

# UMWELTMEDIZINISCHER INFORMATIONS DIENST

Informationen zu Umwelt • Gesundheit • Verbraucherschutz



Ausgabe: 2/2007

Redaktionsschluss: 1.6.2007

ISSN 1862-4111 (Print), ISSN 1862-4189 (Internet)



- **Fliegen und Höhenstrahlung**

- **Chancen und Risiken der Nanotechnik**

- **Saure Lebensmittel und Zahngesundheit**



Der **UmweltMedizinische InformationsDienst** ist ein Beitrag zum „Aktionsprogramm Umwelt und Gesundheit“ (APUG) und Teil der Öffentlichkeitsarbeit.

## **Impressum**

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

**Druck:** Umweltbundesamt (UBA)

**Redaktion:** Dr. med. Wolfgang Straff (UBA)  
(verantwortlicher Redakteur)  
E-Mail: wolfgang.straff@uba.de

Dr. med. Ute Wolf (RKI)  
E-Mail: u.wolf@rki.de

Dr. rer. nat. Rolf F. Hertel (BfR)  
E-Mail: rolf.hertel@bfr.bund.de

Dipl.-Ing. Dipl.-Soz. Helmut Jahraus (BfS)  
E-Mail: hjahraus@bfs.de

Marianne Reppold (UBA)  
(Abteilungssekretariat II 1)  
Corrensplatz 1, 14195 Berlin  
Tel.: 030-8903 1649, Fax: 030-8903 1830

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

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

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

**ISSN 1862-4111 (Print), ISSN 1862-4189 (Internet)**

Titelbild: Dr. W. Babisch, Umweltbundesamt

Es erscheinen jährlich ca. 4 Ausgaben, die kostenlos an Behörden und Institutionen, die im Bereich Umwelt und Gesundheit arbeiten, sowie an Ärzte und andere auf dem Gebiet der Umweltmedizin tätige Fachkräfte abgegeben werden. Die in namentlich gekennzeichneten Beiträgen geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen der Herausgeber übereinstimmen.

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.

Der Druck erfolgt auf Recyclingpapier mit dem Umweltzeichen „Blauer Engel“

# INHALTSVERZEICHNIS

## CONTENTS

Seite

### Forschung

Arzneimittelverschreibungen als Indikator für gesundheitliche Beeinträchtigung durch Fluglärm <i>Prescription of drugs as an indicator for impaired health by aircraft noise</i> .....	5
Saure Lebensmittel und Zahngesundheit: Ergebnisse eines Expertenworkshops <i>Sour foodstuff and tooth health: Results of an expert dialogue</i> .....	8
UFIPOLNET – Dauermessung von Ultrafeinstaub-Partikelgrößenverteilungen in der Stadt <i>UFIPOLNET – permanent measurements of ultrafine particle size distributions in the city</i> .....	12

### Aus der Praxis

Fliegen und Höhenstrahlung <i>Flying and Cosmic Radiation</i> .....	15
Nationale und internationale Aktivitäten zu den Chancen und Risiken der Nanotechnik im Umweltbereich <i>National and international activities focussed on chances and risks of the nanotechnology and environment</i> .....	20
Gesundheitliche Risiken technisch hergestellter Nanopartikel <i>Health risks of intentionally produced nanoparticles</i> .....	24

### Publikationen

Themenheft „Tuberkulose“ der Gesundheitsberichterstattung erschienen <i>A new booklet published by the Federal Health Reporting service: "Tuberculosis"</i> .....	28
NEU! Produktwegweiser „Umweltfreundlich bauen – Gesund wohnen“ <i>New! Blue Angel Product Guide „Environmental friendly construction and healthy living“</i> .....	30

### Veranstaltungen

Was ist Risiko? Was ist Gefährdung? Kommunikation von Risiko und Gefährdungspotential <i>Communication of risk and hazard</i> .....	31
---	----

### Verschiedenes

Informationen über Pressemitteilungen <i>Information about press releases</i> .....	34
--	----



# Arzneimittelverschreibungen als Indikator für gesundheitliche Beeinträchtigung durch Fluglärm

## Prescription of drugs as an indicator for impaired health by aircraft noise

Jens Ortscheid

**Abstract:** Noise exposure, especially at night, can be very disturbing and eventually have an effect on health. Goal of this study was to evaluate the effect of nightly air traffic noise using the data of public health insurances on prescribed medication. Data of 800,000 people including their individual noise levels of air-traffic, road- and train-traffic were taken into account. This study shows that, increasing with noise intensity, more blood pressure regulating drugs and tranquilisers were prescribed. Aircraft noise exposed individuals tended to need higher dosage and frequency of medication. These effects were considerably stronger within women than men.

### Einleitung

Anlass für die Studie zu möglichen Einflüssen nächtlichen Fluglärms des Flughafens Köln-Bonn auf die Gesundheit der betroffenen Bevölkerung waren Vermutungen einer Gruppe von Ärztinnen und Ärzten im Rhein-Sieg-Kreis, dass die in ihren Praxen gehäuft auftretenden psycho-vegetativen Störungen und Fälle von Bluthochdruck auf den Nachtflugverkehr des Flughafens zurückgehen könnten.

In Diskussionen mit den Ärzten entstand die Idee, dem Verdacht mit einer epidemiologischen Studie nachzugehen.

### Design der Studie

Es wurde – auch aus Kostengründen – entschieden, eine Studie mit Daten der gesetzlichen Krankenkassen in Angriff zu nehmen. Die gesetzlichen Krankenkassen verfügen seit Beginn des Jahrhunderts über personenbezogene Daten hoher Qualität, die unter Wahrung des Datenschutzes für epidemiologische Forschungen zu einer unersetzlichen Datenquelle geworden sind.

Personenbezogene Daten von Arzneverordnungen niedergelassener Ärzte wurden mit adressbezogenen Verkehrslärmdaten (Flugverkehrslärm, Straßenverkehrslärm und Schienenverkehrslärm) anonymisiert zusammengeführt. Insgesamt wurden die Daten – Verordnungen von Arzneimitteln durch niedergelassene Ärzte – von mehr als 800.000 Versicherten von sieben gesetzlichen Krankenkassen sowie die Lärmbelastung der Versicherten erhoben.<sup>1</sup> Bei den Analysen wurde zudem ein Indikator für den sozialen Status der

Versicherten einbezogen. Die Verordnungsdaten standen in unterschiedlichem zeitlichen Umfang (7 Monate - 4 Jahre) zur Verfügung. Insgesamt kamen dadurch Daten aus mehr als 1,8 Millionen Versichertenjahren zusammen. Damit ist die vorliegende Studie weltweit die größte epidemiologische Studie, die jemals zur Untersuchung möglicher gesundheitlicher Folgen des Fluglärms durchgeführt wurde.

Der Fluglärm wurde auf der Basis von Daten aller Flugbewegungen des Flughafens Köln-Bonn für das Kalenderjahr 2004 als Dauerschallpegel für alle Adressen im Umfeld des Flughafens berechnet, soweit der Lärmpegel 39 dB(A) überstieg. Der Dauerschallpegel wurde für verschiedene Zeitfenster am Tage (6:00-22:00 Uhr) und in der Nacht (22:00-6:00 Uhr, 23:00-1:00 Uhr, 3:00-5:00 Uhr) berechnet. Der Straßenverkehrslärm und Schienenverkehrslärm wurde adressgenau aus den Daten des Lärm-Screening-Projektes des Landesumweltamtes des Landes Nordrhein-Westfalen für den Tag (6:00-22:00 Uhr) und für die Nacht (22:00-6:00 Uhr) übernommen.

Um mögliche Verzerrungen durch unterschiedlichen sozialen Status der Versicherten in den statistischen Analysen korrigieren zu können, wurde der Anteil der Sozialhilfe-Empfänger(innen) in den einzelnen Stadt- und Ortsteilen der Städte und Gemeinden der Studienregion einbezogen.

Für die Bewohner einiger durch Fluglärm belasteter Regionen bestand die Möglichkeit, beim Flughafen Köln-Bonn die Finanzierung von Lärmschutzmaßnahmen zu beantragen. Dieses Faktum wurde ebenfalls als Korrekturvariable für die Auswertungen herangezogen.

<sup>1</sup> Dieses entspricht mehr als 42% der Gesamtbevölkerung der Studienregion.

## Statistische Auswertung

Die statistischen Auswertungen erfolgten mit zwei Verfahren: Es wurde berechnet, wie häufig überhaupt Arzneiverordnungen für bestimmte Arzneimittelgruppen in fluglärmbelasteten Regionen erfolgten. Dabei erfolgte ein Vergleich mit denjenigen Regionen, in denen überhaupt kein Fluglärm vorhanden war und der nächtliche Straßen- und Schienenverkehrslärm unter 35 dB(A) lag. Im zweiten statistischen Verfahren wurde die Menge verordneter Arzneimittel pro Versicherungsjahr in Abhängigkeit vom Fluglärm, Straßen- und Schienenverkehrslärm und anderen Korrekturvariablen berechnet.

Die Auswertungen erfolgten für verschiedene Gruppen von Arzneimitteln: Präparate zur Behandlung erhöhten Blutdrucks, Arzneimittel zur Behandlung von Erkrankungen des Herzens und des Blutkreislaufs, Beruhigungsmittel, Arzneimittel zur Behandlung von Depressionen und von Erkrankungen der Verdauungsorgane und schließlich sonstige Arzneimittel<sup>2</sup>.

## Ergebnisse

Die Auswertungen ergaben, dass insbesondere nächtlicher Fluglärm zwischen 3:00 und 5:00 Uhr einen Einfluss auf die Häufigkeit und die Menge verordneter Arzneimittel hatte. Insgesamt zeigten sich alle Effekte bei Frauen deutlicher als bei Männern. Dieser Befund erklärt sich dadurch, dass Frauen nach allen vorliegenden Untersuchungen häufiger einen niedergelassenen Arzt konsultieren und deswegen auch häufiger eine Arzneiverordnung erhalten als Männer. Die wesentlichen Befunde sind im Folgenden für nächtlichen Fluglärm (3:00-5:00 Uhr) für geringere Lärm-Belastung (40-45 dB(A)) und für stärkere Lärmbelastung (46-61 dB(A)) dargestellt.

Blutdrucksenkende Arzneimittel wurden für Männer mit stärkerer Lärmbelastung um 24 % häufiger verordnet als in der Vergleichsregion. Bei Frauen wurden diese Arzneimittel schon bei geringerer Belastung 27 % häufiger verordnet, bei stärkerer Fluglärmbelastung um 66 % häufiger. Arzneimittel zur Behandlung von Herz- und Kreislauferkrankungen (ohne blutdrucksenkende Mittel) wurden bei geringer lärmbelasteten Männern um 14 % häufiger verordnet, bei stärkerem Fluglärm um 27 % häufiger. Die entsprechenden Werte für Frauen liegen mit 22 % und 116 % deutlich höher. Schwerer erkrankte Patienten be-

nötigen z.T. Arzneimittel aus verschiedenen Arzneimittelgruppen. Bei solchen Patienten, die sowohl blutdrucksenkende Medikamente und Medikamente für Herz- und Kreislaufkrankheiten benötigten, stiegen unter dem Einfluss von Fluglärm die Verordnungshäufigkeiten stärker an. Bei Männern fanden sich hier Erhöhungen um 17 % (geringer Fluglärm) und 44 % (stärkerer Fluglärm), während bei Frauen die Steigerungen wieder höher ausfielen (37 % bzw. 184 %). Tritt bei schwerer erkrankten Patienten noch die Notwendigkeit der Verordnung eines Beruhigungsmittels hinzu, zeigen sich statistisch signifikante Erhöhungen lediglich bei Frauen. Hier liegen die Anstiege bei 79 % (geringerer Fluglärm) bzw. 211 % (stärkerer Fluglärm). Die Verordnung von Beruhigungsmitteln als einzelne Arzneimittelgruppe ist bei Männern in Abhängigkeit von der Fluglärmintensität nicht erhöht, bei Frauen finden sich Erhöhungen um 29 % in Gegenden mit geringerer nächtlicher Fluglärmbelastung und um 35 % in Regionen mit stärkerem Fluglärm. Die Verordnungsmengen pro Versicherungsjahr steigen vor allem bei älteren Patientinnen und Patienten mit steigender Belastung durch Fluglärm stärker an. Leben die Versicherten in Zonen, bei denen die Möglichkeit zur Finanzierung von Schallschutzmaßnahmen für Schlafzimmer durch den Flughafen gegeben war, so sinkt die Verordnungsmenge vor allem für Beruhigungsmittel im Vergleich zu solchen Zonen, in denen eine solche Finanzierungsmöglichkeit nicht gegeben war. Dennoch steigen auch bei Schallschutzfinanzierung durch den Flughafen die Verordnungsmengen mit steigendem Fluglärmpegel. Für die Verordnungsmengen von blutdrucksenkenden Arzneimitteln fallen derartige Effekte durch Schallschutzmöglichkeiten deutlich geringer aus als bei den Beruhigungsmitteln.

Zusätzliche Analysen zeigen, dass die wesentlichen Effekte in Regionen mit einem ungünstigeren Sozialstatus z.T. stärker ausfallen als in Regionen mit geringerer Häufigkeit von Sozialhilfe-Empfängern.

## Fazit

Da auf objektive „Routinedaten“ zurückgegriffen wurde, ist eine Verzerrung durch Selektion oder Response nicht möglich. Da die eigentlichen (medizinischen) Gründe für die Verordnung der Arzneimittel im Rahmen dieser Studie nicht bekannt waren, fehlen jedoch die medizinischen Informationen für die Verordnungen. Es ist allerdings nicht vorstellbar, dass unterschiedliche Krankheitsbedingungen, die nicht auf den Fluglärm zurückzuführen sind, eine räumliche Ver-

<sup>2</sup> Anatomic Therapeutic Classification: Codes A02, A03, A04, A05, A06, A07, A09, C01C02, C03, C07, C08, C09, C10, N05B, N05C, N06A, N06B, N06C.

teilung haben, die einen Zusammenhang zum Fluglärm vortäuschen könnten. Daher ist es als sehr unwahrscheinlich anzusehen, dass ein schwerwiegender Bias durch fehlende Information zu nicht berücksichtigten Variablen entsteht.

Die Ergebnisse dieser Studie erlauben allerdings noch nicht die Feststellung eines Kausalzusammenhanges zwischen Fluglärm und Arzneimittelverordnungen.

Ein solcher Schluss wäre deswegen unzulässig, weil neben Lärm für die in Frage kommenden Erkrankungen eine Vielzahl von anderen Risikofaktoren wissenschaftlich etabliert ist. Die Berücksichtigung dieser Risikofaktoren ist aber im Rahmen einer solchen ökologischen Studie unmöglich. Die Befunde der vorliegenden Studie werden aber gestützt durch epidemiologische Studien, die im Ausland durchgeführt wurden.

## Literatur

Eberhard Greiser, Katrin Janhsen, Claudia Greiser: Beeinträchtigung durch Fluglärm: Arzneimittelverbrauch als Indikator für gesundheitliche Beeinträchtigung. Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Förderkennzeichen 205 51 100, Umweltbundesamt 2007

Der Bericht steht zum Download bereit:

[www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3153.pdf](http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3153.pdf)

## Kontakt

Dr. Jens Ortscheid  
Umweltbundesamt  
Corrensplatz 1  
14195 Berlin  
E-Mail: [jens.ortscheid@uba.de](mailto:jens.ortscheid@uba.de)

# Saure Lebensmittel und Zahngesundheit

## Ergebnisse eines Expertenworkshops

### Sour foodstuff and tooth health: Results of an expert dialogue

*Peter Wiedemann, Holger Schütz, Alben Spangenberg,  
Ellen Ulbig und Rolf Hertel*

**Abstract:** In an expert-dialogue the issue “sour foodstuff and tooth health” was examined with respect to risk assessment, risk evaluation, and risk communication. All experts agreed that sour foodstuff is a hazard, yet the associated risk for tooth health is difficult to assess. However, risk assessment indicates that the “sour foodstuff”- risk seems to be rather marginal compared to the caries risk. Nevertheless, sour foodstuff may pose a risk to especially susceptible subgroups. Above all, risk communication should primarily focus on the initiation of behaviours that help prevent the caries risks, i.e. the implementation and maintenance of healthy nutrition habits and better oral hygiene.

#### Einführung

Im November 2005 fand ein Experten-Dialog zum Thema „Saure Lebensmittel und Zahngesundheit“ statt, der von der Programmgruppe Mensch, Umwelt, Technik (MUT) der Forschungszentrum Jülich GmbH im Auftrag des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR) organisiert wurde. Anlass für das Expertengespräch war die Stellungnahme des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR) „Hohe Gehalte an Zitronensäure in Süßwaren und Getränken erhöhen das Risiko für Zahnschäden“ vom 9. Januar 2004, die das BfR auf Veranlassung des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL) verfasst hat.

In dem Experten-Dialog wurden die folgenden Fragen behandelt:

- Gibt es ein Gefährdungspotenzial von sauren Lebensmitteln für die Zahngesundheit und wie ist dieses zu charakterisieren?
- Gibt es Risiken durch die Aufnahme saurer Lebensmittel?
- Wie bedeutsam ist das Risiko durch saure Lebensmittel?
- Wie ist die Risikokommunikation zu gestalten?

Eingeladen waren Experten aus den Bereichen Zahnheilkunde und Risikokommunikation sowie Vertreter verschiedener Fach- und Interessengruppen (Zahnärztekammer, Verbraucherschutz, Aktion zahnfreundlich e.V., Bund für Lebensmittelrecht und Lebensmittelkunde e.V.). Eine Teilnehmerliste findet sich im Anhang. Im Weiteren werden die Ergebnisse des Dialogs dargestellt.

#### Hazard-Identifikation: Gibt es ein Gefährdungspotenzial?

Zahnhartsubstanz beginnt sich aufzulösen, wenn die umgebende Flüssigkeit in Bezug auf Zahnmineralien untersättigt ist. Dies kann die Folge sein, wenn durch Säureeinwirkungen in der Mundflüssigkeit pH-Werte unter 5,5 eintreten. Die säurebedingten Zahnerkrankungen sind Karies und Erosionen. Beide sind zu unterscheiden.

Beim Entstehungsmechanismus von *Zahnkaries* sind zwar Säuren beteiligt, sie stammen aber nicht aus der Nahrung, sondern sind Stoffwechselprodukte von Säure bildenden Bakterien. Die Zerstörung der Zahnhartsubstanzen geschieht bei der Karies durch ein gestörtes „Gleichgewicht zwischen Demineralisation und Remineralisation des Zahnschmelzes in Anwesenheit Säure bildender Bakterien, die der Schmelzoberfläche anhaften. Substrat für die Säurebildung sind Kohlenhydrate, v.a. Zucker“ (Roche Lexikon Medizin: Stichwort Zahnkaries, [www.gesundheit.de/roche/](http://www.gesundheit.de/roche/)).

