigneter Lärmindex für sämtliche Schallquellen einen bestimmten, von dem Mitgliedstaat festgelegten Wert nicht übersteigt (**Abbildung 1**). Ein ruhiges Gebiet auf dem Land ist dagegen ein von der zuständigen Behörde definiertes Gebiet, das keinem Verkehrs-, Industrie-, Gewerbe- oder Freizeitlärm ausgesetzt ist.

Das Ziel der ersten Definition ist es, ein ruhiges Gebiet auf der Grundlage seiner physikalischen Eigenschaften, also der Lärmbelastung, festzulegen. Die zweite Begriffsbestimmung ist dagegen mehr auf die Vermeidung von Wirkungen und Störungen ausgerichtet.

Eine Untersuchung der aktuellen Praxis zeigt, dass die Ansätze, Methoden und Indikatoren, die zur Identifizierung von ruhigen Gebieten verwendet werden, sehr unterschiedlich sind; ebenso die physikalischen oder effektorientierten Definitionen oder Auswahlkriterien (**Tabelle 1**). Viele dieser Kriterien können entweder in Kombination genutzt werden oder als einzelne Kriterien in einen Auswahlprozess einfließen. Beispielsweise kann eine erste Auswahl auf der Basis der Funktion oder der

Abbildung 1: Potenziell ruhiges Gebiet in einem Ballungsraum. Foto: UBA.



akustischen Indikatoren erfolgen, die dann auf der Grundlage weiterer Kriterien konkretisiert wird.

## Gesundheitlicher Nutzen von ruhigen Gebieten

Ruhige Gebiete (z. B. Erholungsgebiete) sind durch keinen oder nur geringen Lärm charakterisiert. Menschen, die diese Gebiete besuchen oder dort leben, profitieren davon hinsichtlich ihrer Gesundheit und ihres Wohlbefindens. Dies zeigen folgende Beispiele:

- Eine Wohnung mit einer ruhigen Seite, das heißt mit einem niedrigen äquivalenten Dauerschallpegel von weniger als 45 dB(A), scheint sich positiv auf die Lärmbelastungsreaktion der Bewohnerinnen und Bewohner auszuwirken. Dies gilt auch für nahegelegene ruhige Bereiche

Tabelle 1: Auswahlkriterien für ruhige Gebiete (nicht abschließende Aufzählung).			
Typ	Indikator	städtisch	ländlich
Akustische Indikatoren	$L_{DEN}$	50-55 dB(A)	-
	$L_{Day}$	45-55 dB(A)	30-40 dB(A)
Funktion	Erholung	moderate Aktivitäten	passive Aktivitäten
	Naturschutz	angemessen	vordringlich
	Gesundheitsvorsorge/Erholung	Gesundheitsvorsorge	Erholung
Abstand	von Fernstraßen	-	4 - 15 km
	von Ballungsräumen	-	1 - 4 km
Geräuschkulisse	wahrgenommene akustische Qualität/Beurteilung	-	-
Größe		100-100.000 m <sup>2</sup>	0,1-100 km <sup>2</sup>
Andere Planungen	Gebiete mit bestehenden Schutzfestlegungen, beispielsweise Flächennutzungspläne oder Naturschutzpläne	-	-

in lauten Gebieten. So scheint bereits der Zugang zu einem nahegelegenen grünen Gebiet das Wohlbefinden zu verbessern.

- Menschen erholen sich schneller in der Natur; ein Effekt, der auch anwendbar ist auf Ruhe und Naturgeräusche.
- In den Niederlanden schätzen 46 Prozent der Bevölkerung ihre Nachbarschaft als „nicht ruhig“ ein. Die Hälfte der Bevölkerung sucht deshalb ruhige Plätze täglich oder wöchentlich auf.
- Dass Ruhe ein wichtiges Gut ist, zeigt auch eine Bevölkerungsumfrage in Amsterdam. Für circa 75 Prozent der Bewohnerinnen und Bewohner dieser Stadt ist Ruhe in der Umgebung ihres Wohnortes wichtig.
- In Großbritannien sind 91 Prozent der Bevölkerung der Ansicht, dass die bestehenden ruhigen Gebiete geschützt werden müssen. Im verkehrsreichen und dichtbesiedelten London liegt der Prozentsatz bei 62 Prozent.

## Biodiversität

Auch die Biodiversität kann von ruhigen Gebieten profitieren. Einer der Hauptgründe für den Rückgang der biologischen Vielfalt ist die Zerstörung und Fragmentierung von Lebensräumen. Ein weiterer wesentlicher Grund für die Sterblichkeit von Wildtieren ist die Kollision mit Fahrzeugen. Großflächige ruhige Gebiete können in dieser Hinsicht eine Möglichkeit als sicherer Lebensraum bieten. Die Kommunikation vieler Tierarten beruht auf akustischen Signalen. Es gibt Hinweise, dass der anthropogene Lärm die Tierwelt und ihr Verhalten negativ beeinflusst. Dies wirkt sich nachteilig auf Artenreichtum, Fortpflanzungserfolg und Populationsgröße aus. Eine ruhige Umgebung kann daher ein Zufluchtsort für verschiedene Arten sein. Bei der Identifizierung und Ausweisung ruhiger Gebiete sollten daher auch Fragen der Biodiversität berücksichtigt werden. Dabei können Synergien genutzt werden. Ruhige Gebiete profitieren von biodiversen Lebensräumen. Naturgeräusche werden von Besucherinnen und Besuchern der ruhigen Gebiete allgemein positiv bewertet und können gleichzeitig als Indikator für geringe Störungen durch Verkehrsgläusche dienen. Dementsprechend sollten ruhige Gebiete möglichst so gewählt werden, dass auch

Aspekte der grünen Infrastruktur berücksichtigt werden.

## Wirtschaftlicher Nutzen ruhiger Gebiete

Ruhige Gebiete dienen nicht nur dem Gesundheits- und Artenschutz, sie bieten auch ökonomische Vorteile. Der wirtschaftliche Vorteil von ruhigen Gebieten in Ballungsräumen kann über die Erhöhung der Immobilienwerte abgeschätzt werden. Der direkte Effekt von niedrigeren Geräuschpegeln beträgt Schätzungen zufolge circa 0,5 Prozent des Immobilienwertes pro dB.

Die indirekten Folgen des Vorhandenseins eines ruhigen Gebietes in der Nachbarschaft sind schwerer abzuschätzen. Die weitreichenden gesundheitlichen Konsequenzen des Lärms haben das Regionalbüro der Weltgesundheitsorganisation WHO für Europa veranlasst, ein Konzept über die Folgen der unterschiedlichen Lärmwirkungen zu entwickeln. Dieses Konzept wurde 2011 in dem Dokument „Burden of Disease from Environmental Noise“ (WHO 2011) veröffentlicht. Entsprechend diesem Bericht

- gehen jedes Jahr mindestens eine Million gesunde Lebensjahre in Westeuropa durch Straßenverkehrslärm verloren,
- ist Umgebungslärm, nach den ultrafeinen Partikeln (PM<sub>2,5</sub>), die zweitgrößte umweltbedingte Krankheitslast.

Die Europäische Kommission schätzt die sozialen Kosten von Straßen- und Schienenverkehrslärm in der EU auf jährlich 40 Milliarden EUR, 90 Prozent davon entfallen auf den Straßenverkehr (KOM 2011).

## Aktuell verwendete Methoden zur Identifizierung und Ausweisung ruhiger Gebiete in Europa

Zahlreiche Behörden in den Mitgliedstaaten der EU haben große Anstrengungen unternommen, ruhige Gebiete zu fördern oder zu schützen. Die verschiedenen Ansätze variieren unter anderem aufgrund kultureller Unterschiede. **Tabelle 2** gibt einen Überblick über verschiedene Möglichkeiten zum Schutz ruhiger Gebiete in Europa. Die Zusammenstellung umfasst sowohl ruhige Gebiete in Ballungsräumen

als auch auf dem Land. Es sind Beispiele aus Lärmaktionsplanungen, aber auch Ergebnisse aus Forschungsarbeiten zur Definition, Abgrenzung und zum Schutz von ruhigen Gebieten enthalten.

Die Höhe der Lärmbelastung hat in fast allen Modellen eine große Bedeutung. Es gibt aber auch Ausnahmen, bei denen dies nicht der einzige wichtige Faktor ist. Die akustische Qualität eines Gebiets spiegelt sich auch darin wider, wie das Gebiet von den Menschen angenommen wird. Dies bein-

haltet die Ausgewogenheit zwischen erwünschten und unerwünschten Geräuschen, den Erholungswert des Gebietes sowie die Angemessenheit (das „Passen“) der Geräuschcharakteristik zum Gebiet. Hierfür sind neue Indikatoren und Methoden zur Identifizierung ruhiger Gebiete notwendig. Dabei besteht die Schwierigkeit, dass es derzeit kaum möglich ist, zu beurteilen, welche Methode für die Praxis am geeignetsten ist, weil es bislang nur wenige Evaluationsstudien zu dieser Thematik gibt.

Tabelle 2: Verfahren zur Auswahl ruhiger Gebiete. Auszug auf der Grundlage von EEA (2014): 16ff.					
Land/ Ballungsraum	Maßstab	Indikator	dB (A)	Auswahlmethode	Hinweise
Dänemark	Land			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Festlegung durch lokale Behörden</li> <li>• Erholungswert</li> <li>• Natur</li> <li>• Lärmwerte werden nicht angewandt</li> </ul>	
Deutschland	Land	L <sub>DEN</sub>		<p><u>Ruhige Gebiete in Ballungsräumen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• geeignete Flächennutzung</li> <li>• L<sub>DEN</sub> &lt; 50 dB(A)</li> <li>• Mindestgröße 400 ha</li> </ul> <p><u>Ruhige Gebiete auf dem Land</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auswahl durch Ortskenntnisse</li> <li>• geeignete Flächennutzung</li> <li>• L<sub>DEN</sub> &lt; 40 dB(A)</li> </ul>	<a href="http://www.lai-immissionsschutz.de/servlet/is/20170/LAI-Hinweise.pdf?command=downloadContent&amp;filename=LAI-Hinweise.pdf">http://www.lai-immissionsschutz.de/servlet/is/20170/LAI-Hinweise.pdf?command=downloadContent&amp;filename=LAI-Hinweise.pdf</a>
Estland	Land	L <sub>DEN</sub>	< 45	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gebiete mit L<sub>DEN</sub> &lt; 45 dB(A)</li> <li>• Größe mindestens 3 ha</li> <li>• nur Erholungsflächen</li> </ul>	bisher nur für den Aktionsplan des Ballungsraums Tallinn angewandt
Tschechien	Land	L <sub>Day</sub> L <sub>Night</sub>	40 40	<p><u>Flächennutzung: Naturparks und Naturschutzgebiete</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• optimal: L<sub>Day</sub> &amp; L<sub>Night</sub> &lt; 40 dB(A)</li> <li>• komfortabel: L<sub>Day</sub> &lt; 50 dB(A), L<sub>Night</sub> &lt; 40 dB(A)</li> <li>• gut: L<sub>Day</sub> &lt; 55 dB(A), L<sub>Night</sub> &lt; 45 dB(A)</li> <li>• akzeptabel: L<sub>Day</sub> &lt; 60 dB(A), L<sub>Night</sub> &lt; 50 dB(A)</li> <li>• ungünstig: L<sub>Day</sub> &gt; 60 dB(A), L<sub>Night</sub> &gt; 50 dB(A)</li> </ul>	Ruhige Gebiete in Ballungsräumen können zur Kategorie optimal und komfortabel gehören.
England (UK)	Region	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zugänglichkeit</li> <li>• Öffentlichkeit profitiert von der Ruhe</li> </ul>	
Limburg (Niederlande)	Region	L <sub>eq, 24h</sub>	40	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gebiete mit Bedeutung für Natur und Kultur</li> <li>• Lärmbelastung</li> </ul>	31 Gebiete mit einer Fläche von 20.000 ha. Umfassende Regelungen zur Vermeidung lauter Aktivitäten. Regelmäßige Evaluierungen zeigen, dass dies von den Gemeinden und Besuchern positiv angenommen wird.
Wales (UK)	Region	L <sub>Day</sub> L <sub>DE</sub>	65 55	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Naturgeräusche überwiegen</li> <li>• Größe ist unerheblich, auch kleine Plätze in Innenstädten können einen hohen Wert haben, um Möglichkeiten zur Entspannung zu bieten</li> <li>• Einschätzung was ruhig ist, wird auch von Kultur und Lage bestimmt</li> <li>• WHO-Empfehlung von 55 dB(A) wurde als Ausgang für die Festlegung von ruhigen Gebieten gewählt</li> <li>• Ein wesentlicher Teil des Gebietes sollte mindestens 6 dB leiser als der Tagpegel der Umgebung sein.</li> </ul>	2012 wurden insgesamt 29 ruhige Gebiete in Ballungsräumen festgelegt.

Land/ Ballungsraum	Maßstab	Indikator	dB (A)	Auswahlmethode	Hinweise
Bilbao (Spanien)	Ballungs- raum	L <sub>Day</sub> L <sub>Evening</sub>	60	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lärmbelastung</li> <li>• Fläche &gt; 2 ha</li> <li>• öffentlich zugänglich</li> <li>• Bedeutung für Erholung und Kultur</li> <li>• vom Stadtrat bestätigt</li> </ul>	L <sub>95</sub> -L <sub>5</sub> als Indikator
Dublin (Irland)	Ballungs- raum	L <sub>DEN</sub> L <sub>Night</sub>	< 55 < 45	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ermittlung Gesamtlärmpegel</li> <li>• 15 Dauermessstellen zur Modellüberprüfung</li> <li>• Analyse der Flächennutzung</li> </ul>	Acht Grünbereiche als ruhige Gebiete festgelegt
Florenz (Italien)	Ballungs- raum	L <sub>Day</sub> L <sub>Night</sub>		<p><u>Festlegung von Qualitätsklassen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klasse 1: Sonderschutzgebiete wie Krankenhäuser, Schulen. Erholungsgebiete, besondere städtebauliche Bereiche: L<sub>Day</sub> 45 dB(A), L<sub>Night</sub> 35 dB(A)</li> <li>• Klasse 2: Gebiete mit niedriger Wohndichte: L<sub>Day</sub> 50 dB(A), L<sub>Night</sub> 40 dB(A)</li> </ul>	
München (Deutschland)	Ballungs- raum	L <sub>DEN</sub>	< 50	<p><u>Ruhige Gebiete</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• L<sub>DEN</sub> &lt; 50 dB(A)</li> <li>• geeignete Flächennutzung</li> <li>• Mindestgröße 20 ha</li> </ul> <p><u>Innerstädtische Erholungsflächen</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• in ihrem Inneren mindestens 6 dB(A) leiser als am Gebietsrand</li> <li>• geeignete Flächennutzung</li> <li>• Mindestgröße 10 ha</li> <li>• von mindestens 60.000 Einwohnern fußläufig (≤ 1.000 m) erreichbar</li> </ul> <p><u>Landschaftlich geprägte Erholungsräume</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• in ihrem Inneren mindestens 6 dB(A) leiser als am Gebietsrand</li> <li>• geeignete Flächennutzung</li> <li>• Mindestgröße 100 ha</li> <li>• Erfüllung von qualitativen Anforderungen an die Erholungsfunktion</li> </ul>	<a href="http://www.stmu.v.bayern.de/umwelt/laermschutz/ruhige_gebiete/doc/ruhige_gebiete.pdf">http://www.stmu.v.bayern.de/umwelt/laermschutz/ruhige_gebiete/doc/ruhige_gebiete.pdf</a>
Oslo (Norwegen)	Ballungs- raum	Anteil Fläche > L <sub>DEN</sub>	< 55	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diskussion mit ausgewählten Personen, die gute Kenntnisse über die potenziellen Gebiete haben</li> <li>• Bewertung der Grünflächen und Plätze</li> <li>• Nutzung der Ergebnisse der Lärmkartierung</li> <li>• Besichtigung vor Ort</li> <li>• Gespräche mit Vertretern der Stadtteile und Interessenorganisationen</li> </ul>	von 77 potentiellen Gebieten wurden 14 ausgewählt, zu- sätzliches Kriterium war die Anzahl der Einwohner in einem Umkreis von 500 m
Paris (Frankreich)	Ballungs- raum	L <sub>DE</sub>	55	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lärmkarten</li> <li>• Flächennutzung</li> <li>• Online-Konsultation mit Einwohnern und lokalen Behörden</li> <li>• Erstellung von Differenzlärmkarten</li> <li>• Überprüfung mit Messungen und Befragungen</li> </ul>	in einem ersten Schritt nur Stra- ßen- und Schie- nenverkehrslärm berücksichtigt, Erweiterung um Fluglärm geplant; Differenzlärmkarten zeigen Über- und Unterschreitungen bis 10 dB(A) gegen- über L <sub>DE</sub> 55 dB(A); 380 potentielle ruhi- ge Gebiete wurden identifiziert
Warschau (Polen)	Ballungs- raum	L <sub>DEN</sub>	< 55	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bevölkerungsdichte</li> <li>• Flächennutzungspläne mit Verkehrsentwicklungsplanung</li> <li>• Berücksichtigung der Raumordnung</li> <li>• Hinweise für künftige Raumplanung und Raumordnung</li> <li>• Naturschutzgebiete, vor allem Natura 2000 Gebiete</li> </ul>	15 potentielle Gebiete wurden identifiziert

## Grundsätzliche Ansätze zur Identifizierung von ruhigen Gebieten

Zur Identifizierung von ruhigen Gebieten werden in den Mitgliedstaaten überwiegend folgende Methoden angewendet:

- Auswertung der Ergebnisse der Lärmkartierung,
- Durchführung von Lärmmessungen,
- Evaluierung durch Nutzerinnen und Nutzer der Gebiete,
- fachliche Einschätzungen.

Dabei wird häufig nicht eine Methode singular angewendet, sondern bei Bedarf durch eine der anderen ergänzt. Die wesentlichen Vorteile und Einschränkungen der Methoden werden nachstehend dargestellt.

### Auswertung der Ergebnisse der Lärmkartierung

Es liegt nahe, Lärmkarten auch für die Identifizierung ruhiger Gebiete zu verwenden, weil sie ein objektives Bild der lokalen Lärmsituation liefern.

#### Vorteile

- Lärmkarten veranschaulichen auf einfache Weise die Verteilung der Lärmbelastung durch Verkehr oder Industrie in einer bestimmten Region und für einen bestimmten Zeitraum.
- Die Berechnung der Lärmbelastung und Darstellung in Lärmkarten ermöglicht eine flächendeckende Information über die Lärmsituation, was insbesondere bei großflächigen Lärmbelastungen, wie zum Beispiel Fluglärm, von Bedeutung ist.
- In Lärmkarten kann der berechnete Umgebungslärm getrennt von anderen Lärmquellen, wie beispielsweise dem von Freizeitaktivitäten, dargestellt werden. Dies ist für die Auswahl ruhiger Gebiete wichtig.
- Lärmkarten sind insbesondere für Planungsfragen nützlich, da darin auch die Lärmauswirkungen zukünftiger Projekte – zum Beispiel dem Bau einer Hauptverkehrsstraße – dargestellt werden können. Dies ist für die Beurteilung von möglichen ruhigen Gebieten von Bedeutung.

#### Nachteile

- Lärmkarten basieren auf mathematischen Modellen der Geräuschemission und der Schallausbreitung im Freien unter Berücksichtigung von gewissen Randbedingungen. Abweichungen von diesen Bedingungen können zu Ergebnissen der berechneten Schalldruckpegel führen, die von der Realität abweichen. Derartige Faktoren können Topografie, Wetter, Gebäude oder andere Hindernisse sowie Fassaden oder akustische Eigenschaften anderer Oberflächen sein. Bei derartigen Abweichungen von Modellannahmen sollten zusätzlich Messungen zur Validierung der Lärmkarten durchgeführt werden.
- Die Darstellung in Lärmkarten basiert in der Regel auf jeweils einer Lärmquelle (Straßenverkehr, Schienenverkehr, Luftverkehr oder Industrie). In der Praxis ist es jedoch auch notwendig, einen Summenpegel zu ermitteln, um eine Unterschätzung des Umgebungslärms zu vermeiden und eine Gesamtlärmbewertung vornehmen zu können.
- In Lärmkarten lassen sich keine angenehmen oder bevorzugten Geräusche wie plätscherndes Wasser oder Vogelgezwitscher abbilden.
- In Lärmkarten können aufgrund der darin dargestellten Lärmbelastung ruhige Gebiete bestimmt werden. Es ist jedoch nicht sachgerecht, jedes von Umgebungslärm ungestörte Gebiet, beispielsweise Sumpfland, auszuweisen.
- Lärmkarten weisen die Lärmbelastung üblicherweise in Form A-bewerteter Schalldruckpegel aus. Diese Bewertung ist jedoch keine umfassende Beschreibung der akustischen Wahrnehmung des Menschen. Diese beinhaltet wesentlich mehr Aspekte.

### Durchführung von Lärmmessungen

Neben der Berechnung der Lärmbelastung ist auch die Durchführung von Lärmmessungen möglich (**Abbildung 2**). Diese Messungen werden zur Ergänzung oder Validierung der Ergebnisse der Lärmkartierung vorgenommen.

#### Vorteile

- Messungen liefern den tatsächlichen Schalldruckpegel an einem bestimmten Ort und zu

einer bestimmten Zeit. Damit spiegeln sie die Realität zum betrachteten Zeitpunkt besser wider als Lärmberechnungen. Darüber hinaus sind beim Fehlen geeigneter Eingangsdaten für Berechnungsverfahren Messungen die einzige Methode, um genaue Werte zu ermitteln.

### Nachteile

- Messungen sind in der Regel arbeitsintensiv und teuer, insbesondere wenn Lärmkarten für große Gebiete mit vielen Messpunkten ermittelt werden sollen.
- Gegenwärtig kann bei den meisten Messungen noch keine Trennung nach verschiedenen Quellen berücksichtigt werden. Dies ist jedoch gerade für ruhige Gebiete wichtig. Die Messung ist oft eine Mischung der Schalldruckpegel von verschiedenen Lärmquellen einschließlich menschlichen Geräuschen sowie Wind- und Wassergeräuschen. Dadurch sind Fehlinterpretationen beim Vergleich der gemessenen Werte mit den Berechnungsergebnissen möglich. Diese Trennung ist jedoch notwendig für die Ausweisung von ruhigen Gebieten auf der Basis von Messwerten.
- Messungen basieren in der Regel auf dem Abwerteten Schalldruckpegel. Diese Bewertung ist jedoch keine umfassende Beschreibung der akustischen Wahrnehmung des Menschen.

## Evaluierung durch Nutzerinnen und Nutzer der Gebiete

Der Erhalt von ruhigen Gebieten dient dem Schutz der menschlichen Gesundheit und der Verbesse-

Abbildung 2: Lärmmessung in einem ruhigen Gebiet.  
Foto: UBA.



rung der Lebensqualität. Die Ermittlung der akustischen Lärmbelastung allein reicht hierfür nicht aus, sondern es müssen auch psychische Faktoren berücksichtigt werden. Hierzu werden auch Erkenntnisse zur Beantwortung der Frage benötigt, wie Menschen ruhige Gebiete wahrnehmen. In diesem Zusammenhang ist das Thema „Soundscape“ (Klanglandschaft), das heißt die Beziehung von Menschen und Umweltklängen, zunehmend in den wissenschaftlichen Fokus gerückt.

### Vorteile

- Nur eine Bewertung durch Nutzerinnen und Nutzer ruhiger Gebiete kann direkte Einblicke geben, wie Menschen diese Gebiete wahrnehmen. Solche Studien können beispielsweise die Wahrnehmung verschiedener Schallquellen, die akustische Qualität, Ruhe, Belästigung, die Angemessenheit von Geräuschen, den Erholungswert und die tatsächliche Nutzung des Gebietes untersuchen.
- Im Gegensatz zu Schallpegelmessgeräten können Menschen die Intensität der Geräusche aus verschiedenen Quellen viel differenzierter bewerten und damit die Güte eines ruhigen Gebietes beurteilen.
- Die wahrgenommene akustische Qualität ist nicht auf die reine akustische Umgebung per se beschränkt, sondern wird auch durch die visuelle Qualität des Gebietes beeinflusst. Eine natürliche und grüne Umgebung kann die wahrgenommene akustische Qualität erhöhen und die Belästigung reduzieren. Physikalische Messgeräte können derartige psychologische Effekte nicht erfassen.

### Nachteile

- Die Evaluierung durch Nutzerinnen und Nutzer ruhiger Gebiete wird üblicherweise durch Fragebogenerhebungen durchgeführt. Dies ist jedoch ein wetterabhängiges Verfahren, das Erhebungen bei ungünstigen Wetterbedingungen (Regen, Wind, Kälte) erschwert.
- Wie Messungen sind auch Befragungen eine teure, zeit- und arbeitsintensive Methode. Sowohl die Vorbereitung und Entwicklung von Fragebögen als auch die Durchführung repräsentativer Umfragen ist zeit- und personalaufwendig. Die Erhebung ist zudem abhängig von der Bereitschaft zur Teilnahme an der Befragung. Nach

Vorliegen der Daten müssen diese aufwendig ausgewertet werden.

- Die Evaluierung durch Nutzerinnen und Nutzer ruhiger Gebiete erfordert einschlägige Erfahrungen auf dem Gebiet der Psychologie, um geeignete Fragebögen zu entwickeln. Die Qualität der Daten hängt stark von den Fähigkeiten und Erfahrungen der Ersteller des Fragebogens ab.
- Es gibt derzeit kein standardisiertes Verfahren zur Auswertung der Erfahrungen der Nutzerinnen und Nutzer ruhiger Gebiete. Ein derartiger Standard, beispielsweise in Form eines standardisierten Fragebogens, sollte zukünftig entwickelt werden, um die Evaluierung durch Nutzerinnen und Nutzer der Gebiete nach einheitlichen Kriterien durchzuführen und zudem das Verfahren auch für Nicht-Fachleute zu öffnen.

## Fachliche Einschätzungen

Die vorstehenden Ausführungen machen deutlich, dass die besonderen Charakteristika ruhiger Gebiete zusätzliche Kriterien erfordern. Derartige Kriterien können Flächennutzung, Kulturerbe, ökologische und soziale Werte, Erholungsfunktion und Zugänglichkeit sein. Eine Bewertung dieser Kriterien erfordert in der Regel fundierte Fachkenntnisse.

### Vorteile

- Die fachliche Beurteilung eines potentiellen ruhigen Gebietes kann wertvolle Erkenntnisse über die akustischen Aspekte hinaus liefern. Hierfür kommen vornehmlich Expertinnen und Experten aus den Gebieten Stadtplanung, Landschaftsarchitektur, Soziologie, Biologie und Psychologie sowie Akustik in Betracht.
- Mit der frühzeitigen Beteiligung von Expertinnen und Experten mit verschiedenen Blickwinkeln kann ein besseres Ergebnis erreicht werden als bei einer ausschließlichen Berücksichtigung von Daten aus den Lärmkarten.

### Nachteile

- Qualifizierte Fachleute auf diesem Gebiet sind rar.
- Bei fachlichen Bewertungen liegen mitunter die Erfahrungen der Nutzerinnen und Nutzer ruhiger

Gebiete nicht in ausreichendem Maße vor und gehen daher nur unzureichend in die Bewertung ein.

## Forschungsbedarf

Die Analyse der verschiedenen Methoden zur Identifizierung und Auswahl ruhiger Gebiete in den Mitgliedstaaten zeigt weiteren Forschungsbedarf auf. So sollten zukünftig zum Beispiel Forschungsarbeiten zu folgenden Themen durchgeführt werden:

- systematische und akkumulierte Analysen über den Zusammenhang zwischen ruhigen Gebieten und Gesundheit und Wohlbefinden, einschließlich Belästigung, Schlafstörung, Erholung und Lebensqualität,
- Bewertungen über die wahrgenommene akustische Qualität von ruhigen Gebieten, einschließlich Dosis-Wirkungs-Beziehungen,
- Weiterentwicklung von Indikatoren und Methoden zur Beurteilung ruhiger Gebiete,
- ökonomischer Nutzen ruhiger Gebiete,
- Vorteile ruhiger Gebiete für die Biodiversität.

Auf europäischer Ebene beschäftigen sich bereits verschiedene Forschungsvorhaben mit ausgewählten Aspekten zum Thema ruhige Gebiete. Aktuelle Informationen sind auf den Projektwebseiten verfügbar:

- QSIDE: [www.qside.eu](http://www.qside.eu)
- CityHUSH: [www.cityhush.org](http://www.cityhush.org)
- HUSH: [www.hush-project.eu](http://www.hush-project.eu)
- Hosannah: [www.greener-cities.eu](http://www.greener-cities.eu)
- Listen: [www.tii.se/projects/listen](http://www.tii.se/projects/listen)
- Quadmap: [www.quadmap.eu](http://www.quadmap.eu)

## Vorschlag zur Ermittlung potentiell ruhiger Gebiete außerhalb von städtischen Gebieten

Zur Unterstützung der Europäischen Umweltagentur EEA bei der Beurteilung der Lärmaktionsplanung durch die Mitgliedstaaten und zur Weiterentwicklung des Instruments „ruhige Gebiete“ hat das „European Topic Centre for Spatial information and Analysis, ETC/SIA“ ein Verfahren zur

Identifizierung potentiell ruhiger Gebiete auf dem Land entwickelt. Als Eingangsdaten werden die Ergebnisse der Lärmkartierung (inkl. Abstand zu den Lärmquellen) sowie Informationen über die Landnutzung und die Bevölkerungsdichte verwendet. Im Ergebnis des Verfahrens wird ein Ruhe-Eignungs-Index (quietness suitability index - QSI) ermittelt, der Werte zwischen 0 und 1 annehmen kann, wobei ein Wert von 1 eine hohe Eignung als potentiell ruhiges Gebiet signalisiert. Die prinzipielle Methode zur Ermittlung des QSI ist in der **Abbildung 3** dargestellt und wird nachfolgend erläutert.

Die **Entfernungsschwellen für potentielle Ruhe** basieren auf den Ergebnissen der Lärmkartierung. Gebiete oberhalb eines Wertes für den  $L_{DEN}$  von 55 dB(A) werden als laut markiert. Für die Bereiche mit Werten kleiner 55 dB(A) wird in Abhängigkeit vom Abstand zur Lärmquelle auf der Basis eines statistischen Verfahrens ein Wert zwischen 1 (geeignet) und 0 (ungeeignet) vergeben. Dies erfolgt für alle Lärmquellen nach der Umgebungslärmrichtlinie (Hauptverkehrsstraßen, Haupteisenbahnstrecken, Großflughäfen und Ballungsräume).

Als zweiter Faktor wird der **Grad der Natürlichkeit** auf der Basis der Landnutzung berücksichtigt. Die Eingangsdaten hierfür stammen aus dem europaweit verfügbarem Datensatz „Corine Land Cover, CLC“. Dieser Datensatz enthält eine einheitliche Klassifikation der wichtigsten Formen der Landnutzung, beispielsweise Industrienutzung, landwirtschaftliche Nutzung, Wälder, Feuchtgebiete. Diese Landnutzungen werden sieben verschiedenen Hemerobie-Klassen (Maß für den Einfluss des Menschen auf natürliche Ökosysteme) zugeordnet und anschließend auf Werte zwischen 0 und 1 normiert.

Der dritte Faktor der Methode ist der **Grad der Ländlichkeit**. Hierzu werden auf der Basis eines Geostat-Datensatzes über die städtische und ländliche Typologie einzelne Bereiche zugeordnet. Dabei werden folgenden Kategorien unterschieden: vorwiegend städtisch/städtisch, zwischen städtisch und ländlich, vorwiegend ländlich/ländlich. Die Normierung erfolgt anhand der Werte 0 / 0,5 und 1.

Abbildung 3: Methodischer Ansatz zur Ermittlung des Ruheindex. Abbildung auf der Grundlage von EEA (2014): 42.

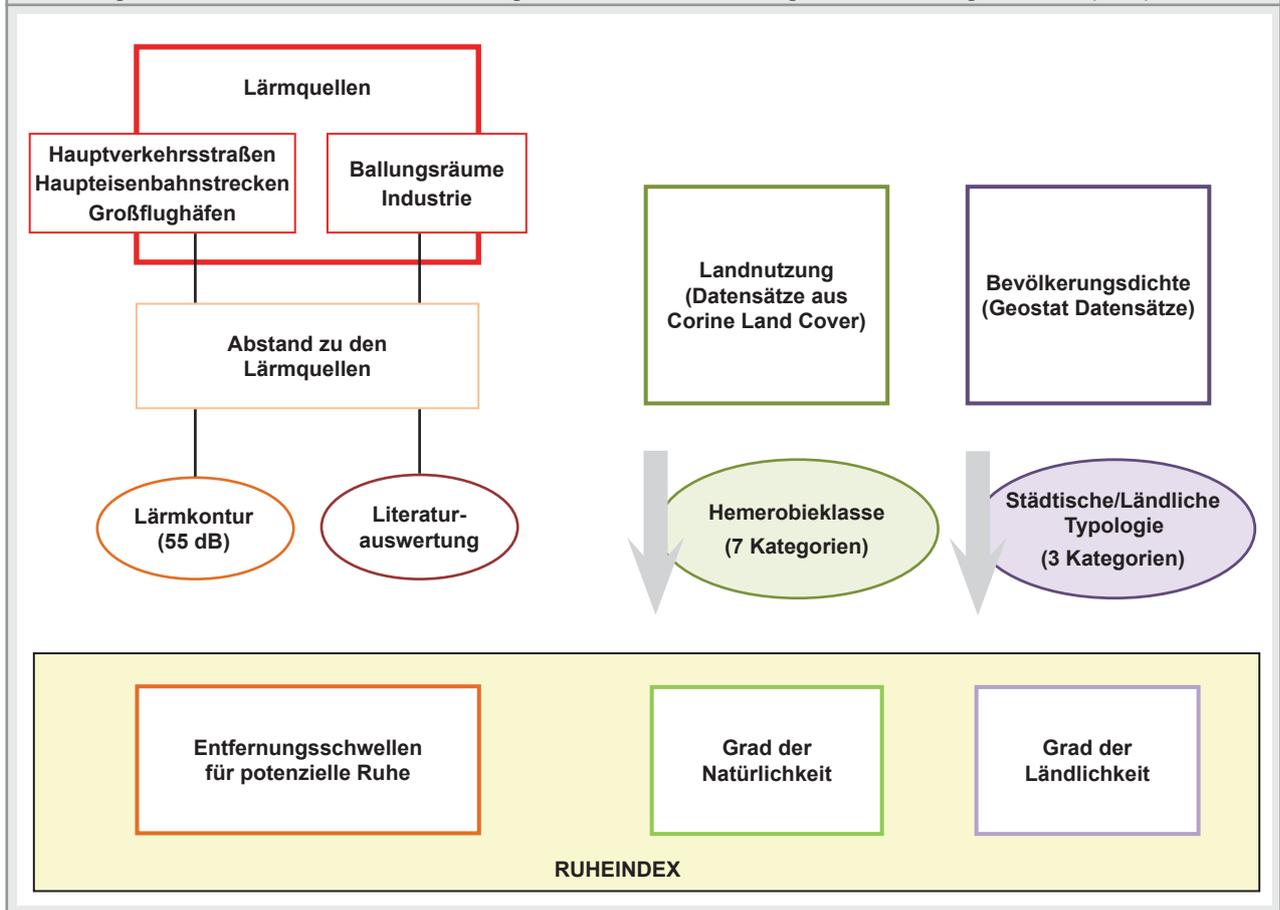
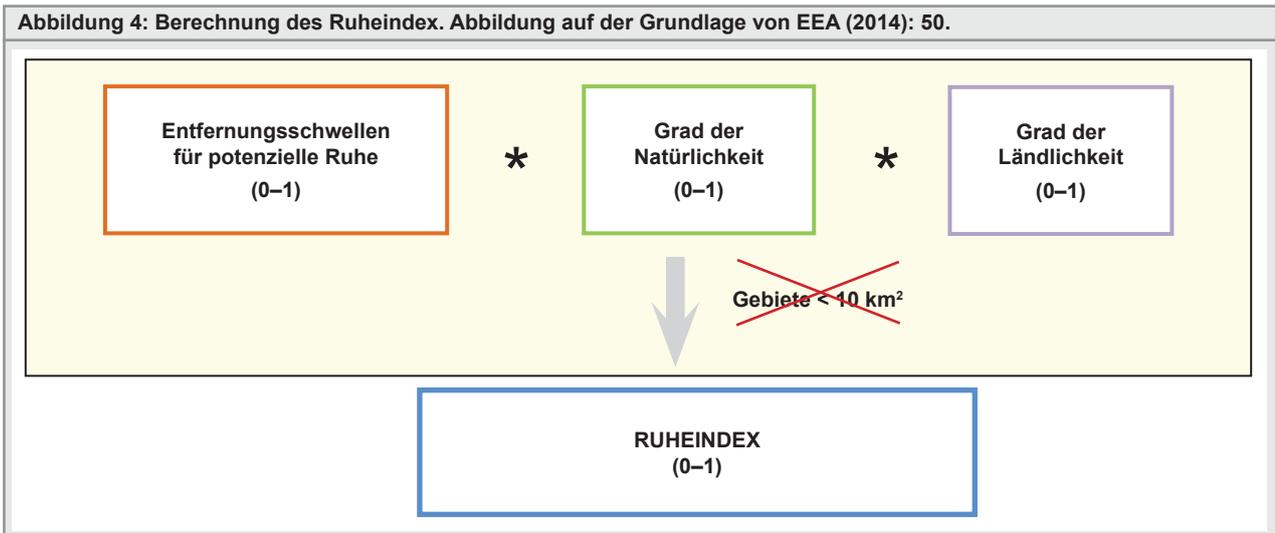


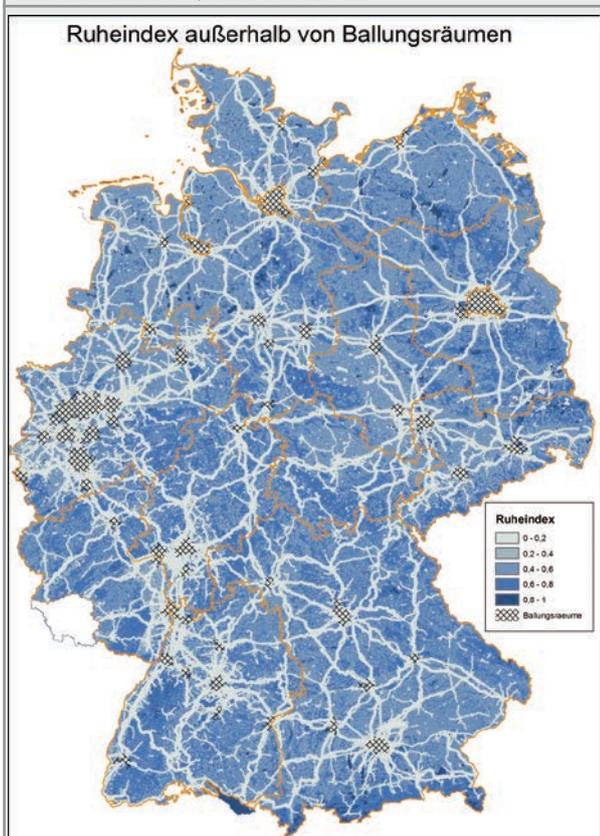
Abbildung 4: Berechnung des Ruheindex. Abbildung auf der Grundlage von EEA (2014): 50.



Als Ergebnis der Berechnung erhält man drei Ebenen mit Werten zwischen 0 und 1. Diese werden miteinander multipliziert, um den Ruheindex zu erhalten. In einem abschließenden Schritt werden Gebiete mit einem Index  $> 0$  und kleiner  $10 \text{ km}^2$  herausgefiltert (**Abbildung 4**).

Das Verfahren wurde im Umweltbundesamt auf der Basis der Ergebnisse der nationalen Lärmkartierung für Deutschland hinsichtlich der grundsätzlichen Eignung getestet. Dabei wurden die von den Bundesländern im Rahmen der Datenberichterstattung übermittelten Lärmkarten verwendet. Für die Haupteisenbahnstrecken lagen die aktuellen Ergebnisse der Lärmkartierung durch das Eisenbahn-Bundesamt noch nicht vor. Daher wurde ein pauschalisiertes Verfahren aufgrund des übermittelten Kartierungsumfangs und der Erfahrungen aus der ersten Stufe der Lärmkartierung angewandt. Die Ergebnisse sind in **Abbildung 5** dargestellt. Es zeigt sich, dass es auch in einem dicht besiedelten und verkehrsreichen Land wie Deutschland eine Vielzahl von Bereichen gibt, die als potentiell ruhige Gebiete zu bezeichnen sind und deshalb vor einer Zunahme des Lärms geschützt werden sollten.

Abbildung 5: Ruheindex außerhalb von Ballungsräumen in Deutschland. Quelle: UBA 2014.



## Fazit

Neben der Verminderung der bestehenden Lärmbelastungen ist es ein wichtiges Ziel der EU-Umgebungslärmrichtlinie, ruhige Gebiete zu schützen. Das Angebot an wohnungsnahen Erholungsgebieten, in denen man „zur Ruhe kommt“, ist ein wichtiges Qualitätsmerkmal von dicht besiedelten Städten. Für die Identifizierung und Auswahl ruhiger Gebiete sind neben der reinen Lärmbelastung auch nicht-akustische Faktoren von Bedeutung. Hierfür werden verschiedene Auswahlkriterien in den Mitgliedstaaten genutzt. Gegenwärtig ist es noch zu früh, endgültige Handlungsempfehlungen zu geben, weil sich das Thema ruhige Gebiete ständig weiterentwickelt und noch weitergehende

Forschungen auf diesem Gebiet erforderlich sind. Deshalb sollte die Forschungszusammenarbeit von Universitäten und anderen wissenschaftlichen Institutionen intensiviert werden. Aufgrund der bisherigen Erfahrungen mit der Ausweisung ruhiger Gebiete in den Mitgliedstaaten lässt sich sagen, dass ein einzelner Satz von Kriterien aufgrund der verschiedenen Arten von ruhigen Gebieten nicht ausreichend zu sein scheint. Offensichtlich ist jedoch, dass ruhige Gebiete in Ballungsräumen andere Auswahlkriterien erfordern als ruhige Gebiete auf dem Land. Die zuständigen Behörden sollten sich zunächst an den vorhandenen Beispielen und Auswahlkriterien orientieren. In Bezug auf Methoden zur Identifizierung von ruhigen Gebieten wird eine Kombination der vier untersuchten Verfahren empfohlen.

### **Literatur**

EEA (2014): Good practice guide on quiet areas. EEA technical report No 4. European Environment Agency, Kopenhagen. <http://www.eea.europa.eu/publications/good-practice-guide-on-quiet-areas> (Abrufdatum: 10.10.2014).

KOM (2011): Bericht der Kommission an das Europäische Parlament und den Rat über die Durchführung der Richtlinie über Umgebungslärm gemäß Artikel 11 der Richtlinie 2002/49/EG. Europäische Kommission. Brüssel. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0321:FIN:DE:PDF> (Abrufdatum: 10.10.2014)

WHO (2011): Burden of disease from environmental noise. WHO European Centre for Environment and Health. Kopenhagen. [http://www.who.int/quantifying\\_ehimpacts/publications/e94888/en/](http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/e94888/en/) (Abrufdatum: 10.10.2014).

### **Kontakt**

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

[UBA]

# Mischexpositionen und Kombinationswirkungen – Arbeitskreis diskutiert aktuelle Fragen aus der Sicht von Umwelt & Gesundheit

## Mixed exposures and combined effects – Working group discusses current aspects from environmental health perspective

*André Conrad<sup>1</sup>, Michael Hoopmann<sup>2</sup>, Dorothee Twardella<sup>3</sup>*

### Abstract

Mixed exposures and combined effects are important issues for environmental health. 29 experts discussed current questions concerning simultaneous exposures to different environmental stressors and related health effects at a two-day workshop in Munich. As various knowledge gaps became apparent, further research in this area is necessary and could especially be based on methodological advances in the field of particulate matter and health.

### Zusammenfassung

Mischexpositionen und Kombinationswirkungen sind wichtige Themen, auch für den gesundheitsbezogenen Umweltschutz. In einem zweitägigen Workshop in München diskutierten 29 Expertinnen und Experten aktuelle Fragestellungen zur gleichzeitigen Belastung des Menschen durch verschiedene Umweltstressoren und damit assoziierte gesundheitliche Effekte. Dabei wurde deutlich, dass viele Aspekte dieses Themenfeldes noch unzureichend erforscht sind. Auf methodische Erfolge im Bereich Feinstaub und Gesundheit kann im Rahmen weiterer Forschungsaktivitäten jedoch aufgebaut werden.

## Einleitung

Schwermetalle im Trinkwasser, Staubpartikel in der Außenluft, verschiedene Weichmacher in Lebensmitteln und Verbraucherprodukten: Der Mensch ist stets einer Mischung vieler gesundheitsrelevanter Einflussfaktoren ausgesetzt, die kaum vollständig erfasst werden kann. Die einzelnen auf den Menschen einwirkenden Stressoren können in ihrer Kombination zudem anders wirken als beim alleinigen Auftreten. Mischexpositionen und Kombinationswirkungen stellen Wissenschaft, Regulation und Politik daher vor besondere Herausforderungen. So ist es in epidemiologischen Studien oft nicht zufriedenstellend möglich, gesundheitliche Effekte einzelnen Komponenten einer Mischexposition – etwa den verschiedenen Partikelfractionen der Feinstaubbelastung der Außenluft – eindeutig zuzuordnen. Dies liegt unter anderem daran, dass die verschiedenen Einflussfaktoren fast immer gemeinsam auftreten und in der Regel in ihrer Wirkung stark voneinander abhängen.

Problematisch im Rahmen der Regulation ist, dass oft nicht bekannt ist, ob die einzeln regulierten Komponenten einer Mischexposition additiv oder sogar synergetisch wirken. In Tierversuchen wurde zum Beispiel beobachtet, dass Ozon und Feinstaub in Verbindung stärker auf die Lunge wirken können als beide Schadstoffe einzeln (U.S. EPA 2006). Möglich ist auch, dass die toxische Wirkung einer Komponente durch eine andere reduziert wird. Eine solche antagonistische Wirkung wird beispielsweise bei Gemischen von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) diskutiert (VKM 2008).

Auch Monitoringprogramme können nicht alle Bestandteile einer gesundheitsrelevanten Mischexposition erfassen und behelfen sich oft mit Leitkomponenten, wie zum Beispiel Benzol oder Phenol, bei der Bewertung von Abluft. Der in der Regel mediale Ansatz der Umweltpolitik mit separater Betrachtung

<sup>1</sup> Umweltbundesamt.

<sup>2</sup> Niedersächsisches Landesgesundheitsamt.

<sup>3</sup> Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit.

tung von Umweltkompartimenten, wie Luft, Boden, Wasser und des Menschen, kann die Bewertung von Mischexpositionen oder Kombinationswirkungen erschweren. Gleiches gilt für die meist getrennte Regulation von Lebensmitteln, Verbraucherprodukten beziehungsweise Arzneimitteln durch Umwelt-, Verbraucherschutz- oder Gesundheitspolitik.

## Workshop München

Mit dem Ziel, Mischexpositionen und Kombinationswirkungen wissenschaftlich und regulativ besser zu erfassen, trafen sich 29 Fachleute aus Behörden, Universitäten und anderen Forschungsinstituten am 15. und 16. Mai 2014 in München. Der Workshop wurde vom Arbeitskreis „Umweltmedizin, Expositions- und Risikoabschätzungen“ der Deutschen Gesellschaft für Epidemiologie (DGEpi), der Deutschen Gesellschaft für Sozialmedizin und Prävention (DGSMP) und der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Informatik, Biometrie und Epidemiologie (GMDS) in Kooperation mit dem Sachgebiet „Arbeits- und Umweltmedizin/-epidemiologie“ des Bayerischen Landesamtes für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL) veranstaltet. Das Programm des Workshops spiegelt wider, dass Mischexpositionen und Kombinationswirkungen in vielen Bereichen des umweltbezogenen Gesundheitsschutzes relevant sind und zumindest konzeptionell Teil der Untersuchungen sind.

### **Stoffgemische und additive Aufnahmeverfahren**

In diesem ersten Themenblock wurde am Beispiel von **Phthalat-Metaboliten im Urin** (vgl. Beitrag von P. Apel et al. in diesem Heft) und **persistenten organischen Verbindungen in Muttermilch** diskutiert, dass spezielle mathematische Verfahren zur statistischen Auswertung von Mischexpositionen erforderlich sind. Außerdem sollten ähnlich auf den Körper wirkende Schadstoffe unter Berücksichtigung ihres toxikologischen Wirkpotenzials unter Umständen gemeinsam bewertet werden. Für die Summenbewertung von korporalen Belastungen besteht jedoch noch Forschungsbedarf. Etablierte Verfahren fehlen derzeit.

Die Darstellung der **Belastungssituation bei der Arbeit in Goldminen in Simbabwe** demonstrierte eindrücklich, dass biologische, physikalische und chemische Stressoren mit teils sehr hohen Gesundheitsrisiken einhergehen können, die in individu-

ellen Risikoabwägungen äußerst unterschiedlich eingeschätzt werden (vgl. Beitrag von N. Steckling in diesem Heft).

Anhand von europäischen Forschungsaktivitäten wurde diskutiert, wie das **Exposom-Konzept** durch die integrierte Betrachtung von verschiedenen Expositionen in unterschiedlichen Lebensphasen zur Analyse von Mischexpositionen und Kombinationswirkungen beitragen kann.

### **Ländliches und städtisches Wohnumfeld**

Im zweiten Themenblock des Workshops zeigte der Vortrag über eine systematische Literaturübersicht mit dem Ziel der **Entwicklung von gesundheitsbasierten Beurteilungswerten für Bioaerosole**, dass dies derzeit noch nicht möglich ist. Der Kenntnisstand, basierend auf Humanstudien zu den gesundheitlichen Wirkungen der sehr komplex zusammengesetzten Aerosole, die beispielsweise in der Abfallwirtschaft oder der Landwirtschaft emittiert werden, ist dafür noch nicht ausreichend.

Zu dem leider ausgefallenen Workshop-Beitrag zum Thema **„Methodische Aspekte bei der Modellierung des Zusammenhanges zwischen einer Exposition gegenüber Bioaerosolen und respiratorischen Symptomen“** findet sich ein ausführlicher Artikel in diesem Heft von M. Hoopmann.

Eine Studie zur **Mehrebenenmodellierung zum Thema „Kindergesundheit in München“** demonstrierte, dass auch soziale Einflussfaktoren oder Parameter des Wohnumfeldes methodisch im Sinne einer Mischexposition analysiert werden können.

### **Feinstaub**

Insbesondere im Rahmen der gesundheitlichen Bewertung der Feinstaubbelastung werden derzeit Mischexpositionen und Kombinationswirkungen diskutiert. Diese waren Schwerpunkt am zweiten Tag des Workshops. In einem **Übersichtsvortrag zu Gesundheitseffekten von Feinstaub** wurde deutlich, dass derzeit noch zu wenig konsistente Erkenntnisse darüber vorliegen, welche Bestandteile des Feinstaubes mit spezifischen Erkrankungen zusammenhängen.

Am Beispiel von **Clusteranalysen und Positiv-Matrix-Faktorisierung** wurde demonstriert, wie moderne statistische Verfahren eingesetzt werden

können, um die einzelnen Quellen der Feinstaubpartikel in der Außenluft besser identifizieren zu können.

**Zusammenhänge zwischen Temperatur, Luftschadstoffen und Sterblichkeit** wurden anhand einer aktuellen Auswertung von Daten aus drei bayrischen Städten diskutiert. Hierbei waren sowohl erhöhte als auch vergleichsweise niedrige Temperaturen positiv mit der Sterblichkeit assoziiert.

Anhand von zwei Studien auf der Basis von epidemiologischen Daten aus dem Ruhrgebiet wurde dargestellt, wie die **Assoziation zwischen verkehrsbedingten Schadstoffemissionen und Typ-2-Diabetes** zu bewerten ist und welche **Zusammenhänge zwischen Luftschadstoffexpositionen und Herz-Kreislauf-Mortalität in Zeitreihenuntersuchungen** beobachtet wurden.

Im letzten Vortrag des Workshops wurden Ergebnisse einer gemeinsamen Auswertung von Daten europäischer Kohortenstudien (Projekt ESCAPE) vorgestellt, die aktuelle Erkenntnisse zu **Zusammenhängen zwischen der Feinstaubexposition und ischämischen Herzerkrankungen sowie Entzündungsreaktionen im menschlichen Körper** lieferte.

## Abschlussdiskussion

In der abschließenden Diskussion hoben die Teilnehmenden den immer noch hohen Forschungsbedarf im Bereich Mischexpositionen und Kombinationswirkungen hervor. Im Bereich Feinstaub und Gesundheit sind jedoch methodische Fortschritte zu verzeichnen, die weiter ausgebaut werden sollten.

Es wurde angemerkt, dass bei der Beurteilung der gesundheitlichen Wirkungen des Feinstaubes auch die stärkere Berücksichtigung der Innenraumexposition wichtig ist, die im Gegensatz zur Außenluft bisher weniger gut untersucht ist. Eine Erhebung der entsprechenden Daten ist derzeit jedoch noch mit einem sehr hohen Aufwand und erheblichen Kosten verbunden.

Im Vergleich zu Feinstaub und anderen Schadstoffen in der Luft werden Schadstoffe in anderen Umweltmedien noch wenig hinsichtlich Misch-

expositionen und Kombinationswirkungen untersucht.

In der Abschlussdiskussion wurde auch thematisiert, dass zur besseren Erforschung von Mischexpositionen und Kombinationswirkungen Interaktionen zwischen gesundheitsrelevanten Einflussfaktoren systematischer in der statistischen Modellbildung berücksichtigt werden sollten.

## Dank

Die Sprecherin und die Sprecher des Arbeitskreises danken allen Teilnehmenden für ihre Vorträge und Diskussionsbeiträge und den Gesellschaften DGEpi und GMDS für die finanzielle Unterstützung des Workshops.

## Literatur

U.S. EPA (2006): Air Quality Criteria for Ozone and Related Photochemical Oxidants (final). Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, EPA/600/R-05/004aF-cF.

VKM (2008): Combined toxic effects of multiple chemical Exposures. Oslo, Vitenskapskomiteen for mattrygghet/Norwegian Scientific Committee for Food Safety, <http://www.vkm.no/dav/15ec300082.pdf> (Abrufdatum: 17.10.14)

## Kontakt

Dipl.-Ing. André Conrad  
Umweltbundesamt (UBA)  
Fachgebiet II 1.2 „Toxikologie, Gesundheitsbezogene Umweltbeobachtung“  
E-Mail: [andre.conrad\[at\]uba.de](mailto:andre.conrad[at]uba.de)

Dipl.-Stat. Michael Hoopmann Niedersächsisches Landesgesundheitsamt (NLGA)  
Abteilung 3 – Arbeitsbereich Umweltepidemiologie  
E-Mail: [michael.hoopmann\[at\]nlga.niedersachsen.de](mailto:michael.hoopmann[at]nlga.niedersachsen.de)

Dr. Dorothee Twardella  
Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL)  
Sachbereich Arbeits- und Umweltmedizin /-epidemiologie  
E-Mail: [dorothee.twardella\[at\]lgl.bayern.de](mailto:dorothee.twardella[at]lgl.bayern.de)

[UBA]

# Belastung der Bevölkerung mit Weichmachern – Studienergebnisse und Stand der Diskussion zu einer kumulativen Risikobewertung

Population's internal exposure to plasticizers – Study results  
and status quo of the discussion on cumulative risk assessment

*Petra Apel, André Conrad, Ulrike Fiddicke,  
Marika Kolossa-Gehring*

## **Abstract**

Human biomonitoring (HBM) provides information about the human body burden by analyzing pollutants in blood, urine, hair, and other tissues. Based on results of HBM studies on plasticizers carried out on behalf of the German Federal Environment Agency the simultaneous exposure of the general population to several phthalates is discussed. The "new" plasticizer Hexamoll® DINCH® is increasingly and in higher amounts detectable in humans, in accordance with its increasing commercial use. If the presence of a substance is related with a health load has to be determined in a toxicological health assessment. Generally, the evaluation of HBM results is carried out on the basis of HBM-values defined by the German Human Biomonitoring Commission or by comparing the calculated daily intakes with TDI- or RfD-values. A cumulative risk assessment of the levels of the phthalates DBP, DiBP, BBP, DEHP, DiNP in samples collected in the German Environmental Survey for Children (2003/06) is discussed as an example to point out unresolved questions concerning the assessment of multiple exposures to different phthalates.

## **Zusammenfassung**

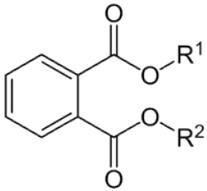
Human-Biomonitoring (HBM) gibt Auskunft über die körperliche Belastung des Menschen durch Bestimmung von Schadstoffen im Blut, Urin oder auch Haar und anderen Geweben. Der Beitrag stellt die im Auftrag des Umweltbundesamtes zu Weichmachern durchgeführten HBM-Studien vor. Hierbei zeigte sich, dass die Allgemeinbevölkerung auf breiter Basis gegenüber einer ganzen Reihe von Phthalaten exponiert ist und dass der „neue“ Weichmacher Hexamoll® DINCH® entsprechend seiner zunehmenden Marktpräsenz vermehrt und in höheren Konzentrationen im Körper nachweisbar ist. Ob der Nachweis eines Stoffes jedoch mit einer gesundheitlichen Belastung einhergeht, bedarf einer toxikologisch-gesundheitlichen Bewertung. Diese Bewertung erfolgt anhand der durch die Kommission Human-Biomonitoring festgelegten HBM-Werte oder durch Rückrechnung auf die tägliche Aufnahme und deren Vergleich mit allgemein anerkannten Beurteilungswerten. Eine gemeinsame Bewertung der Konzentrationen von DBP, DiBP, BBP, DEHP, DiNP in Proben des Kinder-Umwelt-Survey 2003/06 wird beispielhaft diskutiert, um auf offene Fragen bezüglich gleichzeitiger Exposition gegenüber verschiedenen Phthalaten hinzuweisen.

## **Weichmacher: unverzichtbar in vielen Produkten**

Als Weichmacher werden Stoffe bezeichnet, die als Bestandteil vieler Produkte, wie zum Beispiel Kunststoffartikel aus Weich-PVC, für deren Elastizität und Flexibilität sorgen. Die bekanntesten Weichmacher sind die Phthalate. Hierbei handelt es sich um die Alkyl- oder Arylester der Phthalsäure (**Tabelle 1**). Ihr Marktvolumen in Westeuropa liegt bei einer Million Tonnen pro Jahr, wobei sich die relativen Anteile einzelner Phthalate über die Zeit geändert haben: So wurden die Phthalate DEHP

(Di-(2-ethylhexyl)phthalat), DBP/DiBP (Di-n- und Di-iso-butylphthalat) sowie BBP (Benzylbutylphthalat) in den letzten Jahren in geringeren Tonnagen auf den Markt gebracht. DiNP (Di-isononylphthalat) und DiDP (Di-iso-decylphthalat) wurden dagegen verstärkt in Verkehr gebracht (ECPI 2010).

**Tabelle 1: Übersicht über häufig eingesetzte Phthalate. Die markierten Phthalate sind als fruchtschädigend und die Fortpflanzung beeinträchtigend beziehungsweise möglicherweise beeinträchtigend eingestuft.**

	R <sup>1</sup>	R <sup>2</sup>
DMP (Dimethylphthalat)	- CH <sub>3</sub>	- CH <sub>3</sub>
DEP (Diethylphthalat)	- C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	- C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>
DiBP (Di-iso-butylphthalat)	- CH <sub>2</sub> CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	- CH <sub>2</sub> CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
DnBP (Di-n-butylphthalat)	- (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> CH <sub>3</sub>	- (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> CH <sub>3</sub>
DPP (Dipentylphthalat)	- (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CH <sub>3</sub>	- (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CH <sub>3</sub>
BBP (Benzylbutylphthalat)	- CH <sub>2</sub> C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	- (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> CH <sub>3</sub>
DEHP (Di-(2-ethylhexyl)phthalat)	- CH <sub>2</sub> CH(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> )(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> CH <sub>3</sub>	- CH <sub>2</sub> CH(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> )(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> CH <sub>3</sub>
DnOP (Di-n-octylphthalat)	- (CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> CH <sub>3</sub>	- (CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> CH <sub>3</sub>
DiNP (Di-iso-nonylphthalat)	- (CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	- (CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
DiDP (Di-iso-decylphthalat)	- (CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	- (CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
DPHP (Di-(2-propylheptyl)phthalat)	- CH <sub>2</sub> CH(C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> )(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CH <sub>3</sub>	- CH <sub>2</sub> CH(C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> )(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CH <sub>3</sub>

## Regulierung

Aufgrund ihrer breiten Verwendung sind Phthalate in der Umwelt und auch im Menschen allgegenwärtig. Dies ist aus gesundheitlicher Sicht kritisch zu sehen, da einige Phthalate als fortpflanzungs- und entwicklungsschädlich eingestuft wurden. Erwachsene nehmen Phthalate in der Regel hauptsächlich über die Nahrung auf.

Bei Kindern kann außerdem die Aufnahme durch das In-den-Mund-Stecken von Kunststoff-Spielzeug sowie die Aufnahme mit dem Hausstaub von Bedeutung sein (Heinemeyer et al. 2012; Fromme et al. 2012). Phthalate können auch dermal aufgenommen werden – etwa durch Kosmetika und über mit Kunststoffen bedruckte Textilien.

Diesen Aufnahmepfaden und ihrer Toxizität Rechnung tragend, gibt es für einige Phthalate Anwendungsbeschränkungen:

- DBP, BBP, DEHP, DiNP, DiDP dürfen entsprechend der Verordnung (EU) Nr. 10/2011 nicht in bestimmten Materialien und Gegenständen aus Kunststoff vorkommen, die für die Verpackung von fetthaltigen Lebensmitteln vorgesehen sind. Darüber hinaus sind spezifische Migrationswerte

vorgegeben, die festlegen, welche Menge eines Weichmachers höchstens in das verpackte Lebensmittel übertreten darf.

- Die Verordnung (EG) Nr. 1907/2006, Annex XVII, sieht zudem vor, dass die Phthalate DBP, BBP und DEHP in nicht mehr als 0,1 Masse-Prozent in Spielzeug und Babyartikeln verwendet werden dürfen. Sofern Spielzeug und Babyartikel von Kindern in den Mund genommen werden können, dürfen vorsorglich auch die Phthalate DiNP, DiDP und DnOP (Di-n-octylphthalat) in nicht mehr als 0,1 Masse-Prozent eingesetzt werden.
- Aufgrund ihrer reproduktionstoxischen Wirkungen dürfen DBP, DiBP, BBP und DEHP, also die Phthalate mit niedrigem Molekulargewicht, laut Verordnung (EG) Nr. 1223/2009 auch nicht in Kosmetika eingesetzt werden.

DBP, DiBP, BBP und DEHP sind außerdem unter der Chemikalienverordnung REACH als besonders Besorgnis erregende Stoffe (substances of very high concern, SVHC) in Anhang XIV gelistet und werden ab Februar 2015 zulassungspflichtig sein.

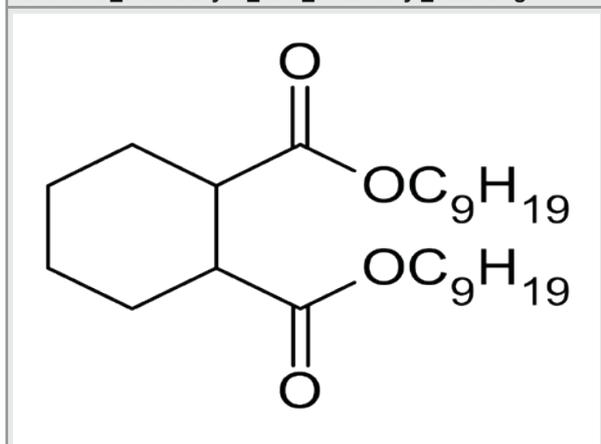
## „Neue“ Weichmacher ersetzen regulierte „alte“

Da einige Phthalate nicht mehr uneingeschränkt eingesetzt werden dürfen, werden vermehrt alternative Weichmacher eingesetzt. Diese „neuen“ Weichmacher leiten sich von anderen Säuren als der Phthalsäure ab, so zum Beispiel von der Adipinsäure, der Citronensäure oder von Sulfonsäuren. Sie können sich aber auch lediglich durch eine geänderte Position der Seitenketten, wie zum Beispiel bei Terephthalaten gegeben, oder durch Ersatz des Benzolrings im Molekül durch Cyclohexan, wie für den Weichmacher Hexamoll® DINCH® zutreffend, von den Phthalaten unterscheiden (**Abbildung 1**). Hexamoll® DINCH® ist seit 2002 auf dem europäischen Markt zu finden und kommt hauptsächlich bei Spielsachen, Lebensmittelkontaktmaterialien sowie medizinischen Produkten zum Einsatz. Seit der Markteinführung ist die Produktion stark gestiegen (Schütze et al. 2014).

## Wie hoch ist die Belastung der Bevölkerung?

Bislang ist nur unzureichend bekannt, wie hoch die Exposition der Bevölkerung durch die „neuen“ Weichmacher ist. Mit Hilfe des Human-Biomonitorings (HBM) – also der Analyse von Chemikalien oder ihrer Abbauprodukte in menschlichen Proben wie etwa Urin oder Blut – kann diese Wissenslücke jedoch geschlossen werden. Die für die Chemikalienbewertung zuständigen Bundesoberbehörden haben neben den Phthalaten auch einige der „neuen“ Weichmacher als relevante Stoffe iden-

**Abbildung 1: Strukturformel von 1,2-Cyclohexandicarbonsäure-di-isononylester (Hexamoll® DINCH®).**  
Quelle: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:1,2-Cyclohexane\\_dicarboxylic\\_acid\\_diisononyl\\_ester.svg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:1,2-Cyclohexane_dicarboxylic_acid_diisononyl_ester.svg).



tifiziert, die mittels HBM untersucht werden sollten. Seit 2010 werden im Rahmen einer Kooperation des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) und des Verbandes der Chemischen Industrie (VCI) Messmethoden unter anderem für „neue“ Weichmacher in menschlichen Blut- oder Urinproben entwickelt. Bereits verfügbar sind Nachweismethoden in Urin zur Quantifizierung von Abbauprodukten von Hexamoll® DINCH® und von dem hochmolekularen Phthalat Di-(2-propylheptyl)phthalat (DPHP), ebenfalls ein Substitut für DEHP (Schütze et al. 2012; Gries et al. 2012). Methoden zur Bestimmung von Di-(2-ethylhexyl)terephthalat (DEHTP), Alkylsulfonsäureestern und Tri-(2-ethylhexyl) trimellitat (TOTM) werden derzeit im Rahmen des BMUB/VCI-Kooperationsprojektes entwickelt. Für die „klassischen“ Phthalate stehen Messmethoden bereits seit längerer Zeit zur Verfügung.

Phthalate und „neue“ Weichmacher werden regelmäßig in archivierten Proben der Umweltprobenbank des Bundes (UPB) oder in Proben aus bevölkerungsrepräsentativen Studien, wie der Deutschen Umweltstudie zur Gesundheit (GerES), gemessen. Bisher wurden in drei retrospektiven Studien 24-Stunden-Sammelurinproben der UPB auf Weichmacher beziehungsweise deren Abbauprodukte untersucht. Die UPB-Kollektive repräsentieren die durchschnittlich, nicht beruflich und auch sonst nicht erkennbar spezifisch belastete 20- bis 30-jährige Bevölkerung Deutschlands.

Mit einer ersten Zeitreihe wurde die Belastung mit DBP, DiBP, BBP, DEHP und DiNP in den Jahren 1988 bis 2003 erfasst (Wittassek et al. 2007). Mit der zweiten Zeitreihe wurde ergänzend die Belastung mit den gleichen Phthalaten in den Jahren 2002 bis 2008 untersucht (Göen et al. 2011). In beiden Studien wurden mehr als 60 Proben pro Jahr im Geschlechterverhältnis von circa 1:1 untersucht. In einer dritten Studie wurden insgesamt 300 Urinproben aus den Jahren 1999, 2003, 2006, 2009 und 2012 bezüglich der Abbauprodukte der Weichmacher Hexamoll® DINCH® und DPHP untersucht (Koch, Leng 2014). Aus jedem Jahr wurden 60 Proben analysiert.

Die drei Studien zeigen, dass sich die Veränderungen im Anwendungsmuster der Weichmacher, die durch die toxikologischen Einstufungen und die oben genannten Anwendungsbeschränkungen bedingt sein dürften, auch in den HBM-Daten wi-

derspiegeln: Während die innere Belastung mit Abbauprodukten von DBP, DEHP und BBP zwischen 1988 und 2008 zum Teil deutlich abnahm, blieb die Belastung mit DiBP-Abbauprodukten annähernd konstant. Dagegen nahmen die Gehalte der DiNP-Abbauprodukte im Urin zu (Kommission Human-Biomonitoring 2011).

Hexamoll® DINCH®-Abbauprodukte konnten erst ab 2006 in Urinproben der UPB nachgewiesen werden. Bis zum Jahr 2012 stieg dann der Prozentsatz der Urinproben, in denen Hexamoll® DINCH®-Abbauprodukte nachgewiesen wurden, auf 98,3 Prozent. Auch die Konzentrationen der Abbauprodukte in den Urinproben nahmen zu. Auf Basis der Konzentration des spezifischen Hexamoll® DINCH®-Abbauproduktes OH-MINCH, lässt sich die tägliche Aufnahme von Hexamoll® DINCH® schätzen. Sie betrug im Jahr 2012 im Mittel (50. Perzentil) 0,14 µg/kg Körpergewicht/Tag. Vergleichsweise hohe Konzentrationen (95. Perzentil) liegen bei 1,07 µg/kg Körpergewicht/Tag. Die höchste tägliche Aufnahme, welche für einen Teilnehmenden der UPB-Untersuchungen geschätzt wurde, liegt bei 36,3 µg/kg Körpergewicht/Tag im Jahr 2012 (Schütze et al. 2014) und damit zu dieser Zeit um einen Faktor 30 unter der von der EFSA festgelegten sicheren tolerierbaren Tagesdosis. In nur 6,3 Prozent aller untersuchten Proben konnten Abbauprodukte von DPHP quantifiziert werden. Diese Proben stammen ausnahmslos aus den Jahren 2009 und 2012. Unter Verwendung der Konzentration des spezifischen Abbauproduktes oxo-MPHP wurde die tägliche Aufnahme von DPHP berechnet. Diese nahm von 2009 bis 2012 zu und erreichte 0,14 µg/kg Körpergewicht/Tag im 95. Perzentil. Die höchste tägliche Aufnahme, die geschätzt wurde, liegt bei 0,3 µg/kg Körpergewicht/Tag im Jahr 2009. Die im Vergleich zu Hexamoll® DINCH® geringere Belastung mit DPHP beziehungsweise seinen Abbauprodukten lässt sich mit der Anwendung von DPHP in eher verbraucherfernen Produkten, wie Dachbelägen, Kabeln und Leitungen, erklären. Dennoch müssen zukünftige Studien klären, ob die Belastung aufgrund weiterer Ausdehnung des Anwendungsgebietes von DPHP zunimmt (Koch, Leng 2014).

Daten zur Phthalat-Belastung der kindlichen Bevölkerung in Deutschland wurden in der vierten Umweltstudie mit dem Kinder-Umwelt-Survey (KUS) 2003 bis 2006 erhoben (Becker et al. 2009). Im KUS wurden in 150 Studienorten 3- bis 14-jährige Kinder untersucht. Die Bestimmung der Abbau-

produkte von DBP, DiBP, BBP, DEHP und DiNP erfolgte im Morgenurin einer Unterstichprobe von knapp 600 zufällig ausgewählten Proben. In allen untersuchten Proben wurden Abbauprodukte aller Phthalate gefunden.