*Zahnerosionen* hingegen sind pathologische, chronische, durch Säureeinwirkung hervorgerufene Verluste an Zahnhartsubstanz (Schmelz, Dentin und Zement), die im Gegensatz zu kariösen Läsionen ohne Beteiligung von Mikroorganismen (Plaque) entstehen (Imfeld 1996; Schmidt, Ganß & Klimek 2003). Bei der Entstehung von Zahnerosionen spielen viele verschiedene Faktoren eine Rolle. Anders als bei der Karies treffen Säuren hier auf saubere Zahnoberflächen. Säuren lassen den pH-Wert in der Mundflüssigkeit zunächst rasch unter 4 absinken, er steigt dann aber wieder innerhalb von nur 1 - 2 Minuten in den neutralen pH-Wert-Bereich über 6 an (Imfeld 1983). Somit hat der einmalige Konsum beispielsweise eines sauren zuckerfreien Getränks keinerlei pathologische Folgen. Wenn



aber z. B. bei exzessivem Konsum eines solchen Getränks der pH-Wert in der Mundflüssigkeit dauerhaft im sauren Bereich unter 4,5 bleibt, kann es zu Zahnerosionen kommen. Laboruntersuchungen zeigen weiterhin, dass in pH-Wert-Bereichen unter 4 die Zahnschmelze ohne mechanische Einwirkung aufgelöst wird.

Zusammengefasst: Säure und damit auch saure Lebensmittel haben ein Schädigungspotenzial für die Zahngesundheit. Saure Lebensmittel sind so eindeutig ein Hazard.

### **Risikoabschätzung: Gibt es Risiken durch die Aufnahme „saurer Lebensmittel“?**

Ob die Exposition der Zähne mit Säuren im individuellen Fall tatsächlich zu Erosionen führt, hängt von verschiedenen Faktoren ab. Diese betreffen die Zusammensetzung der säurehaltigen Lebensmittel, die individuelle Veranlagung und vor allem Verzehrsgewohnheiten.

Wie experimentelle Untersuchungen zeigen, fällt bei der Kombination von Säuren und Zuckern, wie sie in Erfrischungsgetränken vorkommen, der pH-Wert (wie bei der Einwirkung von Säuren allein) rasch ab, um sich dann (wie bei der Einwirkung von Kohlenhydraten) schnell in dem sauren Bereich um 4 bis 5 für längere Zeit einzupendeln (Imfeld 1983). Zuckerhaltige Zitronensäuregetränke können unter Plaque zu Karies führen und an plaquefreien Flächen Erosionen auslösen.

Bei solchen Getränken stellt sich zudem die Frage der Pufferkapazität, d.h., inwiefern der Säuregehalt des Getränks neutralisiert werden kann. Bei dem Verzehr von Lebensmitteln mit hohem Säuregehalt kann der pH-Wert im Speichel relativ lange im sauren Bereich bleiben. Die Anhebung des pH-Werts bis hin zum neutralen kann durch den sofortigen Verzehr neutralisierender Flüssigkeiten (z. B. Milch) beschleunigt werden.

Entscheidend wird der Grad des Zahnverschleißes von Verzehrsgewohnheiten mitbestimmt, wobei nicht nur die Menge an verzehrten sauren Lebensmitteln, sondern auch die individuellen Kau- und Trinkgewohnheiten bedeutsam sind. So sind beispielsweise bei Kleinkindern Fruchtsäfte oder verdünnte Fruchtsäfte die am häufigsten konsumierten erosiven und kariogenen Getränke. Die Verweildauer in der Mundhöhle ist insbesondere dann lang, wenn diese Getränke per Nuckelflasche zum Einschlafen gegeben werden. Im Schlaf kommt die Speichelproduktion fast völlig zum Erliegen, so dass der Abtransport der Flüssigkeit

eingeschränkt ist und die Puffer- und Remineralisierungswirkung des Speichels nicht zum Tragen kommt (vgl. Strippel 2004, S. 141). Untersuchungen zeigen außerdem, dass Menschen, deren Milchzähne erosionsbefallen waren, ein höheres Risiko für Erosionen auch der bleibenden Zähne haben können (vgl. Schmidt, Ganß & Klimek 2003). Dies deutet darauf hin, dass Verzehrsgewohnheiten, die das Risiko von Zahnerosionen erhöhen, oft schon im frühen Kindesalter erworben und auch später beibehalten werden. Schließlich können Zahndefekte auch durch falsche Zahnputzgewohnheiten entstehen und so Erosionen verstärkt werden.

Wegen dieser Abhängigkeiten von verschiedenen Einflussfaktoren – vor allem vom individuellen Verzehrverhalten – ist eine quantitative Abschätzung des Risikos von sauren Lebensmitteln für die Zahngesundheit über Expositionsindikatoren, etwa Verzehrsmengen von Getränken o. ä., kaum möglich. Einen Anhaltspunkt für die Abschätzung dieses Risikos können aber Daten zur Prävalenz von Zahnerosionen liefern. Allerdings ist hier die Datenlage sehr beschränkt (vgl. Schmidt, Ganß & Klimek 2003). So gibt es für Deutschland bislang nur zwei Arbeiten, in denen die Prävalenz von Zahnerosionen in der Normalbevölkerung untersucht worden ist. Einige andere Studien haben bestimmte Altersgruppen untersucht. Insgesamt zeigen die Ergebnisse dieser Studien eine Prävalenz von ca. 4 bis 6 Prozent.

### **Risikobewertung: Wie bedeutsam ist das Risiko durch saure Lebensmittel?**

Aus den genannten Untersuchungsergebnissen lässt sich – vorsichtig – ableiten, dass das Risiko von sauren Lebensmitteln für die Zahngesundheit eher gering ist. Wegen der begrenzten Datenlage ist aber eine Beobachtung der Entwicklung angezeigt.

Für Personengruppen mit Risikofaktoren, wie zum Beispiel vegetarische Ernährung, Essstörungen (Bulimie) oder berufliche Säure-Exposition (Galvaniseure, Weinverkoster), können Zahnerosionen allerdings ein ernsthaftes Problem darstellen.

Bei der Risikobewertung geht es um die Beurteilung der Bedeutsamkeit eines Risikos. Für den vorliegenden Zusammenhang sind die folgenden drei Fragen relevant: (1) Welchen Anteil haben saure Lebensmittel an Zahn-Erosionen? (2) Welchen Einfluss hat das Verzehrverhalten? (3) Wie ist das Risiko durch saure Lebensmittel für die Zahngesundheit im Vergleich mit anderen Risiken zu bewerten?

## **Welchen Anteil haben saure Lebensmittel an Zahnerosionen?**

Zahnerosionen sind säurebedingt: Saure Lebensmittel sind hierbei zwar nicht der einzige Expositionspfad, aber vermutlich doch der wichtigste. Daneben sind endogene Säuren, also Exposition mit Magensäure, sowie berufliche Exposition zu berücksichtigen. Belastbare Zahlen über den relativen Anteil dieser verschiedenen Expositionspfade liegen allerdings nicht vor. Die Beteiligten des Experten-Dialogs schätzen aber, dass Zahnerosionen zu etwa 50% durch saure Lebensmittel, zu etwa 40% durch endogene Säuren und zu ca. 10% durch berufliche Exposition mit Säuren – inhalativ oder durch Flüssigkeitsaufnahme (z. B. Weinverkosten) – verursacht werden. Bei den sauren Lebensmitteln spielen vor allem die Getränke, insbesondere Softdrinks und Säfte, eine wichtige Rolle. So liegt der Konsum von Softdrinks gegenwärtig bei ca. 70 Litern pro Person und Jahr. Dagegen lag der pro-Kopf-Verbrauch von Gummibonbons und Gelee-Erzeugnissen im Jahr 2004 bei 3,5 kg, wobei von diesen Erzeugnissen nur rund 10% sauer sind.

## **Welchen Einfluss hat das Verzehrverhalten?**

Das Verzehrverhalten ist nach Einschätzung der Expertinnen und Experten der entscheidende Faktor für das Risiko von Zahnschäden durch saure Lebensmittel. Denn das Verzehrverhalten bestimmt, in welchem Ausmaß und mit welcher Häufigkeit saure Lebensmittel konsumiert werden und damit eine Exposition der Zähne mit Säuren gegeben ist. Dabei lässt sich die Wirkung von Säuren auf den Zahnschmelz durch Mundpflege so gut wie nicht beeinflussen. Zumindest gilt dies für das übliche Zähneputzen. Häufige und hohe Dosierungen von bestimmten Fluoridformen können allerdings therapeutisch – bei der Behandlung von Zahnerosionen –, nicht aber prophylaktisch wirksam sein.

## **Wie ist das Risiko durch saure Lebensmittel für die Zahngesundheit im Vergleich mit anderen Zahngesundheitsrisiken zu bewerten?**

Das mit Abstand bedeutsamste Risiko für die Zahngesundheit ist Karies, gefolgt von parodontalen Erkrankungen. Im Vergleich dazu wird die Bedeutung des Risikos durch saure Lebensmittel von den Expertinnen und Experten als gering eingeschätzt. Allerdings kann auch ein wenig bedeutsames Risiko volkswirtschaftlich nennenswerte Belastungen verursachen. So haben etwa im Jahr 2003 die Krankenkassen ca. 3,3 Milliar-

den Euro für Füllungen, Kronen und Begleitleistungen ausgegeben. Selbst wenn nur 1% dieser Kosten durch Zahnerosionen verursacht würde, wären dies immer noch 33 Millionen Euro.

Die Beteiligten des Experten-Dialogs sind sich aber darin einig, dass Maßnahmen zur Minimierung von Risiken für die Zahngesundheit vor allem auf die Bekämpfung von Karies und parodontalen Erkrankungen zielen sollten.

## **Risikokommunikation: Wie ist sie zu gestalten?**

Die oben dargestellte Risikobewertung zeigt, dass die Bedeutsamkeit des Risikos von Zahnschäden durch saure Lebensmittel als gering einzuschätzen ist. Das mit Abstand wichtigste Risiko für die Zahngesundheit ist Karies. Dementsprechend sollte sich die Risikokommunikation zur Zahngesundheit auf die Ursachen von Karies und die Möglichkeiten der Vermeidung konzentrieren.

Wie bei Zahnerosionen spielen auch für die Entstehung von Karies die individuellen Ernährungsgewohnheiten, insbesondere der Konsum von Zucker, eine große Rolle. Darüber hinaus kommt der Mundhygiene und Fluoridanwendung große Bedeutung zu. Neben der Information über die Ursachen von Karies geht es damit in der Risikokommunikation auch um Initiierung von Verhaltensweisen, die das Risiko von Karies verringern – also um die Veränderung von Ernährungsgewohnheiten und Mundhygiene.

Damit eine solche Risikokommunikation, deren Ziel eine Verhaltensänderung ist, Erfolg hat, müssen – wie die Forschung zu Risikokommunikation und zur Veränderungen des Gesundheitsverhaltens gezeigt hat – eine Reihe von Bedingungen erfüllt sein (siehe Renner & Schwarzer 2003). Voraussetzung für eine Verhaltensänderung ist zunächst, dass die Betroffenen überhaupt Kenntnis von einem Risiko für die Zahngesundheit haben. Das heißt, am Anfang muss die Information der Betroffenen über die Ursachen des Risikos und Minimierungsmöglichkeiten stehen. Ob und wie solche Risikoinformation rezipiert und dann auch in Verhalten umgesetzt wird, hängt davon ab, wie die Adressaten das Risiko einschätzen. Dabei kommt es vor allem darauf an, wie das eigene Risiko eingeschätzt wird. Weiterhin spielt für die Umsetzung des intendierten Verhaltens auch dessen Komplexität eine Rolle. Während einfache Verhaltensweisen, wie z. B. richtige Zahnpflege, (zumindest im Prinzip) leicht umzusetzen sind, gelingt dies bei komplexen Verhaltensweisen, wie etwa der Veränderung des Ernährungsverhaltens, die in vielfältiger Weise

im Alltag verankert sind, nicht so einfach. Für die Bereitschaft, das gewünschte Verhalten zu zeigen, sind insbesondere die Erwartungen, die die Betroffenen bezüglich der Wirksamkeit des Verhaltens zur Risikominimierung haben, von Bedeutung. Wird diese Wirksamkeit nicht gesehen, fehlt die Motivation, das Verhalten zu verändern. Ein weiterer wichtiger Faktor ist, ob sich die Betroffenen zutrauen, das gewünschte Verhalten zu realisieren, d.h. die Einschätzung der Selbstwirksamkeit.

Kommunikation mit dem Ziel der Verhaltensänderung muss also mehr sein als bloße Information über Risiken und allgemeine Information über Handlungsmöglichkeiten zur Risikominimierung. Gerade die Information über Möglichkeiten der Risikominimierung sollte so weit wie möglich auf die individuellen Handlungsressourcen der Betroffenen abgestimmt werden.

Bei allen Anstrengungen zur Veränderung individueller Verhaltensweisen ist aber der große Einfluss zu berücksichtigen, den das wirtschaftliche, soziale und kulturelle Umfeld von Menschen auf ihre Ernährungsweise hat. So wurde etwa aus dem Blickwinkel der Gesundheitsförderung das Aufstellen von Softdrink-Automaten in Schulen kritisiert (American Academy of Pediatrics 2004). Jugendkulturelle Einflüsse tragen dazu bei, dass holländische 15 - 16-Jährige einen mittleren täglichen Konsum von sieben Gläsern säurehaltiger Getränke aufweisen (van Rijkom et al. 2002).

## Literatur

American Academy of Pediatrics (2004): Policy Statement. Soft drinks in schools. *Pediatrics*, 113, 152-154

BfR (2005): Hohe Gehalte an Zitronensäure in Süßwaren und Getränken erhöhen das Risiko für Zahnschäden. Aktualisierte Stellungnahme Nr. 006/2005 des BfR vom 9. Januar

## Liste der Teilnehmer an dem Expertengespräch

PD Dr. Carolina Ganß  
Medizinisches Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde,  
Poliklinik für Zahnerhaltungskunde und Präventive  
Zahnheilkunde, Gießen

Dr. Rainer Gürtler  
Bundesinstitut für Risikobewertung, Berlin

Dr. Angelika Hembek  
Bundesinstitut für Risikobewertung, Berlin

Dr. Julia Gelbert  
Bund für Lebensmittelrecht und Lebensmittelkunde e.V., Berlin

Prof. Dr. Hildegard Przyrembel  
Bundesinstitut für Risikobewertung, Berlin

Prof. Dr. Britta Renner  
International University Bremen, Jacobs Center for Lifelong  
Learning and Institutional Development, Bremen

Holger Schütz  
Forschungszentrum Jülich GmbH, Programmgruppe Mensch,  
Umwelt, Technik, Jülich

2004. Berlin: Bundesinstitut für Risikobewertung. Available:  
[www.bfr.bund.de/cm/208/hohe\\_gehalte\\_an\\_zitronensaure\\_erhoehen\\_das\\_risiko\\_fuer\\_zahnschaeden.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/208/hohe_gehalte_an_zitronensaure_erhoehen_das_risiko_fuer_zahnschaeden.pdf) [2005, November 2005]

EC (2000): First Report on the Harmonisation of Risk Assessment Procedures - Part 1 (report). Brussels: European Commission; Scientific Committee's Working Group; Directorate C

Imfeld, T. (1983): Identification of low caries risk dietary components. *Monogr Oral Sci*, 11, 1-198

Imfeld, T. (1996): Dental erosion. Definition, classification and links. *Eur J Oral Sci*, 104, 151-155

Renner, B. & Schwarzer, R. (2003): Social-cognitive factors in health behavior change. In J. Suls & K.A. Wallston (Eds.), *Social psychological foundations of health and illness* (pp. 169-196). Malden, MA, US: Blackwell Publishing

Schmidt, N., Ganß, C. & Klimek, J. (2003): Ätiologie, Epidemiologie und Therapie von Erosionen. *Oralprophylaxe*, 25, 101-109

Strippel, H. (2004): Gesundheitsaufklärung bei Kinderarzt und Zahnarzt. Interventionsstudie zur Effektivität der Primärprävention von Nuckelflaschenkaries. Weinheim und München: Juventa Verlag

van Rijkom, H.M., Truin, G.J., Frencken, J.E., Konig, K.G., van 't Hof, M.A., Bronkhorst, E.M. & Roeters, F.J. (2002): Prevalence, distribution and background variables of smooth-bordered tooth wear in teenagers in the Hague, the Netherlands. *Caries Res*, 36(2), 147-154

## Kontakt

Dr. Peter Wiedemann  
Forschungszentrum Jülich  
MUT-INB  
52425 Jülich  
Tel. 02461 614806  
Fax 02461 612950  
E-Mail: [P.Wiedemann@fz-juelich.de](mailto:P.Wiedemann@fz-juelich.de)

Dr. Rolf Hertel  
Bundesinstitut für Risikobewertung  
Thielallee 88-92  
14195 Berlin  
Tel. 030 8412 3931  
Fax 030 8412 1243  
E-Mail: [Rolf.Hertel@bfr.bund.de](mailto:Rolf.Hertel@bfr.bund.de)

Albena Spangenberg  
Forschungszentrum Jülich GmbH, Programmgruppe Mensch,  
Umwelt, Technik, Jülich

Prof. Dr. Lutz Stößer  
Klinikum der Friedrich-Schiller-Universität Jena, Zentrum für  
Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Jena

Dr. Harald Strippel, M.Sc.  
Medizinischer Dienst der Spitzenverbände der  
Krankenkassen, Essen

Prof. Dr. Cor van Loveren  
Academic Centre of Dentistry, Amsterdam

PD Dr. Burckhard Viell,  
Bundesinstitut für Risikobewertung, Berlin

Dr. Peter Wiedemann  
Forschungszentrum Jülich GmbH, Programmgruppe Mensch,  
Umwelt, Technik, Jülich

Prof. Dr. Stefan Zimmer  
Heinrich-Heine-Universität, Poliklinik für Zahnerhaltung und  
Präventive Zahnheilkunde, Düsseldorf

# UFIPOLNET – Dauermessung von Ultrafeinstaub-Partikelgrößenverteilungen in der Stadt

## UFIPOLNET – permanent measurements of ultrafine particle size distributions in the city

*Holger Gerwig*

**Abstract:** There are only a limited number of long-term Ultrafine Particle (UFP) measurements in Europe. Epidemiological studies suggest a relationship between high number concentrations of UFP and adverse health effects. The project UFIPOLNET (Ultrafine Particle Size Distributions in Air Pollution Monitoring Networks) intends to demonstrate that the newly developed Ultrafine Particle Monitor UFP 330 is able to perform adequately in routine network operation. First comparisons with a Differential Mobility Particle Sizer (DMPS) for ambient aerosols show a good correlation of the UFP 330 with a DMPS measuring in parallel at a street canyon site. The UFP 330 will be run continuously this year. All sites are near busy roads; only Augsburg is an urban background site. The number concentrations will be correlated with nitrogen oxides, benzene and other continuously measured parameters in a routine measuring network.

### Warum Ultrafeinstaub?

Nach PM<sub>10</sub> soll in Zukunft das kleinere alveolengängige PM<sub>2,5</sub> (Partikel < 2,5 µm) EU-weit reguliert werden, wobei der Ultrafeinstaub (Durchmesser < 0,1 Mikrometer bzw. 100 Nanometer) diejenige Fraktion des Feinstaubes ist, für die die gesundheitlichen Wirkungshypothesen am plausibelsten sind (Hopf, 2005).

Die Masse der UFP ist so gering, dass nur ihre Zählung messtechnisch zu sinnvollen Ergebnissen führt. Für die langfristige Überwachung gesundheitsrelevanter kleiner Feinstaubpartikelfraktionen sind u.a. die nicht vergleichbaren Messverfahren und ein bisher nicht vorhandener langfristiger Praxiseinsatz hinderlich. In Verkehrsnähe werden in Deutschland mindestens zwischen 10.000 und 23.000 Feinstaubpartikel pro cm<sup>3</sup> gemessen (Birmili et al., 2006). Den größten Anteil an der Partikelanzahl machen Partikel < 1 µm aus. Nach der einzigen längeren Zeitreihenanalyse zu UFP in Deutschland (Erfurt in den Winterhalbjahren der 90er Jahre) stieg die Partikelanzahl im Partikelgrößenbereich von 0,01 bis 0,03 µm jährlich an (Cyrus et al., 2002).