Die Untersuchungsergebnisse der Umweltprobenbank und des KUS zeigen, dass Kinder im Durchschnitt deutlich höher belastet sind als junge Erwachsene. Dieses Ergebnis wurde 2011 durch eine nicht repräsentative Untersuchung im Rahmen einer Pilotstudie zur Durchführung von Human-Biomonitoring-Studien in Europa (DEMOCOPHES) bestätigt. Die in dieser Studie untersuchten Kinder waren 6 bis 11 Jahre alt (UBA 2012).

## Gesundheitliche Bewertung

Mittels HBM-Untersuchungen kann zunächst nur gezeigt werden, wie hoch die körperliche Belastung der Bevölkerung mit einzelnen Stoffen ist. Ob die gefundenen Konzentrationen gesundheitlich bedenklich sind, muss durch eine toxikologische Bewertung abgeklärt werden. Diese Bewertung hat die Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes bislang für DEHP, DPHP und Hexamoll® DINCH® auf Basis der spezifischen Abbauprodukte vorgenommen und toxikologisch begründete HBM-Werte abgeleitet. Mit Hilfe dieser HBM-Werte erfolgt die Beurteilung der gesundheitlichen Relevanz gemessener Belastungswerte (Kommission Human-Biomonitoring 2007 und 2014). Der HBM-I-Wert kennzeichnet die Konzentration eines Stoffes in einem Körpermedium, bei deren Unterschreitung nach dem aktuellen Stand der toxikologischen und epidemiologischen Kenntnisse gemäß der Kommissionsbewertung nicht mit einer gesundheitlichen Beeinträchtigung zu rechnen ist. Der HBM-I-Wert aus der Summe der DEHP-Abbauprodukte 5OH-MEHP und 5oxo-MEHP im Urin wurde von der Kommission Human-Biomonitoring für Kinder (6 bis 13 Jahre) auf 500 µg/L, für Frauen im gebärfähigen Alter auf 300 µg/L und für Männer ab 14 Jahren sowie für die übrige Bevölkerung auf 750 µg/L festgelegt. Als HBM-I-Wert für die Summe der Hexamoll® DINCH®-Abbauprodukte OH-MINCH und cx-MINCH im Urin wird von der Kommission Human-Biomonitoring 3 mg/l für Kinder und 4,5 mg/l für Erwachsene diskutiert. Für die Summe der spezifischen Abbauprodukte von DPHP OH-MPHP und oxo-MPHP wird ein HBM-I-Wert von 1 mg/l

für Kinder und von 1,5 mg/l für Erwachsene diskutiert (Kommission Human-Biomonitoring 2014).

Eine entsprechende Bewertung der beobachteten Konzentrationen ergibt, dass der für DEHP abgeleitete HBM-I-Wert für Kinder von 500 µg/L bei 1,5 Prozent (KUS) beziehungsweise 1,7 Prozent (DEMOCOPHES) der Kinder überschritten war. Damit konnte für diese Gruppe eine gesundheitliche Beeinträchtigung nicht mehr mit ausreichender Sicherheit ausgeschlossen werden. Die in UPB-Proben von jungen Erwachsenen bis 2012 gemessenen Belastungen mit Abbauprodukten von Hexamoll® DINCH® und DPHP blieben alle unterhalb des entsprechenden HBM-I-Wertes.

Da noch nicht für alle Weichmacher HBM-Werte zur Beurteilung der Messergebnisse für den Urin vorliegen, kann hilfsweise von den Messdaten auf die tägliche Aufnahme zurückgerechnet werden. Hierzu muss allerdings der Metabolismus, das heißt die relevanten Abbauprodukte und ihre metabolischen Konversionsfaktoren, bekannt sein. Die berechneten täglichen Aufnahmen können dann mit den von der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) festgelegten tolerierbaren täglichen Aufnahmen (TDI, „tolerable daily intake“) oder den von der US Environmental Protection Agency (EPA) festgelegten „reference doses“ (RfD, maximal tolerierbare tägliche orale Aufnahme) verglichen werden. So wurde bei Auswertung der KUS-Daten für DEHP, DiBP beziehungsweise DBP eine Überschreitung des TDI in 1,4 Prozent, 9 beziehungsweise 12 Prozent der Fälle ermittelt. Außerdem waren Mehrfachüberschreitungen des TDI gegeben. Die Aufnahmeraten von BBP und DiNP blieben unterhalb des jeweiligen TDI.

## Summenbewertung statt Einzelbewertung?

Für Phthalate, die im Tierversuch eine Störung der hormonellen Abläufe bei der sexuellen Reifung bewirken und damit unter anderem die männliche Fortpflanzungsfähigkeit beeinträchtigen, ist eine Dosis-Additivität nachgewiesen (Howdeshell et al. 2008; National Research Council 2008). Daher wird seit längerem gefordert, dass für diese Phthalate eine Summenbewertung erfolgen sollte. Wie das Ergebnis einer solchen Bewertung aussehen könnte, wurde beispielhaft anhand der im KUS gewonnenen Daten für die Phthalate DBP, DiBP,

BBP, DEHP, DiNP demonstriert. Für die Berechnungen wurden von Kolossa-Gehring et al. (2009) zwei verschiedene Verfahren gewählt: Zum einen wurden die von der EPA veröffentlichten, relativen toxischen Potenzen der oben genannten Phthalate im Hinblick auf die Hemmung der fetalen Testosteronproduktion bei Ratten als Gewichtungsfaktoren für die berechneten Aufnahmeraten herangezogen. Diese betragen für alle oben aufgeführten Phthalate – bis auf DiNP – 1, für DiNP wurde 0,15 ermittelt (Gray 2008). Bei Aufsummierung der gewichteten individuellen Aufnahmeraten überschritten 85 Prozent der Teilnehmenden den TDI von DBP (**Abbildung 2**).

Beim zweiten Berechnungsverfahren wurden die Gewichtungsfaktoren von den für die einzelnen Phthalate vorhandenen TDI-Werten abgeleitet, sodass neben der Hemmung der fetalen Testosteronproduktion auch andere Wirkungen, zum Beispiel auf die Leber, berücksichtigt wurden (Äquivalenzfaktoren). Mit diesem Verfahren wurde eine Überschreitungsquote des TDI für DBP von 53 Prozent der Teilnehmenden berechnet (**Abbildung 3**). Andere Arbeitsgruppen haben für die gemeinsame Bewertung verschiedener Weichmacher ebenfalls allgemein anerkannte TDI-Werte oder „reference doses“ verwendet und die Berechnung der Gesamtoxizität als hazard index, also als Summe der für jedes Phthalat ermittelten Quotienten aus Dosis und tolerierbarer Dosis, dargestellt. Bleibt das Ergebnis unter 1, wird die Belastung als unproblematisch angesehen (Kortenkamp, Faust 2010; Koch et al. 2011; Søeborg et al. 2012; Kranich et al. 2014).

Bisher existiert kein allgemein akzeptiertes Berechnungsverfahren zur Summenbewertung. Außerdem besteht über die bei einer Summenbewertung heranzuziehenden gesundheitlichen Effekte (Endpunkte), die Verwendung von Sicherheitsfaktoren auf die Testergebnisse sowie die Berechnung der Aufnahmeraten noch kein Konsens. Die Kommission Human-Biomonitoring am Umweltbundesamt wird diese Fragen diskutieren und Lösungsvorschläge unterbreiten.

## Ausblick

Eine Vielzahl von HBM-Studien der letzten Jahre hat gezeigt, dass die Allgemeinbevölkerung auf breiter Basis gegenüber einer ganzen Reihe von Phthalaten exponiert ist. Unabhängig von der not-

Abbildung 2: Verteilung der Summen der mit den relativen toxischen Potenzen gewichteten Aufnahmeraten von fünf Phthalaten. Die Aufnahmeraten wurden volumenbezogen nach dem von Koch et. al. (2003) vorgestellten Verfahren von Wittassek bestimmt. Die Gewichtung erfolgte mit den relativen toxischen Potenzen von Gray (U. S. Congress 2008). Abbildung aus: Kolossa-Gehring et al. 2009. Mit freundlicher Genehmigung des Erich Schmidt Verlags, Berlin.

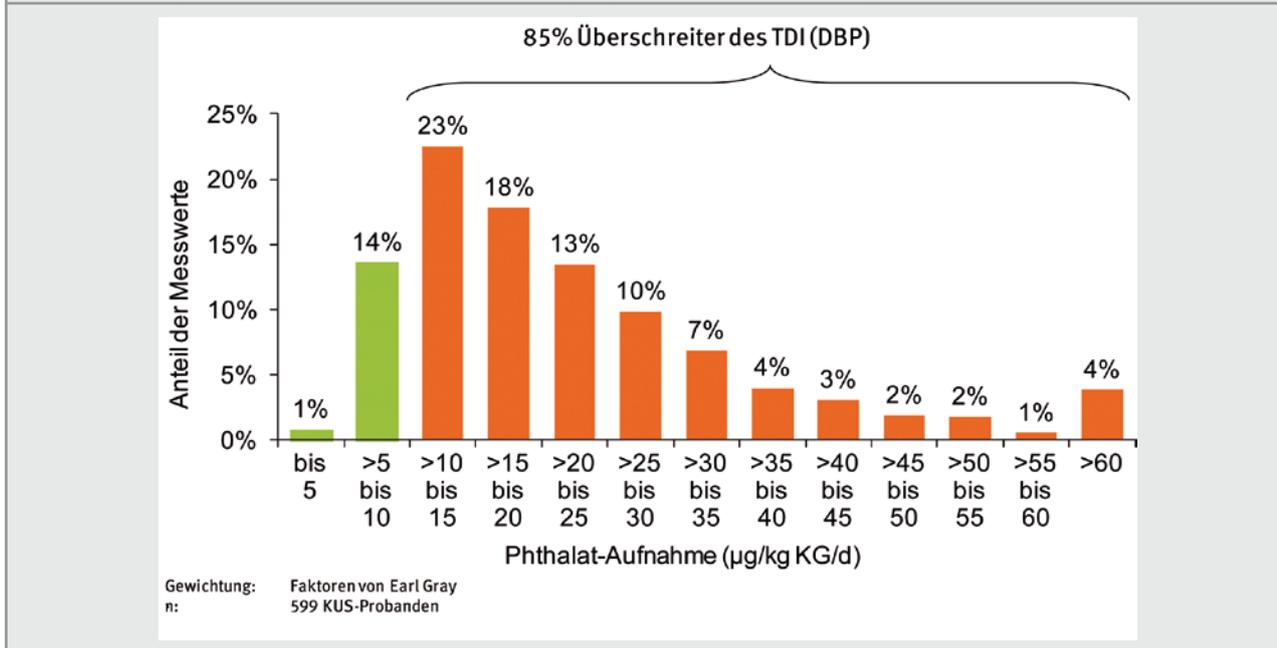
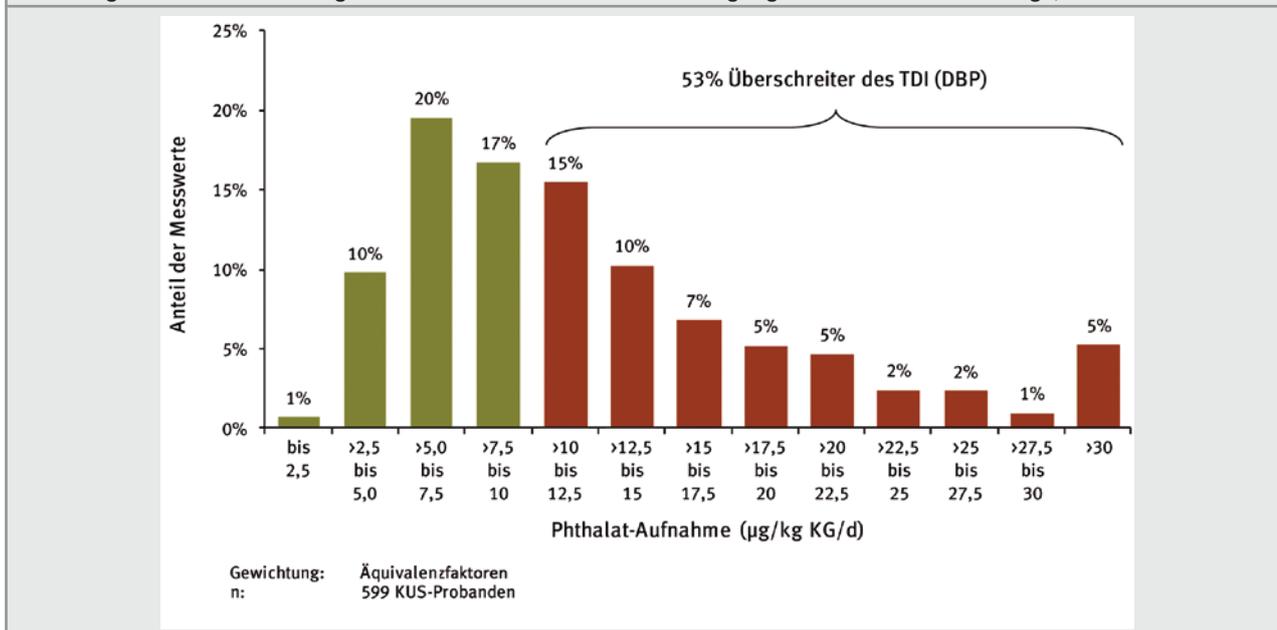


Abbildung 3: Verteilung der Summen der mit den Äquivalenzfaktoren gewichteten Aufnahmeraten von fünf Phthalaten. Die Aufnahmeraten wurden volumenbezogen nach dem von Koch et. al. (2003) vorgestellten Verfahren von Wittassek bestimmt. Abbildung aus: Kolossa-Gehring et al. 2009. Mit freundlicher Genehmigung des Erich Schmidt Verlags, Berlin.



wendigen Entwicklung eines allgemein akzeptierten Verfahrens für eine Summenbewertung ist die Exposition der Bevölkerung insbesondere gegenüber den fortpflanzungs- und entwicklungsschädlichen Phthalaten weiter kritisch zu beobachten. Sie werden daher auch in der 2014 beginnenden bevöl-

kerungsrepräsentativen Deutschen Umweltstudie zur Gesundheit des Umweltbundesamtes (GerES) untersucht und die Belastungstrends in den neuen Proben aus der Umweltprobenbank des Bundes weiter verfolgt.

## Literatur

- Becker K, Pick-Fuß H, Conrad A et al. (2009): Kinder-Umwelt-Survey (KUS) 2003/06 – Human-Biomonitoring-Untersuchungen auf Phthalat- und Phenanthrenmetabolite sowie Bisphenol A. Umweltbundesamt. Schriftenreihe Umwelt & Gesundheit. Nr. 04. <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/kinder-umwelt-survey-kus-200306-human-biomonitoring> (Abrufdatum: 21.09.2014).
- ECPI (2010): Plasticisers and flexible PVC information center. The European Council for Plasticisers and Intermediates. [http://www.plasticisers.org/en\\_GB/plasticisers/high-phthalates](http://www.plasticisers.org/en_GB/plasticisers/high-phthalates) (Abrufdatum: 21.09.2014).
- Fromme H, Fembacher L, Schuster R et al. (2012): Landeruntersuchungsprogramm III (LUPE III). Gesundheitliche Bedeutung von Phthalaten in Kindertagesstätten. Ein Integrativer Ansatz zur Risikoabschätzung. [https://www.umwelt.nrw.de/ministerium/pdf/lupe\\_III\\_phthalate\\_kitas.pdf](https://www.umwelt.nrw.de/ministerium/pdf/lupe_III_phthalate_kitas.pdf) (Abrufdatum: 21.09.2014).
- Göen T, Dobler L, Koschorreck J et al. (2011): Trends of the internal phthalate exposure of young adults in Germany – follow-up of a retrospective human biomonitoring study. In: *Int J Hyg Environ Health* 215(1): 36–45. doi: 10.1016/j.ijheh.2011.07.011. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1438463911001039> (Abrufdatum: 21.09.2014).
- Gries W, Ellrich D, Küpper K et al. (2012): Analytical method for the sensitive determination of major di-(2-propylheptyl)-phthalate metabolites in human urine. In: *J. Chromatogr. B Analyt. Technol. Biomed. Life Sci.* 908: 128–136. doi: 10.1016/j.jchromb.2012.09.019. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1570023212005399> (Abrufdatum: 21.09.2014).
- Heinemeyer G, Heiland A, Sommerfeld C (2012): Phthalat-Belastung der Bevölkerung in Deutschland: Expositionsrelevante Quellen, Aufnahmepfade und Toxikokinetik am Beispiel von DEHP und DINP Anhang zu Band I: Datenbasis zur Exposition durch Lebensmittelverzehr und Verbraucherprodukte. Umweltbundesamt. Schriftenreihe Umwelt & Gesundheit. Nr. 02. <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/phthalat-belastung-bevoelkerung-in-deutschland-0> (Abrufdatum: 21.09.2014).
- Howdeshell KL, Wilson VS, Furr J et al. (2008): A mixture of five phthalate esters inhibits fetal testicular testosterone production in the Sprague-Dawley rat in a cumulative, dose-additive manner. In: *Toxicological Sciences* 105(1): 153–165.
- Kommission Human-Biomonitoring (2014): Fact sheet Hexamoll® DINCH® und Fact sheet DPHP. In Vorbereitung.
- Kommission Human-Biomonitoring (2011): Stoffmonographie für Phthalate – Neue und aktualisierte Referenzwerte für Monoester und oxidierte Metabolite im Urin von Kindern und Erwachsenen. In: *Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz* 54 (6): 770–785. [http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/dokumente/stoffmono\\_und\\_ref\\_werte\\_phthalate\\_im\\_urin\\_2011.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/dokumente/stoffmono_und_ref_werte_phthalate_im_urin_2011.pdf). Erratum: In: *Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz* 54 (12): 1359–1362. [http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/pdfs/erratum\\_stoffmono\\_phthalate\\_12\\_2011.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/pdfs/erratum_stoffmono_phthalate_12_2011.pdf) (Abrufdatum: 21.09.2014).
- Kommission Human-Biomonitoring (2007): Ableitung von Human-Biomonitoring-(HBM-) Werten auf der Basis tolerabler Aufnahmemengen – Teil III: HBM-Werte für Di(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP). In: *Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz* 50: 255–259.
- Koch HM, Leng G (2014): Human Biomonitoring von „neuen“ Schadstoffen. Teilprojekt 1 – Parabene, DINCH, DPHP: Anwendung von neuen HBM-Analyse-Methoden an ausgewählten Kollektiven zur Bestimmung der Belastung der Allgemeinbevölkerung und damit zur Unterstützung von REACH. Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben des UBA/BMU. FKZ 3711 62 229 1.
- Koch HM, Wittassek M, Bruning T et al. (2011): Exposure to phthalates in 5–6 years old primary school starters in Germany – A human biomonitoring study and a cumulative risk assessment. In: *Int J Hyg Environ Health* 214(3): 188–195. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1438463911000253> (Abrufdatum: 21.09.2014).
- Koch HM, Drexler H, Angerer J (2003): An estimation of the daily intake of di(2-ethylhexyl)-phthalate (DEHP) and other phthalates in the general population. In: *Int J Hyg Env Health* 206: 77–83.
- Kolossa-Gehring M, Becker K, Seiwert M (2009): „Endokrine Störungen“ – ungewohnte Beobachtungen erfordern eine veränderte regulatorische Vorgehensweise. In: *Gefährdungsabschätzung von Umweltschadstoffen. Ergänzbare Handbuch toxikologischer Basisdaten und ihre Bewertung* (15. Erg.Lfg.); Kennziffer B 204. Eikmann, Heinrich, Heinzow, Konietzka (Hrsg.). Erich Schmidt Verlag. Berlin: 1–10.
- Kortenkamp A, Faust M (2010): Combined exposures to anti-androgenic chemicals: steps towards cumulative risk assessment. In: *Int J Androl* 33(2): 463–474.
- Kranich SK, Frederiksen H, Andersson AM et al. (2014): Estimated Daily Intake and Hazard Quotients and Indices of Phthalate Diesters for Young Danish Men. In: *Environ Sci Technol* 48(1): 706–712. doi: 10.1021/es402569k. <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es402569k> (Abrufdatum: 21.09.2014).
- National Research Council (2008): Phthalates and Cumulative Risk Assessment: The Task Ahead. The National Academies Press.
- Schütze A, Kolossa-Gehring M, Apel P et al. (2014): Entering markets and bodies: Increasing levels of the novel plasticizer Hexamoll® DINCH® in 24h urine samples from the German Environmental Specimen Bank. In: *Int J Hyg Environ Health* 217(2-3): 421–426. doi: 10.1016/j.ijheh.2013.08.004. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1438463913001168> (Abrufdatum: 21.09.2014).

Schütze A, Pälme C, Angerer J et al. (2012): Quantification of biomarkers of environmental exposure to di(isononyl)cyclohexane-1,2-dicarboxylate (DINCH) in urine via HPLC-MS/MS. In: J. Chromatogr. B Analyt. Technol. Biomed. Life Sci. 895-896: 123–130. doi: 10.1016/j.jchromb.2012.03.030. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1570023212001900> (Abrufdatum: 21.09.2014).

Søeborg T, Frederiksen H and Andersson AM (2012): Cumulative risk assessment of phthalate exposure of Danish children and adolescents using the hazard index approach. In: Int. J. Androl. 35(3): 245–252. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2605.2011.01240.x/abstract> (Abrufdatum: 21.09.2014).

UBA (2012): Europäische Studie zur Umweltbelastung von Müttern und Kindern. Erste Ergebnisse aus DEMOCOPHES. Mitteilung Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau vom 11. Dezember 2012. [http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/pdfs/democophes\\_umweltbelastung\\_von\\_muettern\\_und\\_kindern\\_ergebnisse.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/pdfs/democophes_umweltbelastung_von_muettern_und_kindern_ergebnisse.pdf) (Abrufdatum: 21.09.2014).

U.S. Congress (2008): Hearing on Safety of Phthalates and Bisphenol-A in Everyday Consumer Products. June 10, 2008. House of Representatives. Committee on Energy and Commerce, Subcommittee on Commerce, trade, and consumer Protection. Written testimony of Leon Earl Gray, Jr., Senior Reproductive Biologist and Toxicologist, U.S. EPA.

Wittassek M, Wiesmüller GA, Koch HM et al. (2007): Internal phthalate exposure over the last two decades – a retrospective human biomonitoring study. In: Int J Hyg Environ Health 210(3-4): 319–333. doi: 10.1016/j.ijheh.2007.01.037. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1438463907000491> (Abrufdatum: 21.09.2014).

## **Kontakt**

Petra Apel  
Umweltbundesamt  
Fachgebiet II 1.2 „Toxikologie, gesundheitsbezogene Umweltbeobachtung“  
Corrensplatz 1  
14195 Berlin  
E-Mail: [petra.apel\[at\]uba.de](mailto:petra.apel[at]uba.de)

[UBA]

# Goldgewinnung mit einfachen Methoden: Vielfältige Gesundheitsgefahren im handwerklichen Kleingoldbergbau

## Gold extraction with simple methods: Diverse health hazards in artisanal small-scale gold mining

*Nadine Steckling, Stephan Böse-O'Reilly*

### Abstract

Artisanal small-scale gold mining (ASGM) is a poverty-driven activity in over 70 countries worldwide. Simple technologies and an extensive consumption of mercury are common. In 2013, the Minamata Convention on Mercury was signed to protect humans and the environment from mercury related hazards. However, mercury is just one of several risk factors in ASGM. Besides accidents, gold miners and residents are exposed to several chemical, physical, biological, and socio-economic risk factors. The paper gives an overview of health hazards in ASGM. Interventions which are intended to follow the ratification of the Mercury Convention should include extensive and integrated health safety measures regarding and beyond mercury to ensure the efficient use of resources.

### Zusammenfassung

Handwerklicher Kleingoldbergbau ist armutsgeleitet in über 70 Ländern der Welt verbreitet und zeichnet sich durch einfache Techniken und eine übermäßige Verwendung von Quecksilber aus. Durch die 2013 unterzeichnete Minamata-Konvention zum Schutz von Mensch und Umwelt vor Quecksilber soll die Problematik explizit angegangen werden. Quecksilber ist in diesem Zusammenhang jedoch nur eine von vielen Gefahren. Neben Unfällen sind Goldminenarbeiterinnen und -arbeiter wie auch Anwohnerinnen und Anwohner weiteren chemischen, physikalischen, biologischen und sozioökonomischen Gefahren ausgesetzt. Der Artikel beinhaltet eine Übersicht von Gesundheitsrisiken im Kleingoldbergbau. Die nach Ratifizierung der Minamata-Konvention angestrebten Maßnahmen zur Quecksilbereliminierung im Kleingoldbergbau sollten im Sinne der Ressourcenschonung, Ganzheitlichkeit und Nachhaltigkeit um übergreifende Umwelt- und Gesundheitsschutzmaßnahmen ergänzt werden.

## Einleitung

Berufsbedingte Gesundheitsbelastungen nehmen insbesondere im informellen Sektor, wo regulierende und kontrollierende Systeme fehlen, extreme Ausmaße an (ILO 2013). Handwerklicher Kleingoldbergbau ist eine informelle und häufig auch illegale Tätigkeit, die in armen Bevölkerungsteilen in über 70 Ländern weit verbreitet ist (Telmer, Veiga 2009). Weltweit sind mindestens 10 bis 15 Millionen Menschen involviert – davon 3 Millionen Frauen und Kinder – wobei insbesondere Afrika, Asien und Südamerika betroffen sind (UNEP 2011). Charakteristisch ist die Verwendung von einfachen Techniken und Arbeitsmaterialien (**Abbildung 1**) und speziell ein übermäßiger Gebrauch von Quecksilber. Die im Oktober 2013 verabschiedete Minamata-Konvention zum Schutz von Mensch und Umwelt vor Quecksilber legt entsprechend einen besonderen Schwerpunkt auf Goldbergbau (UNEP

2013). Quecksilber ist jedoch nicht die einzige bedenkliche Gesundheitsgefahr, sondern wird von Unfällen sowie von weiteren chemischen, physikalischen, biologischen und sozioökonomischen Gefahren begleitet (Eisler 2003).

Der Beitrag beinhaltet eine exemplarische Beschreibung des Goldgewinnungsprozesses sowie im Anschluss einen Überblick über assoziierte Gesundheitsgefahren. Der Fokus des Artikels liegt auf dem handwerklichen Kleingoldbergbau im Hartgestein, wobei Überschneidungen zum Kleinbergbau anderer Mineralien, anderer Gewinnungsorte als im Hartgestein (z. B. im Flussbett) als auch zu Bergbauaktivitäten mit professionelleren Gewinnungsmethoden vorliegen. Der Artikel endet mit Schlussfolgerungen zum Interventionsbedarf.

**Abbildung 1: Arbeitende im handwerklichen Kleingoldbergbau in Simbabwe. Foto: Böse-O'Reilly 2004, Simbabwe.**



## Goldgewinnung im handwerklichen Kleingoldbergbau

Die Methoden des handwerklichen Kleingoldbergbaus können variieren, wobei die Verwendung von Quecksilber weit verbreitet ist (UNEP 2011). Im Folgenden wird exemplarisch der in Kadoma in Simbabwe angewendete Prozess zur Goldgewinnung aus Hartgestein beschrieben.

Die Goldgewinnung beginnt mit dem Abbau des Erzes unter Tage (**Abbildung 2**). Das goldhaltige Gestein wird an die Oberfläche befördert und für die weitere Verarbeitung zu einer Erzmühle transportiert. Wenn notwendig, wird eine manuelle Zerkleinerung großer Erzstücke mit Hammer und Meißel vorgenommen, bevor es per Spaten in die Erzmühle gegeben und fein zermahlen wird. Der Erzstaub wird mit Wasser vermengt und über eine quecksilberbeschichtete Kupferplatte geleitet. Das im Erz enthaltene Gold bildet ein Amalgam mit dem Quecksilber und kann im Anschluss von der Kupferplatte entfernt werden. Das Amalgam-Schlamm-Gemisch wird mit Wasser in einem Goldwaschteller geschwenkt (**Abbildung 3**), wobei leichte wertlose Bestandteile beseitigt werden. Das Amalgam wird in einem Baumwollstoff gesammelt. Der restliche Erzschlamm wird nach dem Passieren der Kupferplatte in einer Zentrifuge weiter verarbeitet (beziehungsweise alternativ ist die Zentrifuge vor der Kupferplatte angebracht; **Abbildung 4**). Durch die Rotation werden schwere (z. B. Goldpartikel) und leichte Bestandteile des Abraums getrennt. Der goldhaltige Anteil wird ebenfalls nach Zufuhr von Quecksilber durch Schwenkung in einem Waschteller weiter konzentriert und im Baumwollstoff gesammelt; überschüssiges Quecksilber wird durch

Auswringen des Stoffes beseitigt. Der Amalgamklumpen wird über einem Feuer geschmolzen, sodass das Quecksilber verdampft und das Gold zurückbleibt. Der Abraum, welcher nach Anwendung der Zentrifuge in der Umwelt zurückbleibt, wird in mit Zyanid gefüllte Becken transportiert (**Abbildung 5**). Restliche Goldpartikel werden an das Zyanid gebunden und im Anschluss durch einen Separationsvorgang gewonnen (Steckling et al. 2014).

## Unfälle

Im Goldbergbau sind Unfälle häufig, zumeist schwerwiegend und enden nicht selten mit Todesfolge (Navch et al. 2006). Während der körperlich anstrengenden Erzgewinnung sind Abstürze, Erdbeben, Einstürze der Schächte und Verschüttungen unter Tage möglich (Hinton et al. 2003; ILO 1999; Navch et al. 2006). Typisch ist die Verwendung von rudimentären Techniken, was zu den Unfällen führt (Hinton et al. 2003), sowie auch die Verwendung von Sprengstoff zur Lösung des Erzes aus dem Hartgestein (Navch et al. 2006; Steckling et al. 2014). Unter Tage kann eine schlechte Beleuchtung eine Unfallursache darstellen, und generell ist eine erhöhte Gefahr durch Elektrizität, aufgrund schlechter Arbeitsgeräte und mangelnder Wartung, gegeben (Hinton et al. 2003). Unfälle bei der Erzgewinnung sind einer Befragung von Kleingoldbergarbeiterinnen und -arbeitern in der Mongolei zufolge die am meisten gefürchteten Gefahren. Über 80 Prozent der Befragten im Goldbergbaugbiet Bornuur und über 50 Prozent der Befragten in Zaamar benennen den Einbruch eines Tunnels als eine der größten Sicherheitsorgen im Goldbergbau. Zuviel Staub wird mit 26 Prozent in Bornuur beziehungsweise 46 Prozent in Zaamar noch vor Quecksilber mit 22 beziehungsweise 1 Prozent genannt (Navch et al. 2006).

**Abbildung 2: Einstieg in einen Goldminenschacht. Foto: Muschack 2013, Simbabwe.**



**Abbildung 3: Goldwaschteller mit Erzkonzentrat und Quecksilber. Foto: Böse-O'Reilly 2006, Simbabwe.**



### **Physikalische Gesundheitsbelastungen**

Als physikalische Expositionen im Goldbergbau sind insbesondere die Inhalation von Staub sowie die Belastung durch Lärm von Relevanz. Die Arbeit unter Tage ist mit großen Belastungen durch Staub verbunden, welcher häufig Quarz enthält. Bei Einatmung des darin enthaltenen Siliziumdioxids

kann schleichend eine Staublung (Silikose) entstehen. Diese Lungenerkrankung wiederum ist mit der Entstehung von Tuberkulose assoziiert. Durch die Verwendung von Gesteinsmühlen oder anderen Arbeitsutensilien mit hohem Lärmlevel können Schädigungen des Gehörs verursacht werden, was eine typische Gesundheitsbeeinträchtigung im Bergbausektor darstellt (Strydom, Russel 2013). In einer Studie in Ghana wurde ein Lärmlevel über 100 dB(A) während der Gesteinsverarbeitung mit Gesteinsmühlen und anderen im Goldbergbau verwendeten Maschinen gemessen. Die Arbeiter in diesem Bereich zeigten die höchste Häufigkeit an lärminduzierten Gehörschäden (Amedofu 2002).

### **Chemische Gesundheitsbelastungen**

Die wichtigsten chemischen Belastungen im Kleingoldbergbau sind Quecksilber und Zyanid, wobei toxische Bestandteile im Erz eine zusätzliche Gefahr darstellen. Durch die weitestgehend ungeschützte Verwendung von Quecksilber bei der Goldgewinnung sind vielfältige Expositionspfade und Erscheinungsformen von Quecksilber von Bedeutung. Neben dem weniger gesundheitsrelevanten dermalen Kontakt mit elementarem Quecksilber

**Abbildung 4: Gesteinsmühle mit Zentrifuge und Kupferplatte. Foto: Muschack 2013, Simbabwe.**



Abbildung 5: Zyanidbecken. Foto: Muschack 2013, Simbabwe.



ist insbesondere die Inhalation von Quecksilberdampf, der bei der Amalgamschmelzung auftritt, gesundheitsschädigend. Eine zusätzliche Gefahr entsteht durch in die Umwelt abgegebenes Quecksilber, welches methyliert und sich in der Nahrungskette anhäuft (Bose-O'Reilly et al. 2004; UNEP 2011). Beim Vergleich von sechs Kleingoldbergbaugebieten in Asien und Afrika konnten maximale Quecksilberurinwerte von über  $5.200 \mu\text{g/L}$  bei Amalgamschmelzern in Kalimantan, Indonesien, festgestellt werden (Median:  $5,86 \mu\text{g/L}$ ) (Baeuml et al. 2011). Studien belegen umfangreiche Quecksilber-assoziierte Gesundheitsbelastungen wie neurologische Störungen und Nierenschädigungen (Gibb, O'Leary 2014). Die Gefahr durch Quecksilber ist in seiner Persistenz begründet. Quecksilber bleibt lange in der Umwelt erhalten, kann über weite Strecken transportiert werden und stellt somit ein globales Problem dar (UNEP 2011).

Im Goldbergbau ist die zusätzliche Verwendung von Zyanid als chemisches Arbeitsmaterial gängig. Zyanid ist nicht persistent und kann in der Umwelt abgebaut werden (UNEP 2011). Allerdings geht es komplexe Verbindungen mit Metallen ein (ATSDR 2006). Der Abraum, der im Goldbergbau mit Zyanid bearbeitet wird, beinhaltet üblicherweise Quecksilberreste von den vorherigen Arbeitsschritten. Bei der Bildung von Quecksilber-Zyanid-Komplexen steigt die Quecksilberschmutzung in der Um-

welt, indem seine Bioverfügbarkeit weiter steigt. Die Verbreitung von Quecksilber in Wasser wird durch die gleichzeitige Präsenz von Zyanid deutlich vereinfacht (UNEP 2011). Gesundheitliche Konsequenzen von Quecksilber-Zyanid-Komplexen sind bislang wenig erforscht (Telmer, Veiga 2009). Zyanid wirkt akut toxisch und führt schnell zum Tod (ATSDR 2006), allerdings kann es bei angemessener Verwendung (und insbesondere ohne gleichzeitige Verwendung von Quecksilber) eine weniger gesundheitsschädliche Alternative zu Quecksilber darstellen. Während industrielle Goldbergbaubetriebe nicht Quecksilber sondern Zyanid anwenden, fehlen im informellen Sektor Kapital und Fachwissen für einen kompletten Umstieg auf Zyanid (UNEP 2011).

Neben den beiden chemischen Arbeitsmaterialien besteht eine zusätzliche Gefahr durch toxische Bestandteile des Erzes (z.B. Arsen, Chrom, Radon, Siliziumdioxide) (Eisler 2003). In Nigeria ist ein großer Ausbruch von Kindersterblichkeit in einem Kleingoldbergbaugebiet auf einen hohen Bleianteil im Erz zurückgeführt worden. In der betroffenen Region starben im Zeitraum Mai 2009 bis Mai 2010 25 Prozent der Kinder unter 5 Jahren durch die extreme Bleiexposition. Von den überlebenden Kindern mussten 97 Prozent aufgrund erhöhter Bleiblutwerte mit einer Chelat-Therapie behandelt werden (Dooyema et al. 2012). Goldminenarbeiter

in Ghana wiesen leicht erhöhte Aluminium-, Kupfer-, Mangan-, Nickel-, Selenium- und Zinkwerte im Urin auf, wobei eine starke Exposition gegenüber Arsen und Chrom festgestellt wurde. Die Expositionsquelle bleibt allerdings unklar, da alle Elemente keine Assoziation mit beruflicher Tätigkeit, Alter und Ernährung aufwiesen (Basu et al. 2011).

## **Biologische Gesundheitsbelastungen**

Die Verbreitung von biologischen Risiken wird durch die schlechte Gesamtsituation in Goldbergbaugebieten begünstigt und ist eng mit sozioökonomischen Faktoren verbunden. Generell schlechte Lebensumstände im Bergbau, schlechte Belüftungen, unhygienische Umstände und der enge Kontakt zu anderen Arbeitenden beziehungsweise Mitmenschen erhöhen die Wahrscheinlichkeit der Verbreitung von Infektionskrankheiten (Stuckler et al. 2013). Eine hohe Prävalenz von HIV/AIDS und generell sexuell übertragbaren Erkrankungen ist anzutreffen (Desmond et al. 2005).

In Goldminengebieten sind häufig Wanderarbeiter tätig, die über lange Zeiträume von ihren Frauen getrennt sind. Durch die hohe Bereitschaft zur Prostitution, was eine von oftmals wenigen Alternativen zur Sicherung des Lebensunterhalts von Frauen in Goldminengebieten darstellt, steigt die Infektionsrate (Stuckler et al. 2013). Mit HIV/AIDS wie auch mit Silikose einhergehend, steigt die Anfälligkeit für Tuberkulose (Strydom, Russel 2013). Unangemessene Wohnbedingungen, eine schnelle Übertragbarkeit bevor Symptome auftreten und auch Lebensstilfaktoren, wie Alkohol- und Zigarettenkonsum, fördern die Verbreitung von Tuberkulose in Bergbaugebieten (Strydom, Russel 2013).

Malaria ist ebenfalls ein alarmierender Erkrankungsfaktor, dessen Auftretenswahrscheinlichkeit mit einer Tätigkeit im Goldbergbau steigt (Ferreira et al. 2012). Die Inzidenz von Malaria wird gesteigert durch die informellen Umstände, die hohe Zuwanderungsrate und die schlechten Wohnumstände. Strukturen für gesundheitliche Versorgung fehlen zumeist, was den Zugang zu Behandlungsmöglichkeiten erschwert (Adhin et al. 2014).

## **Sozioökonomische Gesundheitsbelastungen**

Viele der genannten Risiken im Kleingoldbergbau werden durch schlechte sozioökonomische Bedingungen verstärkt. Einige Aspekte wurden bereits im Kapitel zu biologischen Belastungen genannt, wie die Förderung der Verbreitung von Infektionskrankheiten durch Prostitution (Bose-O'Reilly et al. 2004). Ein weiterer Faktor ist der Mangel an sanitären Einrichtungen (Hinton et al. 2003). Während der gefährlichen Arbeit im Goldbergbau mangelt es an Schutzausrüstungen (Navch et al. 2006).

Zumeist ist der Zugang zu medizinischen Versorgungssystemen stark erschwert, was generell zu einer Verschlechterung des Gesundheitszustandes der Bevölkerung beiträgt (Hinton et al. 2003). Während die am nächsten gelegene Erste-Hilfe-Einrichtung in einem Umkreis von 10 bis 20 Kilometern vermutet werden kann, ist das nächste Krankenhaus häufig mehr als 100 Kilometer entfernt (ILO 1999). Starker Alkohol- und Zigarettenkonsum verschlimmern oftmals den Gesundheitszustand außerdem (Eisler 2003). Eine hohe Kriminalitätsrate, Überfälle, Konflikte und Kämpfe sind das Ergebnis von fehlenden regulierenden Systemen in dem informellen Umfeld (Bose-O'Reilly et al. 2004). Weiteres Konfliktpotential entsteht durch häufig erhöhten Alkohol- und Drogenkonsum sowie durch Glückspielaktivitäten (Hinton et al. 2003).

Kinder und auch Frauen im gebärfähigen Alter sind besonders vulnerabel und müssen vor Gesundheitsbelastungen wie Quecksilber geschützt werden (Bose-O'Reilly et al. 2010; Hinton et al. 2003). Die Internationale Arbeitsorganisation (ILO) schätzt, dass mehr als eine Million Kinder im Alter von 5 bis 17 Jahren im Kleinbergbau tätig sind. Ein eingeschränkter oder fehlender Zugang zu Schulbildung und Gesundheitsversorgung bei Ausübung gefährlicher Tätigkeiten sind Auswirkungen der dort vorherrschenden Armut (Bose-O'Reilly et al. 2008; ILO 2005). Sogar Kinderprostitution ist ein Thema in Goldminengebieten mit besonders schlechten Umständen (Hinton et al. 2003).

Einer Erhebung in einem Goldminengebiet in Tansania zufolge ist das Wissen und das Bewusstsein der involvierten Arbeiterinnen und Arbeiter über Gesundheitsgefahren (hier: Quecksilber und Arsen) schlecht ausgeprägt (Charles et al. 2013). Bestätigt wurde dieses auch in der Mongolei, wobei auch

Missverständnisse (z.B. Alkohol lindert Quecksilbervergiftungen) berichtet wurden (Navch et al. 2006).

## Schlussfolgerungen

Arbeiterinnen und Arbeiter im handwerklichen Kleingoldbergbau sind vielfältigen physikalischen, chemischen, biologischen und sozioökonomischen Gesundheitsbelastungen und Unfallgefahren ausgesetzt. Ein Bedarf zur systematischen Dokumentation, Überwachung und Verhinderung der Expositions- und Gesundheitsauswirkungen liegt vor. Mischexpositionen, wie beispielsweise die Wirkung von Quecksilber-Zyanid-Komplexen, sind bislang wenig erforscht. Die Unterzeichnung der Minamata-Konvention lässt auf Interventionstätigkeiten in Kleingoldbergbaugebieten hoffen. Neben dem Fokus auf Quecksilber sollten die geplanten Ressourcen verwendet werden, um übergreifende (Umwelt- und) Gesundheitsschutzmaßnahmen im Sinne der Ganzheitlichkeit und Nachhaltigkeit durchzuführen. Neben dem Schutz der Gesundheit von Arbeiterinnen und Arbeitern kann durch Reduktion der vom Goldbergbau ausgehenden Gefahren die Bevölkerungsgesundheit in den betroffenen Gebieten verbessert werden.

## Literatur

- Adhin MR, Labadie-Bracho M, Vreden S (2014): Gold mining areas in Suriname: reservoirs of malaria resistance? In: *Infect Drug Resist* 7: 111–6.
- Amedofu GK (2002): Hearing-impairment among workers in a surface gold mining company in Ghana. In: *African journal of health sciences* 9(1–2): 91–7.
- ATSDR (2006): Toxicological Profile for Cyanide. Atlanta. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). <http://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp8.pdf> [last access March 01, 2013] (Abrufdatum: 07.08.2014).
- Baeuml J, Bose-O'Reilly S, Matteucci Gothe R et al. (2011): Human Biomonitoring Data from Mercury Exposed Miners in Six Artisanal Small-Scale Gold Mining Areas in Asia and Africa. In: *Minerals* 1: 122–43.
- Basu N, Nam DH, Kwansaa-Ansah E et al. (2011): Multiple metals exposure in a small-scale artisanal gold mining community. In: *Environmental research* 111(3): 463–7.
- Bose-O'Reilly S, McCarty KM, Steckling N et al. (2010): Mercury exposure and children's health. In: *Current problems in pediatric and adolescent health care* 40(8): 186–215.
- Bose-O'Reilly S, Lettmeier B, Gothe RM et al. (2008): Mercury as a serious health hazard for children in gold mining areas. In: *Environmental research* 107(1): 89–97.
- Bose-O'Reilly S, Dahlmann F, Lettmeier B et al. (2004): Removal of barriers to the introduction of cleaner artisanal gold mining and extraction technologie in Kadoma, Zimbabwe – Final Report, Part B Health Assessment. UNIDO Project EG/GLO/01/G34 No.03/089. BRGM Project Nr 822657-3, BRGM Project Nr 822657-3. Orléans, France: Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM). United Nations Industrial Development Organization (UNIDO). [http://www.unites.uqam.ca/gmf/intranet/gmp/countries/zimbabwe/doc/Zimbabwe\\_Health\\_Assessment\\_Final.pdf](http://www.unites.uqam.ca/gmf/intranet/gmp/countries/zimbabwe/doc/Zimbabwe_Health_Assessment_Final.pdf) (Abrufdatum: 07.08.2014).
- Charles E, Thomas DS, Dewey D et al. (2013): A cross-sectional survey on knowledge and perceptions of health risks associated with arsenic and mercury contamination from artisanal gold mining in Tanzania. In: *BMC Public Health* 13: 74.
- Desmond N, Allen CF, Clift S et al. (2005): A typology of groups at risk of HIV/STI in a gold mining town in north-western Tanzania. In: *Soc Sci Med* 60(8): 1739–49.
- Dooyema CA, Neri A, Lo YC et al. (2012): Outbreak of fatal childhood lead poisoning related to artisanal gold mining in northwestern Nigeria, 2010. In: *Environmental health perspectives* 120(4): 601–7.
- Eisler R (2003): Health risks of gold miners: a synoptic review. In: *Environ Geochem Health* 25(3): 325–45.
- Ferreira IM, Yokoo EM, Souza-Santos R et al. (2012): Factors associated with the incidence of malaria in settlement areas in the district of Juruena, Mato Grosso state, Brazil. In: *Cien Saude Colet* 17(9): 2415–24.
- Gibb H, O'Leary KG (2014): Mercury Exposure and Health Impacts among Individuals in the Artisanal and Small-Scale Gold Mining Community: A Comprehensive Review. In: *Environmental health perspectives* 122(7): 667–72.
- Hinton JJ, Veiga MM, Veiga ATC (2003): Clean artisanal gold mining: a utopian approach? In: *Journal of Cleaner Production* 11: 99–115.
- ILO (2013): The prevention of occupational diseases: 2 million workers every killed year. Geneva: International Labour Office (ILO). [http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms\\_208226.pdf](http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_208226.pdf) (Abrufdatum: 07.08.2014).
- ILO (2005): The burden of gold. Child labour in small-scale mines and quarries. In: *World of Work* 54.

ILO (1999): Social and labour issues in small-scale mines. Report for discussion at the Tripartite Meeting on Social and Labour Issues in Small-scale Mines. Geneva: International Labour Office (ILO). [http://www.unites.uqam.ca/gmf/globalmercuryforum/files/articles/small\\_scale\\_mining/General%20ILO%201999%20-%20Social%20and%20labour%20in%20small-scale%20mines.pdf](http://www.unites.uqam.ca/gmf/globalmercuryforum/files/articles/small_scale_mining/General%20ILO%201999%20-%20Social%20and%20labour%20in%20small-scale%20mines.pdf) (Abrufdatum: 07.08.2014).

Navch T, Bolormaa T, Enkhtsetseg B et al. (2006): Informal Gold Mining in Mongolia A Baseline Survey Report Covering Bornuur and Zaamar Soums, Tuv Aimag. Geneva: International Labour Office (ILO). [http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---asia/---ro-bangkok/documents/publication/wcms\\_bk\\_pb\\_123\\_en.pdf](http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---asia/---ro-bangkok/documents/publication/wcms_bk_pb_123_en.pdf) (Abrufdatum: 07.08.2014).

Steckling N, Bose-O'Reilly S, Shoko D et al. (2014): Testing local conditions for the introduction of a mercury-free gold extraction method using borax in Zimbabwe In: Journal of Health and Pollution 4(7): 18–24.

Strydom E, Russel C (2013): Occupational health in the gold sector. South Africa: New Portal „Wage negotiations for the gold industry 2013“. <http://www.goldwagene negotiations.co.za/assets/downloads/fact-sheets/2013/fact-sheet-occupational-health-19july2013.pdf> (Abrufdatum: 07.08.2014).

Stuckler D, Steele S, Lurie M, et al. (2013): Introduction: ‚dying for gold‘: the effects of mineral mining on HIV, tuberculosis, silicosis, and occupational diseases in southern Africa. In: Int J Health Serv 43(4): 639–49.

Telmer K, Veiga MM (2009): World Emissions of Mercury from Artisanal and Small Scale Gold Mining. In: Pirrone N, Mason R, editors: Mercury Fate and Transport in the Global Atmosphere Emissions, Measurements and Models. Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer Science+Business Media: 131–72.

UNEP (2013): Minamata Convention on Mercury. Nairobi: United Nations Environment Programme (UNEP). <http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/publications/MinamataConventiontextEn.pdf> (Abrufdatum: 07.08.2014).

UNEP (2011): A practical guide: Reducing Mercury Use in Artisanal and Small-scale Gold Mining. Geneva: United Nations Environment Programme (UNEP). [http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Portals/9/Mercury/Documents/ASGM/Techdoc/UNEP%20Tech%20Doc%20APRIL%202012\\_120608b\\_web.pdf](http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Portals/9/Mercury/Documents/ASGM/Techdoc/UNEP%20Tech%20Doc%20APRIL%202012_120608b_web.pdf) (Abrufdatum: 07.08.2014).

## Kontakt

Nadine Steckling  
Klinikum der Universität München  
WHO Collaborating Centre for Occupational Medicine  
Institut und Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und  
Umweltmedizin  
Arbeitsgruppe Pädiatrische Umweltepidemiologie  
80336 München  
Ziemssenstr. 1  
E-Mail: [nadine.steckling\[at\]med.uni-muenchen.de](mailto:nadine.steckling[at]med.uni-muenchen.de)

[UBA]

# Methodische Aspekte bei der Modellierung des Zusammenhanges zwischen einer Exposition gegenüber Bioaerosolen und respiratorischen Symptomen

Methodological aspects in modeling the relationship between an exposition to  
bioaerosols and respiratory symptoms

*Michael Hoopmann*

## **Abstract**

Taking data from a cross-sectional study we discuss the question whether any relationship between bioaerosols coming from livestock and allergic or respiratory symptoms of 5–6 year old children exist as an example of mixed exposures. Bioaerosols coming from livestock are a compound of different agents. They are highly correlated concerning their emission but may have different health-related outcomes. We used the first principal component instead of the original measures of exposure within a multivariate logistic regression model to adjust for multicollinearity. We have chosen a natural cubic spline approach to approximate arbitrary functional relationships between this new constructed exposure variable and different symptoms. These statistical techniques allow a flexible and unbiased model approximation. The results are difficult to interpret in terms of a potential regulation, because the effects cannot clearly assigned to one of agents in the aerosol.

## **Zusammenfassung**

Anhand einer Querschnittstudie zur Frage, ob es einen Zusammenhang zwischen einer Exposition gegenüber Bioaerosolen und respiratorischen oder allergischen Symptomen bei Einschülern gibt, wird das Problem Mischexposition illustriert. Aus Tierställen emittierte Bioaerosole setzen sich aus diversen Stoffen zusammen, deren Konzentrationen untereinander hoch korrelieren aber unterschiedliche gesundheitsbezogene Wirkmechanismen haben können. Zur Kontrolle der Multikollinearität wurde anstelle der einzelnen Expositionsvariablen deren erste Hauptkomponente in logistischen Regressionsmodellen eingebaut. Ein natürlicher Splineansatz wurde zudem gewählt, um beliebige funktionale Zusammenhänge dieser neuen Expositionsvariablen und verschiedenen Symptomen zu approximieren. Diese statistischen Verfahren erlauben eine flexible und unverzerrte Modellanpassung. Die Ergebnisse sind jedoch für eine mögliche Regulation schwer zu interpretieren, da Effekte nicht eindeutig einem Wirkstoff zugeordnet werden können.

## **Forschungsprogramm zum Problem Bioaerosole in Niedersachsen**

Luftgetragene Stäube und Aerosole aus Tierställen entstammen zum überwiegenden Teil organischem Material, wie Futtermitteln, Einstreu, Tierepithelien oder -federn und Tierexkrementen. Sie enthalten Mikroorganismen mit deren Endo- und Exotoxinen sowie Parasiten. Die Stäube absorbieren darüber hinaus auch gasförmige Stallluftbestandteile, wie Geruchsstoffe, Ammoniak und Desinfektionsmittel (Millner 2009). Bei beruflich exponierten Tierhaltern können Stallstäube in hohen Konzentrationen zu chronisch obstruktiven Atemwegserkrankungen und Allergien führen (Nowak 1998; Iversen 1999; Douwes 2003).

Seit Jahren wird gerade in Niedersachsen mit seinen nutztierintensiven Flächen daher diskutiert, ob aus der Arbeitsmedizin bekannte gesundheitliche Effekte von Stallstäuben auch bei der Wohnbevölkerung in der Nachbarschaft von Tierställen auftreten (Schlaud 1998). Das Land Niedersachsen hat deshalb in den Jahren 2000 bis 2005 das Untersuchungsprogramm „Gesundheitliche Bewertung von Bioaerosolen aus der Intensivtierhaltung“ aufgelegt (Hoopmann 2005). Dieses umfasste auch zwei umweltepidemiologische Querschnittstudien, mit denen der Frage nachgegangen wurde, ob es bei Kindern (AABEL-Projekt: Hoopmann 2006)

beziehungsweise Erwachsenen (NiLS-Projekt: Radon 2002; Radon 2005b), die in der Nachbarschaft zu Tierstallungen wohnen, zu Gesundheitsbeeinträchtigungen kommt. AABEL wurde – an die Schuleingangsuntersuchungen gekoppelt – flächendeckend in vier Landkreisen in der Region Weser-Ems durchgeführt, NiLS in vier Gemeinden dieser Region mit besonders hoher Viehdichte. Für beide Studien wurde eine identische Expositionsquantifizierung anhand von Ausbreitungsrechnungen für tierstallbezogene Bioaerosole durchgeführt.

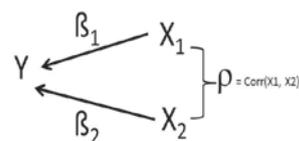
Abgesehen von grundsätzlichen Schwierigkeiten bei der Expositionsquantifizierung ergeben sich bei der epidemiologischen Auswertung besondere Probleme: Zum einen gab es praktisch keine auf die Anwohnerschaft abzielenden epidemiologischen Studien, die es erlaubt hätten, mögliche funktionale Beziehungen zwischen den Bestandteilen der Bioaerosole sowie der Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer der Zielsymptome anzunehmen (O'Connor 2010). Insbesondere fehlten auch Angaben zu Wirkschwellen. Zum anderen korrelieren die einzelnen Bioaerosolbestandteile in ihrer Emission sehr stark miteinander, sodass man einen beobachteten Effekt beziehungsweise eine Assoziation zu den Symptomen kaum einem der Bestandteile eindeutig zuordnen kann.

Im Folgenden werden zur Veranschaulichung der Problematik Mischexposition exemplarisch Daten aus dem AABEL-Projekt vorgestellt. Für detailliertere Ergebnisse zu den Projektfragestellungen sei auf die jeweiligen Abschlussberichte und Originalpublikationen verwiesen (NLGA 2004; Hoopmann 2006; Radon 2005a; Radon 2005b).

## „Multikollinearität“ – lediglich ein statistisches Schätzproblem?

Regressionsmodelle modellieren simultan den Zusammenhang von mehreren Einflussgrößen (Regressoren) auf die interessierende Zielgröße, um so indirekte Effekte zu kontrollieren, die auf die Korrelation der Einflussgrößen untereinander zurückzuführen sind. Sobald die Regressoren jedoch zu stark korrelieren, kann die Schätzung der Regressionskoeffizienten aufgrund einer problematischen Matrixinversion extrem instabil werden. In diesem Falle spricht man von Multikollinearität, die besagt, dass einer der Regressoren nahezu als Linearkombination der übrigen Regressoren dargestellt werden kann.

Der einfachste Fall mit zwei korrelierenden Regressoren, die aber beide über einen anderen Wirkungspfad auf die Zielgröße wirken, illustriert das Problem:



In einem simulierten Beispiel mit 101 Beobachtungen, bei denen  $X_1$  und  $X_2$  extrem hoch korrelierten, wurden vier Modelle betrachtet.

Zunächst das übliche Regressionsmodell mit zwei Regressoren:

$$M_1 \text{ (wahres Modell): } Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \varepsilon$$

Die wahren Werte für die Simulation waren dabei  $\alpha = 0$ ,  $\beta_1 = \beta_2 = 1$ .

Als zweites ein unterspezifiziertes Modell mit nur einem der beiden Regressoren:

$$M_2 \text{ (unterspezifiziertes Modell): } Y = \alpha^* + \beta_1^* X_1 + \varepsilon^*$$

Als dritte Modellgleichung wurde eine Reparametrisierung des wahren Modells vorgenommen:

$$M_3 \text{ (reparametrisiertes Modell): } Y = \alpha + \gamma_1 X_1 + \gamma_2 (X_2 - X_1) + \varepsilon \text{ (somit } \gamma_1 = 2, \gamma_2 = 0)$$

In Erweiterung der bisherigen Betrachtung könnten die beiden Regressoren selbst fehlerbehaftet gemessen worden sein, was zur vierten Gleichung führt:

$$M_4 \text{ (Messfehler-Modell): } Y = \alpha + \beta_1 X_1^* + \beta_2 X_2^* + \varepsilon \quad X_1^* = X_1 + \zeta_1, X_2^* = X_2 + \zeta_2$$

Die Simulationsergebnisse sind in **Tabelle 1** wiedergegebenen.

Beim Vergleich der beiden wahren Modelle  $M_1$  und  $M_3$  erkannt man, dass zwar definitionsgemäß beide Modelle identisch anpassen (s.  $R^2$ ), der geschätzte Regressionskoeffizient für  $X_1$  unter  $M_1$  aber völlig unbefriedigend ist.  $M_2$  und  $M_3$  liefern beide als Parameterschätzung für  $\beta_1$  beziehungsweise  $\gamma_1$  den Effektschätzer für beide Regressoren zusammen. Während dies bei  $M_3$  in der Reparametrisierung begründet ist, ist bei  $M_2$  nicht bekannt, dass dieser Effektschätzer, der gemäß der Modellierung allein

Modell	R <sup>2</sup>	Schätzung für $\beta_1/\gamma_1$	entsprechender p-Wert	95%-Konfidenzintervall
M <sub>1</sub> : $Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2$	0,8565	0,698	0,193	[-0,359; 1,754]
M <sub>2</sub> : $Y = \beta_1^* X_1$	0,8478	1,979	< 0,001	[1,811; 2,146]
M <sub>3</sub> : $Y = \gamma_1 X_1 + \gamma_2 (X_2 - X_1)$	0,8565	1,984	< 0,001	[1,821; 2,148]
M <sub>4</sub> : $Y = \beta_1 X_1^* + \beta_2 X_2^*$	0,8563	1,037	< 0,001	[0,566; 1,508]

auf  $X_1$  abzielt, auch  $X_2$  abdeckt.  $M_4$  liefert gerade im Vergleich zum entsprechend parametrisierten wahren Modell den besseren Schätzer für  $\beta_1$ . Kleine zusätzliche Fehler in den Regressoren führen somit zu stabileren Schätzern.

Bereits mit diesem einfachen Beispiel werden die Konsequenzen der Modellbildung unter Multikollinearität illustriert: Ein an sich korrekt spezifiziertes Modell kann zu instabilen Effektschätzern und damit zur Fehlinterpretation der Einzeleffekte führen. Unterparametrisierte Modelle hingegen sind zwar als Prognosemodelle geeignet, liefern jedoch verzerrte Schätzungen des Effektes eines Einzelregressors.

Die Modelle  $M_2$  bis  $M_4$  können als Prototypen für alternative statistische Verfahren (Sundberg 2002) angesehen werden, wie mit dem Problem der Multikollinearität beim wahren Modell umgegangen wird:

- Man modelliert nur einen Teil der Expositionsvariablen.
- Anstelle der Originalvariablen modelliert man mit (optimalen) Linearkombinationen.
- Man führt kleine Fehlerterme ein, die im Endeffekt die Schätzung stabilisieren.

Hierbei kann die Zielsetzung des Regressionsmodells entscheidend sein: Sollen Beobachtungen prognostiziert werden, interessiert man sich für eine möglichst gute Datenanpassung oder aber soll speziell der Effekt eines Regressors getestet werden?

## Lösungsansatz für das Multikollinearitätsproblem bei Bioaerosolen

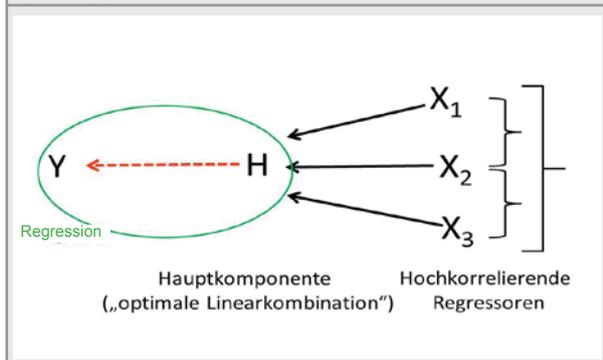
Die aus den Ausbreitungsrechnungen geschätzten Bioaerosol-Bestandteile korrelieren sehr hoch miteinander (**Tabelle 2**). Daher war bei der epidemiologischen Modellbildung zu überlegen, wie mit diesem Problem umgegangen werden sollte.

Im AABEL-Projekt wurde als Lösungsansatz allein die erste Hauptkomponente anstelle der vier Originalvariablen betrachtet: Bei der Hauptkomponentenanalyse (Hartung 1984; Sundberg 2002) wird eine Menge korrelierter Variablen in eine Menge unkorrelierter Variablen, die Hauptkomponenten, überführt (orthogonale Transformation). Jede einzelne Hauptkomponente ist dabei eine Linearkombination der Originalvariablen. Dabei werden die Hauptkomponenten in absteigender Bedeutung konstruiert, beginnend mit der ersten Hauptkomponente, die quasi die optimale lineare Kombination der Eingangsvariablen ist, die am meisten von der gemeinsamen Variabilität erklärt. Falls die Regressoren untereinander in etwa gleich stark korrelieren, entspricht die erste Hauptkomponente ungefähr dem Mittelwert der standardisierten Regressoren.

Würde man alle  $k$  Hauptkomponenten anstelle der ursprünglichen  $k$  Originalvariablen in einem Modell verwenden, so würde eine identische Datenanpassung erfolgen, da – wie im vereinfachten Eingangsbeispiel – die identische Information, nur linear transformiert, verwendet wird. Allerdings

	Pilzkonzentration	Gesamtkeime	Endotoxin, alveolengängig	Staub, alveolengängig
Pilzkonzentration	1	0,793	0,883	0,945
Gesamtkeime		1	0,960	0,960
Endotoxin, alveolengängig			1	0,986
Staub, alveolengängig				1

**Abbildung 1: Schematische Darstellung: Erste Hauptkomponente als Ersatz für hochkorrelierende Expositionsvariablen.**

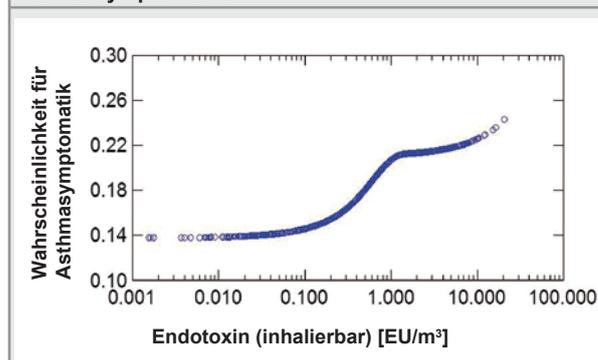


geht bei hochkorrelierenden Variablen kaum Information verloren, wenn man die niederrangigen Hauptkomponenten, die wenig zusätzliche Information beisteuern, nicht berücksichtigt. Indem anstelle der Originalvariablen nur die ersten Hauptkomponenten in das Modell aufgenommen werden, reduziert sich somit ohne großen Informationsverlust die Zahl der zu schätzenden Parameter.

Im AABEL-Projekt wurde allein die erste Hauptkomponente verwendet. Die erste Hauptkomponente als Form der Datenreduktion bedingt einen geringeren Informationsverlust als lediglich irgendeinen der Regressoren auszuwählen (**Abbildung 1**).

Neben der Multikollinearität besteht ein zweites Problem darin, dass die Form eines möglichen Zusammenhangs zwischen Bioaerosolen und den gesundheitlichen Zielgrößen unbekannt ist. Um die funktionale Beziehung zu approximieren, sind grundsätzlich verschiedene Ansätze möglich: Geht man von einem strikt monotonen Zusammenhang aus, können einfache lineare oder log-lineare Verläufe als Annahme durchaus begründet sein, bei unbekanntem Verlauf wählt man hingegen in der Epidemiologie häufig eine stufenförmige Approximation, bei der für die einzelnen Stufen, für die jeweils ein konstanter Verlauf angenommen wird, die Quantile der Expositionsverteilung herangezogen werden. Im AABEL-Projekt wurde demgegenüber für die Hauptfragestellung ein natürlicher Splineansatz gewählt, wobei Glättungsverfahren und insbesondere Spline gerade in umweltepidemiologischen Studien zunehmend Verbreitung finden (WHO 2004; Baksharan 2013). Dabei werden kubische Kurvenstücke an vorher festzulegenden Knotenpunkten miteinander verknüpft (Harrell 2001). Die Zahl der zu schätzenden Parameter bei einem natür-

**Abbildung 2: Beispiel für einen dreiknotigen natürlichen Spline für den Zusammenhang zwischen Endotoxin und Asthmasymptomatik.**



lichen Spline entspricht der Knotenanzahl minus 1. Wird somit anstelle der linearen Modellierung der Exposition mit einem Freiheitsgrad ein natürlicher Spline mit drei Knotenpunkten bei den Quartilen in ein (logistisches) Regressionsmodell eingebaut, so werden lediglich zwei Freiheitsgrade bei der Schätzung verwendet (**Abbildung 2**).

## Vorgehen beim AABEL-Projekt

Die Hauptfragestellung lautete „Gibt es einen gesundheitlichen Effekt der Exposition gegenüber Bioaerosolen aus Tierställen?“ Um diese Frage inferenzstatistisch zu bewerten, wurde wie folgt vorgegangen:

- 1) Die erste Hauptkomponente der vier Original-expositionsvariablen Endotoxin, Staub (jeweils alveolengängig), Gesamtkeimbelastung und Pilzkonzentration wurde gebildet.
- 2) Diese wurde als Regressor in einem logistischen Regressionsmodell für verschiedene a priori festgelegte allergische oder respiratorische Symptome herangezogen; somit fand eine Dimensionsreduktion statt, da anstelle der vier Originalvariablen nur eine Expositionsgröße verwendet wurde.
- 3) Die Expositionsgröße wurde nicht linear in das logistische Modell eingebaut, sondern ein Spline-Ansatz gewählt.
- 4) Die Festlegung der zusätzlich im Modell modellierten potentiellen Confounder basierte auf inhaltlichen Überlegungen, nicht jedoch im Zuge einer Variablenselektion, die zu verzerrten p-Werten führen würde.

5) Zusätzlich wurde für einige allergische Zielgrößen der Atopiestatus der Eltern als Effektmodifizierer behandelt.

Dieses Vorgehen führte zu unverzerrten p-Werten bei insgesamt 17 Endmodellen für die Zielsymptome. Von diesen führten zwei Einzeltests zu einem p-Wert von unter 0,05, drei weitere zu p-Werten unter 0,1. So zeigten sich asthmatische Symptome bei Kindern atopischer Eltern vermehrt, bei denen nicht-atopischer Eltern hingegen als verringert in Abhängigkeit einer Exposition gegenüber Bioaerosolen aus Tierställen.

Ergänzend zu diesem Vorgehen für die Hauptfragestellung wurde explorativ mit alternativen Expositionsparametern, einer eingeschränkten Studienpopulation oder auch alternativen Zielsymptomen gerechnet.

In der statistischen Endbewertung erwiesen sich wenige der hypothetischen Zusammenhänge als signifikant, sodass man – auch mit Blick auf das Studiendesign – nur von Hinweisen auf mögliche gesundheitliche Beeinträchtigungen sprechen kann. Allerdings erwiesen sich diese Hinweise über verschiedene Indikatoren als konsistent. Da die Expositionsquantifizierung am Wohnort die wahre Exposition nur approximieren kann, dürften die wahren Effekte eher systematisch unterschätzt werden.

## Diskussion des Vorgehens

Ein häufig berechtigter Kritikpunkt an epidemiologischen Modellen beziehungsweise am gesamten Auswertungsprozess besteht darin, dass der Modellbuilding-Prozess zu verzerrten Effektschätzern und p-Werten führt. Zudem werden Effektschätzer aus ihrem multivariaten Kontext herausgerissen und singular diskutiert, obgleich sie an sich nur unter den modellierten Bedingungen gelten. Bei AABEL wurde demgegenüber eine weitgehende Trennung der a priori formulierten Modelle und der anschließenden Exploration vollzogen. Zwar fand keine Kontrolle für multiple Vergleiche im Sinne der Gesamtirrtumswahrscheinlichkeit statt, die Auswertungs- und Teststrategie wurde aber vollständig dargestellt.

Allerdings sind Hauptkomponentenanalyse und natürliche Splines eher unübliche Verfahren. Sie erfolgen datenabhängig, und die Interpretation oder grafische Darstellung erweist sich als schwierig.

Eine auch nur orientierende Ableitung von einzelstoffbezogenen Grenzwerten oder ähnlichem ist nicht möglich. Damit wird die Vermittlung der Hauptaussagen etwa an Entscheidungsträger erschwert, sodass man wieder vor der Gretchenfrage steht, wie viel Vereinfachung noch richtig ist.

## Literatur

Bhaskaran K, Gasparini A, Hajat S et al. (2013): Time series regression studies in environmental Epidemiology. In: *International Journal of Epidemiology* 42: 1187–1195.

Douwes J, Thorne P, Pearce N et al. (2003): Bioaerosol health effects and exposure assessment: progress and prospects. In: *Ann Occup Hyg* 47(3): 187–200.

Harrell FE (2001): *Regression modeling strategies*. New York.

Hartung J, Elpelt B, Klösener KH (1984): *Statistik. Lehr- u. Handbuch d. angewandten Statistik*. München, Wien.

Hoopmann M, Hehl O, Neisel F et al. (2006): Zusammenhang zwischen Bioaerosolen aus Tierhaltungsanlagen und asthmatischen Symptomen bei Kindern. In: *Gesundheitswesen* 68(8/09): 575–584

Hoopmann M, Csicsaky M, Schulze A et al. (2005): Gesundheitliche Bewertung von Bioaerosolen aus der Intensivtierhaltung in Niedersachsen. In: *UMID* 04: 3–6.

Iversen M (1999): Human health effects of dust exposure in animal confinement buildings. In: *Proceedings International symposium on dust control in animal production facilities*. Aarhus, Denmark. 30 May – 2 June 1999: 131–139.

Millner PD (2009): Bioaerosols associated with animal production operations. In: *Bioresource Technology* 100: 5379–85.

NLGA (2004): *AABEL: Atemwegserkrankungen und Allergien bei Einschulungskindern in einer ländlichen Region*. Endbericht. Hannover. <http://www.nlga.niedersachsen.de/download/77322/Endbericht.pdf> (Abrufdatum: 01.07.2014).

Nowak D (1998): Die Wirkung von Stallluftbestandteilen, insbesondere in Schweineställen, aus arbeitsmedizinischer Sicht. In: *Dtsch tierärztl Wschr* 105: 225–234.

O'Connor AM, Auvermann B, Bickett-Weddle et al. (2010): The Association between Proximity to Animal Feeding Operations and Community Health: A Systematic Review. *PLoS ONE* 5(3): e9530. doi:10.1371/journal.pone.0009530.

Radon K, Schulze A, Strien R et al. (2005a): Prevalence of respiratory symptoms and diseases in neighbours of large-scale farming in Northern Germany. In: *Pneumologie* 59 (12): 897–900.

Radon K, Schulze A, van Strien R (2005b): Atemwegsgesundheit und Allergiestatus bei jungen Erwachsenen in ländlichen Regionen Niedersachsens – Niedersächsische Lungenstudie. Abschlussbericht. München. <http://www.klinikum.uni-muenchen.de/Institut-und-Poliklinik-fuer-Arbeits-Sozial-und-Umweltmedizin/download/inhalt/Forschung/aumento/forschung/Abschlussbericht.pdf> (Abrufdatum: 01.07.2014).