Besonders diese kleinen Staubpartikel können die Schranke zum Blutkreislauf überwinden und über diesen Weg zu Herz-Kreislauf-Erkrankungen beitragen. Es gibt auch Hinweise auf einen Beitrag bestimmter Feinstaubanteile zum Krebsrisiko (SMS, 2007). Nach WHO (2004) sollte die Konzentration von Ruß und Ultrafeinstaubpartikeln (UFP) als Indikator für verkehrsbedingte Luftverschmutzung ausgewertet werden. Dieselruß wird als „eindeutig krebserregend im Tierversuch“ eingestuft (Hopf, 2005).

UFP sind überdurchschnittlich anthropogen bedingt. In Dresden wurden verschiedene Inhalts-

stoffe (u. a. Schwermetalle und Ruß) der Korngrößenfraktionen des Luftstaubs (Grobstaub, Feinstaub, Ultrafeinstaub) untersucht und verschiedenen Quellgruppen zugeordnet (Brügge-mann et al., 2000). Antimon und Kupfer der Außenluft stammen hauptsächlich von Bremsbelägen (Gerwig et al. 2006).

### Ziele UFIPOLNET

Im Rahmen des EU-LIFE Projekts UFIPOLNET (12/2004 – 11/2007) (Ultrafine Particle Size Distributions in Air Pollution Monitoring Networks = Korngrößenverteilung von Nanopartikeln in Messnetzen zur Luftüberwachung) ist ein Messgerät für Anzahl und Größenverteilung von Partikeln (UFP 330 von TOPAS GmbH) entwickelt worden, welches an vier verschiedenen Orten über ein Jahr in der Praxis getestet wird. Die Zusammenarbeit wird zwischen dem „Leadpartner“ Landesamt für Umwelt und Geologie (in Zusammenarbeit mit der Umweltbetriebsgesellschaft) und weiteren 6 Partnern, die aus Unternehmen, wissenschaftlichen Instituten und Luftqualitätsmessnetzen aus 3 Staaten (CZ, S, D) bestehen, koordiniert. Zu den Partnern zählen: Tschechisches Hydrometeorologisches Institut (CH-MU, Prag), Institut für Angewandte Umweltwissenschaften Universität Stockholm (ITM), GSF – Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit (Neuherberg), Institut für Troposphärenforschung (IfT, Leipzig), TOPAS GmbH (Dresden), TSI GmbH (Aachen bzw. St. Paul, Minnesota, USA).

Halbstundenmittelwerte im Bereich von 20 bis 800 nm in 6 Partikelgrößenklassen (20 - 30 | 30 - 50 | 50 - 70 | 70 - 100 | 100 - 200 | 200 nm - 800 nm) sollen gemessen werden.



**Abb. 1a:** Dresden: UFP 330, TOPAS (Mitte) und Referenz Gerät Twin-DMPS, IFT (Rechts);



**Abb. 1b:** Messstellen in Schweden, Deutschland und Tschechischer Republik

Vorteile des UFP 330 sind:

- erschwinglicher Preis
- einfache Handhabung
- Betrieb ohne Butanol und radioaktive Quellen.

Neben der Verbreitung der Ergebnisse an verschiedene Gruppen werden Kontakte zur EU-Kommission bzw. zum VDI gehalten.

### Probenahmeorte

Drei der Messorte befinden sich an stark befahrenen Straßen (Stockholm: Hornsgatan, Dresden: Schlesischer Platz, Prag: Strahovský Tunnel), die Messstelle in Augsburg (Friedberger Straße) liegt hingegen an einer verkehrsarmen Stelle in Zentrumsnähe (s. Abb. 1b).

Die hier betrachtete Verkehrsstation Dresden Nord (Schlesischer Platz) befindet sich an einer Kreuzung mit ca. 55.000 Kfz/Tag bei ca. 8 % Schwerverkehrsanteil. Hauptwindrichtung ist West bis Süd-West.

### Messmethoden

Bei der Messmethode handelt es sich um ein zählendes Messverfahren. Dabei wurde ein Diffusionsaufklärer mit Partikelgrößenfraktionierung mit einem elektrostatischen Klassierer und einem hochempfindlichen Elektrometer kombiniert. Damit ist ein neues Aerosolspektrometer ähnlich einem DMPS entwickelt worden (Hillemann et al., 2007).

### Erste Ergebnisse

Erste Messungen werden seit Dezember 2006 in Dresden durchgeführt und an den weiteren drei Orten seit Februar 2007. Dabei wurden dieselben Probenahmebedingungen eingehalten, was eine Konditionierung durch Vorabscheidung von Partikel > 1µm und eine Vortrocknung beinhaltet.

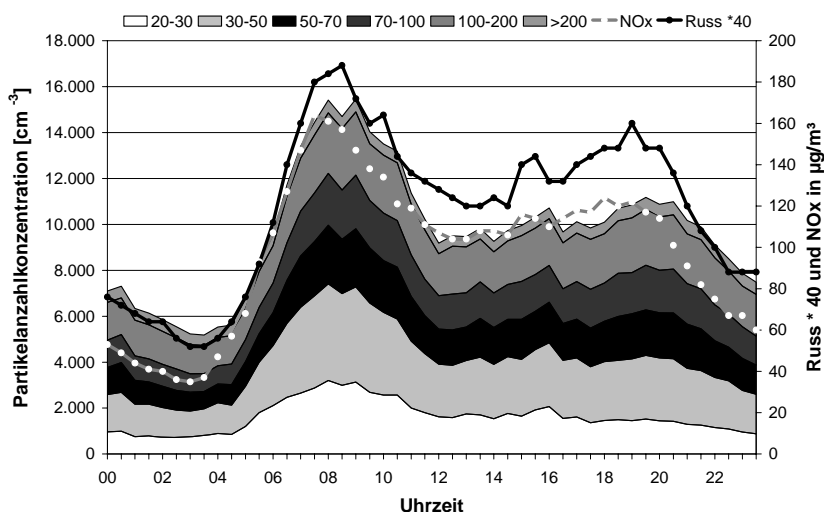
Die mit dem UFP 330 gemessene Summe der Partikelanzahlkonzentrationen (hier 20 – 200 nm) in Dresden korreliert gut mit Stickoxiden (NO<sub>x</sub>) (24.1.- 19.3.07):  $R^2 = 0,73$ . Zum Vergleich war in Stockholm (2001-2005) die Korrelation bei  $R^2 =$

0,65 (Johansson et al., 2006). In Dresden (1 Jahr: 2001-2002, DMPS, Löschau, 2006) war für NO<sub>x</sub> die Korrelation zu den 8 Partikelanzahlklassen (5 bis 800 nm) gut: R<sup>2</sup> = 0,67 – 0,90; für Ruß R<sup>2</sup> = 0,84 bis 0,92.

Der zeitliche Verlauf der Summe der Partikelanzahlkonzentration des UFP 330 stimmt gut mit dem Verlauf von NO<sub>x</sub> und Ruß (Abb. 2) überein.

Ein Vergleich zwischen UFP 330 und dem Referenzgerät in den 6 Größenklassen zeigt, dass die Resultate gut übereinstimmen. Lediglich im Bereich der kleinsten und größten Partikel gibt es Abweichungen. Dieses Verhalten ist von der Konzentration fast unabhängig (Wehner et al., 2007).

Die Korrelation der Summe der Partikelanzahlkonzentrationen des UFP 330 mit dem Referenzgerät DMPS (20 – 200 nm, 24.1. – 19.3.07) bei den Halbstundenmittelwerten ist gut: R<sup>2</sup> = 0,82.



**Abb. 2:** Durchschnittliche Halbstundenwerte im Tagesverlauf der Werktage (Mo-Fr, 24.1. – 19.3.07) der 6 Partikelgrößenklassen UFP 330, NO<sub>x</sub> und Ruß (dargestellt als 40 fache Konzentration) in Dresden

## Abschlusskonferenz

Die Abschlusskonferenz des EU-Projekts UFIPOLNET in Dresden „Ultrafeinstaub in der Stadtluft“ vom 23. – 24. Oktober 2007 wendet sich an Messnetzbetreiber, Verwaltungsangestellte, Wissenschaftler (Aerosolforscher und Epidemiologen) sowie Journalisten, die sich mit Ultrafeinstaub beschäftigen. Die Anmeldung erfolgt über [www.ufipolnet.eu](http://www.ufipolnet.eu). Simultanübersetzung: Englisch und Deutsch.

## Danksagung

Das Forschungsprojekt UFIPOLNET wird durch das Finanzierungsinstrument LIFE der Europäischen

Kommission und den Partnern unterstützt: LIFE04 ENV/D/000054.

## Literatur

Birmili, W. et al. (2006): Räumlich-zeitliche Verteilung, Eigenschaften und Verhalten ultrafeiner Aerosolpartikel (>100 nm) in der Atmosphäre, sowie die Entwicklung von Atmosphäre, sowie die Entwicklung von Überwachung in Deutschland, Umweltbundesamt, Redaktion: D. Bake; Forschungsbericht 203 43 257/05 UBA-FB 000942; UBA Texte 26 - 06

Brüggemann, E.; Franck, U.; Gnauck, Th.; Herrmann, H.; Müller, K.; Neusüß, Ch.; Plewka, A.; Spindler, G.; Stärk, H.-J.; Wennrich, R. (2000): Korngrößendifferenzierte Identifikation der Anteile verschiedener Quellgruppen an der Feinstaubbelastung; Sächs. Landesamt für Umwelt und Geologie (Hrsg.) Abschlussbericht (13-8802.3521/46)

Cyrys, J.; Heinrich, J.; Peters, A.; Kreyling, W.; Wichmann, H. E. (2002): Emission, Immission und Messung feiner und ultrafeiner Partikel. Umweltmed Forsch Prax, 7, 67-77

Gerwig, H.; Bittner, H.; Brüggemann, E.; Gnauk, T.; Herrmann, H.; Löschau, G.; Müller, K. (2006): Quellgruppenquantifizierung von PM<sub>10</sub> an einer Verkehrsmessstation in Dresden, Gef. Reinhalt. Luft, 66, 175 – 180

Hillemann, L., Zschoppe, A., Caldow, R. (2007): Aerosol mobility spectrometry based on diffusion charging, European Aerosol Conference, Salzburg 9.-14.9.2007, proceedings in press

Hopf, M. (2005): LUA Mitteilungsblatt 2/2005, S. 36-42  
[www.lua.sachsen.de/pu/Mitteilungen/Docs/luam\\_2005\\_02.pdf](http://www.lua.sachsen.de/pu/Mitteilungen/Docs/luam_2005_02.pdf)

Johansson, C.; Norman, M.; Gidhagen, L. (2006): Spatial & temporal variations of PM<sub>10</sub> and particle number concentrations in urban air, Environ Monit Assess. 127, 477-87

Löschau, G. (2006a, b): Partikelanzahl in verkehrsnaher Außenluft – Teil 1: Belastungsniveaus und Tendenz; Teil 2: Einfluss der Meteorologie und erste Ursachenanalyse, Gefahrenstoffe – Reinhaltung der Luft, 66, 431-435 und 483-488

SMS, Sächsisches Staatsministerium für Soziales (2007): Gesundheitliche Auswirkungen von Feinstaub [www.sms.sachsen.de/de/bf/staatsregierung/ministerien/sms/ispf\\_1043.htm#sprungmarke\\_luftverschmutzung](http://www.sms.sachsen.de/de/bf/staatsregierung/ministerien/sms/ispf_1043.htm#sprungmarke_luftverschmutzung)

Wehner, B.; Tuch, Th.; Wiedensohler, A., Zschoppe, A., Hillemann, L.; Gerwig, H. (2007): The new UFP 330: Comparison with a DMPS for ambient aerosols; European Aerosol Conference, Salzburg 9.-14.9.2007, proceedings in press

WHO (2004): HEALTH ASPECTS OF AIR POLLUTION; RESULTS FROM THE WHO PROJECT “SYSTEMATIC REVIEW OF HEALTH ASPECTS OF AIR POLLUTION IN EUROPE”: [www.euro.who.int/document/E83080.pdf](http://www.euro.who.int/document/E83080.pdf), page 19

## Kontakt

Dr. Holger Gerwig  
Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie  
Referat 22 Luftqualität  
Zur Wetterwarte 11, 01109 Dresden  
E-Mail: [Holger.Gerwig@lfug.smul.sachsen.de](mailto:Holger.Gerwig@lfug.smul.sachsen.de)  
Internet: [www.ufipolnet.eu](http://www.ufipolnet.eu)

# Fliegen und Höhenstrahlung

## Flying and Cosmic Radiation

Gerhard Frasch, Lothar Kammerer, Ralf Stegemann

Viele Menschen reisen – privat oder beruflich – zu ihren entfernten Zielen mit dem Flugzeug. Diese Flugzeuge fliegen oft in Höhen und geografischen Breiten, in denen deutlich mehr Höhenstrahlung auf den Menschen einwirkt als am Boden. Die Energie dieser Strahlung ist so hoch, dass man sie nicht abschirmen kann.

### 1. Wie entsteht diese Strahlung?

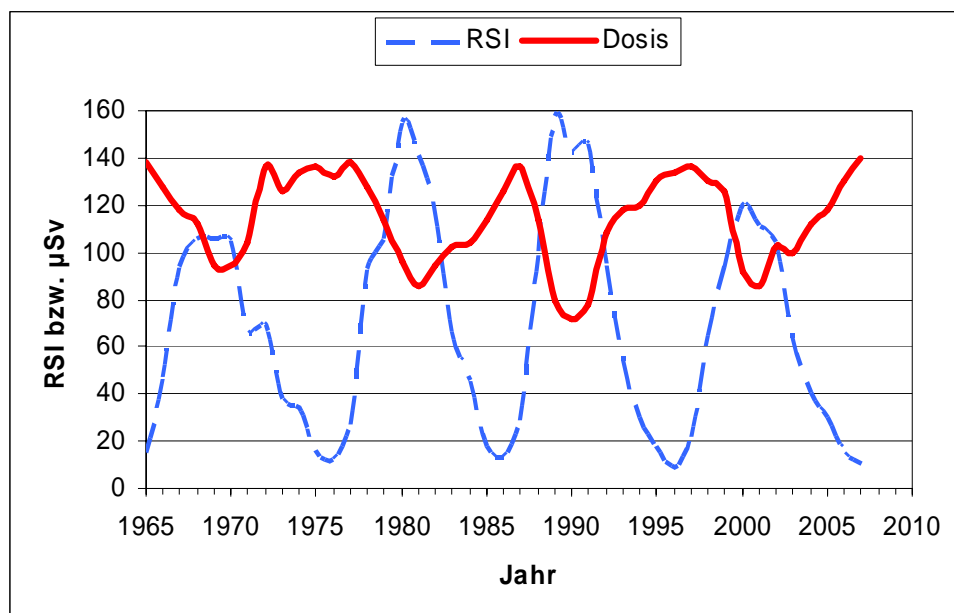
#### Kosmische Strahlung

Die Erde ist ständig einem gleichmäßigen Strom von hochenergetischen atomaren Teilchen ausgesetzt, die aus den Tiefen der Galaxis sowie von unserer Sonne kommen und in die Erdatmosphäre eindringen. Hauptsächlich besteht dieser Teilchenstrom aus Protonen, Heliumkernen und Elektronen. Diese kosmische Strahlung dringt jedoch nicht vollständig und auch nicht an jedem Ort der Welt gleich intensiv in die Erdatmosphäre ein. Drei Schutzmechanismen, der Sonnenwind, das Magnetfeld der Erde und die Erdatmosphäre schirmen die Erde gegen diese kosmische Teilchenstrahlung ab.

#### Der Sonnenwind

Der so genannte „Sonnenwind“ ist ein von der Sonne ausgehender Strom geladener Teilchen. Ein vernachlässigbar kleiner Teil des Sonnenwinds dringt zwar ebenfalls in unsere Atmosphäre ein, hauptsächlich aber lenkt er einen Teil der galaktischen Strahlung von unserem Sonnensystem ab. Die Intensität der Sonnenaktivität ändert sich nahezu periodisch in einem Zyklus von elf Jahren. Bei hoher Sonnenaktivität herrscht ein starker Sonnenwind und es gelangt weniger galaktische Strahlung in die Erdatmosphäre. Im solaren Minimum ist die Sonnenaktivität dagegen gering, so dass mehr galaktische Strahlung in die Atmosphäre eindringen kann.

In Zeiten hoher Sonnenaktivität kann man auf der Sonnenoberfläche vermehrt Sonnenflecken beobachten. Je größer die Sonnenaktivität und damit der Wert des relativen Sonnenfleckenindex ist, desto geringer ist auf der Erde die Intensität der kosmischen Strahlung und umgekehrt. Das letzte Maximum der Sonnenaktivität war im Jahr 2000, das nächste Minimum wird etwa im Jahr 2008 erwartet (Abb. 1).



**Abb. 1:** Zeitliche Schwankung des jährlichen Relativen Sonnenfleckenindex (RSI) und der effektiven Dosis\* aus Höhenstrahlung infolge des Sonnenzyklus

**Figure 1:** Variation of yearly sunspot number (RSI) and effective dose\* due to cosmic radiation

\* Effektive Dosis: Maß für die Wirkung der Strahlenexposition auf den Menschen; hier berechnet für Hin- und Rückflug Frankfurt – New York, Jahresmitte

### Solar Particle Events

Neben dem zyklisch zu- und abnehmenden Sonnenwind gibt es immer wieder plötzlich auftretende, aus der Corona der Sonne heraustretende Eruptionen, die sehr strahlungsintensiv sind. Diese entstehen gehäuft in Zeiten des solaren Maximums und erzeugen für mehrere Stunden oder Tage einen abrupten Anstieg der solaren Protonen- und Röntgenstrahlung. In einigen wenigen Fällen (alle paar Jahre) gibt es bei solchen Sonneneruptionen auch einen größeren Anteil an höherenergetischen Teilchen, die dann vor allem auf polnahen Flugrouten in Höhen von 10 – 15 km einen erheblichen Anstieg der Höhenstrahlung bewirken.

### Das Magnetfeld der Erde

Das Magnetfeld der Erde lenkt einen Teil der elektrisch geladenen kosmischen Teilchen bereits weit außerhalb der Erdatmosphäre ab. Die Abschirmung durch das Erdmagnetfeld wirkt am stärksten über dem Äquator. Bis zu den 30sten Breitengraden nördlich und südlich des Äquators verlaufen die magnetischen Feldlinien nahezu parallel zur Erdoberfläche und lenken einen großen Teil der elektrisch geladenen Teilchen der kosmischen Strahlung ab, so dass nur geladene Teilchen mit sehr hohen Energien die magnetischen Feldlinien durchqueren und bis in die Atmosphäre vordringen können. Über den geomagnetischen Polen ist die Schutzwirkung des Erdmag-

netfeldes am schwächsten. Zwischen den 60sten Breitengraden und den geomagnetischen Polen gelangen die geladenen kosmischen Teilchen entlang der Magnetfeldlinien in die Atmosphäre. Infolge dessen ist die kosmische Strahlung in den nördlichen und südlichen Regionen der Erde deutlich intensiver als am Äquator (Abb. 2).