Schlaud M, Salje A, Nischan P et al. (1998): MORBUS: Beobachtungspraxen in Niedersachsen. Bericht zur Erhebung in Süd-Oldenburg. In: Dtsch tierärztl Wschr 105: 235–240.

Sundberg, R (2002): Shrinkage regression. In: Encyclopedia of Environmetrics. Vol. 4. (Eds. El-Shaarawi AH, Piegorsch WW): 1994 – 98. Chichester. John Wiley & Sons, Ltd.

WHO (2004): Meta-Analysis of time-series studies of Particulate Matter (PM) and Ozone (O<sub>3</sub>). Report of a WHO task group. Kopenhagen. <http://apps.who.int/iris/handle/10665/107557> (Abrufdatum: 01.07.2014).

### **Kontakt**

Michael Hoopmann  
Niedersächsisches Landesgesundheitsamt  
Roesebeckstraße 4 – 6  
30449 Hannover  
E-Mail: Michael.Hoopmann[at]nnga.niedersachsen.de

[UBA]

# Nagetierbekämpfung mit Antikoagulanzen – Was ändert sich durch die Biozid-Zulassung für die Praxis?

## Rodent control using anticoagulant rodenticides – What changes due to the biocidal product authorisation?

*Erik Schmolz, Stefanie Wieck, Anton Friesen*

### Abstract

Anticoagulant rodenticides are of great environmental concern. Most of them are potentially persistent, bioaccumulative and toxic, while at the same time bearing a high risk of primary and secondary poisoning to wildlife and domestic animals. Development of resistance has also become a major concern in chemical rodent control. This is why in Germany, conditions of use for these products have been established on the base of EU legal provisions within the framework of the biocidal product authorisation. Primarily, these so-called risk mitigation measures consist in restricting the category of users and establishing a best practice code for the application of anticoagulant rodenticides. The previous practice of permanent baiting i.e. the prophylactic deployment of rodenticidal baits is thereby prohibited in principle. However, in exceptional cases trained pest control operators are allowed to use second generation anticoagulant rodenticides as permanent baits even though a clear infestation is not detected.

### Zusammenfassung

Die als Mäuse- und Rattengifte eingesetzten Blutgerinnungshemmer (Antikoagulanzen) sind für die Umwelt problematisch: Die meisten von ihnen werden sehr schlecht abgebaut, besitzen ein hohes Potential zur Anreicherung in anderen Lebewesen, sind giftig und können zu Vergiftungen bei Haus- und Wildtieren führen. Darüber hinaus besteht das Risiko, dass Resistenzen entstehen. Im Rahmen der Zulassung dieser Biozidprodukte in Deutschland wurden daher Auflagen und Anwendungsbestimmungen auf Basis von Vorgaben der Europäischen Union festgelegt. Diese sogenannten Risikominderungsmaßnahmen beinhalten im Wesentlichen die Beschränkung der zugelassenen Verwender und die Festlegung einer guten fachlichen Anwendung von Rodentiziden mit Antikoagulanzen. Die bisherige Praxis, Rodentizide ohne einen festgestellten Befall dauerhaft auszulegen, wird damit grundsätzlich untersagt. In Ausnahmefällen ist es Schädlingsbekämpfern jedoch gestattet, eine befallsunabhängige Dauerbeköderung mit Antikoagulanzen der 2. Generation durchzuführen.

## Einleitung

Was haben Mittel zur Nagetierbekämpfung, Einbalsamierung, Schleimbekämpfung und Trinkwasserdesinfektion gemeinsam? Sie alle sind dazu bestimmt, auf andere Art als durch bloße physikalische oder mechanische Einwirkung Schadorganismen entweder zu zerstören, abzuschrecken, unschädlich zu machen, ihre Wirkung zu verhindern oder sie in anderer Weise zu bekämpfen. Dient ihr Einsatz dem Schutz des Menschen, seiner Tätigkeiten, von ihm hergestellter Produkte oder dem Schutz von Tieren oder der Umwelt, handelt es sich dabei per Definition um Biozide. Vereinfacht ausgedrückt sind Biozide Chemikalien, die zum Schutz der menschlichen oder tierischen Gesundheit und zum Materialschutz eingesetzt werden.

Rund 43.000 solcher Produkte wurden bei der Zulassungsstelle für Biozide in Deutschland, der Bundesstelle für Chemikalien (BfC), bislang gemeldet (Stand: 01.09.14). Dieses Meldeverzeichnis enthält allerdings auch Produkte, die nicht mehr vermarktet werden (dürfen), sodass sich die tatsächliche Anzahl von Bioziden auf dem Markt mit ca. 35.000 Produkten nur schätzen lässt.

Von allen gemeldeten Biozid-Produkten machen Nagetierbekämpfungsmittel (Rodentizide) rund 3 Prozent (1.267 Produkte) aus. Somit stellen Rodentizide in Bezug auf die gesamte Produktpalette scheinbar nur ein Nischenprodukt auf dem Biozid-Markt dar. Das sagt allerdings nichts über ihre

mengenmäßige Verwendung aus. Allein im Profibereich dürfte die bundesweit eingesetzte Menge an Rodentiziden mit Antikoagulanzen 1.000 Tonnen Fertiggöder pro Jahr bei weitem übersteigen. Dieser Annahme liegen Marktdaten der Gesellschaft für Konsumforschung (GfK) zugrunde. Für 2012 wurden die Ausgaben von Schädlingsbekämpfern für Biozidprodukte mit 40 Millionen Euro beziffert, wobei der Marktanteil von Antikoagulanzen mit 25 Prozent angegeben wurde (DpS 2013). Für die Beispielrechnung wurde ein Preis von 10 Euro je Kilogramm Fertiggöder angenommen.

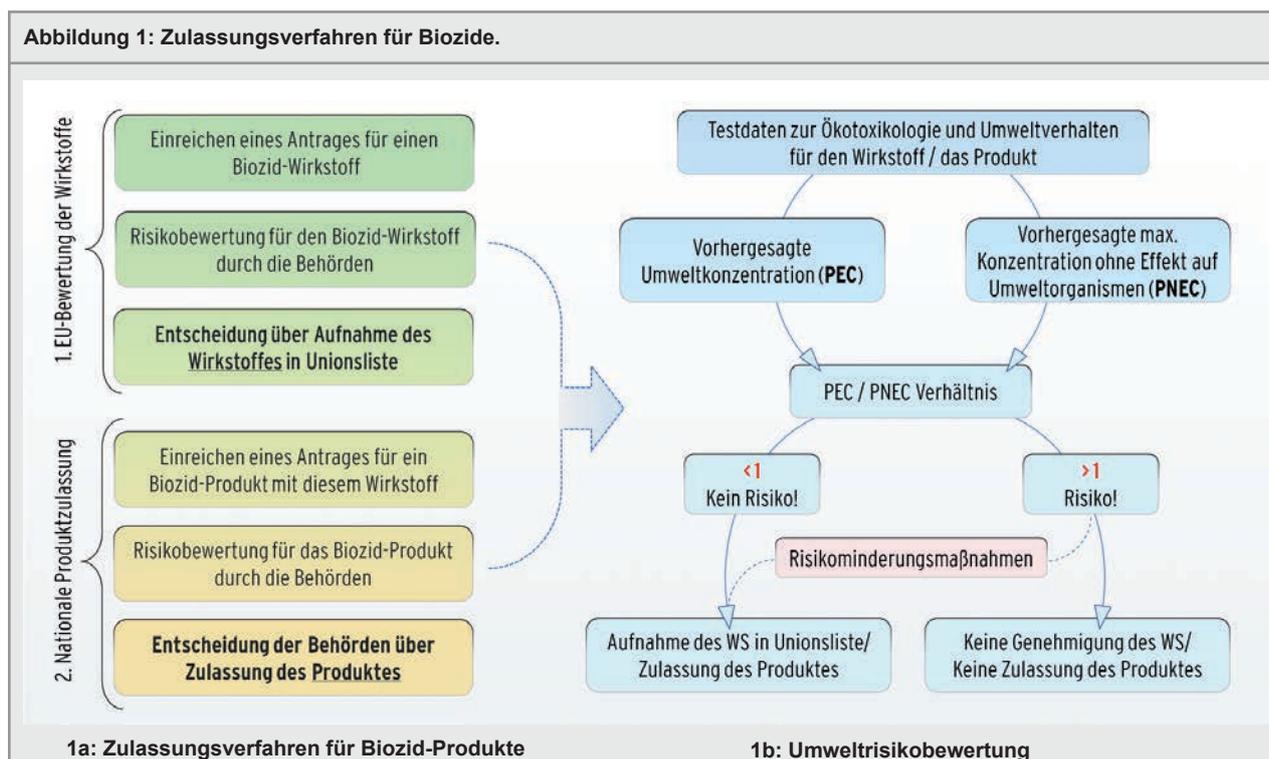
Eine Vorstellung davon, wie viel Rodentizide ausgebracht werden, gibt auch die Zahl von 8.477 durchgeführten Rattenbekämpfungen von 18 Schädlingsfachbetrieben allein in Berlin im Jahr 2013 (Zahlen des Deutscher Schädlingsbekämpferverbandes e.V., Landesverband Berlin-Brandenburg; DpS 2014). Die Bekämpfung von Mäusen

und die Anwendung durch Laien wurden dabei noch nicht einmal berücksichtigt.

## Zulassungsverfahren

Rodentizide, die zum Schutz der menschlichen Gesundheit zum Beispiel vor Infektionskrankheiten oder von Materialien eingesetzt werden, unterliegen in der Europäischen Union (EU) einer Zulassungspflicht nach der Biozidverordnung (EU) Nr. 528/2012. Ziel der Verordnung ist die Harmonisierung des europäischen Binnenmarktes für Biozidprodukte und die Gewährleistung eines hohen Schutzniveaus für Mensch, Tier und Umwelt. Zur Umsetzung dieser Ziele sieht die Verordnung eine Bewertung möglicher Risiken von Biozid-Produkten für die Gesundheit von Verbrauchern und berufsmäßigen Anwendern und der Umwelt vor.

Abbildung 1: Zulassungsverfahren für Biozide.



Das Biozid-Zulassungsverfahren (Abbildung 1a) ist in zwei Schritte gegliedert. Im ersten Schritt werden Wirkstoffe (WS) auf EU-Ebene geprüft und bewertet. Die Bewertung möglicher Umweltrisiken wird durch das Umweltbundesamt im Rahmen der Umweltrisikobewertung durchgeführt (Abbildung 1b). Liegt dabei die vorhergesagte Umweltkonzentration (Predicted Environmental Concentration, PEC) unterhalb einer Schwellenkonzentration, bei der eine Gefährdung der Umwelt erwartet werden kann (Predicted No Effect Concentration, PNEC), so ist das PEC/PNEC Verhältnis unter 1 und es werden keine unannehmbaren Wirkungen auf die Umwelt erwartet. Dieser Wirkstoff kann dann – vorbehaltlich der Bewertung anderer am Verfahren beteiligter Behörden – in die Unionsliste der genehmigten Wirkstoffe aufgenommen und in einem Biozid-Produkt verwendet werden. Liegt das PEC/PNEC Verhältnis über 1, werden entweder Maßnahmen zur Risikominderung festgelegt oder der Wirkstoff wird nicht zur Verwendung in Biozid-Produkten genehmigt. In einem zweiten Schritt wird dann das Biozid-Produkt mit einem genehmigten Wirkstoff auf nationaler Ebene geprüft. Stellen die Behörden eine hinreichende Wirksamkeit und keine unannehmbaren Wirkungen auf Mensch, Tier oder Umwelt fest, wird das Produkt zugelassen und kann verkauft werden.

Zudem muss die Wirksamkeit der Produkte nachgewiesen werden. Stellt sich im Rahmen der Bewertung heraus, dass das Produkt keine unannehmbaren Wirkungen auf alle diese Schutzziele hat und ausreichend wirksam ist, wird das Produkt zugelassen. Andernfalls ist das Produkt nicht mehr verkehrsfähig. Produkte, die bis dahin bereits verkauft wurden, müssen dann – nach Übergangsfristen – vom Markt genommen werden.

Eine unannehmbare Wirkung liegt zum Beispiel vor, wenn die vorhergesagte Umweltkonzentration des im Produkt enthaltenen Wirkstoffs im Oberflächengewässer, Boden oder in Nicht-Zieltieren – bei sachgemäßer Anwendung – höher ist, als eine Schwellenkonzentration, bei der eine Gefährdung dieser Schutzgüter erwartet werden kann (**Abbildung 1**). Werden solche Risiken ermittelt, kann eine Zulassung allenfalls unter der Auflage von Risikominderungsmaßnahmen (RMM) erfolgen. Diese dienen unter anderem dazu, den Eintrag des Biozids in die Umwelt zu reduzieren oder gänzlich zu vermeiden, um so eine möglichst sichere Anwendung zu gewährleisten.

Seit 2010 werden Rodentizide in Deutschland im Rahmen des nationalen Zulassungsverfahrens für Biozid-Produkte erstmals auf Risiken und ihre Wirksamkeit durch Behörden geprüft. Bis September 2014 wurden bereits mehr als 1.000 Biozid-Produkte zur Vermarktung in Deutschland zugelassen. Mehr als die Hälfte davon waren Rodentizide, die neben Holzschutzmitteln als erste Biozid-Produkte geprüft wurden.

## Wirkung und Nebenwirkung von Antikoagulanzen

Spricht man von Rodentiziden, so sind in den allermeisten Fällen Köderpräparate mit blutgerinnungshemmenden Wirkstoffen (Antikoagulanzen) gemeint. Dies wird mit Blick auf die Zahlen aus dem Biozid-Meldeverzeichnis (Liste der gemeldeten Biozid-Produkte) deutlich. Von den 1.267 derzeit gemeldeten Rodentiziden enthalten mehr als 96 Prozent Blutgerinnungshemmer. Grund für die breite Verwendung von Antikoagulanzen zur Nagetierbekämpfung liegt in deren verzögerter Wirkweise.

Die Aufnahme von Antikoagulanzen durch Ratten und Mäuse führt dazu, dass die Tiere die Fähigkeit zur Blutgerinnung verlieren und dadurch meist in-

**Tabelle 1: Als Biozid-Wirkstoffe zugelassene Antikoagulanzen.**

Wirkstoffe der 1. Generation (FGARs)
Chlorophacinon
Coumatetralyl
Warfarin
Wirkstoffe der 2. Generation (SGARs)
Brodifacoum
Bromadiolon
Difenacoum
Difethialon
Flocoumafen

nerlich verbluten. Diese Wirkung tritt in der Regel erst 3–7 Tage nach Aufnahme ein, sodass die Nagetiere die einsetzende Giftwirkung nicht mit dem Giftköder in Verbindung bringen können und keine Köderscheu entwickeln. Bei Antikoagulanzen unterscheidet man zwischen Wirkstoffen der 1. und der 2. Generation (**Tabelle 1**). Die meisten Rodentizide enthalten Wirkstoffe der 2. Generation, wie zum Beispiel Difenacoum oder Brodifacoum. In der Regel muss der Schädner einen Köder mit Antikoagulanzen der 1. Generation (first-generation anticoagulant rodenticides, FGARs) mehrmals aufnehmen, bevor eine tödliche Dosis erreicht wird. Wirkstoffe der 2. Generation (second-generation anticoagulant rodenticides, SGARs) sind giftiger. Oft reicht hier eine einmalige Köderaufnahme aus, um eine tödliche Wirkung zu erzielen.

Der Prozess der Blutgerinnung läuft in Vögeln und Säugern etwa gleich ab. Es liegt daher auf der Hand, dass Stoffe, die die Blutgerinnung in Mäusen und Ratten hemmen, auch für andere Säuger und Vögel gefährlich sein können. Erwartungsgemäß wurden im Rahmen der Risikobewertung der Wirkstoffe sehr hohe Risiken für Wildtiere festgestellt. Demnach besteht das Risiko, dass nicht nur Ratten und Mäuse, sondern auch andere sogenannte Nicht-Zieltiere von den Ködern fressen und dadurch unabsichtlich vergiftet werden (Primärvergiftung).

Ein sehr hohes Vergiftungsrisiko besteht auch für Tiere, die vergiftete Nager fressen. Sie können noch an dem Gift sterben, das sich im Nager befindet (Sekundärvergiftung). So sind vor allem Raubvögel, wie Mäusebussarde, Turmfalken oder Eulen, aber auch räuberische Säuger, wie Füchse und Wiesel, stark gefährdet. Das Vergiftungsrisiko für Nicht-Zieltiere ist durch FGARs vor allem

in Bezug auf Sekundärvergiftungen im Vergleich zu SGARs geringer. Es bestehen aber auch durch diese Antikoagulanzen – vor allem bei mehrfacher Aufnahme – hohe Vergiftungsrisiken.

Abgesehen davon wurden alle SGARs als potentielle PBT-, einige sogar als potentielle vPvB-Stoffe identifiziert. Das sind Chemikalien, die persistent (P), bioakkumulierend (B) und toxisch (T) oder sehr persistent (vP) und sehr bioakkumulierend (vB) sind. Das heißt, sie werden nur sehr schlecht in der Umwelt abgebaut (=persistent), reichern sich in Organismen und damit in der Nahrungskette an (=bioakkumulierend) und sind giftig (=toxisch) für Menschen oder Organismen in der Umwelt. Grundsätzlich ist der Eintrag von PBT-Stoffen in die Umwelt unabhängig von ihrer Konzentration und Menge zu vermeiden, da solche Stoffe – einmal in die Umwelt entlassen – nicht oder nur sehr langsam abgebaut werden und somit über sehr lange Zeiträume in Gewässern, Böden und auch in der Nahrungskette verbleiben können. Im Vergleich zu SGARs sind FGARs etwas weniger problematisch, da diese als nicht bioakkumulierend und weniger toxisch eingeschätzt werden.

## Risikominderungsmaßnahmen

Aufgrund der ermittelten Risiken wurden in Deutschland im Rahmen des Biozid-Produktzulassungsverfahrens rechtsverbindliche Anwendungsbestimmungen für Rodentizide mit Antikoagulanzen auf Basis von Vorgaben aus der EU festgelegt. Diese sogenannten Risikominderungsmaßnahmen (RMM) beinhalten im We-

sentlichen die Beschränkung der zugelassenen Verwender (**Tabelle 2**) und die Festlegung einer guten fachlichen Anwendung (GfA).

Rodentizide mit Antikoagulanzen der 2. Generation, wie zum Beispiel Difenacoum oder Brodifacoum, dürfen demnach in Deutschland nur noch von sachkundigen Verwendern angewendet werden. Dazu zählen unter anderem ausgebildete Schädlingsbekämpfer und berufsmäßige Verwender mit einem entsprechenden Sachkundenachweis (**Tabelle 3**). Verbraucher und berufsmäßige Verwender ohne entsprechende Sachkunde dürfen diese Produkte nicht mehr verwenden.

Rodentizide mit Antikoagulanzen der 1. Generation, wie zum Beispiel Warfarin oder Coumatetralyl, können dagegen auch weiterhin von Verbrauchern und nicht-sachkundigen berufsmäßigen Verwendern in Innenräumen und unmittelbar um Gebäude eingesetzt werden.

Für sachkundige und nicht-sachkundige Verwender wurden jeweils „Allgemeine Kriterien einer guten fachlichen Anwendung von Fraßködern bei der Nagetierbekämpfung mit Antikoagulanzen“ festgelegt. Diese für alle zugelassenen Antikoagulanzen geltenden allgemeinen Anwendungsbestimmungen müssen – neben produktspezifischen Bestimmungen – in der Gebrauchsanweisung der Produkte enthalten sein. Sie stellen somit rechtsverbindliche Anforderungen an die Durchführung einer Nagetierbekämpfung mit Antikoagulanzen dar und müssen bei der Anwendung der Produkte eingehalten werden. Beide Dokumente finden sich

**Tabelle 2: Übersicht der zugelassenen Verwender von Antikoagulanzen der 1. (FGARs) und 2. Generation (SGARs) zur Bekämpfung von Nagetieren<sup>1</sup> in verschiedenen Anwendungsbereichen.**

Verwenderkategorie Anwendungsbereich	Nicht-berufsmäßige Verwender (Verbraucher)	Berufsmäßige Verwender		Sachkundige Verwender <sup>2</sup> (Schädlingsbekämpfer)
		ohne Sachkunde	mit Sachkunde	
Innenraum	FGARs	FGARs	FGARs/SGARs	FGARs/SGARs
Kanalisation	Nein	Nein	FGARs/SGARs	FGARs/SGARs
In und um Gebäude (Wohnhäuser, Ställe etc.)	FGARs	FGARs	FGARs/SGARs	FGARs/SGARs
Offenes Gelände (z. B. Parkanlagen, Golfplätze), Mülldeponien, Deiche etc.	Nein	Nein	FGARs/SGARs	FGARs/SGARs

<sup>1</sup> Bekämpfung von Ratten, Hausmäusen und einigen Wühlmausarten (wie z. B. Rötelmäuse und Feldmäuse) im Bereich des Gesundheitsschutzes und hygienischen Vorratsschutzes. Anwendungen zum Zwecke des Pflanzenschutzes sind nicht zugelassen.

<sup>2</sup> Geeignete Sachkundenachweise werden in Tabelle 3 aufgeführt.

**Tabelle 3: Anerkannte Berufe und Sachkundenachweise für die Verwendung von Antikoagulanzen zur Bekämpfung von Ratten und Mäusen.**

<b>Schädlingsbekämpfer / sachkundige Verwender</b>	
Sachkunde nach Anhang I Nr. 3.4 <b>Gefahrstoffverordnung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ausgebildete oder geprüfte Schädlingsbekämpfer</li> <li>• als gleichwertig anerkannte Prüfung/Ausbildung nach GefStoffV</li> <li>• Im Rahmen des Erwerbs dieser Sachkunde wird unter anderem auch der sachgerechte Umgang mit Rodentiziden, die Antikoagulanzen enthalten, vermittelt.</li> </ul>
<b>Verwender aus beruflichen Gründen mit Sachkunde<sup>1</sup></b>	
Sachkunde nach <b>Pflanzenschutz-Sachkundeverordnung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• unter anderem ausgebildete Land- und Forstwirte, Gärtner, Winzer, Pflanzenschutzlaboranten</li> <li>• Personen mit abgelegter Sachkundeprüfung (z. B. bei DEULA)</li> <li>• weitere von Behörden anerkannte Aus-, Fort- oder Weiterbildungen nach PflSchSachV</li> </ul>
<b>Geschulte Verwender mit besonderen Sachkenntnissen</b>	
Zertifikat über <b>Teilnahme an einer Schulung</b>	Personen mit belegter Teilnahme an einer Schulung (Zertifikat) mit folgenden Lerninhalten: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verhalten und Biologie von Nagern</li> <li>• Rechtsgrundlagen der Bekämpfung von Ratten und Mäusen</li> <li>• Bekämpfung von Nagetieren (Gute fachliche Anwendung inklusive integrierte Schädlingsbekämpfung und Resistenzmanagement)</li> <li>• Wirkungsweise von Antikoagulanzen</li> <li>• Gefahren und Risiken bei der Verwendung von Rodentiziden für Menschen und die Umwelt</li> <li>• Techniken zur Risikominderung (speziell Primär- und Sekundärvergiftung von Nicht-Zieltieren und deren Vermeidung, Umgang mit PBT/vPvB-Stoffen)</li> <li>• Anwendungstechniken/Vorgehensweise und Dokumentation</li> <li>• Verhalten von Ratten in der Kanalisation</li> </ul>
<sup>1</sup> Für berufsmäßige Verwender reicht einer der genannten Nachweise aus, um eine Sachkunde nachzuweisen.	

auf der Webseite der Bundesstelle für Chemikalien, der Zulassungsstelle für Biozide bei der BAuA: <http://www.baua.de/de/Chemikaliengesetz-Biozidverfahren/Biozide/Produkt/Hintergrund.html>.

## Gute fachliche Anwendung (GfA) von Rodentiziden

Die GfA beinhaltet Vorgaben zur Planung, Durchführung und Dokumentation einer Schadnagerbekämpfung. Demnach sind im Rahmen der Planung die Nagerart und die Befallsursache zu bestimmen, der eingesetzte Wirkstoff, die Ködermenge und Anzahl der Köderstellen zu dokumentieren sowie Warnhinweise zum Schutz von Mensch und Tier anzubringen. Zur Ausbringung von Rodentiziden sind mechanisch stabile und manipulationssichere Köderstationen zu verwenden. Köderboxen aus Pappe sind für diesen Zweck ungeeignet. Eine verdeckte Auslegung ohne Köderstationen an Stellen, die für Kinder und Nicht-Zieltiere unzugänglich sind, ist zulässig (z.B. in Kanalisationsanlagen oder in Unterbauten von Elektroschaltanlagen). Allerdings ist dies nur sachkundigen Verwendern

vorbehalten. Nicht-sachkundige Verwender müssen Köderstationen verwenden.

Die Köderstationen müssen gezielt an den zuvor erkundeten Aufenthaltsorten der Nager (Anzeichen können u. a. Kot-, Urin-, Fraß- oder Schmier Spuren sein) platziert werden. Eine großräumige Permanent- beziehungsweise Perimeterbeköderung entlang von Grundstücksgrenzen oder Gebäuden ist nicht zulässig. Die eingerichteten Köderstellen sind mindestens wöchentlich zu kontrollieren. Bei jeder Kontrolle ist das betroffene Gebiet nach toten Nagern abzusuchen. Nach Abschluss der Bekämpfungsmaßnahme sind nicht angenommene Köder und tote Nager fachgerecht entsprechend den örtlichen Vorgaben zu entsorgen, um Primär- und Sekundärvergiftungen vorzubeugen. Eine Nachkontrolle dient der Vorbeugung eines Neubefalls und der Aufklärung des Auftraggebers über Präventionsmaßnahmen.

Es wird ausdrücklich betont, dass Köder mit Antikoagulanzen nicht als Permanentköder zur Vorbeugung gegen Nagerbefall oder zum Monitoring von Nageraktivitäten eingesetzt werden dürfen. Unter anderem

wird dadurch die bisherige Praxis, Giftköder vorbeugend, das heißt ohne festgestellten Befall, routinemäßig als Permanentköder auszulegen, grundsätzlich untersagt. Zur Feststellung eines Befalls beziehungsweise zum Monitoring von Nagetieren sollen biozidfreie Methoden, wie zum Beispiel giftfreie Köder, Fallen oder technische Systeme, eingesetzt werden.

### **Ausnahmeregelung zum Verbot befallsunabhängiger Dauerbeköderung**

Trotz des grundsätzlichen Verbotes der befallsunabhängigen Dauerbeköderung kann es in Ausnahmefällen ausgebildeten beziehungsweise geprüften Schädlingsbekämpfern gestattet sein, Giftköder auch ohne einen festgestellten Befall prophylaktisch auszulegen, um der Etablierung eines Befalls frühzeitig entgegenzuwirken. Hierfür sind jedoch eine Reihe von Voraussetzungen zu erfüllen.

Diese Ausnahmeregelung wurde Ende Juli 2014 auf der Webseite der Bundesanstalt für Arbeitsschutz

und Arbeitsmedizin veröffentlicht: <http://www.baua.de/de/Chemikaliengesetz-Biozidverfahren/Biozide/Produkt/Hintergrund.html>.

### **Fragen und Antworten rund um die befallsunabhängige Dauerbeköderung**

Das Umweltbundesamt hat die Veröffentlichung „Nagetierbekämpfung mit Antikoagulanzen – Antworten auf häufig gestellte Fragen“ in seiner 3. Auflage um das Thema „Befallsunabhängige Dauerbeköderung“ erweitert: <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/nagetierbekämpfung-antikoagulanzen>.

Die wichtigsten Fragen und Antworten zu diesem Thema sind im Folgenden zusammengestellt:

#### **Was ist unter einer befallsunabhängigen Dauerbeköderung mit Antikoagulanzen zu verstehen?**

Unter den Begriff der befallsunabhängigen Dauerbeköderung fallen alle Formen der Beköderung von Schadnagern, die durchgeführt werden, ohne dass vor Beginn der Maßnahme ein Befall festgestellt wurde. Beispiele hierfür sind die Permanentbeköderung<sup>1</sup> sowie die Perimeterbeköderung<sup>2</sup>. Von der Permanentbeköderung und der Perimeterbeköderung abzugrenzen ist die strategische befallsunabhängige Dauerbeköderung im Sinne eines Prophylaxe-Systems, das aus regelmäßig kontrollierten dauerhaften Köderstellen besteht.

Nach einer von einem sachkundigen Verwender (**Tabelle 3** im Beitrag) erstellten objektbezogenen Analyse werden die Köderstellen im Rahmen einer strategischen befallsunabhängigen Dauerbeköderung an bevorzugten Eindring- und Einniststellen von Schadnagern in und direkt am Gebäude installiert und in Abständen von einer bis maximal vier Wochen kontrolliert.

Grundsätzlich ist die Anwendung von Rodentiziden mit Antikoagulanzen ohne einen festgestellten Befall mit Schadnagern verboten. Allerdings sind unter bestimmten Bedingungen Ausnahmen von diesem Verbot im Rahmen einer strategischen befallsunabhängigen Dauerbeköderung zulässig. Im Gegensatz dazu sind Permanent- und Perimeterbeköderung ohne Ausnahmen verboten.

<sup>1</sup> Befallsunabhängige Dauerbeköderung des Bekämpfungsareals nach vorgegebenen Abstands- oder sonstigen Auflagen (Industrie-/Qualitätsstandards) unabhängig von Gefährdungsgraden.

<sup>2</sup> Befallsunabhängige Dauerbeköderung entlang der Grundstücksgrenze zur Vermeidung von Zuwanderung von Nagetieren auf das gesamte Betriebsgelände.

## Warum dürfen Fraßköder mit Antikoagulanzen grundsätzlich nicht zur befallsunabhängigen Dauerbeköderung eingesetzt werden?

Eine befallsunabhängige dauerhafte Ausbringung von Fraßködern mit Antikoagulanzen um Gebäude oder im Gelände, ohne ausreichende Kontrollen, stellt ein erhebliches und nicht tolerierbares Risiko für die Umwelt dar und trägt zum Risiko der Resistenzverbreitung bei, ohne dabei für den Infektionsschutz zwingend notwendig zu sein. Zudem ist aufgrund der um mehrere Tage verzögerten Wirkung von Antikoagulanzen zu bezweifeln, dass durch die Einrichtung von Dauerköderstellen das Eindringen von Nagern in Betriebe verhindert werden kann. Für ein umfassendes Nagermonitoring gibt es genügend biozidfreie Alternativen und zahlreiche technische Innovationen. Der Einsatz von Ködern mit Antikoagulanzen zur Vorbeugung von Nagerbefall oder zur Überwachung (Monitoring) von Nageraktivitäten ist daher untersagt.

## Gibt es Ausnahmen von dem Verbot der befallsunabhängigen Dauerbeköderung?

Ja, in bestimmten Ausnahmefällen ist eine strategische befallsunabhängige Dauerbeköderung ausschließlich mit Antikoagulanzen der 2. Generation durch ausgebildete beziehungsweise geprüfte Schädlingsbekämpfer zulässig. Eine entsprechende Ausnahmeregelung wurde nach Anhörung von Vertretern betroffener Interessensgruppen erarbeitet und ist auf der Webseite der Bundesstelle für Chemikalien, der Zulassungsstelle für Biozide bei der BAuA, veröffentlicht: <http://www.baua.de/de/Chemikaliengesetz-Biozidverfahren/Biozide/Produkt/Hintergrund.html>.

## Wann ist eine strategische befallsunabhängige Dauerbeköderung ausnahmsweise zulässig?

Eine strategische befallsunabhängige Dauerbeköderung ausschließlich durch sachkundige Verwender (**Tabelle 3** im Beitrag) ist in Ausnahmefällen zulässig, wenn

- sie ausschließlich als Prophylaxe-System eingesetzt wird, das aus regelmäßig kontrollierten dauerhaften Köderstellen und nur an bevorzugten Eindring- und Einniststellen von Schadnagern in und direkt am Gebäude nach einer vom Schädlingsbekämpfer erstellten Analyse installiert wird, wobei zugriffsgeschützte Köderboxen verwendet werden<sup>3</sup> und
- im Rahmen einer objektbezogenen Gefahrenanalyse eine erhöhte Befallsgefahr mit Nagetieren durch den sachkundigen Verwender (Schädlingsbekämpfer) festgestellt wird, die eine besondere Gefahr für die Gesundheit oder Sicherheit von Mensch oder Tier darstellt und
- sie nicht durch verhältnismäßige Maßnahmen, beispielsweise organisatorische oder bauliche Maßnahmen<sup>4</sup> oder den Einsatz geeigneter biozidfreier Alternativen (z. B. Fallen) zur Nagetierbekämpfung, verhindert werden kann.

Ausnahmsweise ist in diesen Fällen eine befallsunabhängige Dauerbeköderung mit diesen Rodentiziden auch ohne die Feststellung eines tatsächlichen Nagetierbefalls in Betrieben und Einrichtungen zulässig. Das Vorliegen der Voraussetzungen des Ausnahmetatbestandes ist in jedem Einzelfall vom sachkundigen Verwender (Schädlingsbekämpfer) zu prüfen, festzustellen und zu dokumentieren. Eine befallsunabhängige Dauerbeköderung kann in diesen Ausnahmefällen zum Beispiel in Betrieben, die Lebensmittel oder Futtermittel herstellen, verarbeiten, vertreiben oder lagern, Betrieben, die pharmazeutische oder medizinische Produkte herstellen, verarbeiten oder lagern, Entsorgungsbetrieben oder in Warenlagerbetrieben oder -stätten durchgeführt werden.

<sup>3</sup> Eine Ausnahme bilden, wie bei der Bekämpfung eines Akutbefalls, Situationen, in denen der Köder anderweitig zugriffsgeschützt ist (z. B. Kabeltrassen, Unterbauten von Elektrogeräten).

<sup>4</sup> Alternativmaßnahmen müssen verhältnismäßig, das heißt zum Schutze eines von der Verfassung anerkannten Rechtsguts notwendig sein. Der Verhältnismäßigkeitsgrundsatz beinhaltet unter anderem auch die Abwägung wirtschaftlicher Aspekte.

## **Was ist eine besondere Gefahr für die Gesundheit oder Sicherheit von Mensch und Tier?**

Eine besondere Gefahr für die Gesundheit von Mensch oder Tier liegt unter anderem vor bei der Gefahr der Übertragung von Krankheiten. Eine besondere Gefahr für die Sicherheit von Menschen oder Tieren liegt vor, wenn durch einen potenziellen Schädlingsbefall mit hinreichender Wahrscheinlichkeit Anlagen, Vorrichtungen oder Materialien beschädigt werden können und sich hieraus zumindest mittelbar eine Gefahr für die Gesundheit von Mensch oder Tier ergibt. In diesem Zusammenhang ist mit potenziellem Schädlingsbefall der Befall gemeint, der entstehen würde, wenn keine Bekämpfung erfolgen würde.

## **Wer darf eine strategische befallsunabhängige Dauerbeköderung in Ausnahmefällen durchführen?**

Die Planung, Durchführung und Dokumentation einer befallsunabhängigen Dauerbeköderung sowie die Prüfung, ob die dafür notwendigen Voraussetzungen erfüllt sind, erfolgt durch einen oder unter der Aufsicht eines ausgebildeten beziehungsweise geprüften Schädlingsbekämpfers.

Im Rahmen der befallsunabhängigen Dauerbeköderung durch den Schädlingsbekämpfer kann eine zusätzliche Überwachung der Köderstellen innerhalb des vorgeschriebenen Kontrollintervalls von 1 bis 4 Wochen auch von berufsmäßigen Verwendern mit Sachkunde (**Tabelle 3** im Beitrag) durchgeführt werden. Sie sind mit dem verantwortlichen Schädlingsbekämpfungsbetrieb abzusprechen.

## **Wo darf eine strategische befallsunabhängige Dauerbeköderung in Ausnahmefällen durchgeführt werden?**

Die strategische befallsunabhängige Dauerbeköderung mit Rodentiziden ist nur an bevorzugten Eindring- und Einniststellen von Schädlingen in und direkt an Gebäuden zulässig. Eine befallsunabhängige Dauerbeköderung im offenen Gelände ist nicht zulässig. Eine befallsunabhängige Dauerbeköderung kann in diesen Ausnahmefällen zum Beispiel in Betrieben, die Lebensmittel oder Futtermittel herstellen, verarbeiten, vertreiben oder lagern, Betrieben, die pharmazeutische oder medizinische Produkte herstellen, verarbeiten oder lagern, Entsorgungsbetrieben oder in Warenlagerbetrieben oder -stätten durchgeführt werden.

## **Wie häufig müssen die Köderstellen bei einer strategischen befallsunabhängigen Dauerbeköderung kontrolliert werden?**

Es liegt im Ermessen des Schädlingsbekämpfers die Kontrollintervalle seiner Systembetreuung im Falle einer befallsunabhängigen Dauerbeköderung, das heißt ohne einen festgestellten Befall, in einem Zeitraum von einer bis maximal vier Wochen festzulegen. Wenn bei Befall nach Ermessen des Schädlingsbekämpfers eine zusätzliche akute Bekämpfungsmaßnahme erforderlich ist, sind wöchentliche Maßnahmen notwendig.

### **Literatur**

DpS 2013: Gute Aussichten für die Zukunft. In: Der praktische Schädlingsbekämpfer 2: 13–15.

DpS 2014: Erhebung Ratten- und Bettwanzenbekämpfung. In: Der praktische Schädlingsbekämpfer 5: 6.

### **Kontakt**

Anton Friesen  
Fachgebiet IV 1.2 „Biozide“  
Umweltbundesamt  
Wörlitzer Platz 1  
06844 Dessau-Roßlau  
E-Mail: anton.friesen[at]uba.de

[UBA]

# Die humane Nickelallergie – Vorkommen, Mechanismen, Produktsicherheit

## Human nickel allergy – Background, mechanisms, product safety

*Hermann-Josef Thierse, Andreas Luch*

### Abstract

Allergies are still increasing worldwide. Metal-containing products used by consumers in daily life contribute to the high prevalence of human nickel allergy or nickel-induced allergic contact dermatitis (ACD). Hence nickel-specific EU-Directives (i.e., 94/27/EC, 2004/96/EC), followed by REACH regulation (Regulation (EC) No 1907/2006), have limited possible exposures to nickel via restricting its migration from consumer products. Yet, nickel-specific type-IV allergic skin reactions (i.e., ACD) may still be triggered in human skin when consumers getting into contact with nickel-containing products that are not fully compliant to respective regulations. Possible products – amongst others – might be piercing materials, inexpensive jewelry, tattoo dyes, toys, or new mobile phones. The reactions induced in human skin include early innate danger signaling responses and the triggering of inflammatory pathways, including pattern recognition receptors (PRR) and adaptive nickel-specific polyclonal T cell activation. Genomic and metalloproteomic studies contribute to the identification of nickel-specific T cell epitopes and the characterization of intracellular processing, transport and nickel-specific signaling pathways. These mechanisms are now being partially elucidated, thus allowing for the development of novel and predictive *in vitro* assays to identify additional small and reactive low-molecular weight substances that might behave similar to the common contact allergen nickel.

### Zusammenfassung

Weltweit steigt die Zahl der Allergien an. Dabei sind industriell angefertigte, metallhaltige Verbraucherprodukte mitverantwortlich für das steigende Vorkommen der Nickelallergie, beziehungsweise der Nickel-induzierten Allergischen Kontaktdermatitis. Durch EU-Regelungen, wie der Nickel-Richtlinie und REACH-Verordnung, wird die Freisetzung von Nickel aus Produkten mit unmittelbarem und längerem Hautkontakt zwar begrenzt, jedoch können nickelhaltige Produkte, wie einige Piercing-Materialien, Schmuck, Tätowierfarben, Spielzeug oder Mobiltelefone, weiterhin mit dazu beitragen, eine T-Zell-abhängige Typ IV-Allergie in der menschlichen Haut auszulösen. Nach heutigem Wissensstand sind bei solchen kontaktallergischen Hautreaktionen auch bestimmte angeborene inflammatorische Signalwege beteiligt. Die Aufklärung dieser Krankheitsmechanismen trägt dazu bei, neue prädiktive Tests zu entwickeln, um niedermolekulare reaktive Substanzen, wie das am häufigsten vorkommende Kontaktallergen Nickel, frühzeitig zu erkennen.

## Einleitung

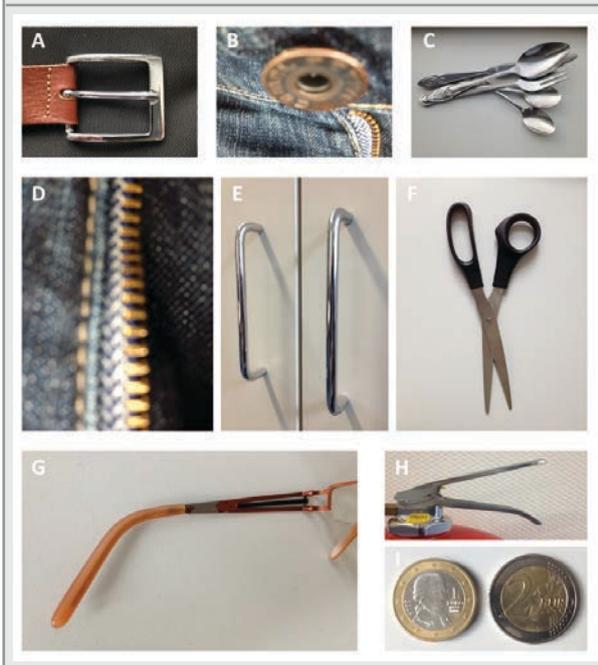
Humane Allergien haben in den vergangenen Jahren insbesondere in den Industrieländern stetig zugenommen und stellen weltweit eines der großen gesundheitlichen Probleme dar. Allein in Deutschland leiden circa 15–25 Prozent der Bevölkerung an einer Allergie. Bei der Hälfte aller Jugendlichen zeigen sich nachweisbare Sensibilisierungsanzeichen, sodass einige Autoren auch von der „Volkskrankheit Allergie“ sprechen (Ring 2010). Die World Allergy Organization (WAO) schätzt, dass heute circa 10–30 Prozent der Menschen in den westlichen Industrienationen von einer Allergie betroffen sind. Einige Autoren sprechen im Falle der USA bereits von einer Epidemie. Bemerkenswert

ist, dass sich ganz verschiedene Allergieformen am größten Organ des Menschen, und zwar der Haut, widerspiegeln. Das betrifft auch die Allergische Kontaktdermatitis (ACD) mit der sehr häufig auftretenden Nickelallergie, die durch nickelhaltige Materialien über Hautkontakt ausgelöst werden kann (**Abbildung 1**).

### **Folgen von allergischen Erkrankungen**

Allergien können auch weit jenseits der lebensbedrohlichen Reaktion eines Asthmaanfalls oder einer Anaphylaxie großes Leid hervorrufen, und zwar auch mit beachtlichen sozioökonomischen Folgen. So werden in Europa die Gesamtkosten auf über

**Abbildung 1: Gebrauchsgegenstände, die Nickel enthalten können: Gürtelschnalle (A), Jeansknopf (B), Besteck (C), Reißverschluss (D), Griff (E), Schere (F), Brillenbügel, der nach Abrieb Nickel freisetzt (G), Griff (H), Euro-Münzen (I). Quelle: BfR.**



29 Milliarden Euro pro Jahr geschätzt (Marshall 2004), wobei in Deutschland für berufsbedingte Hauterkrankungen inklusive Allergien circa 1,8 Milliarden Euro pro Jahr anfallen (Ring 2010). Beispiele einer schweren allergischen Berufskrankheit sind allergische Hauterkrankungen im Friseurberuf gegenüber Nickel oder dem Haarfärbemittel p-Phenylendiamin (PPD) beziehungsweise bei medizinischem Fachpersonal gegenüber nickelhaltigem Operationsmaterial.

### **Ursachen der Allergie: Genetische Disposition, Umweltfaktoren und Hygiene-Hypothese**

Als Ursachen der Allergiezunahme gelten nach aktuellem Stand der Forschung die genetische Prädisposition eines Menschen sowie Umweltfaktoren. Je nach Allergietyp, wie zum Beispiel Asthma, scheint der Anteil umweltbedingter Einflüsse bei der Entstehung der Erkrankung unterschiedlich zu sein (Adkinson 2003; Paul 2003; Murphy 2008). So wird etwa bei der Entstehung des allergischen Asthmas ein höherer Anteil genetischer Prädisposition angenommen als bei der humanen Kontaktallergie in der Haut (Ring 2010). Verantwortlich dafür scheinen unter anderem Einzelnukleotidaustausche in der DNA zu sein, die sogenannten SNPs (single nucleotide polymorphisms). Ein SNP ist eine Änderung der DNA-Sequenz durch den Austausch ei-

nes einzelnen Nukleotids. Diese Polymorphismen können individuell oder familiär gehäuft auftreten und ganz unterschiedliche Gene betreffen. SNPs werden zum Beispiel bei dem IgE-Rezeptor gefunden und determinieren hierüber dann die Pathophysiologie der allergischen Erkrankung mit (Sandford 1995). In diesem Forschungsfeld entsteht derzeit das neue vielversprechende interdisziplinäre Fachgebiet der sogenannten „Personalisierten Medizin“ (Kraft 2011; Matsui 2013). Für die Entstehung der Nickelallergie wurden bis heute noch keine entsprechenden SNPs nachgewiesen, auch wenn das Filaggrin-Gen und der TLR4-Rezeptor oder bestimmte Nickel-erkennende T-Zell-Rezeptoren diesbezüglich diskutiert werden (s. u.).

Folgende Beobachtungen sprechen für einen dominanten Einfluss von Umweltfaktoren bei der Entstehung von Allergien:

- 1) Bei einer Studie zwischen Ost- und Westdeutschen zeigte sich, dass die Ostdeutschen vermehrt an einer unspezifischen Bronchitis litten, wohingegen die Westdeutschen eher spezifische Heuschnupfen-Symptome und positive Hautreaktionen gegenüber luftgetragenen (aerogenen) Allergenen zeigten und auch öfter an Asthma litten (Nicolai 1997). Diese Unterschiede haben sich inzwischen weitgehend zugunsten der „westdeutschen Symptomatik“ aufgehoben (Ring 2010).
- 2) Die Anwesenheit von Stickoxiden in der Luft sowie das Rauchen während der Schwangerschaft und Stillzeit scheinen die Entstehung einer Allergie zu begünstigen (Schafer 1997; Studnicka 1997).
- 3) Unbelüftete Innenräume scheinen ein Mikroklima zu erzeugen, welches eine Allergieauslösung favorisiert (Warner 2000). Ob dieses auch mit der Keimbildung („Microbiota“) auf unserer Haut zusammenhängt, bedarf weiterer Untersuchungen (Grice 2011).
- 4) Weitere Studien stellten fest, dass für eine Allergie prädisponierte Kinder bereits zu ihrem Geburtszeitpunkt eine veränderte Immunantwort aufweisen. Pränatale, allergiebeeinflussende, wie plazental-fetale, immunologische Wechselwirkungen werden heute wissenschaftlich nicht mehr angezweifelt; auch nicht, dass weitere Umweltfaktoren wie Bakterien und Viren die Entstehung einer Allergie co-triggern: So wurde

beispielsweise auch eine negative Korrelation zu einer Allergieentstehung bei Personen mit einem positiven *Mycobacterium tuberculosis*-Test beschrieben (Shirakawa 1997), und auch virale Infektionen scheinen eine schützende Funktion bei der Allergieentstehung zu haben (Matricardi 1997). Ebenso scheint die Kindheit auf einem Bauernhof beziehungsweise das Vorhandensein von Haustieren vor Allergien zu schützen (Perzanowski 2002; von Mutius 2006). Diese Beobachtungen finden sich in der sogenannten Hygiene-Hypothese wieder, die verkürzt besagt, dass das Immunsystem in einem frühen Zeitfenster der Kindheit oder noch früher (prä-/perinatal), zum Beispiel durch Kontakt mit Mikroben oder Krankheitserregern, (epigenetisch) trainiert und getriggert werden muss, um später im Leben das betroffene Individuum vor Allergien zu schützen (Adkinson 2003; Michel 2013). Bemerkenswert in Bezug auf die Nickelallergie ist, dass viele Bakterien, auch jene auf der Haut, nickelhaltige Enzymsysteme (z. B. Urease) besitzen. So ist beispielsweise von *Helicobacter pylori*, einem Pathogen aus dem Magen des Menschen, bekannt, dass das humane Immunsystem besonders gut auf diese nickelhaltige und damit immunodominante Urease reagiert. Das bedeutet, dass andere nickelfreie pathogen-assoziierte Proteine weniger gut vom humanen Immunsystem erkannt werden.

### **Vorkommen**

Von über 2.000 bekannten Kontaktallergenen ist Nickel das häufigste Kontaktallergen des Menschen (Ring 2010; Schnuch 2012; Uter 2012). Allein in Europa sollen über 50 Millionen Personen betroffen sein, davon in Deutschland knapp zwei Millionen (Spiewak 2007; Martin 2011; Schnuch 2012). Warum ausgerechnet das Element Nickel solch ein hohes allergenes Potential besitzt, ist allerdings bis heute unklar. Jedoch hat die Industrialisierung mit dazu beigetragen, dass ein vermehrter Hautkontakt des Menschen zu Metallen wie Nickel, Cobalt und Chrom entstand und infolgedessen auch eine steigende Verbreitung der Metallallergie aufkam (Thyssen 2010).

### **Regulation und Produktsicherheit**

In den 1950er und -60er Jahren war das Tragen von metallischen Strumpfhalterungen bei Frauen von Bedeutung für das Auslösen einer Nickelallergie. Danach standen Jeansknöpfe und Reißverschlüs-

se im Vordergrund. In den 1980er Jahren kam das Piercing hinzu sowie das Tragen von nickelhaltigem Schmuck.

Die dänische Regierung hat bereits 1990 die Nickel-Freisetzung aus Bedarfsgegenständen begrenzt (Menne 1990; Thyssen 2010). 1994 folgte die Europäische Union mit der sogenannten Nickel-Richtlinie (Richtlinie 94/27/EG (EU 1994)). Darin heißt es zu Verbrauchersicherheit und Gesundheitsschutz, „dass die Anwesenheit von Nickel in bestimmten Gegenständen, die unmittelbar und länger mit der Haut in Berührung kommen, beim Menschen eine Empfindlichkeit gegenüber Nickel hervorrufen und zu allergischen Reaktionen führen kann. Daher sollte die Verwendung von Nickel in solchen Gegenständen begrenzt werden.“ Nickel und seine Verbindungen sind deshalb nicht zugelassen „in Stäben, die während der Epithelisation der beim Durchstechen verursachten Wunde in durchstochene Ohren oder andere durchstochene Körperteile eingeführt werden, und zwar unabhängig davon, ob die Stäbe später wieder entfernt werden; ausgenommen sind Stäbe, die homogen sind und deren Nickelkonzentration – ausgedrückt als Masse Nickel der Gesamtmasse – unter 0,05 % liegt“, ferner auch nicht „in Produkten, die unmittelbar und länger mit der Haut in Berührung kommen, wie zum Beispiel: – Ohrringen, – Halsketten, Armbändern und Ketten, Fußringen und Fingerringen, – Armbanduhrgehäusen, Uhrarmbändern und Spannern, – Nietknöpfen, Spangen, Nieten, Reißverschlüssen und Metallmarkierungen, wenn sie in Kleidungsstücken verwendet werden, sofern die Nickelfreisetzung von den Teilen dieser Produkte, die unmittelbar und länger mit der Haut in Berührung kommen, 0,5 µg/cm<sup>2</sup>/Woche übersteigt“ (EU 1994).

Da im Kontakt mit Blutplasma die Nickel-Freisetzungsraten von Gegenständen im Vergleich zu Schweiß stark erhöht ist, steigt zum Beispiel durch blutende Läsionen beim Piercing auch das potentielle Risiko, eine Nickelallergie auszulösen. Daher wurde der zugelassene Nickel-Freisetzungswert für „Erststecker“ beziehungsweise „Stäbe in jedweder Form“ nochmals in der EU-Richtlinie 2004/96/EG auf maximal 0,2 µg/cm<sup>2</sup> je Woche gesenkt (EU 2004; BfR 2008). Aufgrund großer interindividueller Unterschiede können einzelne sensibilisierte Personen aber bereits auf Nickel-Freisetzungsraten von „levels around 0,05 µg/cm<sup>2</sup>/week“ reagieren (Gawkrodger 1996; EU 2003). Diese Nickel-Frei-

Tabelle 1: Nickel-Grenzwerte.		
Nickel-Regulation	Nickel-Freisetzungsquelle	Referenz
0,5 µg Ni/cm <sup>2</sup> /Woche (Freisetzungsgrenzwert)	Begrenzung für Verbraucherprodukte mit direktem und längerem Hautkontakt, wie Schmuck, Piercing, Knöpfe, Reißverschlüsse etc.	EU 1994
0,2 µg Ni/cm <sup>2</sup> /Woche (Freisetzungsgrenzwert)	Begrenzung für Erststecker, Stäbe beim Piercing	EU 2004; EU 2006
0,5 µg Ni/cm <sup>2</sup> /Woche	Begrenzung für Spielzeug, nach REACH	BfR 2012; EU 2013
Nickel nicht erlaubt	Tätowiermittel	BfR 2013
Nickel-Freisetzung	Nickel-Freisetzungsquelle	Referenz
> 100 µg Ni/cm <sup>2</sup> /Woche	1- und 2 Euro-Münzen	Nestle 2002
96,1 µg Ni/cm <sup>2</sup> /Woche (Mittelwert)	Metall- und Modellbaukasten-Set (n=32)	Vieth 2013
20 µg Ni/cm <sup>2</sup> /Woche	Mobiltelefon (ab 2009 unter REACH) (Einzelfallbeispiel)	Jensen 2011
Nickel-Freisetzung	Nickel-Reaktivität	Referenz
0,05 µg/cm <sup>2</sup> /Woche (ca.)	Reaktion von sehr, sehr nickelreaktiven Personen (Einzelfallbeispiel)	Gawkrodger 1996; EU 2003

setzungsgrenzwerte finden sich nun auch in der REACH-Verordnung (EU 2006) wieder (**Tabelle 1**).

Um einen möglicherweise gefährdenden Hautkontakt bei Kindern zu vermeiden, ist der Nickel-Freisetzungsgrenzwert der REACH-Verordnung auch für entsprechendes Spielzeug anzuwenden (BfR 2012; EU 2013). Untersuchungen der Marktüberwachung haben gezeigt, dass dieser Grenzwert teilweise erheblich überschritten wird (Vieth 2013).

Nickel beziehungsweise seine Salze sind in Tätowiermitteln laut deutscher Tätowiermittelverordnung und Empfehlung des Europarates nicht als Inhaltstoffe erlaubt (BfR 2013). Auch Mobiltelefone, Headsets und Kinderkleidungsverschlüsse können im Einzelfall eine unerwartete Freisetzungsquelle von Nickel darstellen (Jensen 2011). Diese Daten zeigen, dass die Exposition der Verbraucher gegenüber Nickel einer kontinuierlichen und nachhaltigen Überwachung bedarf (Thyssen 2009a).

## Mechanismen der humanen Nickelallergie

### Prävalenz und Genetik

In der Bevölkerung ist die Prävalenz bei der Nickelallergie seit Jahren sehr hoch und liegt bei den Frauen bei circa 17 Prozent und bei den Männern bei 3 Prozent. Sinkende Zahlen finden sich in Dänemark, steigende Zahlen in den USA (Thyssen 2009a; Thyssen 2009b; Thyssen 2010). Der Informationsverbund Dermatologischer Kliniken (IVDK) spricht je nach Alter auch in Deutschland von einem leichten Rückgang Nickel-reaktiver Personen (Schnuch

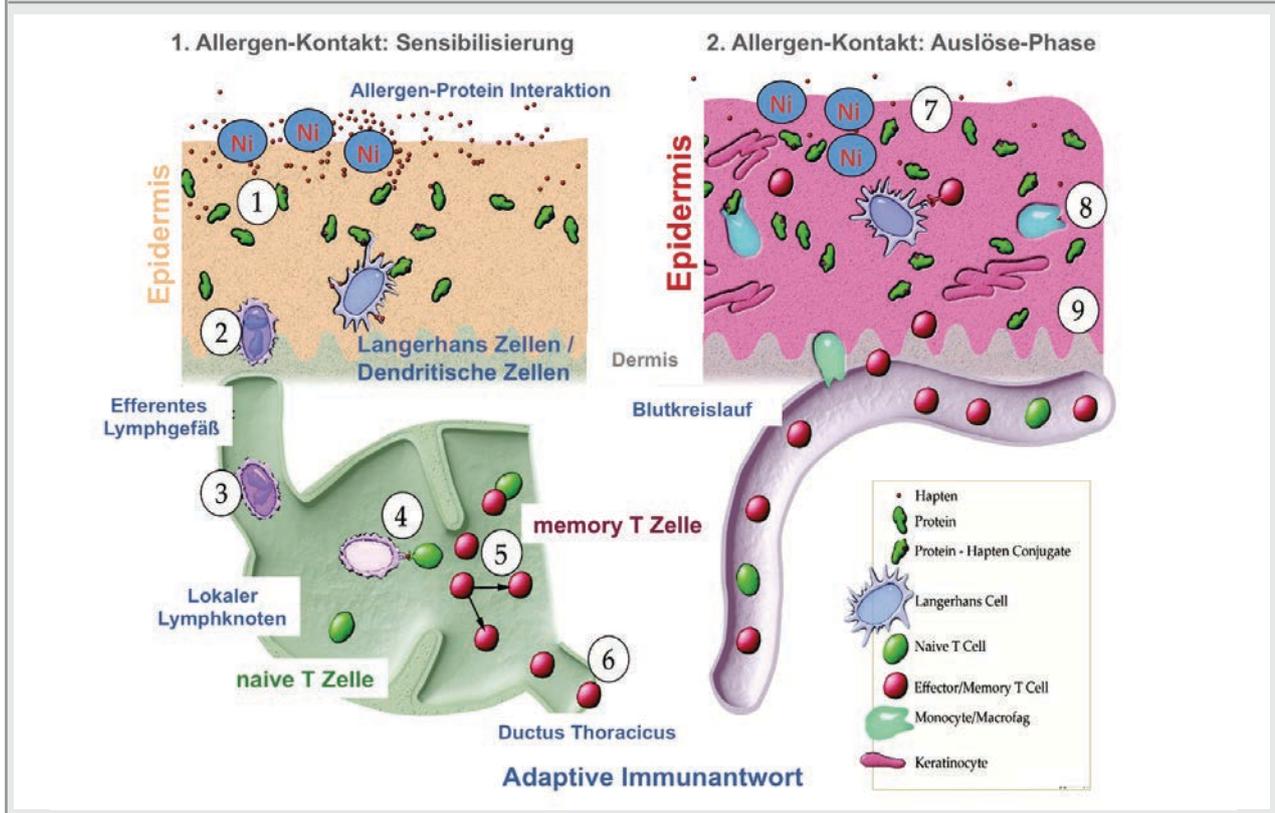
2013; Schnuch 2012; Uter 2012). Dieser Rückgang wird den eingeführten Restriktionen zugeschrieben. Ein Blick auf die Daten des IVDK zeigt, dass, ab der Wirksamkeit der EU-Richtlinie 2004/96/EG, also ab 2005/2006 bis 2011/2012, ein altersabhängiger Trend bei den gegenüber Nickel sensibilisierten Frauen zu beobachten ist. Generell zeigt sich ein abfallender Trend bei den Patientinnen, insbesondere bei den jüngeren, jedoch nicht in der Altersgruppe der 45- bis 60-Jährigen. In der Gruppe der 31- bis 44-Jährigen und 61- bis 99-Jährigen zeigte sich ebenso ein Abfall in der Frequenz der positiv Getesteten, jedoch seit 2009/10 wieder ein leichter Anstieg (Schnuch 2012; Schnuch 2013). Ob dieses mit langjährig persistierenden Nickel-Ionen in der Haut erklärbar ist, oder vielleicht doch eher durch einen Neukontakt, bleibt zu klären. Auffällig ist die überproportionale Nickelallergie-Häufigkeit bei Frauen. Dieses wird partiell dadurch erklärt, dass Frauen den Nickel-Ionen vermehrt ausgesetzt sind, sei es durch Schmuck, Piercing oder durch Feuchtbereich-Arbeiten im Haushalt (nickelhaltige Töpfe etc.), und sie auf diese Weise eher Kontakt zu nickelhaltigen Produkten haben (Ring 2010).

Daten genetischer Studien, auch von Zwillingen, lassen keinen eindeutigen Schluss auf eine Prädisposition zur Nickelallergie zu.

### Klassische Mechanismen der humanen Nickelallergie

In der klinischen Praxis wird die Nickelallergie der Antikörper-unabhängigen, T-Zell-vermittelten Typ IV-Allergie zugeordnet. Diese Form der Allergie ist nach aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen

Abbildung 2: Modell der humanen Nickelallergie in der Haut. Modifiziert nach Karlberg, 2008. Quelle: BfR



durch folgende molekulare Schritte gekennzeichnet (**Abbildung 2**):

Nach Haut-Penetration bindet klassischerweise die niedermolekulare (<500 Dalton), oftmals elektrophile, nicht-immunogene Substanz an ein körpereigenes Protein und wird dadurch vom Immunsystem erkannt (Martin 2006; Martin 2010; Martin 2012; Peiser 2012a; Peiser 2012b). Diese sogenannte „Haptenisierung“ gehört zu den Schlüsselereignissen der ACD. Innovative proteomische Studien zu Nickel-Protein-Interaktionen zeigten unter anderem eine Bindung an sogenannte Hitzeschockproteine (HSP) (Heiss 2005; Martin 2006; Thierse 2008). Diese früh induzierbaren, inflammatorischen „Danger“-Moleküle ko-regulieren die Immunantwort (Matzinger 1994; Matzinger 2002; Seong 2004). Auch Nickel reguliert deren Expression in der Haut (Carroll 2000). Neuere *in vitro*-Tests zur Identifizierung von potentiell allergenen Substanzen versuchen diesen Schritt der Proteinbindung zu imitieren und messbar zu machen (Gerberick 2004; Gerberick 2009; Dietz 2013).

Die Nickel-Protein-Komplexe werden von den Antigen-präsentierenden Zellen (APCs) internalisiert (Langerhans-Zellen in der Haut), wobei derzeit

eine wissenschaftliche Debatte um die Bedeutung der Langerhans-Zellen bei der Immunantwort und der Allergieentstehung geführt wird (Martin 2012; Romani 2012; Polak 2012).

Gleichzeitig werden in der Epidermis Keratinozyten aktiviert. Diese Zellen produzieren Cytokine und Chemokine, welche dazu beitragen, dass sich die APCs aus der Matrix lösen und in Richtung des lokalen Lymphknoten migrieren. Währenddessen erfolgt die Reifung der Zellen sowie die intrazelluläre Prozessierung der Nickel-Protein-Komplexe. Beides sind zentrale Elemente einer Haut-Sensibilisierung. Jedoch ist diese zelluläre Metall-Prozessierung bis heute unverstanden. Eine Möglichkeit könnte sein, dass in Haut und Schweiß vorhandenes Albuminprotein als Nickel-Albumin-Komplex daran mit beteiligt ist (Thierse 2004; Thierse 2005).

Im lokalen Lymphknoten erfolgt dann die „Präsentation“ des prozessierten Nickel-Peptid-Komplexes oder des Nickel-induzierten Epitopes. Bei der Nickelallergie wurden sowohl peptidunabhängige als auch peptidabhängige Nickel-Reaktionen gemessen. Als Reaktion auf die Präsentation erfolgt im lokalen Lymphknoten eine polyklonale Epitop-spezifische T-Zell-Aktivierung. Es entstehen reaktive

Klone, die sowohl durch Nickel-Salze (z. B. NiSO<sub>4</sub>) als auch durch Nickel-Protein-Komplexe aktiviert werden können (Thierse 2004; Heiss 2005).

Die im lokalen Lymphknoten gebildeten sogenannten „Effektor-Memory“-T-Zellen gelangen dann über das Blut in die Haut. Es handelt sich um CD4- und CD8-positive T-Zellen (CD4+, CD8+), und es wurden auch sogenannte T<sub>regs</sub> (regulatorische T-Zellen) und TH17-Zellen beschrieben (Cavani 2003; Pennino 2010; Martin 2011). In der Haut stehen diese Memory-T-Zellen danach für einen zweiten Allergen-/Haptenkontakt bereit.

Bei einem Zweitkontakt kommt es zu folgenden Reaktionen: Die Zell-/Gewebe-Reaktivierung führt zu einem neuen Cytokin-/Chemokin-Ausstoß, welcher weitere Zellen anlockt, zum Beispiel neutrophile Granulozyten. Auch dieses Ereignis der T-Zell-Reaktivierung versucht man *in vitro* zu simulieren, um Kontaktallergene zu identifizieren und entsprechende Tierversuche einzuschränken (Dietz 2010; Basketter 2012; Richter 2013). Nach circa 24 bis 48 Stunden erfolgt die DTH-Reaktion (Delayed-type hypersensitivity, DTH), eine Haut-Immunreaktion vom verzögerten Typ. Im Unterschied zum Nickel-Erstkontakt ist diese Reaktion differential-diagnostisch detektier- und semiquantifizierbar.

### **Neue Erkenntnisse und molekulare Konzepte bei der ACD**

Frühe angeborene inflammatorische Reaktionen triggern eine verzögerte erworbene Immunantwort im Rahmen einer Hautallergie mit. Hierzu gehört sicherlich auch das sogenannte Danger-Signaling, also die frühe Induktion von Signalmolekülen, die eine immunologische Gefahr widerspiegeln oder anzeigen. Darunter sind auch die bereits erwähnten Nickel-induzierten Hitzeschockproteine zu rechnen. Hierdurch entsteht ein spezifisches lokales „Microenvironment“, welches die spätere adaptive Immunantwort begünstigt (Matzinger 1994; Seong 2004). Heute findet sich dieses duale Konzept auch bei der ACD wieder. So spricht man auch von einem „dualen Effekt“ der Kontaktallergene, und zwar einem angeborenen inflammatorischen – manche sprechen von einem adjuvanten – Effekt oder dem Irritanz-Effekt und dem erworbenen (adaptiven) Effekt, der durch die Allergen-spezifischen T-Zellen vermittelt wird. Zu den molekularen Prozessen, die durch Kontaktallergene ausgelöst werden, gehören unter anderem die Aktivierung des NLRP3-Inflamosoms, die Bildung von reaktiven

Sauerstoffverbindungen, die Aktivierung des Keap1-Nrf2-Signalweges oder auch die Partizipation des Aryl-Hydrocarbon-Rezeptors, welcher auch an der Bildung von TH17-Zellen beteiligt ist (Martin 2012). Auch der Keap1-Nrf2-Signalweg wird aktuell dazu verwendet, einen neuen alternativen *in vitro*-Assay zu etablieren und ist bereits aufgrund seiner möglichen Bedeutung in der Regulation international zur Kenntnis genommen worden (Basketter 2008; Emter 2013).

Genomics- und Proteomics-Technologien tragen dazu bei, potentiell Allergen-spezifische Signalwege zu identifizieren. So hat nicht nur das EU-Projekt „Sens-it-iv“ (<http://www.sens-it-iv.eu>) mit dazu beigetragen, neuartige systembiologische Ansätze zu wählen, um das molekulare Grundverständnis der ACD zu verbessern und Voraussetzungen zu schaffen, welche die Entwicklung neuer Assays unterstützen (Martin 2010). Dazu gehören die *in vitro*-Assays GARD und Vitosens, aber auch Chemikalien-spezifische proteomische Profile (Thierse 2012; Johansson 2013). Bei dem genomischen und proteomischen Datenvergleich zeigte das Metall Nickel allerdings oftmals ein deutlich anderes zelluläres Reaktionsmuster als die anderen getesteten kovalent reagierenden Kontaktallergene. Bezogen auf die Nickel-spezifische T-Zell-Reaktivität ergeben sich daher weiterhin zahlreiche offene Fragen. Dies betrifft zum Beispiel Fragen nach den T-Zellepitopen, auch wenn es hier in Bezug auf Nickel einige Fortschritte gab (Yin 2012). Neue metallspezifische Epitope wurden kürzlich auch von Beryllium beschrieben, wobei dieses Leichtmetall unterhalb des MHC-gebundenen Peptides komplexierte (Keystone 2014). Erstaunlicherweise haben sich in diesem Fall neue Selbst-Peptid-Epitope ausgebildet, wie sie auch schon für „kryptische Gold-Epitope“ diskutiert wurden (Griem 1995; Dai 2010; Falta 2010; Falta 2013).

Bei zahlreichen immunologischen Fragestellungen und experimentellen Immunmodellen hat sich gezeigt, dass ein neu entdeckter Zelltypus von großer Relevanz ist, und zwar die angeborenen lymphoiden Zellen (Scanlon 2012). Inwieweit diese nicht nur die Immunität des Darmes, sondern auch die der Lunge und in der allergischen humanen Haut mit beeinflussen, ist eine sehr spannende aktuelle Frage, deren Klärung weiterer Forschungsanstrengungen bedarf (Keystone 2014). Weitere wichtige und in der Forschung zu adressierende Aspekte der Nickelallergie sind die individuelle Ernährung, die

Verteilung von Nickel im Körper (Aufnahme und Sekretion) und die Rolle des Microbioms in Bezug auf die Kontaktallergie, einerseits aus Sicht der bakteriellen Besiedlung der Haut und andererseits systemisch aus Sicht der Besiedlung des Darmes mit indirektem Einfluss auf die Haut.

## Fazit

Allergien stellen ein sehr ernst zu nehmendes und steigendes Gesundheitsproblem dar. Nickel ist ein natürliches, ubiquitär vorkommendes Metall. In den industrialisierten, modernen Gesellschaften ist es Bestandteil unzähliger Produkte. Diese Produkte können zum Beispiel Arbeitswerkzeuge sein oder alltägliche Verbrauchergegenstände sowie Bestandteile von Hautkontaktmaterialien (wie Jeansknöpfe, Uhrarmbänder oder Gürtel/Verbandsschnallen) oder auch Kontaminanten von Tätowierfarben. Da Nickel das häufigste ACD-auslösende humane Kontaktallergen darstellt, ist es erforderlich den Kontakt mit dem Metall zu begrenzen. Zahlreiche Berufsgruppen sind von einer Nickelallergie betroffen. Die EU hat entsprechende Richtlinien zur Begrenzung des Nickel-Kontaktes durch bestimmte Verbraucherprodukte erlassen. Ältere Richtlinien werden heute unter REACH fortgeführt. Aktualisierungen schließen neuere Nickel-Quellen mit ein, zum Beispiel Mobiltelefone oder Spielzeug. Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) hat in den vergangenen Jahren zu unterschiedlichen nickelhaltigen Produkten Stellung bezogen (u. a. Spielzeug, Tattoo, Duftkerzen). Es ist abzusehen, dass auch in Zukunft entsprechende Produktanalysen und Nickel-spezifische Restriktionen erforderlich sein werden. Darüber hinaus wird es notwendig sein, das Grundverständnis zur Allergieentstehung zu verbessern und diesbezüglich weitere molekulare, proteomische und genomische Forschungsanstrengungen zu unternehmen. Diese werden auch dazu beitragen können, neue und dringend benötigte prädiktive *in vitro*-Assays zu entwickeln. Auch nach dem erfolgreichen „Sens-it-iv“-Projekt (<http://www.Sens-it-iv.eu>) stecken solche Bemühungen in der EU noch immer in den Kinderschuhen (Basketter 2008; Basketter 2012; Basketter 2013).

## Literatur

Adkinson NF, Yunginger JW, Busse WW et al. (2003): Middleton's Allergy: Principles and Practice. Philadelphia, Pennsylvania, USA, Mosby.

Basketter D, Alepee N, Casati S et al. (2013): Skin sensitisation--moving forward with non-animal testing strategies for regulatory purposes in the EU. In: Regul Toxicol Pharmacol 67(3): 531–535.