Die geomagnetischen Pole verändern mit der Zeit ihre Lage. Vor einem Jahrhundert waren es nur wenige Kilometer pro Jahr, mittlerweile sind es jährlich etwa 40 Kilometer. Der magnetische Nordpol, der zurzeit etwa 1.600 km abseits des geografischen Nordpols zwischen Nordostkanada und Grönland liegt, könnte in gut 20 Jahren in der Nähe des geografischen Nordpols angelangt sein und 2050 Sibirien erreichen. Mit der Wanderung der magnetischen Pole verändert sich auch das Magnetfeld der Erde und dessen Schutzwirkung.

### Die Höhenstrahlung

Jene Teilchen der kosmischen Strahlung, die in die Atmosphäre gelangen, reagieren auf ihrem Weg durch die Lufthülle mit den Bestandteilen der Atmosphäre. Durch diese Wechselwirkung entsteht eine Vielzahl neuer, so genannter Sekundärteilchen, die ebenfalls sehr hohe Energien besitzen. Die Gesamtheit dieser Teilchen bildet die so genannte Höhenstrahlung. Mit zunehmender Nähe zur Erdoberfläche und somit zunehmender Dichte der Atmosphäre wird die Höhenstrahlung schwächer.

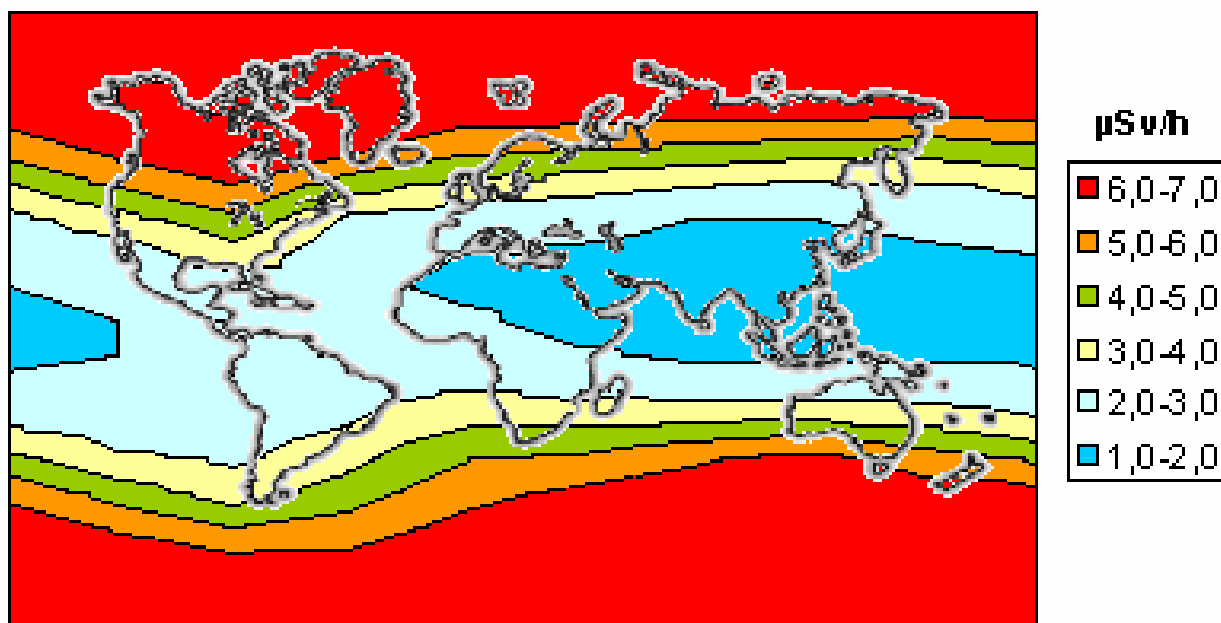


Abb. 2: Dosisleistung an verschiedenen geografischen Breiten und Längen in 11 km Höhe Ende 2002  
Figure 2: Dose rate at different latitudes and longitudes, flight altitude 11 km, end of 2002



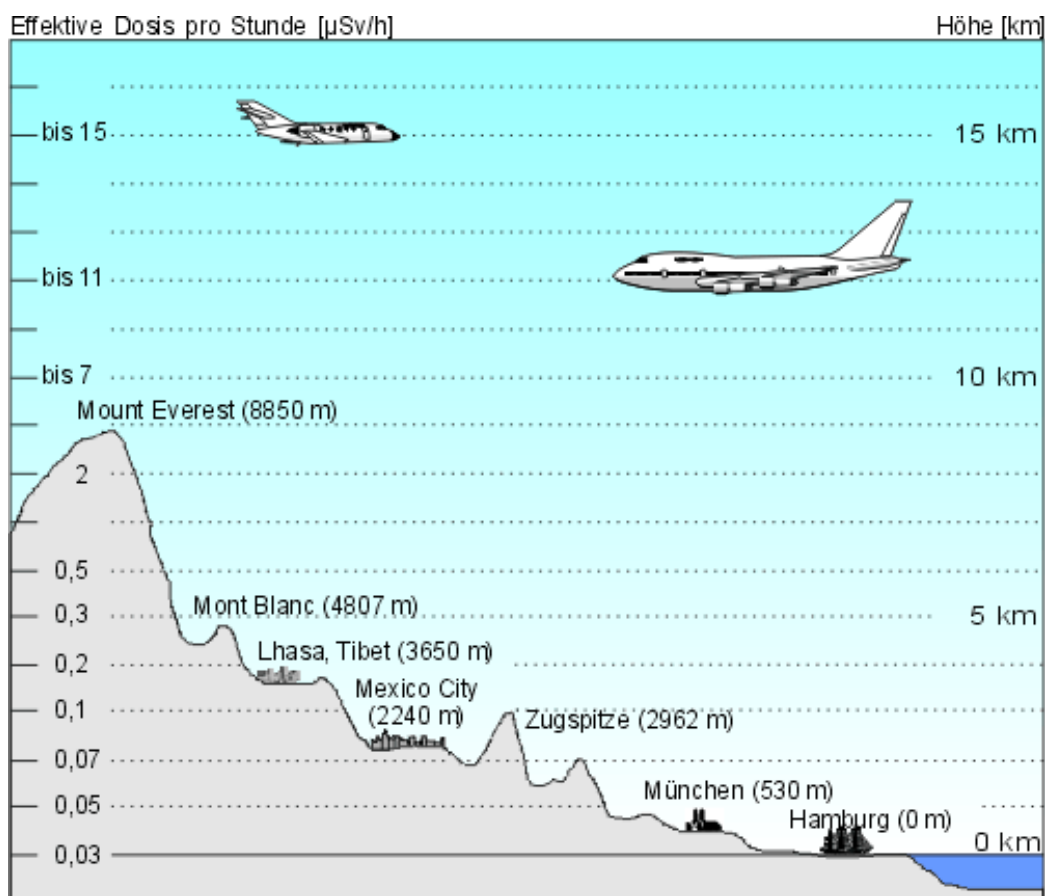
## 2. Strahlenexposition beim Fliegen

Die Bestandteile der Höhenstrahlung mit ihren hohen Energien bestimmen die auf den Menschen einwirkende Strahlungsdosis. Das Ausmaß der Strahlenexposition beim Fliegen hängt vor allem ab von

- der Flughöhe,
- der Flugdauer,
- dem geografischen Verlauf der Flugroute,
- der Sonnenaktivität und
- dem Auftreten von Solar Particle Events.

Ein Maß für die Wirkung der Strahlenexposition auf den Menschen ist die effektive Dosis. Abb. 3 gibt einen Überblick über die Abhängigkeit der effektiven Dosis pro Stunde von der Höhe über dem Meeresspiegel. In Reiseflughöhen von etwa 10 – 15 km kommt die effektive Dosis durch die Höhenstrahlung zu ca. 40 % durch Neutronen, ca. 35 % durch Protonen und etwa 25 % durch Elektronen, Myonen und Photonen zustande. Diese Prozentangaben sind allerdings nur grobe Richt-

werte, da sie vor allem mit der Höhe und der geografischen Breite variieren. Die effektive Dosis wird bei Einzelflügen üblicherweise in Mikro-Sievert [ $\mu\text{Sv}$ ] und bei Jahresdosen in Millisievert [ $\text{mSv}$ ] angegeben. In einer Höhe von 11 Kilometern und nördlich des sechzigsten Breitengrades (Helsinki – Oslo – Südspitze Grönland) entsteht durch die Höhenstrahlung eine effektive Dosis von 6 bis 7 Mikro-Sievert pro Stunde [ $\mu\text{Sv/h}$ ], im Bereich des Äquators beträgt sie wegen der Abschirmung durch das Erdmagnetfeld auf der gleichen Flughöhe nur ein Drittel davon. Demzufolge führt die Strahlenexposition bei einem Flug von Frankfurt nach New York (9 Stunden Flugdauer, davon 8 Stunden in Reiseflughöhe) zu einer effektiven Dosis von ca. 50  $\mu\text{Sv}$  (8 Stunden  $\times$  6,5  $\mu\text{Sv/h} \approx 50 \mu\text{Sv}$ ). Dieser Wert galt für das Ende des Jahres 2002. Infolge der seitdem abnehmenden Sonnenaktivität ist die Höhenstrahlung inzwischen um bis zu fünfzig Prozent angestiegen. In der Tab. 1 sind Werte der effektiven Dosis, die durch Höhenstrahlung auf häufig beflogenen Strecken typischerweise entsteht, zusammengestellt.



**Abb. 3:** Effektive Dosis der Höhenstrahlung pro Stunde in Abhängigkeit von der Höhe  
**Figure 3:** Effective dose at different altitudes

**Tab. 1:** Effektive Dosis durch Höhenstrahlung auf ausgewählten Flugrouten  
**Table 1:** Effective dose due to cosmic radiation for selected aviation routes

Abflug	Ankunft	Dosisbereich* [ $\mu\text{Sv}$ ]
Frankfurt	Gran Canaria	10 – 18
Frankfurt	Johannesburg	18 – 30
Frankfurt	New York	32 – 75
Frankfurt	Rio de Janeiro	17 – 28
Frankfurt	Rom	3 – 6
Frankfurt	San Francisco	45 – 110
Frankfurt	Singapur	28 – 50

\* Die Schwankungsbreite resultiert hauptsächlich aus den Einflüssen von Sonnenzyklus und Flughöhe.

### 3. Höhenstrahlung – ein Teil der natürlichen Strahlenexposition

In Deutschland beträgt die mittlere effektive Dosis aus der natürlichen Strahlenexposition etwa 2,1 mSv pro Jahr [mSv/a]. Je nach Aufenthaltsort schwankt der tatsächliche Wert zwischen 1 und 6 mSv/a (Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 2005 [1]). Die Höhenstrahlung macht einen Teil der natürlichen Strahlenexposition aus. In Meereshöhe beträgt ihr Wert ca. 0,3 mSv/a. Den größten Anteil an der natürlichen Strahlenexposition hat mit durchschnittlich 1,1 mSv/a die Inhalation von Radon, einem radioaktiven Edelgas, das wir über die Atemluft aufnehmen. Zusätzlich wirkt von außen die terrestrische Strahlung auf uns ein, das ist die Strahlung der natürlichen radioaktiven Stoffe im Gestein der Erdkruste. Sie bewirkt im Mittel eine jährliche effektive Dosis von 0,4 mSv. Der menschliche Körper enthält natürliche radioaktive Stoffe; vor allem trägt das Kalium 40 in unseren Muskelzellen mit ca. 0,3 mSv zur jährlichen Strahlenexposition aus natürlichen Quellen bei.

Man kann die Dosis aus der Strahlenexposition, der wir beim Fliegen ausgesetzt sind, mit der mittleren Dosis aus der jährlichen natürlichen Strahlenexposition und ihrer Schwankungsbreite vergleichen, um diese zusätzliche Strahlenexposition einordnen zu können. Zum Beispiel bewirkt eine Flugreise von Frankfurt nach New York und zurück eine zusätzliche Strahlenexposition von ca. 100  $\mu\text{Sv}$  (= 0,1 mSv). Die durchschnittliche natürliche Strahlenexposition eines Jahres wird bei einer solchen Flugreise also um etwa fünf Prozent erhöht. Zwar wird bei diesen Flügen auch ein Teil der Strahlendosis, die man während der Dauer des Fluges am Boden erhalten würde, „eingespart“. Diese Einsparung von ca. 0,2  $\mu\text{Sv/h}$  ist aber unbedeutend.

### 4. Gesundheitliche Risiken

Ionisierende Strahlung kann die Körperzellen schädigen und z. B. Krebserkrankungen auslösen. Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer Krebserkrankung steigt mit zunehmender Strahlendosis an. Für Menschen, die wenig fliegen, ist die zusätzliche Exposition durch kosmische Strahlung von untergeordneter Bedeutung. Wenn ein Flug zu privaten Zwecken durchgeführt wird, liegt es im persönlichen Ermessen des Einzelnen, abzuwägen, ob er einen Flug für gerechtfertigt hält und wie er die Gesamtheit aller Risiken eines Fluges gegen die Risiken alternativer Verkehrsmittel bewertet. Wer dagegen berufsmäßig fliegt, hat diese Entscheidungsfreiheit in der Regel nicht. Insbesondere gilt dies für Berufspiloten und Flugbegleiter.

Berufspiloten und flugbegleitendes Personal können, insbesondere wenn sie häufig Mittelstrecken fliegen oder auf Langstrecken über den nördlichen Polrouten eingesetzt werden, Strahlenexpositionen erhalten, die durchaus vergleichbar sind mit Dosiswerten in Berufsgruppen, die ionisierende Strahlung z. B. für industrielle Anwendungen einsetzen oder die mit radioaktiven Quellen umgehen. Gleiches gilt analog für berufliche „Vielflieger“. In einzelnen Studien gibt es Hinweise darauf, dass fliegendes Personal einem leicht erhöhten Gesundheitsrisiko ausgesetzt sein könnte. Von einem wissenschaftlich gesicherten, ursächlichen Zusammenhang zwischen der Höhenstrahlung und z. B. der Häufigkeit von Krebserkrankungen kann man nach gegenwärtigem Kenntnisstand aber nicht sprechen [2]. Gleichwohl ist es sinnvoll, die Höhe eines möglichen gesundheitlichen Risikos durch Höhenstrahlung rein vorsorglich abzuschätzen und zu begrenzen.

## 5. Ermittlung der Strahlendosis

Technisch besteht die Möglichkeit, die Strahlendosis während eines Fluges im Flugzeug zu messen. Da die physikalischen Bedingungen, die zu einer Dosis durch Höhenstrahlung führen, recht gut bekannt sind, kann man diese Strahlendosen aber auch hinreichend genau berechnen. Hierfür existieren Computerprogramme, die auf der Basis von physikalischen Messungen und anhand der flugbestimmenden Daten (z. B. Start- und Ziel-flughafen, Flugdauer und -höhe) die gesamte effektive Dosis ermitteln, die bei einem Flug entsteht.

## 6. Strahlenschutz des fliegenden Personals

Früher erstreckte sich der Strahlenschutz für Arbeitskräfte nur auf Tätigkeiten, bei denen man die Strahlungseigenschaften radioaktiver Stoffe absichtlich anwendet oder ionisierende Strahlung gezielt einsetzt. Da es im Hinblick auf strahlenbedingte gesundheitliche Risiken gleichgültig ist, ob eine erhaltene Strahlendosis aus einer zivilisatorischen oder aus einer natürlichen Strahlenquelle stammt, ist es nicht einzusehen, dass der berufliche Strahlenschutz nur für Arbeitsbereiche gilt, in denen ionisierende Strahlung angewendet wird, Arbeitsfelder mit natürlicher Strahlenexposition dagegen von diesem Schutz ausgenommen sind. Die Europäische Kommission sieht deshalb in den EURATOM-Grundnormen [3] auch den Schutz vor einer erheblich erhöhten Exposition durch natürliche Strahlenquellen vor und bezieht in diesen Schutz unter anderem auch das fliegende Personal ein.

In Deutschland wurde diese Anforderung mit der Novelle der Strahlenschutzverordnung 2001 [4] in nationales Recht umgesetzt. Dies bedeutet, dass die Strahlenexposition des fliegenden Personals zu ermitteln, zu begrenzen und unter Berücksichtigung des Einzelfalls zu reduzieren ist. Luftfahrtpersonal ist überwachungspflichtig, wenn es in einem Beschäftigungsverhältnis gemäß deutschem Arbeitsrecht steht und während der Flüge durch Höhenstrahlung eine effektive Dosis von mehr als 1 mSv im Kalenderjahr erhalten kann. Die Betreiber von Flugzeugen sind seit August 2003 verpflichtet, Dosiswerte mit Rechenprogrammen zu ermitteln und durch eine

entsprechende Planung der Flugrouten und des Personaleinsatzes die Strahlendosis ihrer Beschäftigten zu reduzieren. Die berechneten Dosiswerte werden dem fliegenden Personal individuell zugeordnet und über das Aufsicht führende Luftfahrtbundesamt an das Strahlenschutzregister im Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) übermittelt, wo unter anderem die Einhaltung von Dosisgrenzwerten überwacht wird. Neben allen anderen beruflich strahlenexponierten Personen erhält damit auch das fliegende Personal eine rechtlich abgesicherte Strahlenschutzüberwachung.

Der strahlenschutzüberwachte Personenkreis des fliegenden Personals umfasst ca. 31.000 Personen. Im Vergleich mit anderen strahlenexponierten Berufsgruppen zählt das fliegende Personal mit einer durchschnittlichen effektiven Jahresdosis von 2 mSv nach den Kategorien „Industrielle Radiographie“ und „Kerntechnik, Instandhaltung und Reinigung“ zu einer der am stärksten strahlenexponierten Berufsgruppen [5].

### Literatur

1. Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 2005 (Parlamentsbericht), Bundestagsdrucksache 16/3084
2. Langner, Blettner et al.: Cosmic radiation and cancer mortality among pilots: results from an European cohort study (ESCAPE), Rad. Env. Bioph. 2004, 42
3. RICHTLINIE 96/29/EURATOM DES RATES vom 13. Mai 1996 zur Festlegung der grundlegenden Sicherheitsnormen für den Schutz der Gesundheit der Arbeitskräfte und der Bevölkerung gegen die Gefahren durch ionisierende Strahlungen (EURATOM-Grundnormen); Brüssel 1996
4. Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV), Bundesgesetzblatt Jahrgang 2001 Teil I Nr. 38, S.1714ff, Bonn, 26. Juli 2001
5. Stegemann, Frasch et al: Die berufliche Strahlenexposition des fliegenden Personals in Deutschland. Bericht des Strahlenschutzregisters, Fachbereich Strahlenschutz und Gesundheit, BfS-SG-06/05, Salzgitter 2005

### Kontakt

Dr. Gerhard Frasch  
Bundesamt für Strahlenschutz  
Fachbereich Strahlenschutz und Gesundheit  
85762 Oberschleißheim  
Tel.: +49 (0)1888 333 2410  
E-Mail: [GFrasch@BFS.de](mailto:GFrasch@BFS.de)

# Nationale und internationale Aktivitäten zu den Chancen und Risiken der Nanotechnik im Umweltbereich

## National and international activities focussed on chances and risks of the nanotechnology and environment

*Wolfgang Dubbert und Marianne Rappolder*

Sie sind in Sonnencremes enthalten, machen Textilien schmutzabweisend und Lacke kratzfest: Nanopartikel. In der Nanotechnik werden Partikel oder Oberflächen hergestellt, untersucht oder angewendet, die mindestens in einer räumlichen Dimension kleiner als 100 Nanometer messen. Die Produkte der Nanotechnik bergen ein positives Potenzial für die wirtschaftliche Entwicklung, den Gesundheits- und den Umweltschutz. Gleichzeitig gibt es warnende Stimmen vor schädlichen Wirkungen von künstlich erzeugten Nanopartikeln auf Mensch und Umwelt.