Basketter DA, Clewell H, Kimber I et al. (2012): A roadmap for the development of alternative (non-animal) methods for systemic toxicity testing - t4 report\*. In: ALTEX 29(1): 3–91.

Basketter DA (2008): Nonanimal alternatives for skin sensitization: a step forward? In: Toxicol Sci 102(1): 1–2.

BfR (2013): Nickel in Tätowiermitteln kann Allergien auslösen. Stellungnahme 012. Bundesinstitut für Risikobewertung. <http://www.bfr.bund.de>.

BfR (2012): Kontaktallergene in Spielzeug: Gesundheitliche Bewertung von Nickel und Duftstoffen. Stellungnahme 010. Bundesinstitut für Risikobewertung. <http://www.bfr.bund.de>.

BfR (2008): Piercing kann zur Sensibilisierung gegenüber Nickel führen. Stellungnahme 046. Bundesinstitut für Risikobewertung. <http://www.bfr.bund.de>.

Carroll S, Wood EJ (2000): Exposure of human keratinocytes and fibroblasts in vitro to nickel sulphate ions induces synthesis of stress proteins Hsp72 and Hsp90. In: Acta Derm Venereol 80(2): 94–97.

Cavani A, Nasorri F, Ottaviani C et al. (2003): Human CD25+ regulatory T cells maintain immune tolerance to nickel in healthy, nonallergic individuals. In: J Immunol 171(11): 5760–5768.

Dai S, Murphy GA, Crawford F et al. (2010): Crystal structure of HLA-DP2 and implications for chronic beryllium disease. In: Proc Natl Acad Sci U S A 107(16): 7425–7430.

Dietz L, Kinzebach S, Ohnesorge S et al. (2013): Proteomic allergen-peptide/protein interaction assay for the identification of human skin sensitizers. In: Toxicol In Vitro 27(3): 1157–1162.

Dietz L, Esser PR, Schmucker SS et al. (2010): Tracking human contact allergens: from mass spectrometric identification of peptide-bound reactive small chemicals to chemical-specific naive human T-cell priming. In: Toxicol Sci 117(2): 336–347.

Emter R, van der Veen JW, Adamson G et al. (2013): Gene expression changes induced by skin sensitizers in the KeratinoSens cell line: Discriminating Nrf2-dependent and Nrf2-independent events. In: Toxicol In Vitro 27(8): 2225–2232.

EU (2013): TSD explanatory guidance document (rev 1.7). Manual for all parties affected by Directive 2009/48/EC, commonly referred as the TSD (Toy Safety Directive). Guidance Document, Expert Group on Toy Safety 2013 / Rev 1.7 / 13/12/2013: [http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/toys/documents/directives/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/toys/documents/directives/index_en.htm).

EU (2006): Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Dezember 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH), zur Schaffung einer Europäischen Agentur für chemische Stoffe, zur Änderung der Richtlinie 1999/45/EG und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 793/93 des Rates, der Verordnung (EG) Nr. 1488/94 der Kommission, der Richtlinie 76/769/EWG des Rates sowie der Richtlinien 91/155/EWG,

- 93/67/EWG, 93/105/EG und 2000/21/EG der Kommission. Verordnung, Amtsblatt Nr. L 396 vom 30.12.2006, S. 1–851 1907/2006. <http://eur-lex.europa.eu/de/index.htm>.
- EU (2004): Richtlinie 2004/96/EG der Kommission vom 27. September 2004 zur Änderung der Richtlinie 76/769/EWG des Rates vom 27. Juli 1976 hinsichtlich der Beschränkungen des Inverkehrbringens und der Verwendung von Nickel für nach dem Durchstechen von Körperteilen eingeführte Erststecker zwecks Anpassung ihres Anhangs I an den technischen Fortschritt (Text von Bedeutung für den EWR). Richtlinie, Amtsblatt Nr. L 301 vom 28/09/2004 S. 0051 – 0052 2004/96/EG. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:32004L0096&qid=1412188050147&from=EN>.
- EU (2003): Opinion on the LGC's Report on "Risks of sensitisation of human to nickel by piercing post assemblies"(Final report 31 March 2003 - Contract No. EDT/FIF.2001592) Adopted by the CSTE during the 40th plenary meeting of 12-13 November 2003. Opinion Scientific Committee on Toxicity, Ecotoxicity and the Environment 2003/53/EG. [http://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/environmental\\_risks/opinions/sctee/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/environmental_risks/opinions/sctee/index_en.htm).
- EU (1994): Richtlinie 94/27/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Juni 1994 zur zwölften Änderung der Richtlinie 76/769/EWG zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten für Beschränkungen des Inverkehrbringens und der Verwendung gewisser gefährlicher Stoffe und Zubereitungen. Richtlinie, Amtsblatt Nr. L 188 vom 22/07/1994 S. 0001 – 0002 94/27/EG. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:31994L0027&qid=1412188211437&from=EN>.
- Falta MT, Pinilla C, Mack DG et al. (2013): Identification of beryllium-dependent peptides recognized by CD4+ T cells in chronic beryllium disease. In: *J Exp Med* 210(7): 1403–1418.
- Falta MT, Bowerman NA, Dai S et al. (2010): Linking genetic susceptibility and T cell activation in beryllium-induced disease. In: *Proc Am Thorac Soc* 7(2): 126–129.
- Gawkrodger DJ (1996): Nickel dermatitis: how much nickel is safe? In: *Contact Dermatitis* 35(5): 267–271.
- Gerberick GF, Troutman JA, Foertsch LM et al. (2009): Investigation of peptide reactivity of pro-hapten skin sensitizers using a peroxidase-peroxide oxidation system. In: *Toxicol Sci* 112(1): 164–174.
- Gerberick GF, Vassallo JD, Bailey RE et al. (2004): Development of a peptide reactivity assay for screening contact allergens. In: *Toxicol Sci* 81(2): 332–343.
- Grice EA, Segre JA (2011): The skin microbiome. In: *Nat Rev Microbiol* 9(4): 244–253.
- Griem P, Gleichmann E (1995): Metal ion induced autoimmunity. In: *Curr Opin Immunol* 7(6): 831–838.
- Heiss K, Junkes C, Guerreiro N et al. (2005): Subproteomic analysis of metal-interacting proteins in human B cells. In: *Proteomics* 5(14): 3614–3622.
- Jensen CS, Johansen JD, Zachariae C et al. (2011): Excessive nickel release from mobile phones – a persistent cause of nickel allergy and dermatitis. In: *Contact Dermatitis* 65: 354–358.
- Johansson H, Albrekt AS, Borrebaeck CA et al. (2013): The GARD assay for assessment of chemical skin sensitizers. In: *Toxicol In Vitro* 27(3): 1163–1169.
- Karlberg AT, Bergström MA, Börje A et al. (2008): In: *Chem Res Toxicol* 21(1): 53–69.
- Keystone (2014): Keystone Symposium, Emerging Cytokine Networks and Inflammatory Diseases: Recent Advances in Basis and Translational Research and Therapeutic Treatments, Vancouver, Canada, January 17–22.
- Kraft M (2011): Asthma phenotypes and interleukin-13--moving closer to personalized medicine. In: *N Engl J Med* 365(12): 1141–1144.
- Marshall JB (2004): European Allergy White Paper – Allergic Diseases as a Public Health Problem in Europe. The UCB Institute of Allergy.
- Martin SF (2012): Allergic contact dermatitis: xenoinflammation of the skin. In: *Curr Opin Immunol* 24(6): 720–729.
- Martin SF, Esser PR, Weber FC et al. (2011): Mechanisms of chemical-induced innate immunity in allergic contact dermatitis. In: *Allergy* 66(9): 1152–1163.
- Martin SF, Esser PR, Schmucker S et al. (2010): T-cell recognition of chemicals, protein allergens and drugs: towards the development of in vitro assays. In: *Cell Mol Life Sci* 67(24): 4171–4184.
- Martin SF, Merfort I, Thierse HJ (2006): Interactions of chemicals and metal ions with proteins and role for immune responses. In: *Mini Rev Med Chem* 6(3): 247–255.
- Matricardi PM, Rosmini F, Ferrigno L et al. (1997): Cross sectional retrospective study of prevalence of atopy among Italian military students with antibodies against hepatitis A virus. In: *BMJ* 314(7086): 999–1003.
- Matsui S (2013): Genomic biomarkers for personalized medicine: development and validation in clinical studies. In: *Comput Math Methods Med* 2013: 865980.
- Matzinger P (2002): The danger model: a renewed sense of self. In: *Science* 296: 301–305.
- Matzinger P (1994): Tolerance, danger, and the extended family. In: *Annu Rev Immunol* 12: 991–1045.
- Menne T, Rasmussen K (1990): Regulation of nickel exposure in Denmark. In: *Contact Dermatitis* 23(1): 57–58.
- Michel S, Busato F, Genuneit J et al. (2013): Farm exposure and time trends in early childhood may influence DNA methylation in genes related to asthma and allergy. In: *Allergy* 68(3): 355–364.
- Murphy K, Travers P, Walport M (2008): *Janeway's Immunobiology*. New York, Garland Science.
- Nestle F, Speidel H, Speidel M (2002): High nickel release from 1- and 2-euro coins. In: *Nature* 419: 132.
- Nicolai T (1997): Epidemiology of pollution-induced airway disease: urban/rural differences in East and West Germany. In: *Allergy* 52(38 Suppl): 26–29; discussion 35–26.
- Paul WE (2003): *Fundamental Immunology*. Philadelphia, PA 19106 USA, Lippincott Williams & Wilkins.
- Peiser M, Platzek T, Luch A (2012a): Bewertung des sensibilisierenden Potenzials von Stoffen in Kosmetika und Bedarfsgegenständen. Wie werden Inhaltsstoffe von

- Kosmetika und Bedarfsgegenständen heute und morgen in Europa getestet? In: Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz 55(3): 373–379.
- Peiser M, Tralau T, Heidler J et al. (2012b): Allergic contact dermatitis: epidemiology, molecular mechanisms, in vitro methods and regulatory aspects. Current knowledge assembled at an international workshop at BfR, Germany. In: *Cell Mol Life Sci* 69(5): 763–781.
- Pennino D, Eyerich K, Scarponi C et al. (2010): IL-17 amplifies human contact hypersensitivity by licensing hapten nonspecific Th1 cells to kill autologous keratinocytes. In: *J Immunol* 184(9): 4880–4888.
- Perzanowski MS, Ronmark E, Platts-Mills TA et al. (2002): Effect of cat and dog ownership on sensitization and development of asthma among preteenage children. In: *Am J Respir Crit Care Med* 166(5): 696–702.
- Polak ME, Newell L, Taraban VY, Pickard C, Healy E, Friedmann PS, Al-Shamkhani A, Ardern-Jones MR (2012): In: *J Invest Dermatol* 132(6):1636–44.
- Richter A, Schmucker SS, Esser PR et al. (2013): Human T cell priming assay (hTCPA) for the identification of contact allergens based on naive T cells and DC--IFN-gamma and TNF-alpha readout. In: *Toxicol In Vitro* 27(3): 1180–1185.
- Ring J, Fuchs T, Schulz-Werninghaus G (2010): Weissbuch Allergie in Deutschland 2010. 2. Aufl.
- Romani N, Brunner PM, Stingl G (2012): Changing views of the role of Langerhans cells. In: *J Invest Dermatol* 132(3):872–881.
- Sandford AJ, Moffatt MF, Daniels SE et al. (1995): A genetic map of chromosome 11q, including the atopy locus. In: *Eur J Hum Genet* 3(3): 188–194.
- Scanlon ST, McKenzie AN (2012): Type 2 innate lymphoid cells: new players in asthma and allergy. In: *Curr Opin Immunol* 24(6): 707–712.
- Schafer T, Ring J (1997): Epidemiology of allergic diseases. In: *Allergy* 52(38 Suppl): 14–22; discussion 35–36.
- Schnuch A, Schwitulla J (2013): Decrease in nickel allergy in women after the second EU nickel directive. In: *Contact Dermatitis* 69(4): 253–256.
- Schnuch A, Uter W, Lessmann H et al. (2012): Klinische Epidemiologie und Prävention der Kontaktallergien. Der Beitrag des Informationsverbundes Dermatologischer Kliniken (IVDK). In: Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz 55(3): 329–337.
- Seong SY and Matzinger P (2004): Hydrophobicity: an ancient damage-associated molecular pattern that initiates innate immune responses. In: *Nat Rev Immunol* 4(6): 469–478.
- Shirakawa T, Enomoto T, Shimazu S et al. (1997): The inverse association between tuberculin responses and atopic disorder. In: *Science* 275(5296): 77–79.
- Spiewak R, Pietowska J, Curzytek K (2007): Nickel: a unique allergen - from molecular structure to European legislation. In: *Expert Rev Clin Immunol* 3: 851–9.
- Studnicka M, Hackl E, Pischinger J et al. (1997): Traffic-related NO<sub>2</sub> and the prevalence of asthma and respiratory symptoms in seven year olds. In: *Eur Respir J* 10(10): 2275–2278.
- Thierse HJ, Budde P, Dietz L et al. (2012): Proteomic Identification of allergen-regulated proteins and allergen-protein interaction networks in assisting biomarker and assay development. Kerala, India, Transworld Research Network.
- Thierse HJ, Helm S and Pankert P (2008): Metalloproteomics in the molecular study of cell physiology and disease. In: *Methods Mol Biol* 425: 139–147.
- Thierse HJ, Gamerding K, Junkes C et al. (2005): T cell receptor (TCR) interaction with haptens: metal ions as non-classical haptens. In: *Toxicology* 209(2): 101–107.
- Thierse HJ, Moulon C, Allespach Y et al. (2004): Metal-protein complex-mediated transport and delivery of Ni<sup>2+</sup> to TCR/MHC contact sites in nickel-specific human T cell activation. In: *J Immunol* 172(3): 1926–1934.
- Thyssen JP, Menne T (2010): Metal allergy--a review on exposures, penetration, genetics, prevalence, and clinical implications. In: *Chem Res Toxicol* 23(2): 309–318.
- Thyssen JP, Johansen JD (2009a): Mobile phones are now covered by the European Union Nickel Directive. In: *Contact Dermatitis* 61(1): 56–57.
- Thyssen JP, Linneberg A, Menne T et al. (2009b): Contact allergy to allergens of the TRUE-test (panels 1 and 2) has decreased modestly in the general population. In: *Br J Dermatol* 161(5): 1124–1129.
- Uter W, Aberer W, Armario-Hita JC et al. (2012): Current patch test results with the European baseline series and extensions to it from the 'European Surveillance System on Contact Allergy' network, 2007-2008. In: *Contact Dermatitis* 67(1): 9–19.
- Vieth B (2013): Nickelfreisetzung aus Spielzeug. In: Berichte zur Lebensmittelsicherheit 2012. Bundesweiter Überwachungsplan 2012. Gemeinsamer Bericht des Bundes und der Länder. BVL-Report 8.2. Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit: 31–33.
- von Mutius E, Schmid S, Group PS (2006): The PASTURE project: EU support for the improvement of knowledge about risk factors and preventive factors for atopy in Europe. In: *Allergy* 61(4): 407–413.
- Warner JA (2000): Controlling indoor allergens. In: *Pediatr Allergy Immunol* 11(4): 208–219.
- Yin L, Crawford F, Marrack P et al. (2012): T-cell receptor (TCR) interaction with peptides that mimic nickel offers insight into nickel contact allergy. In: *Proc Natl Acad Sci U S A* 109(45): 18517–18522

(Abrufdatum für alle Internetadressen: 05.10.2014)

## Kontakt

PD Dr. Hermann-Josef Thierse  
Abteilung für Chemikalien- und Produktsicherheit  
Bundesinstitut für Risikobewertung  
Max-Dohrn-Str. 8–10  
10589 Berlin  
E-Mail: Hermann-Josef.Thierse[at]bfr.bund.de

[BfR]

# Die Häufigkeit von Sensibilisierungen gegen Allergene von Beifuß und Ambrosia. Ergebnisse der Studie des Robert Koch-Instituts zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1)

Frequency of sensitizations to allergens of mugwort and ragweed.  
Results of the German Health Interview and Examination Survey for Adults (DEGS1) of the Robert Koch Institute

Detlef Laußmann, Marjolein Haftenberger, Michael Thamm

## Abstract

In view of the increasing health impact of allergens of the ragweed-mugwort-complex (RMC) blood samples from a population based sample of 7,025 participants of the German Health Interview and Examination Survey for Adults (DEGS1) of the Robert Koch-Institute aged 18 to 79 years were analyzed for specific IgE antibodies against pollen extract of mugwort (*Artemisia vulgaris*) and pollen extracts of three ragweed species (*Ambrosia artemisiifolia*, *A. psilostachya*, *A. trifida*) as well as the major allergens of common ragweed (nAmb a 1) and mugwort (nArt v 1). Among the participants n=788 (11.2%) were sensitized to at least one allergen of the RMC. 9percent of the participants were sensitized to pollen extract of mugwort, and the frequency of sensitization to pollen extracts of the three ragweed species were about 8percent. Clearly lower prevalences of sensitizations to the major allergens nAmb a 1 (0.4%) and nArt v 1 (3.9%) were observed. Results of the analysis of IgE-sensitization patterns of the 788 test-positive samples shows a small proportion (2.9%) of co-sensitized to both major allergens. The comparatively high prevalence of sensitization to pollen extracts of Ambrosia is probably substantially due to cross-reactions with homologous mugwort allergens.

## Zusammenfassung

In Hinblick auf die wachsende gesundheitliche Bedeutung von Allergenen des Ambrosia-Beifuß-Komplexes (ABK) wurden zwischen 2008 und 2011 Blutproben einer bevölkerungsbasierten Stichprobe von 7.025 Teilnehmenden der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1) im Alter von 18 bis 79 Jahren auf spezifische IgE-Antikörper gegen Pollenextrakte des gewöhnlichen Beifuß (*Artemisia vulgaris*), der drei Ambrosia-Arten (*Ambrosia artemisiifolia*, *A. psilostachya*, *A. trifida*) sowie gegen die Majorallergene der Beifuß-Ambrosie (nAmb a 1) und des Beifuß (nArt v 1) analysiert. Von den Teilnehmenden der Studie waren n=788 (11,2%) gegen mindestens ein Allergen des ABK sensibilisiert. Gegen den Pollenextrakt von Beifuß waren 9Prozent und gegen die Pollenextrakte der drei Ambrosia-Arten etwa 8Prozent sensibilisiert. Deutlich niedrigere Prävalenzen wurden für Sensibilisierungen gegen die beiden Majorallergene nAmb a 1 (0,4%) und nArt v 1 (3,9%) beobachtet. Ergebnisse der IgE-Reaktionsmuster-Analyse zeigen, dass von den 788 testpositiven Proben nur ein geringer Anteil (2,9%) gegen beide Majorallergene ko-sensibilisiert war. Die vergleichsweise hohe Prävalenz der Sensibilisierung gegen Pollenextrakt von Ambrosia ist wahrscheinlich im Wesentlichen durch Kreuzreaktionen mit homologen Beifuß-Allergenen bedingt.

## Einleitung

Spezies aus der Familie der Korbblütengewächse (*Asteraceae*), die von den Hochsommermonaten bis in den Frühherbst blühen, sind bedeutende Auslöser von Typ I-Allergien. Zu den bedeutendsten Vertretern dieser Gruppe gehört in unseren geographischen Breiten der gewöhnliche Beifuß (*Artemisia vulgaris*). Kommt es durch Pollen dieser Spezies zu

einer Exposition, kann der Organismus darauf mit der Bildung spezifischer Immunantikörper (IgE) gegen diese Allergenquelle reagieren, die im Blut nachweisbar sind. Dieser Vorgang wird als Sensibilisierung bezeichnet. Eine Sensibilisierung stellt eine Vorbedingung dafür dar, dass sich bei erneutem Allergenkontakt bei prädisponierten Personen

eine Allergie gegen Auslöser der Sensibilisierung entwickeln kann.

Neben dem Beifuß ist in den letzten Jahren im Zusammenhang mit dem Klimawandel ein weiterer Vertreter aus dieser Pflanzenfamilie aufgrund seiner allergologischen Bedeutung in den Blickpunkt des Interesses gerückt: das Beifußblättrige Traubenkraut oder die Beifuß-Ambrosie (*Ambrosia artemisiifolia*) (Smith et al. 2013). Aus diesem Grunde wurden im Rahmen des Allergiemonitorings der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1) auch Sensibilisierungshäufigkeiten gegen Allergene des Ambrosia-Beifuß-Komplexes bestimmt. In diesem Beitrag werden das Auftreten von Sensibilisierungen gegen Pollenextrakte des gewöhnlichen Beifuß (*Artemisia vulgaris*), der drei Ambrosia-Arten (*Ambrosia artemisiifolia*, *A. psilostachya*, *A. trifida*), sowie gegen die Majorallergene der Beifuß-Ambrosie (nAmb a 1) und des Beifuß (nArt v 1) anhand von Daten des DEGS1 beschrieben und Ergebnisse der Analyse von IgE-Reaktionsmustern vorgestellt.

## Methode

Die Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1) ist Bestandteil des Gesundheitsmonitorings des Robert Koch-Instituts (RKI). Studienprotokoll, Konzept und Design von DEGS sind an anderer Stelle ausführlich beschrieben (Scheidt-Nave et al. 2012; Gößwald et al. 2012; Kamtsiuris et al. 2013). Zwischen 2008 und 2011 nahmen 7.988 in Deutschland lebende Erwachsene im Alter von 18 bis 79 Jahren an DEGS1 teil (Netto-Stichprobe). Während der körperlichen Untersuchung wurde bei 7.025 Personen eine Blutprobe unter anderem zur Bestimmung der Konzentrationen spezifischer IgE-Antikörper gegen 50 Allergene und zwei Allergenmischungen gegen Inhalationsallergene sx1 und gx1 im Serum abgenommen (Haftenberger et al. 2013). Zum Nachweis der spezifischen IgE-Antikörper kam das Testsystem IMMUNOCAP der Firma Thermo Fisher Scientific zum Einsatz. Die Bestimmungen erfolgten auf dem Gerätesystem UNICAP 1000. Das Testergebnis wurde als positiv gewertet, wenn die Konzentration des spezifischen IgE den Trennwert von 0,35 kU/l erreichte oder überschritt ( $\geq 0,35$  kU/l). Zu den 50 getesteten Allergenen gehörten auch 6 Vertreter aus der Familie der Korbblütengewächse. Im Einzelnen handelte es sich dabei um die Pollenextrakte von *Ambrosia artemisiifolia* (Beifußblättrige Ambrosie,

w1), *Ambrosia psilostachya* (ausdauernde Ambrosie, w2), *Ambrosia trifida* (dreilappige Ambrosie, w3) und *Artemisia vulgaris* (Beifuß, w6) sowie um die beiden nativen Majorallergene von Ambrosia (nAmb a 1, w230) und von Artemisia (nArt v 1, w231), die beide als artspezifisch für eine Sensibilisierung gelten (Gadermaier et al. 2014).

In der Unterstichprobe der Ambrosia-Beifuß-testpositiven Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer wurden alle vorkommenden Sensibilisierungskombinationen zwischen den untersuchten Pollenextrakten und den beiden Majorallergenen ausgezählt. So konnten mögliche Ko-Sensibilisierungen, die das Ergebnis von Reaktionen auf verschiedene Hauptallergene, verursacht durch unterschiedliche Proteinmoleküle, sind und Kreuzreaktionen, das heißt Reaktionen auf strukturell ähnliche, verwandte Proteinmoleküle aus verschiedenen Allergenquellen, ermittelt werden (Ferreira et al. 2004; Miguères et al. 2014).

Zur Vereinfachung der Auswertung und zur Verbesserung der Übersichtlichkeit der Ergebnisdarstellung wurden die drei Ambrosia-Arten zu einer Variablen Ambrosia-Pollenextrakt vereinigt, dieser wurde ein positiver Wert zugewiesen, wenn für mindestens eine der drei Allergenquellen w1, w2, w3 ein positives Testergebnis vorlag.

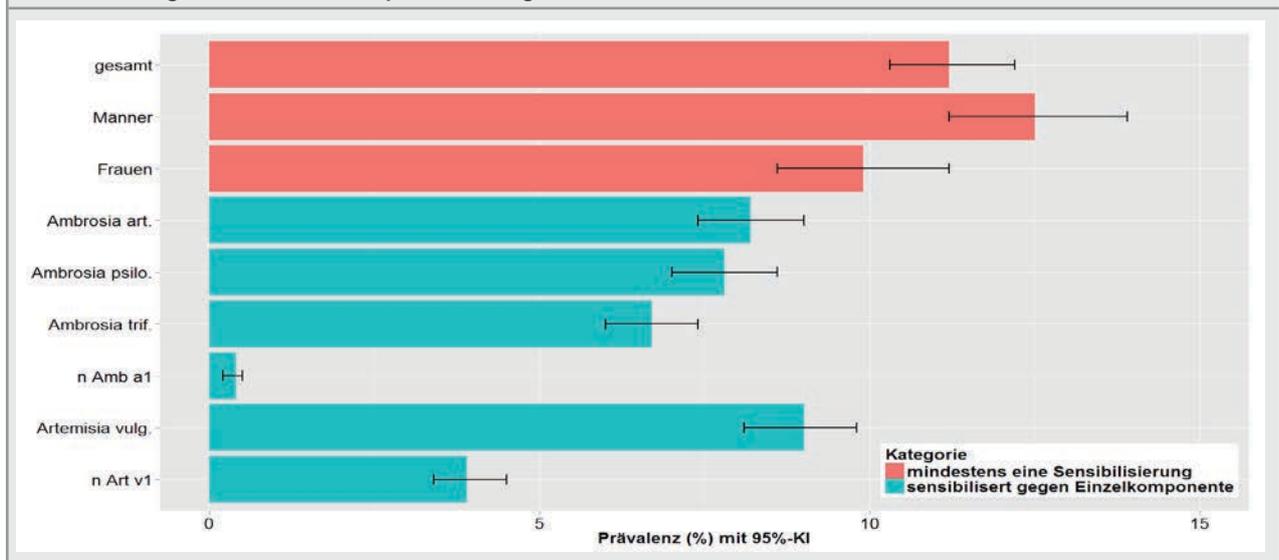
Für die statistische Auswertung wurden Häufigkeitsbestimmungen (Prävalenzschätzungen) und Kreuztabellierungen der am Trennwert dichotomisierten spezifischen IgE mit dem Statistikprogramm R, Version 12.2 vorgenommen. Die Prävalenzschätzungen wurden mit einem Gewichtungsfaktor durchgeführt, der in der Stichprobe Abweichungen von der Bevölkerungsstruktur (Stand 31.12.2010) hinsichtlich Alter, Geschlecht, Region und Staatsangehörigkeit sowie Gemeindetyp und Bildung korrigiert (Kamtsiuris et al. 2013).

## Ergebnisse

### DEGS1-Gesamtstichprobe

Von den 7.025 Studienteilnehmerinnen und -teilnehmern, die Blutproben für Laboranalysen in DEGS1 zur Verfügung stellten, wiesen 788, das heißt 11,2 Prozent (Männer: 12,5% und Frauen 9,9%) gegenüber den untersuchten Extrakten von Ambrosia-Pollen (w1, w2, w3), von Beifuß-Pollen (w6) oder deren nativen gereinigten Einzelallergenen (nAmb a 1, nArt v 1)

**Abbildung 1: Prävalenz von Sensibilisierungen gegen mindestens ein getestetes Allergen des Ambrosia-Beifuß-Komplexes sowie der getesteten Einzelkomponenten. Angaben in Prozent mit 95%-Konfidenzintervall.**



mindestens ein positives Testergebnis auf. Dabei waren 9,0 Prozent der Teilnehmerinnen und Teilnehmer gegen den nativen Gesamtextrakt aus *Artemisia vulgaris* (gewöhnlicher Beifuß, w6) positiv getestet, gefolgt vom nativen Gesamtextrakt der Art *Ambrosia artemisiifolia* (Beifußblättrige Ambrosie, w1) mit 8,2 Prozent (**Abbildung 1**). Auf die nativen Gesamtextrakte von *Ambrosia psilostachya* (ausdauernde Ambrosie, w2) und *Ambrosia trifida* (dreilappige Ambrosie, w3) reagierten 7,8 Prozent beziehungsweise 6,7 Prozent der Teilnehmerinnen und Teilnehmer im Test positiv. Im Vergleich dazu fielen die Häufigkeiten positiver Testergebnisse bezüglich der gereinigten nativen Majorallergene von Ambrosia (nAmb a 1, w230) und Beifuß (nArt v 1, w231) mit ca. 0,4 beziehungsweise deutlich 3,9 Prozent geringer aus (**Abbildung 1**).

### **IgE-Reaktionsmuster von Ambrosia-/Beifuß-testpositiven Studienteilnehmerinnen und -teilnehmern**

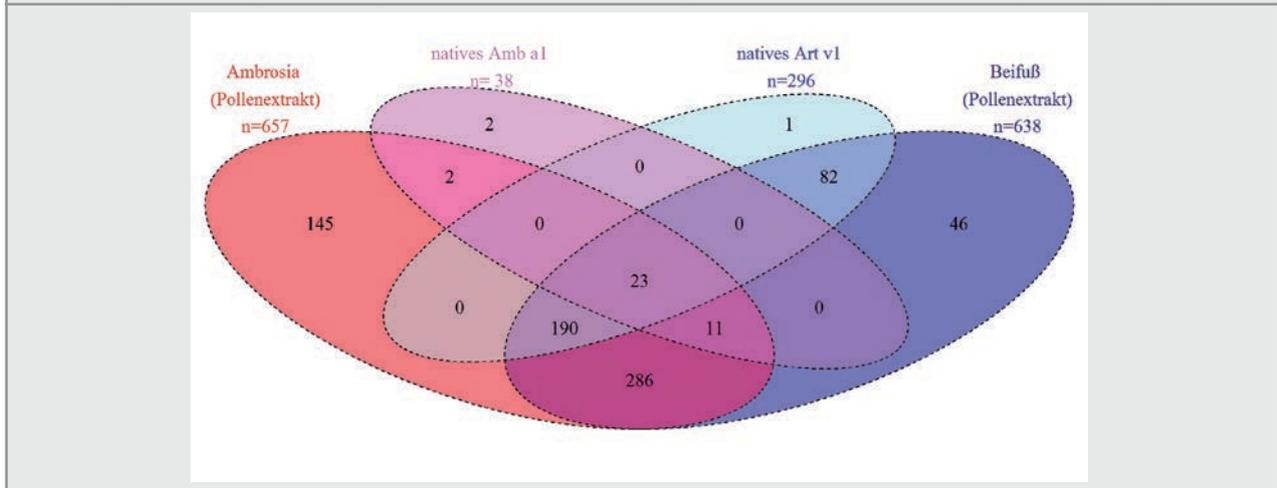
Eine detaillierte Übersicht über die IgE-Reaktionsmuster findet sich in **Abbildung 2**. IgE-Antikörper gegenüber Beifuß-Pollenextrakt wurden in 638 der 788 Proben (80,9%) nachgewiesen, davon waren 295 Proben auch positiv gegenüber nArt v 1. Bezogen auf die Zahl der 788 Proben ergibt sich eine Häufigkeit der echten Beifuß-Sensibilisierung von 37,4 Prozent in der Gruppe der Ambrosia-Beifuß-sensibilisierten Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Im Vergleich dazu waren Antikörper gegen den Extrakt von Ambrosia-Pollen in 657 Proben (83,4%) nachweisbar. Davon waren jedoch nur 36 Proben auch positiv gegenüber

nAmb a 1. Daraus leitet sich eine Häufigkeit für eine echte Ambrosia-Sensibilisierung von 4,6 Prozent ab. Somit ist die vergleichsweise hohe Prävalenz von Sensibilisierungen gegen Extrakte aus Ambrosia-Pollen im Wesentlichen auf Kreuzsensibilisierungen, wie zum Beispiel gegen homologe Allergene von Beifuß oder andere windblütige Korbblütler beziehungsweise windblütige Allergenquellen, zurückzuführen. Der Anteil der Ko-Sensibilisierungen gegen Ambrosia und Beifuß (testpositiv auf nArt v 1: Defensin-ähnliches Protein und nAmb a 1: Pektat-Lyase) unter allen 788 Proben ist mit n=23 gering und beträgt 2,9 Prozent.

### **Diskussion**

Mit DEGS1 liegen erstmals Angaben zur Prävalenz von Sensibilisierungen gegen eine Reihe von Allergenen aus der Familie der Korbblütler, speziell von Spezies der Gattung *Ambrosia* sowie des gewöhnlichen Beifuß in der deutschen Allgemeinbevölkerung der Altersgruppen 18 bis 79 Jahre vor. Etwa 11 Prozent der Erwachsenen in Deutschland sind gegen Pollen des Ambrosia-Beifuß-Komplexes sensibilisiert. Die in DEGS1 ermittelten Prävalenzen für die drei untersuchten Ambrosia-Arten sind mit etwa 8 Prozent vergleichbar mit in der Schweiz ermittelten Prävalenzen (Ackermann-Lieblich et al. 2009) und auch mit den Ergebnissen einer Studie aus Baden-Württemberg (Gabrio et al. 2010). In den USA, dem Herkunftsland der Beifußblättrigen Ambrosie, betrug in den 1970er bis 1980er

Abbildung 2: Venn-Diagramm der IgE-Reaktionsmuster von Allergenen des Ambrosia-Beifuß-Komplexes (n=788).



Jahren die Prävalenz in der Allgemeinbevölkerung 10 Prozent, die in den letzten Jahrzehnten auf circa 26 Prozent stieg (Gergen et al. 1987; Arbes, JR et al. 2005). Im Mittelmeerraum, in dem Ambrosia schon länger heimisch ist als in Deutschland (z. B. Rhonetal, Norditalien), sind bis zu 12 Prozent der Bevölkerung sensibilisiert (Tamarcaz et al. 2005).

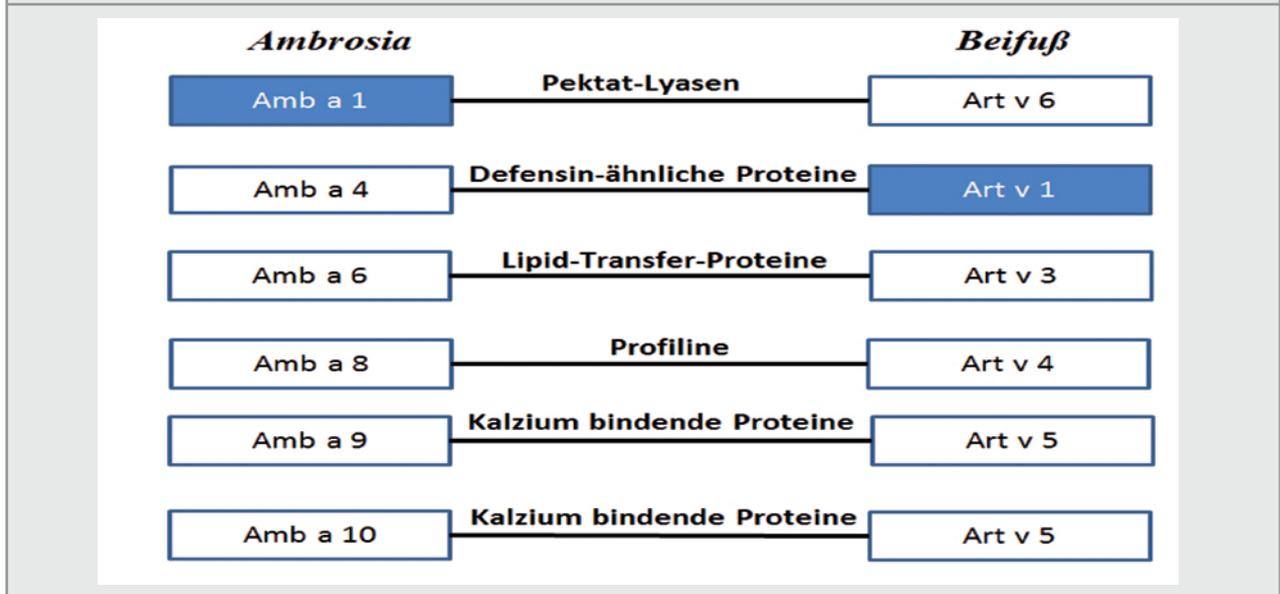
In Bezug auf die Prävalenz von Sensibilisierungen gegen die Majorallergene von Ambrosia, nAmb a 1 und Beifuß, nArt v 1 stimmen die Ergebnisse von DEGS1 im Wesentlichen mit den Befunden einer Studie aus Baden-Württemberg überein, die Prävalenzen von 0,6 Prozent und 5 Prozent für beide Majorallergene ermittelte (Gabrio et al. 2010).