Künstlich erzeugte Nanomaterialien besitzen neue Eigenschaften, die gezielt zur Entwicklung neuer Produkte und Anwendungen genutzt werden. Von der Nanotechnik werden zahlreiche innovative Entwicklungen in verschiedenen technischen Bereichen (u.a. Energietechnik, chemische Produktionstechnik, Informations- und Kommunikationstechnik) und unterschiedlichen gesellschaftlichen Anwendungsfeldern sowie Wirtschaftszweigen erwartet. Produkte der Nanotechnik erobern in rasch wachsender Zahl den Markt und wirken positiv auf die Wirtschaft. In Deutschland gab es im Jahr 2006 rund 600 Unternehmen, die im Bereich Nanotechnik tätig waren [1]. Die Industrie erwartet im Jahr 2015 einen weltweiten Umsatz mit Nanotechnikprodukten bis zu einer Billion US-Dollar.

Das Umweltbundesamt prüft und bewertet umweltrelevante (auch toxikologische) Aspekte der Nanotechnik. Die gezielte Erhebung und Ermittlung von Daten und Fakten zur Nanotechnik, einschließlich der hier verwendeten Produktionsverfahren und ihrer Produkte, wird als eine vordringliche Aufgabe gesehen, um Chancen und Risiken besser schätzen und darauf basierend Rahmenbedingungen festlegen zu können, die die Entwicklung einer nachhaltigen Nanotechnik ermöglichen.

### Hintergrundpapier zu den Chancen und Risiken der Nanotechnik

Das Umweltbundesamt (UBA) hat in seinem Hintergrundpapier „[Nanotechnik: Chancen und Risiken für Mensch und Umwelt](#)“ vom August 2006 [2] das aktuelle Wissen über Umweltent-

lastungspotenziale zusammengefasst, Risiken für Mensch und Umwelt benannt und Handlungsempfehlungen formuliert. Hierin kommt das Umweltbundesamt zum Schluss, dass mit zunehmendem Einsatz künstlich erzeugter Nanopartikel künftig mit einem vermehrten Eintrag in die Umwelt zu rechnen ist. Die breiten Anwendungsmöglichkeiten der Nanotechnik und die unterschiedlichen Nanomaterialien erfordern ein differenziertes Vorgehen bei der Beurteilung eines möglichen Risikos für die menschliche Gesundheit und die Umwelt. Das Hintergrundpapier diskutiert ausführlich die gegenwärtigen Wissensdefizite über die Exposition der Menschen und die Umwelt durch Nanopartikel und die möglichen Risiken dieser Partikel. Wegen der neuartigen Eigenschaften von künstlich erzeugten Nanopartikeln sieht das Umweltbundesamt die Notwendigkeit, technische Entwicklungen auch mit Risikobewertungen zu begleiten, denn es gilt, potenzielle Schäden und Kosten durch die neue Technik zu identifizieren und dann zu vermeiden – so, wie es bei jeder neuen Technik üblich ist.

### Bewertung umweltentlastender Effekte durch Nanotechnik

Die Umwelt kann von der neuen Nanotechnik profitieren. Entlastungseffekte für die Umwelt lassen sich durch den Ersatz von herkömmlichen Stoffen durch nanotechnikbasierte Materialien erreichen. Dies kann zu einer Einsparung stofflicher Ressourcen, einer Verringerung des Anfalls umweltbelastender Nebenprodukte, einer Verbesserung der Effizienz bei der Energieumwandlung sowie einer Verringerung des Energieverbrauchs führen. Durch die Entfernung umweltbelastender Stoffe aus der Umwelt mit Hilfe von Nanopartikeln lassen sich Böden und Trinkwasser dekontaminieren, neue nanotechnikbasierte Sensoren und Detektoren erhöhen die Empfindlichkeit und Selektivität von Analysen. Für die Zukunft lässt das Innovationspotenzial der Nanotechnik für die Sicherung des Energiebedarfs, den Erhalt der natürlichen Lebensgrundlagen durch Ressourceneinsparung und die medizinische Versorgung vielfältige Lösungsbeiträge erwarten.

Daten, die die umweltentlastende Wirkung dieser neuen Produkte und Anwendungen untermauern, liegen derzeit kaum vor. Im Auftrag des Umweltbundesamtes erarbeitet die Universität Bremen, Fachgebiet „Technik Gestaltung Technologie Entwicklung“ (Prof. Dr. Arnim von Gleich), in Kooperation mit dem Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) gGmbH, Berlin, die Studie „Entlastungseffekte für die Umwelt durch nanotechnische Verfahren und Produkte“ (FKZ 206 61 203/02) mit dem Ziel, die Chancen nanotechnischer Verfahren und nanotechnisch hergestellter Produkte für die Umwelt und den Umweltschutz qualitativ und – wo möglich – quantitativ zu zeigen. Aufbauend auf einer übersichtsartigen Erfassung und vorläufigen Bewertung bereits auf dem Markt befindlicher oder kurz vor der Vermarktung stehender Produkte wird das Projekt Life-Cycle-Aspekte genauer analysieren. Soweit es die Datenlage zulässt, werden umweltentlastende und etwaige umweltbelastende Potenziale ausgewählter nanotechnikbasierter Produkte oder Verfahren quantitativ dargestellt. Das Projekt läuft bis April 2008.

### **Bewertung der Risiken der Nanotechnik – Forschungsstrategie**

Sowohl über die Expositionen als auch über die Wirkung auf den Menschen und die Umwelt durch Nanopartikel ist noch relativ wenig bekannt. Untersuchungen zur Umwelt- und Gesundheitsrelevanz werden zurzeit im Verhältnis zu anderen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in der Nanotechnik sehr wenig gefördert. Nanomaterialien in Form von Partikeln stellen wahrscheinlich das größte Risiko für die Umwelt und die Gesundheit dar. Für eine umfassende Risikoanalyse müssen allerdings noch geeignete Instrumente entwickelt werden. Da alle Bewertungsbehörden vor dem gleichen Problem stehen, haben die Bundesoberbehörden (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) und UBA) beschlossen, eine gemeinsame Forschungsstrategie „Nanotechnologie: Gesundheits- und Umweltrisiken von Nanopartikeln“ zu erarbeiten [3].

In der gemeinsamen Forschungsstrategie sind Themenbereiche beschrieben, die zielgerichtet für eine Bewertung der Risiken der Nanotechnologie durchgeführt werden sollen. Schutzziele sind Arbeitsplatz, Verbraucherinnen und Verbraucher, sowie Umwelt und Gesundheit. Nach der Abstimmung in den Behörden und der Veröffentlichung im Internet konnte der Entwurf kommentiert werden. Die Strategie wird von den für die Bundesoberbehörden zuständigen Ministerien

(Umwelt-, Verbraucher- und Arbeitsministerium) mitgetragen. Am 30.11.06 stellten die Bundesoberbehörden auf einer gemeinsamen Veranstaltung mit ihren zuständigen Ministerien den Entwurf verschiedener Interessengruppen (u.a. Industrie, Umweltverbände, Gewerkschaften, Wissenschaft) zur Diskussion. Die Kommentare und Diskussionsbeiträge werden in der Endfassung der Forschungsstrategie, die bis zum Sommer 2007 erstellt wird, angemessen berücksichtigt.

### **Testung von Nanopartikeln**

Die Untersuchung von Nanopartikeln stellt eine besondere Herausforderung dar. Die Eignung validierter Testsysteme muss erst noch geprüft werden. Das Umweltbundesamt hat daher eine Studie an das Fraunhofer Institut für Molekularbiologie und Angewandte Ökologie in Schmallenberg mit dem Titel „Technisches Vorgehen bei der Testung von Nanopartikeln“ vergeben. Ziel des Vorhabens sind die Auswertung von Literaturstudien und eigene Studien des Auftragnehmers zum Vorgehen beim Testen an aquatischen Organismen. Besonderes Augenmerk liegt auch auf der Vergleichbarkeit dieser Studien und einer Analyse, welche Angaben fehlen bzw. notwendig sind, um eine Vergleichbarkeit und sinnvolle Bewertung zu erreichen. Das Ergebnis wird im Herbst 2007 in einem Fachgespräch diskutiert.

### **Rechtliche Situation: Rechtsgutachten zur Nanotechnik**

Ausgehend von der Analyse des derzeitigen Technikstandes der Nanotechnik und einer Bestandsaufnahme der bestehenden und sich entwickelnden nationalen und europäischen Umweltgesetzgebung hat die Sonderforschungsgruppe Institutionenanalyse (sofia) e.V., Darmstadt, in Zusammenarbeit mit dem Ökoinstitut e.V. im Auftrag des Umweltbundesamtes in einem Rechtsgutachten Regelungslücken, Ansätze, diese Lücken auszufüllen, und Empfehlungen für das weitere regulatorische Vorgehen zu Nanomaterialien entwickelt [4] (UBA-Texte 10/2007, [www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-1/3198.pdf](http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-1/3198.pdf)). Im Ergebnis stellt dieses Rechtsgutachten Lücken im Umweltrecht in Bezug auf die Risikobeurteilung nanoskaliger Stoffe fest. Eine Regulierung der Nanotechnik wird aber als problematisch angesehen, da es noch große Erkenntnislücken zu den Wirkungen nanoskaliger Stoffe und der Exposition von Mensch und Umwelt gibt. Eine eigenständige „Nano-Regulierung“ wird für nicht sinnvoll gehalten. Inwieweit ein Regelungsbedarf besteht, lässt sich, so das

Fazit des Gutachtens, erst durch weiteren Erkenntnisgewinn hinsichtlich der Risiken beantworten. Daher schlagen die Autoren des Gutachtens ein Stufenkonzept zum weiteren Vorgehen vor, in dem der Regelungsbedarf nach Gewinnung der Risikoinformation bewertet und systematisch erfasst werden soll.

## Nationale Aktivitäten

Die Bundesregierung beteiligt sich im Rahmen ihrer Hightech-Strategie ressortübergreifend an der Diskussion um die Chancen und Risiken der Nanotechnik. Im Rahmen des „NanoDialog 2006 – 2008“ erörtern Stakeholder aus Politik, Wirtschaft, Wissenschaft, Behörden und Verbänden die Vor- und Nachteile von Nanomaterialien für die nachhaltige Entwicklung. Zu diesem Zweck hat das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) eine Nanokommission eingesetzt, die den Dialog in drei Arbeitsgruppen koordiniert und strategisch begleitet. Für die Arbeitsgruppen, wie für die Nanokommission, sind Vertreter unterschiedlicher Interessengruppen benannt. Die Arbeitsgruppen (AGs) arbeiten an folgenden Schwerpunkten:

- AG 1 „Chancen für Umwelt und Gesundheit“
- AG 2 „Risiken und Sicherheitsforschung“
- AG 3 „Leitfaden für einen verantwortungsvollen Umgang mit Nanomaterialien“.

Die Arbeitsgruppen haben ihre Arbeit Ende März 2007 mit einer konstituierenden Sitzung aufgenommen. Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des UBA sind hieran beteiligt. Die AG 1 arbeitet an der Bewertung der Chancen (z. B. Ressourcenschonung, Umweltentlastungseffekte und ihre Bewertungskriterien). In der AG 2 bildet die Forschungsstrategie die Diskussionsbasis zur Bewertung der Risiken. Die AG 3 entwickelt Leitfäden zum Schutz der Arbeitnehmer und zur Emissionsminderung.

## Internationale Aktivitäten

International beteiligt sich das UBA an Arbeiten der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD). Eine 2006 eingerichtete Working Party on Safety of Manufactured Nanomaterials (WPMN) konzentriert sich in ihrem Arbeitsprogramm auf Sicherheitsaspekte in Bezug auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt durch synthetische Nanomaterialien und

deren Bewertung. In 6 Projekten werden die für eine Risikobewertung notwendigen Themen erarbeitet:

- Projekt 1: Entwicklung einer OECD-Datenbank, die alle relevanten Projekte zu Umwelt und Gesundheit und Sicherheit (EHS) (von konkret geplant bis bereits abgeschlossen) sammeln und öffentlich zugänglich machen soll.
- Projekt 2: EHS-Forschungsstrategien zu produzierten Nanomaterialien. Dieses Projekt leitet Deutschland und die oben genannte Forschungsstrategie bildet hier die Diskussionsbasis.
- Projekt 3: Testen von repräsentativen Nanomaterialien. In diesem Projekt sollen Nanomaterialien mit verschiedenen Testsystemen auf relevante Endpunkte geprüft werden. Dabei geht es sowohl um die Eignung der Testsysteme, als auch um eine erste Bewertung von Nanomaterialien.
- Projekt 4: Überprüfen vorhandener Prüfrichtlinien auf ihre Tauglichkeit für die Untersuchung von Nanomaterialien.
- Projekt 5: Überblick und Vergleiche von freiwilligen Meldeverfahren und Regulierungsprogrammen.
- Projekt 6: Überblick und Vergleiche von Risikobewertungsstrategien.

Die OECD-Arbeitsgruppe bildet somit eine sehr wichtige Plattform, um die vielfältigen Aufgaben zur Bewertung von Nanomaterialien international zu bündeln.

## Fazit

Angesichts der schnellen Entwicklung nanotechnischer Verfahren und der Vermarktung von immer mehr Produkten ist im Interesse eines verantwortlichen Umgangs mit dieser neuen Technologie und deren nachhaltiger Entwicklung eine rasche Schließung vorhandener Wissenslücken angezeigt. So müssen Erkenntnisse über Anwendungsbereiche gewonnen werden, in denen ein Eintrag in die Umwelt und Expositionen von Arbeitnehmern und Verbrauchern auftreten können. Anwendungen, die eine nachhaltige Entwicklung unterstützen, sind zu fördern. Dies kann nur erreicht werden, wenn national und international die verschiedenen Interessenvertreter eng zusammenarbeiten und die Aufgaben koordiniert bearbeiten.

## Literatur

1. BMBF (2006): Nano-Initiative – Aktionsplan 2010.  
[www.bmbf.de/pub/nano\\_initiative\\_aktionsplan\\_2010.pdf](http://www.bmbf.de/pub/nano_initiative_aktionsplan_2010.pdf)
2. UBA (2006): Nanotechnik: Chancen und Risiken für Mensch und Umwelt. [www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse/hintergrund/nanotechnik.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse/hintergrund/nanotechnik.pdf)
3. BAuA, BfR, UBA (2006): Nanotechnologie: Gesundheits- und Umweltrisiken von Nanopartikeln  
[www.umweltbundesamt.de/technik-verfahren-sicherheit/dokumente/forschungsstrategie\\_nanotechnologie.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/technik-verfahren-sicherheit/dokumente/forschungsstrategie_nanotechnologie.pdf)
4. Führ et al. (2007): Rechtsgutachten Nano-Technologien – ReNaTe. UBA-TEXTE 10/2007  
[www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3198.pdf](http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3198.pdf)

Weitere Informationen auf den Internet-Seiten des UBA: [www.umweltbundesamt.de/technik-verfahren-sicherheit/index.htm](http://www.umweltbundesamt.de/technik-verfahren-sicherheit/index.htm)

und des BMU:

[www.bmu.de/gesundheit\\_und\\_umwelt/nanotechnologie/kurzinfo/doc/37260.php](http://www.bmu.de/gesundheit_und_umwelt/nanotechnologie/kurzinfo/doc/37260.php)

sowie des BMU-Nano-Dialogs  
[www.dialog-nanopartikel.de/index.html](http://www.dialog-nanopartikel.de/index.html)

## Kontakt

Dr. Wolfgang Dubbert  
III 2.3 Chemische Industrie, Energieerzeugung  
Umweltbundesamt  
Wörlitzer Platz 1  
06844 Dessau  
E-Mail: [wolfgang.dubbert@uba.de](mailto:wolfgang.dubbert@uba.de)

Marianne Rappolder  
II 1.2 Toxikologie,  
Gesundheitsbezogene Umweltbeobachtung  
Umweltbundesamt  
Corrensplatz 1  
14195 Berlin  
E-Mail: [marianne.rappolder@uba.de](mailto:marianne.rappolder@uba.de)

# Gesundheitliche Risiken technisch hergestellter Nanopartikel

## Health risks of intentionally produced nanoparticles

Ende März 2006 schien ein Albtraum der noch jungen Nanotech-Branche zur Realität zu werden. In den Giftinformationszentren in Deutschland wurden über 100 Fälle von zum Teil schwerwiegenden Atmungsstörungen gemeldet, nachdem die betroffenen Personen ein Versiegelungsspray für den Haushalt angewendet hatten. Für dieses Produkt wurde damit geworben, dass es wasserabweisende Nanopartikel enthalte (BfR Presseerklärung 8/2006). Das verdächtige Produkt wurde daraufhin innerhalb kürzester Zeit in Deutschland vom Markt genommen. Zwei Monate später hatte sich herausgestellt, dass dieses Produkt niemals Nanopartikel enthielt (BfR Presseerklärung 12/2006), trotzdem hatte dieser Vorfall die Fragen der Sicherheit von Nanopartikeln in die öffentliche Diskussion gerückt.

Die Nanotechnologie gilt als eine Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts und die Hoffnungen und Erwartungen, die in sie als Motor für Innovationen gesetzt werden, sind enorm. Der schnelle Aufschwung nanotechnologischer Anwendungen in der Wirtschaft lässt Kritiker befürchten, dass sich der Schutz vor möglichen Risiken der neuen Technologien zu langsam entwickelt. Es stellt sich die Frage, ob der versprochene Nutzen neuer Produkte mit Nanotechnologie nicht auch mit bisher unbekanntem Risiken verknüpft sein könnte.

In der Nanotechnologie werden Stoffe mit einer Partikelgröße zwischen 0,2 und 100 Nanometer (nm) eingesetzt. Die Nanopartikel besitzen angesichts ihrer geringen Größe andere chemische und physikalische Eigenschaften als größere Partikel des gleichen Materials. So haben Nanopartikel einen tieferen Schmelzpunkt, sie absorbieren Licht bei kürzerer Wellenlänge und weisen eine große Oberfläche auf. Wegen dieser verhältnismäßig großen Oberfläche gelten Nanopartikel als besonders reaktiv und können zum Beispiel zur Beseitigung von Umweltkontaminationen eingesetzt werden. Aufgrund der starken Miniaturisierung des Ausgangsmaterials wird wertvoller Rohstoff eingespart. Der Energieverbrauch kann durch Gewichtsreduktion, zum Beispiel durch spezielle Anstriche von Flugzeugen, oder Funktionsoptimierung bei Autoreifen und Entsalzungsanlagen herabgesetzt werden. Die Anwendungsbereiche für Nanopartikel scheinen schier unbegrenzt. So werden Nanopartikel nicht nur in

der Automobilindustrie, chemischen Industrie und Umwelttechnik eingesetzt, sondern finden auch vielfältige Verwendung in der elektronischen, optischen und kosmetischen Industrie. Einsatzmöglichkeiten in der Medizin, wie z. B. das „drug targeting“ (gezielte Pharmakotherapie), werden zurzeit intensiv erforscht und erste Anwendungen, z. B. in der Krebstherapie, werden bereits genutzt.

Der Vorfall mit vermeintlichen Nano-Sprays 2006 hat gezeigt, dass eine schnelle Reaktion von Behörden und Ärzten und Aufklärung der Ursachen der aufgetretenen Erkrankungen sehr schwierig war. Es mangelte an eindeutigen Informationen des Herstellers über die vollständige Rezeptur des Produktes. Aus diesem Grund war eine abschließende toxikologische Beurteilung über Wochen nicht möglich. Und genau hier liegt das Problem. Derzeit ist die Deklaration von Produkten im Hinblick auf ihren Gehalt an Nanopartikeln nicht vorgeschrieben. Für den Anwender bleibt unerkennbar, ob ein Produkt solche Partikel enthält, und gleichzeitig wird die Untersuchung der Herkunft und Verbreitung von technisch hergestellten Nanopartikeln in der Umwelt erschwert. Gravierend kommt hinzu, dass noch keine ausreichend sensitiven Methoden zur Verfügung stehen, um technisch hergestellte Nanopartikel in Luft und Wasser sicher nachzuweisen und ihre Konzentration zu messen. Die Entwicklung validierter Methoden für die Überprüfung des toxikologischen Potentials von Nanopartikeln hält kaum mit der Entwicklung neuer Nanopartikel Schritt.

Aber besteht denn nun ein Risiko für die menschliche Gesundheit durch Nanopartikel? Schauen wir uns erst einmal die Schutzmechanismen an, die der menschliche Körper gegenüber Partikeln entwickelt hat. Menschen waren schon immer Partikeln ausgesetzt und das zum Teil in recht hoher Konzentration. Dies führte dazu, dass der Körper sich mit den gleichen Abwehrmechanismen gegen Mikroorganismen schützt wie auch gegenüber Partikeln. Die Haupteintrittspforten von Partikeln und Mikroorganismen sind die Lunge, die Haut und der Darm und genau hier wurden Barrieren gebildet, welche den Körper vor Fremdkörpern und Fremdorganismen schützen. In der Lunge werden viele Partikel mit Hilfe des Flimmerepithels aus den Luftwegen entfernt.



Die Haut ist von einer mehrlagigen Schicht aus abgestorbenen Zellen geschützt und im Darm, welcher sich ja mit der Aufnahme von Substanzen befasst, ist diese Resorption auf Moleküle kleiner als 0,1 nm begrenzt. Trotz dieser gut ausgeprägten Barrieren sind schon lange Partikel bekannt, die diese Schutzmechanismen umgehen oder gar beschädigen können. Alte Bekannte in diesem Zusammenhang sind Quarz, Asbest und Feinstaub. Feinstaub entsteht bei jedem Verbrennungsprozess, ob industriell oder natürlich, und schon lange ist bekannt, dass eine erhöhte Feinstaubbelastung zu steigenden Morbiditäts- und Mortalitätsraten führt (Dockery et al. 1993, Peters et al. 1998). Feinstaub liegt als Mischung verschieden großer Partikel vor. Ein nicht unwichtiger Teil sind die ultrafeinen Partikel mit einem Durchmesser von weniger als 100 nm. Sie stellen zwar massenmäßig einen geringen Teil des Feinstaubes dar, haben jedoch wegen ihrer geringen Größe einen hohen Anteil an der Partikelanzahl. Die Toxizität der Partikel wird beeinflusst durch die große Oberfläche, die damit verbundene hohe Reaktivität und die an der Partikeloberfläche angelagerten schädlichen Stoffe, wie zum Beispiel Schwermetalle, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe oder Dioxine (UK, Royal Society, 2004; UBA, 2005).

Werden technisch hergestellte Nanopartikel toxikologisch untersucht, handelt es sich oft um eine sehr homogene Menge an Partikeln, deren Eigenschaften genau bekannt sind im Gegensatz zu denen in Mischung vorliegender ultrafeiner Partikel. Trotzdem wird davon ausgegangen, dass bei synthetischen Nanopartikeln dieselben Mechanismen wie bei ultrafeinen Partikeln im Körper zum Tragen kommen und letztendlich die Toxizität auslösen (Oberdörster et al. 2005). Daher wird seit geraumer Zeit das Wissen, welches über die Wirkung von ultrafeinen Partikel aus dem Feinstaub gesammelt wurde, auf die technisch hergestellten Nanopartikel übertragen. Man geht heute davon aus, dass technisch hergestellte Partikel eine Bedrohung für die menschliche Gesundheit darstellen können. Ein Blick auf die aktuelle Literatur zu Nanopartikeln verrät:

Die Toxizität von Nanopartikeln ist sehr komplex und multifaktoriell. Sie wird durch eine Vielfalt von physiko-chemischen Eigenschaften beeinflusst. Wichtige Charakteristika der technisch hergestellten Nanopartikel sind die Partikelgröße und Partikelform, die Fähigkeit, im Körper die Bildung von Reaktiven Sauerstoffspezies (ROS) zu induzieren, sowie diverse Oberflächeneigenschaften. Diese Oberflächeneigenschaften werden

beeinflusst durch die Oberflächenladung, -größe, die Partikelreaktivität und die Behandlung der Partikeloberfläche, das so genannte „Coating“. Weiterhin ist wichtig, ob die Nanopartikel agglomerieren, das heißt sich zusammenballen und im Gegenzug wieder deagglomerieren. Einig ist man sich in wissenschaftlichen Kreisen darüber, dass die Kombination aus geringer Partikelgröße, der damit verbundenen großen Partikeloberfläche und der Fähigkeit, ROS zu generieren, die Schlüsselkomponente für die bestehende Reaktivität der Nanopartikel ist. Dies kann positiv sein, wenn Nanopartikel als Antioxidantien oder gezielt in der Pharmakotherapie eingesetzt werden. Es kann aber auch negativ sein, nämlich dann, wenn Nanopartikel plötzlich ungewollt toxisch wirken und oxidativen Stress auslösen. Oxidativer Stress hat verschiedene Konsequenzen. Werden die gebildeten freien Radikale nicht durch Antioxidantien kompensiert, können sie direkten Schaden in Zellen und Geweben anrichten. Angriffsziele freier Radikale sind die DNA, Proteine und Fette, aber auch andere Biomoleküle. Da ROS auch als Signalüberträger in zellulären Signalkaskaden agieren, kann durch verstärkte Bildung von ROS auch die Regulation von Genen beeinflusst werden. Einige dieser ROS vermittelten Signalkaskaden führen zum programmierten Zelltod und schädigen auf diesem indirekten Weg Gewebe und Organe (ausführlicher Bericht: siehe auch Oberdörster et al. 2005).

In der Lunge treffen eingeatmete Partikel, und das sind bei jedem Atemzug einige Millionen, zunächst auf das Lungenepithel. In diversen Studien an Ratten konnte gezeigt werden, dass Titan-dioxid-Nanopartikel ausgehend vom Atmungs-trakt sehr schnell in verschiedene Gewebe transportiert werden, was das Eindringen der Nanopartikel durch das Lungenepithel und zusätzlich einen effizienten Transport im Blut vermuten lässt (Oberdörster et al. 2005; Peters et al. 2006). Titandioxid wird schon seit langem wegen seiner hohen Deckkraft als Weißpigment in Farben und Lacken, aber auch als Zusatzstoff in Lebensmitteln verwendet. Seine Eigenschaft, UV-Strahlen zu blockieren, führte zum Einsatz von Titan-dioxid in Sonnencremes, in denen es auch bereits im nanoskaligen Bereich eingesetzt wird.

In Versuchen mit kultivierten Makrophagen zeigte sich, dass größere Titandioxid-Partikel (200 nm) von den Makrophagen durch Phagozytose aufgenommen wurden, wohingegen Partikel mit einem Durchmesser kleiner als 200 nm passiv, also nicht durch Phagozytose, in die Zelle aufgenommen wurden. Besonders interessant in diesem Zusammenhang ist das durchgeführte

Parallelexperiment mit nicht-phagozytierenden roten Blutkörperchen, in die Titandioxid-Partikel mit einem Durchmesser kleiner als 200 nm ebenfalls eindringen (Peters et al. 2006). Titandioxid-Nanopartikel können also sehr schnell das Lungenepithel durchdringen und in den Blutkreislauf gelangen. Die Partikel werden dann zu verschiedenen Organen, meist Leber und Niere, transportiert und eingelagert (Oberdörster et al. 2005).

In einer Studie, welche die Aufnahme von Kohlenstoff-Nanopartikeln über die menschliche Lunge in den Blutkreislauf untersuchte, wurde gezeigt, dass sich auch 6 Stunden nach Inhalation ein Großteil der Partikel noch in den Lungen befand und nicht in den Blutkreislauf gelangen konnte (Mills et al. 2005). Gerade wegen dieser sich unterscheidenden Ergebnisse, die auch auf die unterschiedlichen Testsysteme und untersuchten Partikel zurückgeführt werden können, besteht weiterer Forschungsbedarf.

Auch Kohlenstoffnanoröhren wurden auf ihre Lungentoxizität hin getestet. Sie werden oft in Verbindung mit der von Asbestfasern ausgehenden Toxizität gebracht. Asbest ist ein natürlich vorkommendes faserartiges Mineral, welches entzündliche Reaktionen in der Lunge und im Bauchfell verursacht, die oft zu Krebs führen (UK, Royal Society, 2004). Nicht gerade überraschenderweise konnte, in mehreren voneinander unabhängigen Studien, gezeigt werden, dass ein- und mehrwandige Kohlenstoffnanoröhren Entzündungsreaktionen in der Lunge von Nagern auslösen (EPA 2007). Da die Kohlenstoffnanoröhren jedoch oftmals metallische Verschmutzungen aufweisen, wird von den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern gefordert, dass zunächst geprüft werden muss, ob die gefundenen Effekte wirklich auf die Faserartigkeit des Materials zurückzuführen sind oder die Ursache für die Entzündungen in den metallischen Verunreinigungen liegt (Oberdörster et al. 2005). Zumindest lassen die bisherigen Ergebnisse zur Toxizität von Kohlenstoffnanoröhren allesamt darauf schließen, dass Kohlenstoffnanoröhren ein Risiko darstellen und eine inhalative Aufnahme zu Entzündungen in den Lungen führen kann.

Möglich ist, dass ausgehend von der inhalativen Aufnahme die ultrafeinen Partikel über den Riechnerv schnell zum Gehirn transportiert werden und dort im Riechkolben akkumulieren, wie bei Nagetieren gezeigt (Oberdörster et al. 2005). Es wird diskutiert, ob dieser Weg auch beim Menschen denkbar ist. Als eine andere Möglichkeit für Nanopartikel, in das Gehirn zu gelangen, wird der Eintritt der Partikel über die Biologi-

schen Barrieren, wie z. B. die Blut-Hirn-Schranke, diskutiert (Peters et al. 2006). Interessanterweise finden sich die Nanopartikel fast immer in Mitochondrien. Ob ein Zusammenhang zwischen der Lokalisation in den Mitochondrien, welche die Elektronentransportkette beinhalten, und oxidativem Stress besteht, werden zukünftige Untersuchungen zeigen. Im Gehirn induzieren die Nanopartikel die Bildung von ROS, dies löst oxidativen Stress aus und Entzündungsherde bilden sich. Schon heute werden mögliche Verbindungen gesehen, zwischen chronischen Entzündungsreaktion im Gehirn ausgelöst durch ultrafeine Partikel und Erkrankungen des Gehirns wie Parkinson und Alzheimer (Peters et al. 2006).

Nanopartikel oder ultrafeine Partikel, die mit Hilfe des Flimmerepithels aus den Luftwegen entfernt werden, können durch Herunterschlucken in den Magen-Darm-Trakt gelangen. Da Nanopartikel zunehmend in der kosmetischen oder pharmazeutischen Industrie eingesetzt werden, ist auch der direkte Weg in den Magen-Darm-Trakt zu betrachten. Nur wenige Studien haben sich bisher mit der Aufnahme und dem Verbleib von Nanopartikeln im Magen-Darm-Trakt beschäftigt. Eine Studie untersuchte die Aufnahme von C<sub>60</sub>-Fulleren in Ratten. Fullerene werden auch als dritte Modifikation des Kohlenstoffes bezeichnet, neben Graphit und Diamant. Es handelt sich um kugelförmige Strukturen, welche bei sehr hohen Temperaturen entstehen. In der besagten Studie wurde markiertes C<sub>60</sub>-Fulleren Ratten oral verabreicht und es konnte gezeigt werden, dass die Ratten bereits zwei Tage nach der Gabe 98 % des markierten Materials wieder ausgeschieden hatten. Wenn jedoch die gleiche Menge an markierten Fullerenen intravenös verabreicht wurde, konnte noch nach einer Woche ca. 80 % des Ausgangsmaterials in der Leber gefunden werden (Oberdörster et al. 2005). Diese Studie könnte darauf hinweisen, dass die Aufnahme von Nanopartikeln über den Darm eher von geringer Bedeutung ist. Um eine abschließende Bewertung durchzuführen, bedarf es allerdings weiterer Studien.

Und wie sieht es beim dritten großen Eintrittspfad, der Haut, aus? Ist diese vielleicht durchlässiger für Nanopartikel als das Darmepithel? In der gerade abgeschlossenen Studie NanoDerm konnte eindrucksvoll gezeigt werden, dass intakte Haut eine effektive Barriere gegenüber Titandioxid-Nanopartikeln darstellt. Die verwendeten Partikel konnten zwar zwischen den abgestorbenen Zellen der Hornhaut und auch in Haarfollikeln nachgewiesen werden, allerdings nie in tieferen Hautschichten oder im Kontakt mit vitalen Zellen. Im

Gegensatz dazu wurde in einer anderen Studie ebenfalls bei Untersuchungen mit intakter Haut festgestellt, dass verschiedene kommerziell erhältliche Quantum Dots erstaunlich leicht in die Haut eindringen konnten (Ryman-Rasmussen et al. 2006). Quantum Dots werden aus Halbleitermaterial hergestellt und besitzen die interessante Eigenschaft, bestimmte Energiebanden zu absorbieren. Dadurch lassen sich Partikel mit maßgeschneiderten elektronischen und optischen Eigenschaften herstellen. Sie finden Verwendung als Biomarker in den Biowissenschaften oder in LEDs und Displays.

Stark beanspruchte Haut, dessen ist man sich mittlerweile sicher, stellt eine schlechte bis keine Barriere für Nanopartikel dar und lässt massive Penetration von Nanopartikeln zu (Rouse JG *et al.*, 2007).

Einmal im Körper, können die Nanopartikel über den Blutkreislauf transportiert werden und setzen sich dann in verschiedenen Organen ab. Wie unser Körper mit seiner Eigenschaft als Endlager für eine Vielzahl neuartiger Nanopartikel umgeht, wird die Zukunft zeigen.

Technisch hergestellte Nanopartikel haben neuartige und einzigartige biologische Eigenschaften und bergen Risiken, welche dasselbe Material nicht aufweist, wenn es Teil größerer Strukturen ist. Deshalb sind toxikologische Untersuchungen von Nanopartikeln unabdingbar und müssen durchgeführt werden, um die menschliche Gesundheit vor schädlichen Einflüssen aus der Umwelt zu schützen. Auf Anregung und koordiniert durch die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) haben BAuA, Umweltbundesamt (UBA) und Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) eine gemeinsame Forschungsstrategie zur Nanotechnologie entwickelt. Ziel dieser Forschungsstrategie ist es, zunächst das Forschungsgebiet zu strukturieren. Dazu gehört, dass die Messung der Partikel, die so genannte Metrologie, entwickelt wird. Informationen zur Exposition, zu toxikologischen und ökotoxikologischen Wirkungen sollen erhoben werden. Die Entwicklung einer ausgereiften risikobezogenen Test- und Bewertungsstrategie soll gefördert werden. Mit Hilfe dieser Test- und Bewertungsstrategie werden Stoffe von besonderer Bedeutung evaluiert und dienen zukünftig als Referenzsubstanz für neuartige noch nicht untersuchte

Partikel. Insbesondere die Eignung der Daten, die mit Forschungsgeldern der öffentlichen Hand erhoben werden, für die Beantwortung regulatorischer Fragestellungen (z. B. Grenzwerte, Einstufungen, Empfehlungen zum Umgang) muss sichergestellt werden. Außerdem sind Projekte zur Risikokommunikation eingeschlossen.

## Literatur

Dockery DW, C. A. Pope CA III, Xu X, Spengler JD, Ware JH, Fay ME, et al.: An Association Between Air Pollution and Mortality in Six U.S. Cities. *New England J Med* 1993;329:1753-1759

Mills NL, Amin N, Robinson SD, Anand A, Davies J, Patel D, de la Fuente JM, Cassee FR, Boon NA, Macnee W, Millar AM, Donaldson K, and Newby DE (2006): Do inhaled carbon nanoparticles translocate directly into the circulation in humans? *Am J Respir Crit Care Med* 173: 426-31

Oberdörster,G., Oberdörster,E., and Oberdörster,J. (2005): Nanotoxicology: An emerging discipline evolving from studies of ultrafine particles. *Environ.Health Perspect.* 2005.Jul.; 113.(7.): 823.-39. 113: 823-839

Peters A, Schulz H, Kreyling W, Wichmann HE.: Staub und Staubinhaltsstoffe / Feine und ultrafeine Partikel. In: Wichmann HE, Schlipkötter W, Fülgraff G (Hrsg.) *Handbuch der Umweltmedizin.* Landsberg: ecomed Fachverlag, 1998: VI-2:1-19

Peters A, Veronesi B, Calderon-Garciduenas L, Gehr P, Chen LC, Geiser M, Reed W, Rothen-Rutishauser B, Schurch S, and Schulz H (2006): Translocation and potential neurological effects of fine and ultrafine particles a critical update. *Part Fibre Toxicol* 3: 13

Rouse JG, Yang J, Ryman-Rasmussen JP, Barron AR, and Monteiro-Riviere NA (2007): Effects of mechanical flexion on the penetration of fullerene amino acid-derivatized peptide nanoparticles through skin. *Nano Lett* 7: 155-160

Ryman-Rasmussen JP, Riviere JE, and Monteiro-Riviere NA (2006): Penetration of intact skin by quantum dots with diverse physicochemical properties. *Toxicol Sci* 91: 159-65

U.S. Environmental Protection Agency. Nanotechnology White Paper (2007). Science Policy Council U.S. Environmental Protection Agency

UK Royal Society (2004): Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties. The Royal Society and the Royal Academy of Engineering

## Kontakt

Dipl. Biol. Heidi Becker  
Umweltbundesamt  
FG II 1.2 Toxikologie, Gesundheitsbezogene  
Umweltbeobachtung  
Corrensplatz 1, 14195 Berlin  
Tel.: +49-30-8903-1344  
Fax: +49-30-8903-1830  
E-Mail: [heidi.becker@uba.de](mailto:heidi.becker@uba.de)

## Themenheft „Tuberkulose“ der Gesundheitsberichterstattung erschienen

A new booklet published by the Federal Health Reporting service: “Tuberculosis”

Anne Starker

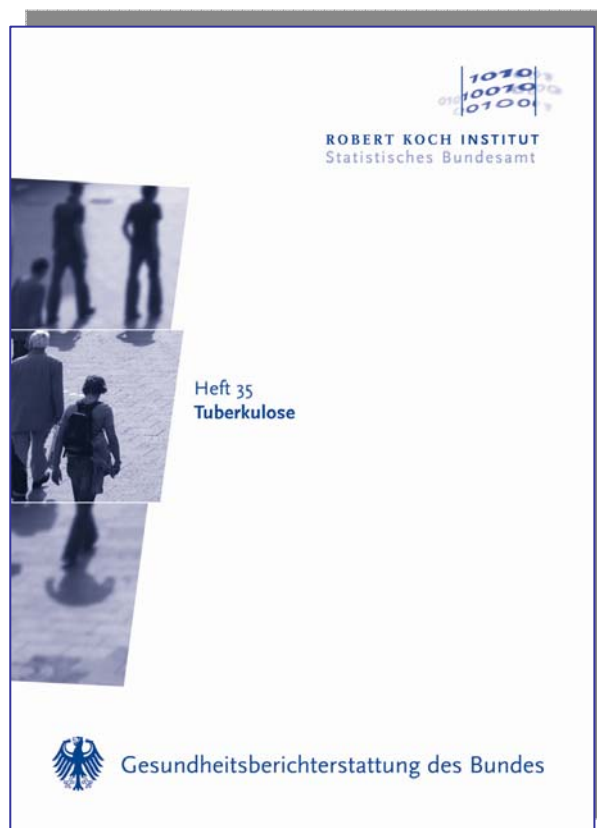
Tuberkulose ist weltweit immer noch die häufigste zum Tode führende bakterielle Infektionskrankheit. Nach Schätzungen der Weltgesundheitsorganisation erkranken jeden Tag mehr als 20.000 Menschen an einer Tuberkulose, 5.000 sterben täglich daran. Betroffen sind vor allem Entwicklungsländer. Aber auch in einigen Regionen Europas ist die Lage besorgniserregend. So breitet sich die Tuberkulose vor allem in Osteuropa weiter aus. In Deutschland sind die Erkrankungszahlen seit Jahren rückläufig. Die weitere globale Zunahme zeigt aber auch Auswirkungen auf die Situation in den Industrienationen.