Die nahezu gleich hohen Prävalenzen der Sensibilisierungen gegen Pollenextrakte von *Ambrosia artemisiifolia* und den beiden Schwesterarten sowie von *Artemisia vulgaris* deuten, wie bei Gabrio et al. (2010), auf eine starke Kreuzreaktivität zwischen den Allergenen dieser Korbblütler hin. Diese Kreuzreaktivität ist wahrscheinlich dadurch bedingt, dass IgE-Antikörper gebildet werden, die auch gegen strukturell ähnliche Antigene der in der Natur wesentlich häufiger vorkommenden Korbblütler-Spezies, wie zum Beispiel den in Deutschland außerordentlich weit verbreiteten Beifuß, gerichtet sind. Hierzu zählen Minorallergene, wie Proflin oder kalziumbindende Proteine (Wopfner et al. 2005; Hauser et al. 2010; Canis et al. 2012). Auch Lipid-Transfer-Proteine, wie Amb a 6 und Art v 3, sind daran beteiligt. Diese Minorallergene sind auch für Kreuzreaktionen mit Antigenen von Spezies außerhalb der Familie der Kreuzblütler verantwortlich (Behrendt et al. 2010). Neben Proflin enthalten

Ambrosia- und Artemisia-Pollen weitere kreuzreagierende Allergene (Hirschwehr et al. 1998), zu denen auch das Hauptallergen Art v 1 gehört. Das zum Beifuß-Hauptallergen Art v 1 kreuzreagierende Ambrosia-Allergen (Amb a 4) wurde kürzlich identifiziert; es handelt sich um ein Defensin-ähnliches Protein, das möglicherweise auch für die Kreuzreaktivität zwischen Ambrosia und Sonnenblume verantwortlich ist (Léonard et al. 2010). Ebenso ist das zum Hauptallergen von *Ambrosia artemisiifolia* (Amb a 1) homologe Artemisia-Allergen (Art v 6) bekannt, das bei Kreuzreaktionen zwischen beiden Arten eine erhebliche Rolle spielt (Jahn-Schmid et al. 2012). Eine Zusammenstellung miteinander kreuzreagierender Allergene des Ambrosia-Beifuß-Komplexes zeigt **Abbildung 3**; eine umfassendere Übersicht dazu findet sich bei Behrendt et al. (2010).

Die Ergebnisse der IgE-Reaktionsmuster-Analyse der DEGS1-Daten stützen ebenfalls die Überlegungen zur Kreuzreaktivität der beiden Allergenquellen. Obwohl etwa 80 Prozent der gegen Allergene des Beifuß-Ambrosia-Komplexes positiven Proben entweder gegen Pollenextrakte von Ambrosia oder von Beifuß positiv reagierten und circa 65 Prozent der Proben gegen die Extrakte beider Allergenquellen positiv waren, reagierte nur ein kleiner Teil (4,6%) auch auf das Hauptallergen von Ambrosia im Test positiv. Ein noch geringerer Anteil (2,9%) war gegenüber beiden Hauptallergenen nAmb a 1 und nArt v 1 ko-sensibilisiert. Berücksichtigt man noch den Umstand, dass die kreuzreagierenden Homologa der Majorallergene, die Allergene Art v 6 und Amb a 4, nicht mit bestimmt worden sind, könnte dieser Schätzwert noch zu hoch ausgefallen sein. Der größte Teil der gegen Pollenextrakt von Ambrosia po-

**Abbildung 3: Kreuzreagible Allergene von *Ambrosia artemisiifolia* und *Artemisia vulgaris*. Majorallergene hervorgehoben.**  
 Nach Wopfner et al. (2005) und Gadermaier et al. (2008), ergänzt nach Léonard et al. (2010); vergleiche auch Behrendt et al. (2010). Aus: Eis et al. (2010), modifiziert.



sitiven Testergebnisse ist somit wahrscheinlich auf Kreuzreaktionen mit Beifuß-Allergenen zurückzuführen.

Ungeachtet dessen wird in Deutschland mit fortschreitender Ausbreitung dieses Neophyten die Sensibilisierung weiterhin zunehmen, da eine vorbestehende Sensibilisierung gegenüber kreuzreaktiven Allergenen, wie zum Beispiel Beifuß, sich begünstigend darauf auswirken könnte. Aus diesem Grunde muss der Ambrosia-Problematik weiterhin große Aufmerksamkeit gewidmet und die Verbreitung dieser Pflanze auf ein Minimum eingeschränkt werden.

## Schlussbetrachtungen

Mit DEGS1 wurde ein Grundstein für die längerfristige Beobachtung der Ambrosia-Sensibilisierungen auf Bundesebene gelegt, die es im Rahmen des Gesundheitsmonitorings zu verstetigen gilt. Ein weiterer Schritt in diese Richtung wurde mit der Fortführung dieser Untersuchungen im Kinder- und Jugendgesundheitsurvey des RKI (KiGGS Welle2, Beginn September 2014) bereits getan.

Die Ergebnisse des Sensibilisierungs-Monitorings im Rahmen des DEGS1 zeigen noch Datenlücken auf, die nur durch eine gezielte Weiterführung des Allergie-Monitorings geschlossen werden können. Hierzu gehören unter anderem die bessere Abgren-

zung der beobachteten Ko-Sensibilisierungen zwischen Beifuß und dem klimarelevanten Neophyten *Ambrosia*. Darüber hinaus wird die genauere Charakterisierung von Kreuzreaktionen angestrebt.

## Förderung

Die Förderung des „Allergie- und Sensibilisierungs-Monitorings im Rahmen der nationalen Gesundheitssurveys des Robert Koch-Instituts (RKI) zur Einschätzung der Allergiegefährdung der erwachsenen Bevölkerung“ erfolgte aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Förderkennzeichen: 08HS015.

## Literatur

Ackermann-Lieblich U, Schindler C, Frei P et al. (2009): Sensitisation to Ambrosia in Switzerland: a public health threat on the wait. In: *Swiss Med Wkly* 139 (5-6): 70–75.

Arbes SJ, JR, Gergen PJ, Elliott L et al. (2005): Prevalences of positive skin test responses to 10 common allergens in the US population: results from the third National Health and Nutrition Examination Survey. In: *J Allergy Clin Immunol* 116 (2): 377–383.

Behrendt H, Gabrio T, Alberntest B et al. (2010): Gesundheitliche Bewertung der Verbreitung von *Ambrosia artemisiifolia* in Baden-Württemberg: Risiko oder Überschätzung? In: *Umwelt Forsch Prax* 15 (1): 34–41.

- Canis M, Becker S, Groger M et al. (2012): IgE reactivity patterns in patients with allergic rhinoconjunctivitis to ragweed and mugwort pollens. In: *Am J Rhinol Allergy* 26 (1): 31–35.
- Eis D, Helm D, Laußmann D et al. (2010): Klimawandel und Gesundheit - Ein Sachstandsbericht. Hrsg.: Robert Koch-Institut. Berlin.
- Ferreira F, Hawranek T, Gruber P et al. (2004): Allergic cross-reactivity: from gene to the clinic. In: *Allergy* 59 (3): 243–267.
- Gabrio T, Alberntest B, Böhme M et al. (2010): Sensibilisierung gegenüber Allergenen von *Ambrosia artemisiifolia*-Pollen und weiteren Allergenen bei 10-jährigen Kindern und Erwachsenen in Baden-Württemberg. In: *Umwelt Forsch Prax* 15 (1): 15–22.
- Gadermaier G, Hauser M, Ferreira F (2014): Allergens of weed pollen: an overview on recombinant and natural molecules. In: *Methods* 66 (1): 55–66.
- Gadermaier G, Wopfner N, Wallner M et al. (2008): Array-based profiling of ragweed and mugwort pollen allergens. In: *Allergy* 63 (11): 1543–1549.
- Gergen PJ, Turkeltaub PC, Kovar MG (1987): The prevalence of allergic skin test reactivity to eight common aeroallergens in the U.S. population: results from the second National Health and Nutrition Examination Survey. In: *J Allergy Clin Immunol* 80 (5): 669–679.
- Gößwald A, Lange M, Kamtsiuris P et al. (2012): DEGS: Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland. Bundesweite Quer- und Längsschnittstudie im Rahmen des Gesundheitsmonitorings des Robert Koch-Instituts. In: *Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz* 55 (5-6): 775–780.
- Haftenberger M, Laußmann D, Ellert U et al. (2013): Prävalenz von Sensibilisierungen gegen Inhalations- und Nahrungsmittelallergene. Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1). In: *Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz* 56 (5-6): 687–697.
- Hauser M, Roulias A, Ferreira F et al. (2010): Panallergens and their impact on the allergic patient. In: *Allergy Asthma Clin Immunol* 6 (1): 1.
- Hirschwehr R, Heppner C, Spitzauer S et al. (1998): Identification of common allergenic structures in mugwort and ragweed pollen. In: *J Allergy Clin Immunol* 101 (2 Pt 1): 196–206.
- Jahn-Schmid B, Hauser M, Wopfner N et al. (2012): Humoral and cellular cross-reactivity between Amb a 1, the major ragweed pollen allergen, and its mugwort homolog Art v 6. In: *J Immunol* 188 (3): 1559–1567.
- Kamtsiuris P, Lange M, Hoffmann R et al. (2013): Die erste Welle der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1). In: *Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz* 56 (5-6): 620–630.
- Léonard R, Wopfner N, Pabst M et al. (2010): A new allergen from ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) with homology to art v 1 from mugwort. In: *J Biol Chem* 285 (35): 27192–27200.
- Miguères M, Davila I, Frati F et al. (2014): Types of sensitization to aeroallergens: definitions, prevalences and impact on the diagnosis and treatment of allergic respiratory disease. In: *Clin Transl Allergy* 4: 16.
- Scheidt-Nave C, Kamtsiuris P, Gosswald A et al. (2012): German health interview and examination survey for adults (DEGS) – design, objectives and implementation of the first data collection wave. In: *BMC Public Health* 12: 730.
- Smith M, Cecchi L, Skjøth CA et al. (2013): Common ragweed: A threat to environmental health in Europe. In: *Environ Int* 61: 115–126.
- Taramarcz P, Lambelet B, Clot B et al. (2005): Ragweed (*Ambrosia*) progression and its health risks: will Switzerland resist this invasion? In: *Swiss Med Wkly* 135 (37-38): 538–548.
- Wopfner N, Gadermaier G, Egger M et al. (2005): The spectrum of allergens in ragweed and mugwort pollen. In: *Int Arch Allergy Immunol* 138 (4): 337–346.

## Kontakt

Detlef Laußmann  
 Robert Koch-Institut  
 Abteilung Epidemiologie und Gesundheitsmonitoring  
 Fachgebiet Epidemiologie nicht übertragbarer  
 Krankheiten  
 General-Pape-Straße 62–66  
 12101 Berlin  
 E-Mail: LaussmannD[at]rki.de

[RKI]

# Kernkraftwerke in Deutschland – Neue Entwicklungen im anlagenexternen Notfallschutz

## Nuclear powerplants in Germany – Recent developments in off-site nuclear emergency preparedness and response

*Florian Gering*

### **Abstract**

The reactor accident in Fukushima, Japan, in 2011 triggered a thorough review of the off-site emergency preparedness and response for nuclear power plants in Germany. “Off-site emergency preparedness and response” includes all actions to protect the public outside the fence of a nuclear power plant. This review resulted in several changes in off-site emergency preparedness and response, which are briefly described in this article. Additionally, several recent activities are described which may influence emergency preparedness and response in the future.

### **Zusammenfassung**

Nach dem Reaktorunfall 2011 im japanischen Fukushima wurde in Deutschland der anlagenexterne Notfallschutz für Kernkraftwerke umfassend überprüft. Zum anlagenexternen Notfallschutz zählen alle Maßnahmen außerhalb eines Kernkraftwerks, die im Notfall zu ergreifen sind. Nach der Überprüfung haben sich Änderungen in diesem Bereich ergeben, die im folgenden Artikel kurz erläutert werden. Zusätzlich werden Entwicklungen dargestellt, die in den nächsten Jahren Auswirkungen auf den Notfallschutz haben können.

## **Einleitung**

Der Reaktorunfall im Jahr 2011 im japanischen Fukushima gab sowohl national als auch international Anlass, die Bewältigung dieser Krise und die damit verbundenen radiologischen Konsequenzen eingehend zu analysieren. Von verschiedenen Seiten wurden Fragen nach entsprechenden Konsequenzen für den Notfall- beziehungsweise Katastrophenschutz gestellt. In diesem Zusammenhang hat die Strahlenschutzkommission (SSK) die fachlichen Grundlagen für den Notfallschutz in Deutschland und das dazugehörige Regelwerk überprüft. Danach haben sich einige Änderungen für den anlagenexternen Notfallschutz von Kernkraftwerken in Deutschland ergeben, die im Folgenden beschrieben werden. Zum anlagenexternen Notfallschutz zählen alle Maßnahmen, die im Notfall außerhalb eines Kernkraftwerks zum Schutz der Bevölkerung zu ergreifen sind.

## **Neue radiologische Grundlagen**

Das grundlegende deutsche Konzept für die Planung und Durchführung von Schutzmaßnahmen bei

einem Ereignis mit einer erheblichen Freisetzung radioaktiver Stoffe hat die deutsche Strahlenschutzkommission Anfang 2014 in einer Empfehlung dargestellt (SSK 2014a). Bei der Überarbeitung der darin enthaltenen radiologischen Grundlagen wurden die Lehren aus dem Unfall in Fukushima durch die SSK berücksichtigt. Außerdem hat sie neuere Empfehlungen der internationalen Strahlenschutzkommission ICRP zum Notfallschutz umgesetzt (ICRP 2007; ICRP 2009a; ICRP 2009b).

Die Maßnahmen des Notfallschutzes nach SSK (2014a) haben dabei ein gemeinsames Ziel: Die Strahlenexposition der Menschen soll reduziert werden. Schwerwiegende strahlenbiologische Effekte, die sich auf die Funktion von Zellen und Organen des Menschen auswirken und schwere Beeinträchtigungen der Lebensqualität nach sich ziehen (deterministische Effekte), sollen vermieden werden. Die individuelle Strahlendosis soll auf Werte unterhalb der Schwellendosen für schwerwiegende deterministische Effekte beschränkt werden. Zusätzlich soll auch das Risiko für Krebs, Leukämie und Schäden am Erbgut (stochastische

Effekte) durch geeignete Maßnahmen begrenzt werden.

Die in **Tabelle 1** aufgeführten Eingreifrichtwerte wurden von der SSK im Jahr 2014 nicht geändert, lediglich die bisherigen Eingreifrichtwerte für die Maßnahmen „temporäre Umsiedlung“ und „permanente Umsiedlung“ sind entfallen. Stattdessen gibt es jetzt einen neuen, sogenannten Referenzwert von 100 mSv für die verbleibende Dosis im ersten Jahr nach einem schweren Kernkraftwerksunfall. Dieser Referenzwert der verbleibenden Dosis bezieht sich auf die Dosis, die Personen im Laufe des ersten Jahres über alle Expositionspfade erhalten. „Verbleibende Dosis“ bedeutet dabei, dass die Reduzierung der Dosis durch Schutzmaßnahmen und durch die normale Lebensweise der Bevölkerung berücksichtigt wird.

Die Eingreifrichtwerte aus **Tabelle 1** dienen der schnellen Entscheidung für konkrete Schutzmaßnahmen, während der Referenzwert der verbleibenden Dosis ein zusätzliches Kriterium ist, mit dessen Hilfe die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen beurteilt und gegebenenfalls über zusätzliche Maßnahmen entschieden werden kann.

## Neue Planungsgebiete

Nach dem Unfall in Japan hat die SSK beschlossen, die Notfallplanung stärker an den potenziellen Auswirkungen als an der berechneten Eintrittswahrscheinlichkeit von Unfällen auszurichten. Zukünftig sind daher auch Unfälle, deren radiologische Auswirkungen denen des Unfalls in Fukushima entspre-

chen würden, in die Planung des Notfallschutzes und damit auch in die Festlegung von Planungsgebieten aufzunehmen. Als Planungsgebiete werden diejenigen Gebiete um Kernkraftwerke bezeichnet, in denen Schutzmaßnahmen wie zum Beispiel Evakuierung im Detail vorgeplant werden.

Zur Festlegung der neuen Planungsgebiete wurde eine analytische Methode gewählt. Dabei wurde zuerst ein Referenzunfall für die Notfallplanung festgelegt. Für diesen Referenzunfall wurden dann durch das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) die Gebiete ermittelt, in denen die Eingreifrichtwerte für Schutzmaßnahmen überschritten werden könnten. Dazu berechnete das BfS mit dem Entscheidungshilfesystem RODOS über 5.000 Fallbeispiele (Raskob, Gering 2010; siehe auch <http://www.rodos.fzk.de>). Die so ermittelten Gebiete wurden als Grundlage zur Bestimmung von neuen Planungsgebieten verwendet.

Auf dieser Basis veröffentlichte die SSK 2014 eine neue Empfehlung, die einige wesentliche Änderungen für die Notfallschutz-Planungsgebiete enthält (SSK 2014b; **Tabelle 2**).

Die vorgeplanten Maßnahmen in der Zentralzone (bis 5 km Entfernung vom Kernkraftwerk) und in der Mittelzone (bis 20 km Entfernung vom Kernkraftwerk) sind dieselben. Trotzdem wird zwischen diesen beiden Zonen unterschieden,

- um in der Zentralzone eine schnellere Umsetzung der Maßnahmen zu erreichen als in der Mittelzone: In der Zentralzone Evakuierung und Verteilung von Iodtabletten innerhalb von 6 Stunden,

Tabelle 1: Eingreifrichtwerte für die Maßnahmen „Aufenthalt in Gebäuden“, „Einnahme von Iodtabletten“ und „Evakuierung“ (SSK 2014a).			
Maßnahme	Eingreifrichtwerte		
	Organdosis (Schilddrüse)	Effektive Dosis	Integrationszeiten und Expositionspfade
Aufenthalt in Gebäuden		10 mSv	Äußere Exposition in 7 Tagen und effektive Dosis durch die in diesem Zeitraum inhalierten Radionuklide bei unterstelltem Daueraufenthalt im Freien
Einnahme von Iodtabletten	50 mSv Kinder und Jugendliche unter 18 Jahren und Schwangere  250 mSv Personen von 18 bis 45 Jahren		Organdosis durch im Zeitraum von 7 Tagen inhaliertes Radioiod bei unterstelltem Daueraufenthalt im Freien
Evakuierung		100 mSv	Äußere Exposition in 7 Tagen und effektive Dosis durch die in diesem Zeitraum inhalierten Radionuklide bei unterstelltem Daueraufenthalt im Freien

Tabelle 2: Änderungen der Planungsgebiete für den Notfallschutz in der Umgebung von Kernkraftwerken. Änderungen gegenüber dem Stand von 2008 sind fett hervorgehoben.		
Planungsgebiet	Bisheriger Stand (2008)	Neuer Stand (2014)
Zentralzone	Bis etwa 2 km: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufenthalt in Gebäuden</li> <li>• Einnahme von Iodtabletten</li> <li>• Evakuierung</li> </ul>	Bis etwa <b>5 km</b> : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufenthalt in Gebäuden</li> <li>• Einnahme von Iodtabletten</li> <li>• Evakuierung</li> </ul>
Mittelzone	Bis etwa 10 km: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufenthalt in Gebäuden</li> <li>• Einnahme von Iodtabletten</li> <li>• Evakuierung</li> </ul>	Bis etwa <b>20 km</b> : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufenthalt in Gebäuden</li> <li>• Einnahme von Iodtabletten</li> <li>• Evakuierung</li> </ul>
Außenzone	Bis etwa 25 km: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einnahme von Iodtabletten</li> </ul>	Bis etwa <b>100 km</b> : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einnahme von Iodtabletten</li> <li>• <b>Aufenthalt in Gebäuden</b></li> </ul>
Fernzone	Bis etwa 100 km: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Versorgung von Kindern und Jugendlichen unter 18 Jahren sowie Schwangeren mit Iodtabletten</li> <li>• Maßnahmen entsprechend dem Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG), insbesondere die Durchführung von Messprogrammen zur Ermittlung der radiologischen Lage“</li> </ul>	<b>Gesamtes Staatsgebiet</b> : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Versorgung von Kindern und Jugendlichen unter 18 Jahren sowie Schwangeren mit Iodtabletten</li> <li>• Maßnahmen entsprechend dem Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG), insbesondere die Durchführung von Messprogrammen zur Ermittlung der radiologischen Lage</li> </ul>

in der Mittelzone Evakuierung innerhalb von 24 Stunden, Verteilung von Iodtabletten innerhalb von 12 Stunden.

- da in der gesamten Zentralzone Maßnahmen gleichzeitig in allen Richtungen (d. h. im gesamten Kreisgebiet) durchgeführt werden sollen, während in der Mittelzone Maßnahmen in Abhängigkeit von der Ausbreitungsrichtung radioaktiver Stoffe durchgeführt werden können (d. h. zum Beispiel auch nur in einigen Sektoren in Ausbreitungsrichtung).

**Abbildung 1** zeigt ein konkretes Beispiel für die Erweiterung der Planungsgebiete. Dargestellt sind die bisherigen (10 km, innerer Kreis) und die neuen (100 km, äußerer Kreis) Planungsgebiete für die Maßnahme „Aufenthalt in Gebäuden“ am Beispiel der Kernkraftwerke Gundremmingen und Isar.

Die neue Empfehlung gilt für deutsche Kernkraftwerke und für grenznahe ausländische Anlagen (d. h. bis etwa 100 km Entfernung von der deutschen Grenze). Die Empfehlung gilt nur für Kernkraftwerke im Leistungsbetrieb, das heißt nicht für in Stilllegung befindliche Kernkraftwerke.

## Zukünftige Entwicklungen

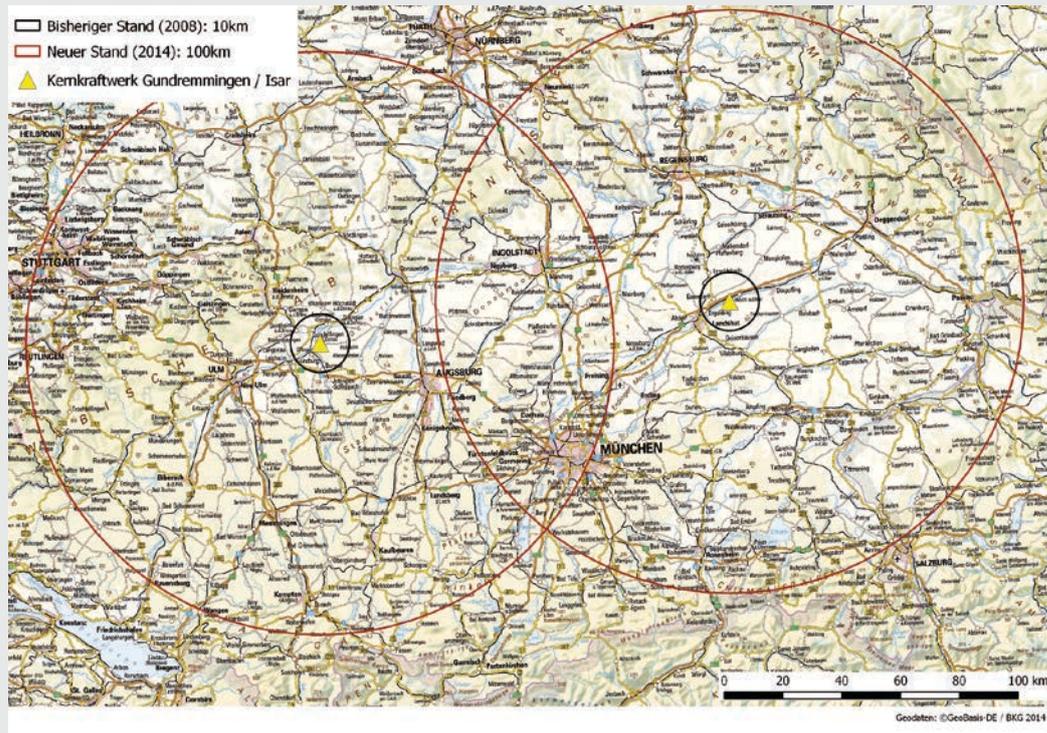
### *National*

Die Weiterentwicklung des anlagenexternen Notfallschutzes von Kernkraftwerken in Deutschland nach dem Unfall von Fukushima ist noch nicht abgeschlossen. Im Folgenden werden einige Entwicklungen dargestellt, die in den nächsten Jahren Auswirkungen auf den Notfallschutz haben können.

Trotz des für Deutschland beschlossenen Atomausstiegs und der daraus folgenden Abschaltung der deutschen Kernkraftwerke innerhalb der nächsten zehn Jahre wird der Notfallschutz weiterhin erforderlich bleiben, da Kernkraftwerke in benachbarten Ländern weiter betrieben und zum Teil sogar neu gebaut werden. Mögliche Unfallfolgen müssen daher auch zukünftig für Deutschland berücksichtigt werden. Langfristig ist damit zu rechnen, dass sich die Bundesländer aus dem kerntechnischen Notfallschutz mehr und mehr zurückziehen und entsprechende Ressourcen auf Länderebene immer weniger zur Verfügung stehen werden. Dies führt speziell in den folgenden Bereichen zu besonderen Herausforderungen:

- Weiterentwicklung der Notfallschutzplanung,
- Ermittlung und Bewertung der radiologischen Lage (Restrukturierung der Lagezentren),

Abbildung 1: Darstellung bisheriger und erweiterter Planungsgebiete am Beispiel der Kernkraftwerke Gundremmingen und Isar.



Innerer Kreis: bisheriges Planungsgebiet, äußerer Kreis: erweitertes Planungsgebiet.

- Entscheidung und Umsetzung von Notfallschutzmaßnahmen,
- Aufrechterhaltung von Messkapazitäten zur Überwachung der Umweltradioaktivität (insbesondere bei Sondernukliden, d.h. Radionukliden, die nur mit aufwendigen Messverfahren nachgewiesen werden können),
- Information der Bevölkerung.
- Empfehlung zur Verbesserung der Prognose und Ermittlung der Freisetzung radioaktiver Stoffe bei Kernkraftwerksunfällen,
- Empfehlung zu Mess- und Probenahmeprogrammen in den Planungsgebieten,
- Empfehlung zur Weiterentwicklung des Notfallschutzes unter Berücksichtigung der Erfahrungen aus Fukushima,

Die Aufarbeitung des Unfalls in Fukushima durch die SSK ist noch nicht abgeschlossen. Derzeit arbeitet die SSK unter anderem an den folgenden Notfallschutz-Themen (Stand: Juni 2014):

- Änderung und Ergänzung der Rahmenempfehlungen für den Notfallschutz der Betreiber,
- Empfehlung für die Iodblockade in der Umgebung stillgelegter Kernkraftwerke,
- Empfehlung für Planungsgebiete in der Umgebung stillgelegter Kernkraftwerke,
- Empfehlung zur Weiterentwicklung des medizinischen Notfallschutzes,
- Da bei einem schweren Kernkraftwerksunfall mehrere Bundesländer betroffen sein können, müssen die Voraussetzungen für ein einheitliches Lagebild geschaffen werden. Wichtige Arbeitsgrundlage dafür sind gemeinsame Lagezentren. Die Arbeitsgruppen der Innenbehörden werden deswegen unterstützt zu den Themen: einheitliches Lagebild und Lagezentren, Notfallstationen, Evakuierung.

Anfang 2014 hat die Schutzkommission beim Bundesministerium des Inneren (BMI) eine Stel-

lungnahme zur Umsetzung der Erfahrungen aus Fukushima für die Planung von Notfallschutzmaßnahmen in Deutschland veröffentlicht (Schutzkommission 2014). Die Schutzkommission hält folgende Ergänzungen im anlagenexternen Notfallschutz in Deutschland für notwendig:

- Sicherstellung einer unverzüglichen Alarmweiterleitung an alle zuständigen Stellen,
- Einrichtung von länderübergreifenden radiologischen Lagezentren, in denen alle relevanten Prognose- und Messdaten zusammengeführt, in eine geschlossene Darstellung überführt und einheitlich bewertet werden können,
- Verbesserung der medizinischen Versorgungsmöglichkeiten Betroffener, besonders in Notfallstationen; dies betrifft insbesondere die Bewertung der abgeschätzten Strahlenexposition durch Ärzte.
- Vorbereitung von Maßnahmen, die bei großräumigen und lang andauernden Evakuierungsmaßnahmen notwendig werden. Dies betrifft auch Maßnahmen, die zunächst dem Katastrophenschutz dienen, später aber in solche nach Strahlenschutzvorsorgegesetz übergehen.

### ***International***

Der Unfall in Fukushima hat erneut gezeigt, dass die Folgen schwerer Reaktorunfälle immer grenzüberschreitend sind. Auch aus diesem Grund ist die Harmonisierung der deutschen Notfallschutzplanung mit derjenigen der europäischen Nachbarstaaten und auch weltweit besonders wichtig. Seit 2011 gibt es international eine Reihe von Initiativen zur Verbesserung des Notfallschutzes, einige davon werden im Folgenden beschrieben.

#### **Studie der Europäischen Kommission**

Die Europäische Kommission hat Ende 2012 eine Studie zur Überprüfung des anlagenexternen kerntechnischen Notfallschutzes in der Europäischen Union (EU) und in einigen Nachbarländern in Auftrag gegeben, die 2013 durch ein österreichisch-slowakisches Konsortium durchgeführt wurde (EC 2014). Zentrale Schlussfolgerungen sind:

- Die Regelungen und Fähigkeiten der europäischen Länder erfüllen im Allgemeinen die Anforderungen der EU und der internationalen Atomenergie-Organisation IAEA.

- Es gibt trotzdem eine Reihe von Defiziten, insbesondere das Fehlen von Strategien für langfristige Notfallschutz-Maßnahmen und die Wiederherstellung normaler Lebensbedingungen sowie die mangelnde Übereinstimmung von Notfallschutz-Regelungen bei grenzüberschreitenden Unfallfolgen.
- Obwohl der Notfallschutz in allen Ländern im Wesentlichen dieselben Ziele verfolgt, gibt es zahlreiche Unterschiede zwischen den einzelnen Ländern in der praktischen Umsetzung, die das Vertrauen der Bevölkerung in den Notfallschutz untergraben könnten.
- Die für den Notfallschutz benötigten Ressourcen sind erheblich, insbesondere für kleinere Länder. Es gibt Möglichkeiten zur verbesserten gemeinsamen Nutzung von Ressourcen (wie z.B. von Hubschrauber-Messsystemen). Noch größere Vorteile könnten aus der verbesserten Integration des kerntechnischen Notfallschutzes in den allgemeinen Notfallschutz gezogen werden.

#### **Neue Richtlinie der EU**

Ende 2013 wurde von der Europäischen Union die Richtlinie 2013/59/EURATOM zur Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung veröffentlicht (Euratom 2013). Diese Richtlinie muss innerhalb von vier Jahren in nationales Recht umgesetzt werden. Die in der Richtlinie genannten Anforderungen betreffen unter anderem den Notfallschutz und erfordern zum Teil eine entsprechende Umsetzung in deutschen Regelwerken. Einige dieser Anforderungen sind:

- Katalog von Unfallszenarien für den Notfallschutz, szenarienabhängige Bestandteile in Notfallplänen,
- nachträgliche Rekonstruktion der Dosis von betroffenen Einzelpersonen der Bevölkerung und von Einsatzkräften,
- vorgeplante Strategie zur Bewältigung der Nachunfallphase,
- Regelungen von maximalen Oberflächenkontaminationen (Transportmittel und Güter),
- Regelungen zur Sperrung von Lufträumen, Seegebieten und Straßen.

### Gemeinsames Notfallmanagement

Seit dem Frühjahr 2014 erarbeitet die gemeinsame Arbeitsgruppe AtHLET der europäischen Organisationen WENRA (Western European Nuclear Regulators' Association) und HERCA (Heads of European Radiological protection Competent Authorities) einen gemeinsamen europäischen Ansatz für das Notfallmanagement bei Kernkraftwerksunfällen. Dieser Ansatz ist für den speziellen Fall vorgesehen, dass schnelle Entscheidungen über Schutzmaßnahmen getroffen werden müssen und nur wenige Informationen verfügbar sind. Der Ansatz soll die vorhandenen Konzepte für das Notfallmanagement in den europäischen Ländern ergänzen. Mit ersten Ergebnissen ist im Herbst 2014 zu rechnen.

### **Literatur**

Euratom 2013: Richtlinie 2013/59/Euratom des Rates vom 5. Dezember 2013 zur Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung. ABl. 2014, L 13. <http://eur-lex.europa.eu/de/index.htm> (Abrufdatum: 28.07.2014).

EC 2014: Review of Current Off-site Nuclear Emergency Preparedness and Response Arrangements in EU Member States and Neighbouring Countries. European Commission. ENER/D1/2012-474. <http://ec.europa.eu> (Abrufdatum: 28.07.2014).

ICRP 2007: The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Annals of the ICRP Volume 37(2–4).

ICRP 2009a: Application of the Commission's Recommendations for the Protection of People in Emergency Exposure Situations. International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 109. Annals of the ICRP Volume 39(1).

ICRP 2009b: Application of the Commission's Recommendations to the Protection of People Living in Long-term Contaminated Areas after a Nuclear Accident or a Radiation Emergency. International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 111. Annals of the ICRP Volume 39(3).

Raskob W, Gering F (2010): Key improvements in the simulation modelling for decision support systems developed in the EURANOS project. In: Radioprotection Vol. 45(5): 149–159. DOI: 10.1051/radiopro/2010037.

Schutzkommission 2014: Stellungnahme der Schutzkommission zur Umsetzung der Erfahrungen aus Fukushima für die Planung von Notfallschutzmaßnahmen in Deutschland. Schutzkommission beim Bundesministerium des Innern. <http://www.schutzkommission.de> (Abrufdatum: 28.07.2014).

SSK 2014a: Radiologische Grundlagen für Entscheidungen über Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung bei Ereignissen mit Freisetzungen von Radionukliden. Empfehlung der Strahlenschutzkommission, verabschiedet in der 268. Sitzung der SSK am 13./14.02.2014. <http://www.ssk.de> (Abrufdatum: 28.07.2014).

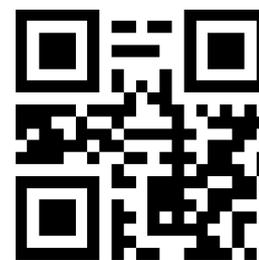
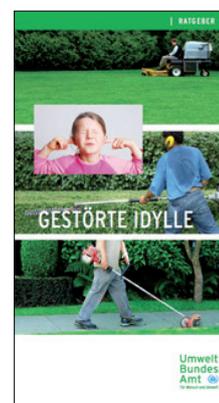
SSK 2014b: Planungsgebiete für den Notfallschutz in der Umgebung von Kernkraftwerken. Empfehlung der Strahlenschutzkommission, verabschiedet in der 268. Sitzung der SSK am 13./14.02.2014. BAnz AT 21.05.2014 B4. <http://www.ssk.de> (Abrufdatum: 28.07.2014).

### **Kontakt**

Dr. Florian Gering  
Bundesamt für Strahlenschutz  
Fachbereich Strahlenschutz und Umwelt  
Abteilung SW 2.2 Entscheidungshilfesysteme,  
Lageermittlung und Kommunikation  
85764 Oberschleißheim/Neuherberg  
E-Mail: [fgering\[at\]bfs.de](mailto:fgering[at]bfs.de)

[BfS]





Diese Publikationen können Sie auf der Internetseite des Umweltbundesamtes [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de) kostenfrei lesen und herunterladen.