Das im November 2006 erschienene Themenheft der Gesundheitsberichterstattung (GBE) bietet eine Übersicht zur Situation der Tuberkulose in Deutschland.

Im ersten Teil des Heftes wird zunächst das Krankheitsbild erläutert. Die Tuberkulose, eine bakterielle Infektionskrankheit, tritt bei der Mehrzahl der Erkrankten als Lungentuberkulose auf. Sie kann aber auch jedes andere Organ befallen. Dementsprechend vielgestaltig präsentiert sich diese Erkrankung und ist, auch aufgrund der häufig fehlenden charakteristischen Krankheitszeichen, nicht leicht zu diagnostizieren.

Es folgt ein ausführlicher Überblick über die epidemiologische Situation der Tuberkulose in Deutschland. Als Datengrundlage dienen die Angaben, die im Rahmen der allgemeinen Meldepflicht von den Gesundheitsämtern dem Robert Koch-Institut (RKI) für das Jahr 2004 übermittelt wurden (Stichtag 01.08.2005). Die Tuberkulosemeldedaten werden hinsichtlich Alter, Geschlecht sowie Staatsangehörigkeit/Geburtsland dargestellt. Aber auch Angaben zum erkrankten Organ, zum Anlass der Diagnosestellung sowie zu Vorerkrankung und Vorbehandlung einer früheren Tuberkulose und der Resistenzlage werden erörtert. Im genannten Berichtszeitraum wurden dem RKI 6.583 Tuberkulosefälle gemeldet.

Im daran anschließenden Kapitel des Themenhefts werden Übertragungswege sowie Risikofaktoren für eine Infektion mit Tuberkulose beschrieben. Die Übertragung von Tuberkulose-Bakterien erfolgt hauptsächlich aerogen. Ob es tatsächlich zu einer Infektion kommt, hängt von verschiedenen Faktoren ab, u.a. von Häufigkeit



und Intensität des Kontaktes mit Tuberkuloseerkrankten, von Menge und Virulenz der aufgenommenen Erreger sowie von der Disposition der dem Erreger ausgesetzten Person. Begünstigende Faktoren für die Ausbreitung der Tuberkulose auf Bevölkerungsebene sind eine schlechte medizinische Versorgung, rasches Bevölkerungswachstum unter Bedingungen von Armut, Krieg, Migration sowie HIV-Infektionen und die Zunahme resistenter Stämme.

Die im Themenheft beschriebenen Maßnahmen zur Prävention der Tuberkulose berücksichtigen daher sowohl die nationale als auch die internationale Lage. Kernpunkt ist dabei das von der Weltgesundheitsorganisation aufgestellte Maßnahmenpaket zur Tuberkulose-Kontrolle (The Global Plan to Stop TB, 2006-2015), welches an die Situation der jeweiligen Länder angepasst werden kann.

Es folgt eine Darstellung und Bewertung der verschiedenen diagnostischen Nachweismethoden, bevor auf die Therapie der Tuberkulose und die Folgen für Gesundheit und Lebensqualität eingegangen wird. Mit der Einführung der kombinier-

ten medikamentösen Therapie in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts wurde die Tuberkulose zu einer gut behandelbaren und heilbaren Erkrankung. Es treten jedoch zunehmend Tuberkulosestämme auf, die gegen die derzeit zur Behandlung verfügbaren Medikamente resistent sind, was ein erhebliches Public Health-Problem darstellt. Der Anteil multiresistenter Erreger, d.h. gleichzeitige Resistenz gegen zwei Antituberkulotika der ersten Wahl (Isoniazid und Rifampizin), betrug in Deutschland im Berichtszeitraum 2,5 %.

Bei der Einschätzung der Versorgungsstruktur wird auf die wichtige Funktion des Öffentlichen Gesundheitsdienstes bei der Bekämpfung der Tuberkulose hingewiesen. Die Aufgaben des Gesundheitsamtes im Umgang mit der Krankheit Tuberkulose sind im Infektionsschutzgesetz (IfSG) festgehalten. Sie umfassen besondere Beratungs-, Untersuchungs- und im Einzelfall auch Behandlungsangebote. Die Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen der Gesundheitsämter begleiten als Partner der Patienten und der behandelnden Ärzte den gemeldeten Erkrankten über die gesamte Zeit von der ersten Meldung bis zum Abschluss der Behandlung. Auf diese Weise kann sichergestellt werden, dass sie gezielt eingreifen können, wenn bei der Tuberkulose-Behandlung Risiken und Probleme auftreten sollten.

Im abschließenden Kapitel wird festgehalten, dass für Deutschland weiterhin Handlungsbedarf besteht, um die Tuberkulose erfolgreich zu bekämpfen und einen Wiederanstieg in den nächsten Jahren zu verhindern. Da die Tuberkulose ein globales Problem darstellt, erfordert dies auch eine effektive internationale Kooperation, die neben der finanziellen auch die logistische Unterstützung beinhalten sollte, um die international empfohlenen Therapie- und Behandlungsrichtlinien durchzusetzen.

Das Robert Koch-Institut, das die Gesundheitsberichterstattung des Bundes (GBE) in Kooperation mit dem Statistischen Bundesamt durchführt, veröffentlicht regelmäßig GBE-Themenhefte.

Diese enthalten in komprimierter Form daten- und indikatorengestützte Beschreibungen und Analysen zu wichtigen und gesundheitspolitisch relevanten Themen, welche alle Bereiche des Gesundheitswesens umfassen. Eine Übersicht über alle bisher erschienenen Themenhefte ist auf den Internetseiten des Robert Koch-Instituts zu finden ([www.rki.de](http://www.rki.de)).

Das Themenheft 35 „Tuberkulose“ wurde von Herrn PD Dr. Walter Haas und Dr. Bonita Brodhun, beide Abteilung für Infektionsepidemiologie am Robert Koch-Institut, sowie Anne Starker, Abteilung für Epidemiologie und Gesundheitsberichterstattung am Robert Koch-Institut, erstellt.

Alle Themenhefte sind im Internet abrufbar oder können kostenlos schriftlich beim Robert Koch-Institut angefordert werden:

Robert Koch-Institut  
Gesundheitsberichterstattung  
Seestraße 10  
13353 Berlin  
E Mail: [gbe@rki.de](mailto:gbe@rki.de)  
Fax: 03018-754-3513

Die Abteilung für Infektionsepidemiologie am Robert Koch-Institut gibt jährlich den „Bericht zur Epidemiologie der Tuberkulose in Deutschland“ mit den für das jeweilige Jahr vorliegenden Meldedaten heraus, aktuell für das Jahr 2005. Der Bericht ist im Internet abrufbar oder kann bei Einsendung eines rückadressierten und mit 1,45 € frankierten Umschlages für das Format DIN A4 schriftlich beim Robert Koch-Institut angefordert werden (Robert Koch-Institut, Abteilung für Infektionsepidemiologie, Kennwort »Tuberkulose-Bericht«, Postfach 65 02 61, 13302 Berlin).

#### **Kontakt**

Anne Starker  
Robert Koch-Institut  
Abteilung Epidemiologie und Gesundheitsberichterstattung  
Seestraße 10  
13353 Berlin  
E-Mail: [StarkerA@rki.de](mailto:StarkerA@rki.de)

**NEU! Produktwegweiser  
„Umweltfreundlich bauen – Gesund wohnen“  
New! Blue Angel Product Guide  
„Environmental friendly construction and healthy living“**

*Hans-Hermann Eggers*

Das Umweltbundesamt hat im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit für den Blauen Engel einen Produktwegweiser „Umweltfreundlich bauen – Gesund Wohnen“ erarbeitet. Die Konsumenten gewinnen mit ihm einen schnellen Überblick über alle Markenprodukte, die in diesem Produktbereich den Blauen Engel tragen. In der Aufmachung übersichtlich und kompakt soll er die Verbraucherinnen und Verbraucher direkt beim Einkauf begleiten und ihnen die Auswahl von Produkten mit Umwelt- und Gesundheitsvorteilen erleichtern.

Das Umweltbundesamt wird in diesem und im kommenden Jahr das Endverbraucher-Marketing für den Blauen Engel mit weiteren Produktwegweisern für die Bereiche „Zu Hause“ und „Im Büro“ stärken.

Der Produktwegweiser kann beim

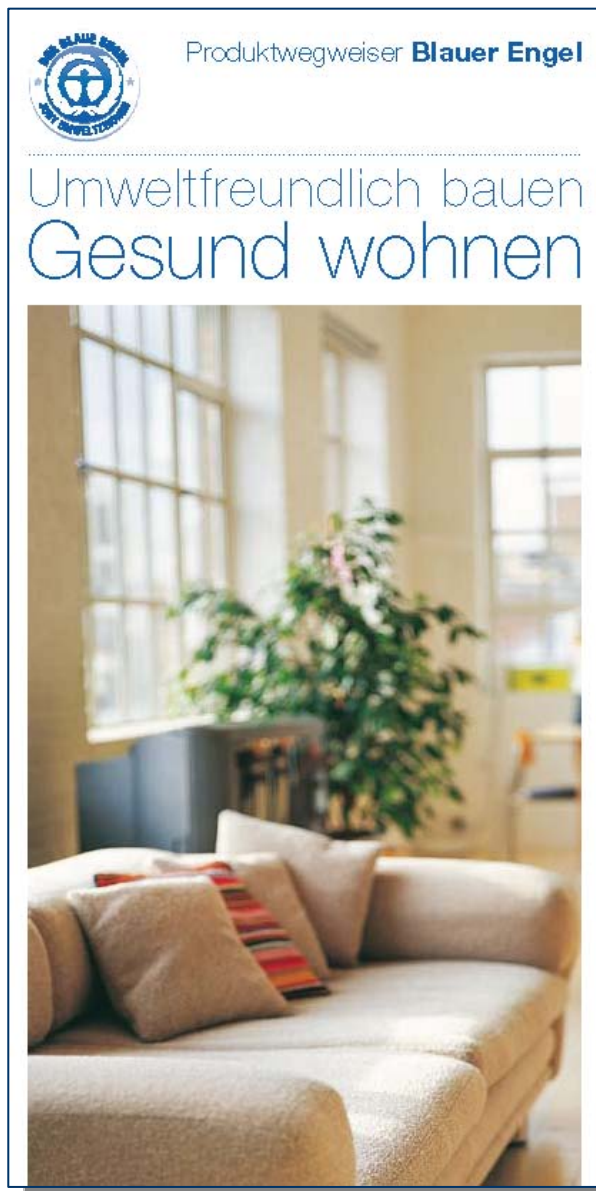
Umweltbundesamt  
ZAD  
Bismarckplatz 1  
14193 Berlin

bestellt werden und ist als Download verfügbar unter

[www.blauer-engel.de/downloads/Ratgeber\\_Bauen\\_web.pdf](http://www.blauer-engel.de/downloads/Ratgeber_Bauen_web.pdf)

**Kontakt**

Dr. Hans-Hermann Eggers  
FG „Umweltkennzeichnung, Umweltdeklaration,  
Umweltfreundliche Beschaffung“  
Postfach 1406, 06813 Dessau  
Tel.: + 49 340 2103 3831  
Fax: + 49 340 2104 3831



# Was ist Risiko? Was ist Gefährdung?

## Kommunikation von Risiko und Gefährdungspotential

### Communication of risk and hazard

#### Bericht zum Abschlusskolloquium

*Christina Benighaus, Dirk Scheer, Ellen Ulbig, Julia Ortleb und  
Ludger Benighaus*

#### Einleitung

Am 10.05.07 fand im Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) ein ganztägiges Abschlusskolloquium zu dem vom BfR in Auftrag gegebenem Projekt „Kommunikation von Risiko und Gefährdungspotenzial“ statt. Insgesamt 87 Teilnehmerinnen und Teilnehmer, Vertreter der verschiedensten Interessengruppen, insbesondere aus öffentlichen Institutionen (Ministerien, öffentliche Institutionen des Bundes und der Länder), der NGOs und der Wirtschaft nahmen an dem Kolloquium teil. Im Mittelpunkt der Veranstaltung standen die Fragen, welche Erfahrungen, Erwartungen und Bewertungen die verschiedenen Interessengruppen mit den beiden Begriffen verbinden und welche Maßnahmen als Voraussetzung für eine verbesserte Risikokommunikation vorgeschlagen werden.

#### Übersicht zum Verlauf der Veranstaltung

Die Abteilungsleiterin Risikokommunikation des BfR, Frau PD Dr. Gaby-Fleur Böl, skizzierte die Projektidee zum Auftakt der Veranstaltung. Das Projekt wird seit Juli 2006 bearbeitet und endet voraussichtlich Ende Juli 2007. Für das BfR sind die Abschätzungen des „Gefährdungspotenzials“ und des „Risikos“ ständige Praxis im Rahmen der Risikobewertungen. Das Verständnis der Begriffe ist im BfR intern weitgehend geregelt. Die Erfahrungen im Umgang mit den Begriffen haben aber gezeigt, dass es durch eine unterschiedliche Auffassung der beiden Begriffe immer wieder zu Missverständnissen unter denjenigen kommt, die am Kommunikationsprozess von Bewertungen beteiligt sind. Aus diesem Grund liegt dem Projekt die These zu Grunde, dass Kommunikationsprobleme aufgrund unklarer Definitionen und Verwendungen der Begriffe „Risiko“ und „Gefährdung“ entstehen und/oder es zu einer Instrumentalisierung der Begriffe seitens verschiedener Interessengruppen (Dramatisierung, Beschwichtigung) kommen kann. Daraus ergaben sich die Fragestellungen nach der konkreten Anwendung der Begriffe seitens der unterschiedlichen Ak-

teure (Dialogpartner), nach der Optimierung der Kommunikation durch Begriffsklärung sowie der Relevanz der Begriffe in der Praxis.

Das Projektteam, das die Bearbeitung des Themas übernommen hat, umfasste als Projektleiter Herrn Dirk Scheer (IÖW, Heidelberg) und Herrn Prof. Dr. Ortwin Renn, Frau Christina und Herrn Ludger Benighaus und Frau Julia Ortleb (DIALOGIK gGmbH, Stuttgart).

Der Moderator der Veranstaltung, Herr Prof. Dr. Renn (DIALOGIK gGmbH), führte in das Thema ein. Dabei warf er die Frage auf, ob es sich bei den offensichtlich vielfach auftretenden Missverständnissen bei der Verwendung der Begriffe „Risiko“ und „Gefährdung“ um ein semantisches Problem oder ob es sich um ein konzeptionelles, strategisches oder ein Bewertungsproblem handeln könne. Vor diesem Hintergrund bat er Herrn Dirk Scheer um die Präsentation der Sichtweisen von Akteuren zu „Risiko“ und „Gefährdung“.

Nach Vorstellen des Projektfokus und -designs wurde die angewendete Methodik erläutert. Für die empirische Datenerhebung wurden zwei unterschiedliche methodische Vorgehensweisen gewählt: Experteninterviews und Fokusgruppen. Für die *Experteninterviews* wurden zunächst Experten nach den Kriterien „Relevanz und Bedeutung“ im „Konzert der Interessengruppen“ sowie „themen- bzw. fachspezifische Nähe“ zur Arbeit des BfR ausgewählt. Parallel wurden drei *Fokusgruppengespräche* jeweils mit Vertretern von Behörden, Wirtschaft und NGOs/Verbänden durchgeführt, dokumentiert und qualitativ ausgewertet.

Die *Literaturanalyse* zeigt, dass die Frage nach unterschiedlichen Akteurssichtweisen bei Verständnis und Verwendung der Begriffe „Risiko“ und „Gefährdungspotential“ bislang kaum untersucht wurde. Es existiert so gut wie keine explizite Forschung zu dieser Fragestellung in der deutschsprachigen und internationalen Forschungslandschaft. Im Sprachgebrauch von Institutionen, Verbänden, Behörden und der Öffentlichkeit werden die Begriffe „Risiko“, „Ge-

fährdung“ und „Gefahr“ häufig gleichbedeutend verwendet und es findet keine klare Trennung der Begrifflichkeiten statt. Die Zusammenstellung von Definitionen der Begriffe aus den Glossars einiger nationaler und internationaler Institutionen verdeutlicht, dass die verschiedenen Disziplinen wie Ökonomie, Soziologie, Umweltwissenschaft oder Toxikologie/Epidemiologie die Begriffe unterschiedlich handhaben. Eine Kohärenz existiert also in den unterschiedlichen Wissenschaftsdisziplinen nicht.

Die *empirischen Ergebnisse* wiesen ebenfalls darauf hin, dass bei den verschiedenen Akteuren kein einheitliches Verständnis und keine einheitliche Verwendung der Begriffe Risiko und Gefährdung existiert. Nachfolgend werden einige ausgewählte Ergebnisse skizziert:

- *Verständnis Risikokommunikation:* Behörden verstehen Risikokommunikation als einen kontinuierlichen wechselseitigen Prozess mit einem Informationsaustausch insbesondere zwischen Behörden, NGOs und Wirtschaft – nicht so sehr gegenüber der Öffentlichkeit. NGOs und Wirtschaft sehen die Kommunikationsverantwortung teilweise bei Behörden, deren Aufgabe es sei, Probleme, Unsicherheiten und Erkenntnisgewinne zu kommunizieren. Teilweise sahen sich die Akteure der NGOs – aber auch der Wirtschaft – gerade als Sprachrohr für die Öffentlichkeit, die die Informationen der Behörden und Wirtschaft verständlich und „akteursspezifisch“ vermitteln.
- *Zentrale Aufgaben bei der Risikokommunikation:* Behörden wurde ein umfassendes Aufgabenprofil mit Identifikation, Abschätzung, Bewertung, Management sowie Kommunikation von Risiken zugeschrieben. NGOs hingegen besitzen nach Meinung der Experten vor allem eine Kommunikations- und Kontrollfunktion, während die Wirtschaft für „eigene“ Risiken verantwortlich zeichnet und Fachwissen an Behörden, NGOs und Öffentlichkeit kommunizieren soll.
- *Akteursspezifische Risikokonzeptionen:* Befragt nach den wichtigsten Kriterien für die „eigene“ Risikobewertung zeigte sich eine erstaunlich kohärente Zuschreibung mit deutlich unterschiedlichen Beurteilungskriterien, je nach Akteursgruppe. Behörden berücksichtigen insbesondere die Persistenz und damit die Dauer der Exposition, die Ubiquität (Ausbreitung der Gefahr) und die Wahrscheinlichkeit eines Schadens. Die wichtigsten Bewertungskriterien von NGOs sind die Regulierung des Risikos sowie die Wahrnehmung durch Betroffene. Die Wirtschaft hingegen betont die Wahrscheinlichkeit des Nutzens bzw. Schadens. Der Befund wurde in dieser

Eindeutigkeit allerdings nicht durch die Fokusgruppen bestätigt.

- *Akteurseinfluss in der Risikokommunikation:* Der größte Einfluss in der Risikokommunikation wird NGOs und insbesondere den Medien zugeschrieben. Dies zeigt, dass Risikokommunikation als eine Kommunikation verstanden wird, die sich vor allem mit öffentlich wahrgenommenen und medienwirksam verbreiteten Risikothemen beschäftigt.
- *Praxis der Risikokommunikation:* Die Teilnehmenden der Fokusgruppen berichteten von einer Vielzahl von Praxiserfahrungen und Projekten, bei denen die Risikokommunikation erfolgreich war. Ein Erfolgskriterium sei in der detaillierten Auseinandersetzung mit der Zielgruppe zu sehen. Die Praxisfälle weisen eine hohe Fantasie, Kreativität und Methodenvielfalt auf. Häufig streben die Akteure eine 2-Wege-Kommunikation an, und der Informationsfluss ist offen und transparent.

In der nachfolgenden Podiumsdiskussion, an der Herr Dr. Holger Brackemann (Stiftung Warentest), Frau Patricia Cameron (BUND – Bundesgeschäftsstelle), Frau Christiane Heiss (Umweltbundesamt), Herr Prof. Dr. Matthias Horst (Bund für Lebensmittelrecht und Lebensmittelkunde e.V.), Frau Dr. Jutta Witten (Hessisches Sozialministerium) und Herr Matthias Wolfschmidt (foodwatch e.V.) teilnahmen, wurde deutlich, dass die Erwartungen der TeilnehmerInnen im Hinblick auf die Ergebnisse der Studie bislang in einem Punkt erfüllt wurden. Die Studie legt die bisher „lediglich“ vermutete Problemlage, die sich infolge auftretender Missverständnisse im Umgang mit den Begriffen „Risiko“ und „Gefährdungspotenzial“ ergeben, offen, hebt die Argumentationsmuster hervor und stellt damit für alle den Risikokommunikationsprozess transparenter dar. Darüber hinaus gab die Podiumsdiskussion die Breite der unterschiedlichen Standpunkte für eine gelungene Risikokommunikation wieder. Die DiskussionsteilnehmerInnen forderten mehr und frühzeitige Informationen aus den Behörden. Es gab ein Pro und Contra für die Trennung zwischen Risikobewertung und Risikomanagement und es wurde im Verlauf der Diskussion sehr deutlich, dass die an die Öffentlichkeit gerichteten Stellungnahmen der NGOs überwiegend interessengeleitet sind.

Ziel der zweiten Präsentation „Handlungsempfehlungen Risikokommunikation“ war es, die Befragungsergebnisse zu diesem weiteren Schwerpunktthema des Projektes zusammenzufassen und die daraus entwickelten Vorschläge und Ideen für



Handlungsempfehlungen vorzustellen. Als wesentliche Ergebnisse wurden herausgestellt, dass Kompetenzen aufzubauen sind, sich die Risikokommunikation an Zielgruppen ausrichten muss, Transparenz und Koordination zu beachten sind und die verschiedenen Konzeptionen berücksichtigt werden müssen. Herr Benighaus leitete dabei aus den zentralen Ergebnissen der Empirie vier „Säulen einer verbesserten Risikokommunikation“ ab.

Sie betreffen

- den Stakeholderdialog bei Risikobewertung und -management
- Risiko-Gefährdungs-Inhalte
- behördliche Kommunikation von Risiken
- den Umgang mit Risiken.

Zu den „Vier Säulen“ wurden jeweils erste Ideen für Maßnahmen vorgeschlagen.

Im „World-Café“, bei dem die TeilnehmerInnen um Mitarbeit gebeten wurden, bestand die zentrale Aufgabe darin, zu zwei Fragen Stellung zu nehmen:

1. Wie können die jeweiligen Behörden die Projektergebnisse zum Thema „Risiko“ und „Gefährdungspotenzial“ in ihre Kommunikationsarbeit umsetzen?
2. Wie können die jeweiligen Behörden die Experten aus Politik, Wirtschaft und NGOs besser in die Risikobewertung und -kommunikation einbeziehen?

An zehn Stehtischen wurde parallel in kleinen Gruppen gearbeitet und die zentralen Ergebnisse der Diskussionen auf großen Papierbögen dokumentiert. Bei der Methode des „World-Cafés“ wechseln die Teilnehmer (bis auf einen „Gastgeber“, der an dem Tisch bleibt) nach einer bestimmten Diskussionszeit weiter zu einem anderen Tisch. Dort werden die bereits vorhandenen Ergebnisse ergänzt und kommentiert. Diese Runden wechselten bei der Veranstaltung insgesamt zwei Mal. Für das „World-Café“ standen 60

Minuten zur Verfügung, die von allen zu einer intensiven Diskussion genutzt wurden.

Am Ende der Veranstaltung wurden die Ergebnisse des „World Cafés“ durch die Gastgeber der Tische kurz im Plenum zusammengefasst, wobei nach jeder Vorstellung notwendige Ergänzungen aus dem Plenum erfolgen konnten.

Die Ergebnisse, die im „World Café“ erzielt wurden, werden nun in den Abschlussbericht zum Projekt eingearbeitet.

## Literatur

IRGC (2005) [International Risk Governance Council]: White Paper on Risk Governance: Towards an Integrative Framework. Geneva: International Risk Governance Council 2005, p. 19. Verfügbar über: [www.irgc.org/spip/IMG/pdf/IRGC\\_WP\\_No\\_1\\_Risk\\_Governance\\_\(reprinted\\_version\).pdf](http://www.irgc.org/spip/IMG/pdf/IRGC_WP_No_1_Risk_Governance_(reprinted_version).pdf)

Renn, O.: Components of the Risk Governance Framework. In: F. Boulder, D. Slavin and R. Löfstedt (eds): The Tolerability of Risk. A New Framework for Risk Management. (Earthscan: London 2007), 7-20

Renn, Ortwin et al. (2005): ERiK – Entwicklung eines mehrstufigen Verfahrens der Risikokommunikation, (Hrsg.: R.F. Hertel, G. Henseler)

Schütz, Holger, Wiedemann, Peter M., Hennings, W., Mertens Johannes, Clauberg, M. (2003): Vergleichende Risikobewertung. Konzepte, Probleme und Anwendungsmöglichkeiten, Abschlussbericht BfS-Projekt

Wiedemann, P., Schütz, P. (2006): Risikokommunikation im Überblick. In: V. Linneweber / E.-D. Lantermann (Hrsg.): Enzyklopädie der Psychologie: Umweltpsychologie (Vol. 2), Göttingen, Hogrefe

## Kontakt

### **Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW)**

Büro Heidelberg

Dirk Scheer (Projektleitung)

E-Mail: [dirk.scheer@ioew.de](mailto:dirk.scheer@ioew.de)

[www.ioew.de](http://www.ioew.de)

### **Dialogik gGmbH, Stuttgart**

Christina Benighaus

E-Mail: [benighaus@dialogik-expert.de](mailto:benighaus@dialogik-expert.de)

[www.dialogik-expert.de](http://www.dialogik-expert.de)

### **Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR)**

Fachgruppe Risikobeurteilung und Folgenabschätzung

Dr. Ellen Ulbig

E-Mail: [Ellen.Ulbig@bfr.bund.de](mailto:Ellen.Ulbig@bfr.bund.de)

[www.bfr.bund.de](http://www.bfr.bund.de)

# Informationen über Pressemitteilungen

## Information about press releases

Liebe Leserin, lieber Leser,

auf den letzten Seiten des „Umweltmedizinischen Informationsdienstes“ möchten wir Ihnen regelmäßig aus dem Bundesamt für Strahlenschutz ([www.bfs.de](http://www.bfs.de)), dem Bundesinstitut für Risikobewertung ([www.bfr.bund.de](http://www.bfr.bund.de)), dem Robert Koch-Institut ([www.rki.de](http://www.rki.de)), dem Umweltbundesamt ([www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)) sowie dem Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit ([www.bvl.bund.de](http://www.bvl.bund.de)) einen Überblick über Pressemitteilungen und Veröffentlichungen geben, die vielleicht für Sie von Interesse sein können.

Die Publikationen erhalten Sie über die Adressen der unten aufgeführten Bundesoberbehörden.

Gleichzeitig möchten wir Sie bei dieser Gelegenheit auf die Internetseite zum Aktionsprogramm Umwelt und Gesundheit ([www.apug.de](http://www.apug.de)) aufmerksam machen. Diese enthält unter der Rubrik „Presse“ eine Zusammenstellung weiterer Pressemitteilungen aller am APUG beteiligten Behörden. Über diese Seite gelangen Sie auch an viele Dokumente, die von deutschen und europäischen Behörden erstellt wurden. Testen Sie selbst.

Ihre UMID-Redaktion

Bundesamt für Strahlenschutz Presse- und Öffentlichkeitsarbeit Postfach 10 01 49, 38201 Salzgitter E-Mail: <a href="mailto:info@bfs.de">info@bfs.de</a>	Robert Koch-Institut Presse- und Öffentlichkeitsarbeit Nordufer 20, 13353 Berlin E-Mail: <a href="mailto:presse@rki.de">presse@rki.de</a>	Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit Pressestelle Rochusstr. 65, 53123 Bonn E-Mail: <a href="mailto:pressestelle@bvl.bund.de">pressestelle@bvl.bund.de</a>
Bundesinstitut für Risikobewertung Pressestelle Thielallee 88/92, 14195 Berlin E-Mail: <a href="mailto:pressestelle@bfr.bund.de">pressestelle@bfr.bund.de</a>	Umweltbundesamt Pressestelle Wörlitzer Platz 1, 06844 Dessau E-Mail: <a href="mailto:pressestelle@uba.de">pressestelle@uba.de</a>	

Behörde	Pressemitteilungen/Veröffentlichungen	Datum	Nr.
<b>BfS</b>	<a href="http://www.bfs.de/bfs/presse/">www.bfs.de/bfs/presse/</a>		
	BfS erteilt Änderungsgenehmigung für das Transportbehälterlager Gorleben	23.05.2007	007
	Neuer Pressesprecher beim Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)	11.05.2007	006
	Ohne Sonnenbrand durch den Frühling - BfS informiert mit UV-Index über Sonnenbrandwahrscheinlichkeit	27.04.2007	005
	Unabhängige Expertengruppe begrüßt Schweizer Verfahren zur Endlagerauswahl	26.03.2007	004
	Internationale Initiative gegen die Gesundheitsrisiken von Radon	13.03.2007	003
	BfS misst Strahlung von Handys auf der Bildungsmesse Didacta	26.02.2007	002

Behörde	Pressemitteilungen/Veröffentlichungen	Datum	Nr.
<b>BfR</b>	<a href="http://www.bfr.bund.de/cd/1804#pd">www.bfr.bund.de/cd/1804#pd</a>		
	Schon bald werden Verbraucher besser vor gefährlichen Chemikalien geschützt	22.05.2007	05/2007
	Weniger Versuchstiere bei gleicher Sicherheit für den Verbraucher!	09.05.2007	04/2007
	Nährwertprofile sollen Verbraucher vor Irreführung und Täuschung schützen	26.04.2007	03/2007
	Kindersichere Öllampen sind möglich!	18.04.2007	02/2007

Behörde	Pressemitteilungen/Veröffentlichungen	Datum
RKI	<a href="http://www.rki.de/cln_011/nn_226466/DE/Content/Service/Presse/Pressemitteilungen/pressemitteilungen_node.html_nnn=true">www.rki.de/cln_011/nn_226466/DE/Content/Service/Presse/Pressemitteilungen/pressemitteilungen_node.html_nnn=true</a>	
	Ausgedehnte Resistenz gegen Tuberkulosemedikamente	31.05.2007
	Kopflausbefall – RKI-Ratgeber für Ärzte aktualisiert	21.05.2007
	Neue Ergebnisse der Kinder- und Jugendgesundheitsstudie	16.05.2007
	West-Nil-Virus-Erkrankungen durch Klimawandel?	05.04.2007
	Investieren, Forschen, Handeln: 125 Jahre nach der Entdeckung des Tuberkulose-Erregers durch Robert Koch	22.03.2007
	Unternehmensziel Gesundheit: Gesundheitsberichterstattung des Bundes veröffentlicht Heft 38 "Arbeitsunfälle und Berufskrankheiten"	16.03.2007
	GBE-Heft 37 "Gebärmuttererkrankungen" erschienen	16.02.2007

Behörde	Pressemitteilungen/Veröffentlichungen	Datum	Nr.
UBA	<a href="http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse/index.htm">www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse/index.htm</a>		
	Wasserforschung in moderner Umgebung Hintergrundpapier:	01.06.07	<a href="#">036/07</a>
	REACH einfach erklärt	01.06.07	<a href="#">035/07</a>
	Emissionshandel: DEHSt wendete Härtefallregelung rechtmäßig an	25.05.07	<a href="#">034/07</a>
	Flüchtige Kunst mit nachhaltiger Wirkung	25.05.07	<a href="#">033/07</a>
	Lagebericht zur Lageberichterstattung börsennotierter Unternehmen	24.05.07	<a href="#">032/07</a>
	Landwirtschaft ist auch für biologische Vielfalt verantwortlich	22.05.07	<a href="#">031/07</a>
	Aktuelle Ozonwerte und deutschlandweite Vorhersagen im Internet	22.05.07	<a href="#">030/07</a>
	Emissionshandel: Jahresemissionen der Unternehmen im Jahr 2006 veröffentlicht Hintergrundpapier:	16.05.07	<a href="#">029/07</a>
	Auch beim (Ab-)Waschen gilt: Weniger ist mehr!	09.05.07	<a href="#">028/07</a>
	Innovativ und eine umweltfreundliche Alternative: Automobilklimaanlagen mit CO2	08.05.07	<a href="#">027/07</a>
	Wirksamer Klimaschutz kostet weniger als UN-Fachleute bisher annahmen	05.05.07	<a href="#">026/07</a>
	Neues Wasch- und Reinigungsmittelgesetz: bessere Information und mehr Umweltschutz	04.05.07	<a href="#">025/07</a>
	Externe Kosten kennen – Umwelt besser schützen Hintergrundpapier:	24.04.07	<a href="#">024/07</a>
	Schnuppertag speziell für Mädchen	25.04.07	<a href="#">023/07</a>
	„Tag gegen Lärm“: Belastung in Deutschland zu hoch	23.04.07	<a href="#">022/07</a>
	Hexachlorbenzol: Abfälle sicher entsorgen	18.04.07	<a href="#">021/07</a>
	Die Energiesparkiste	12.04.07	<a href="#">020/07</a>
	„Wir sollten den Klimawandel jetzt einplanen“	06.04.07	<a href="#">019/07</a>
	Mehr Ruhe für die Wale: Forschung und Umweltschutz ziehen an einem Strang	04.04.07	<a href="#">018/07</a>
	Emissionshandel: Kohlendioxid ausstoß 2006 ebenfalls leicht gestiegen	02.04.07	<a href="#">017/07</a>
	Kohlendioxid ausstoß 2006 leicht gestiegen	30.03.07	<a href="#">016/07</a>
	Flammschutzmittel DecaBDE hat in Elektro- und Elektronikgeräten nichts zu suchen	26.03.07	<a href="#">015/07</a>
	Wasserknappheit – künftig ein Problem in Deutschland?	21.03.07	<a href="#">014/07</a>
	In Zukunft abwägen: Welche Chemikalien schaden mehr als sie nützen?	19.03.07	<a href="#">013/07</a>
	Riesen-Lkw leisten keinen Beitrag zur nachhaltigen Verkehrsentwicklung	12.03.07	<a href="#">012/07</a>
	Internationales Polarjahr startet am 1. März	01.03.07	<a href="#">011/07</a>
	Nur mit Plakette durch die Umweltzone	01.03.07	<a href="#">010/07</a>
	Bundesweites Informationsangebot zu energieeffizienter Beleuchtung	28.02.07	<a href="#">009/07</a>
	Nächtlicher Fluglärm kann krank machen	22.02.07	<a href="#">008/07</a>
	Emissionshandel: Anlagenumfang geklärt	20.02.07	<a href="#">007/07</a>
	Perfluorierte Verbindungen: falscher Alarm oder berechtigte Sorge?	16.02.07	<a href="#">006/07</a>
	Richtig Heizen mit Holz – Baustein zum Klimaschutz	15.02.07	<a href="#">005/07</a>
Umweltforschungsplan 2007 jetzt im Internet	12.02.07	<a href="#">004/07</a>	
Phthalate – nützliche Weichmacher mit unerwünschten Nebenwirkungen	07.02.07	<a href="#">003/07</a>	

Behörde	Pressemitteilungen/Veröffentlichungen	Datum
<b>BVL</b>	<a href="http://www.bvl.bund.de/clin_007/nn_495478/DE/08_PresseInfothek/PresseInfothek_node.html_nnn=true">www.bvl.bund.de/clin_007/nn_495478/DE/08_PresseInfothek/PresseInfothek_node.html_nnn=true</a>	
	Gentechnisch veränderter Mais darf freigesetzt werden	01.06.2007
	2005 weniger Überschreitungen von Pflanzenschutzmittel-Höchstmengen als im Vorjahr	01.06.2007
	Gentechnisch veränderte "Amflora"-Kartoffeln dürfen freigesetzt werden	25.05.2007
	Lebensmittelüberwachung – Gleicher Standard vom Nordkap bis Gibraltar	23.05.2007
	Zusammenarbeit bei der Zulassung von Tierarzneimitteln in der EU vertiefen	10.05.2007
	Beobachtung der Umweltwirkungen des Genmais MON810 wird verbindlich vorgeschrieben	09.05.2007
	Richtig Reinigen: Verbraucher können einen wichtigen Beitrag für die Nachhaltigkeit leisten	09.05.2007
	BVL schließt planmäßig seinen Bonner Dienstsitz	02.05.2007
	Freisetzung gentechnisch veränderter Erbsen in Gatersleben genehmigt	25.04.2007
	BVL genehmigt Freisetzung gentechnisch veränderter Kartoffeln	19.04.2007
	BVL wirkt an Strategie zur Bekämpfung resistenter Rapsglanzkäfer mit	03.04.2007
	Hintergrundinformation zur Rattenfütterungsstudie mit dem Genmais MON863	22.03.2007
	Ergebnisse der Lebensmittelüberwachung zu dem nicht zugelassenen gentechnisch veränderten Reis LL601	07.03.2007
	Leitfaden zur Rückverfolgbarkeit von Futtermitteln veröffentlicht	05.03.2007
	BVL setzt die Anwendung tolylfluanidhaltiger Pflanzenschutzmittel im Freiland aus	21.02.2007
	Nationale Liste gesundheitsbezogener Aussagen - Fristverlängerung bis zum 15. April 2007 zur Mitwirkung durch Lebensmittelunternehmer	12.02.2007
Hintergrundinformation zur Berechnung und Festsetzung von Höchstmengen	06.02.2007	