

# FORSCHEN INFORMIEREN SCHÜTZEN

Jahresbericht  
2017/2018

Das Bundesamt für Strahlenschutz



Bundesamt für Strahlenschutz

# IMPRESSUM

**Herausgeber:**

Bundesamt für Strahlenschutz  
Presse- und Öffentlichkeitsarbeit  
Postfach 10 01 49  
D-38201 Salzgitter  
Telefon: +49 (0)3018 333-0  
Telefax: +49 (0)3018 333-1885  
E-Mail: [ePost@bfs.de](mailto:ePost@bfs.de)  
De-Mail: [epost@bfs.de-mail.de](mailto:epost@bfs.de-mail.de)  
Internet: [www.bfs.de](http://www.bfs.de)

**Redaktion:**

Lutz Ebermann

**Gestaltung:**

Quermedia GmbH  
Querallee 38  
34119 Kassel

**Druck:**

Bonifatius GmbH Druck | Buch | Verlag  
Karl-Schurz-Str. 26  
33100 Paderborn

**Fotos:**

BfS und genannte Quellen

# INHALTSVERZEICHNIS

## Vorwort der Präsidentin [4]

## Aktuelle fachliche Schwerpunkte des BfS [6]

Gesellschaftlicher Umgang mit Strahlenrisiken - ein Forschungsfeld des BfS [8]

Stromnetzausbau - eine Herausforderung für den Strahlenschutz? [10]

Forever young? Kosmetik mit Laser, Ultraschall und Co. [14]

Sonne ja - Hautkrebs nein: Vorbeugung sinnvoll gestalten [16]

Röntgen in Deutschland: Computertomographie sorgt weiterhin für Anstieg der Bevölkerungsdosis [20]

Weiterhin positive Entwicklung im beruflichen Strahlenschutz [26]

Vom Radonschutz in Deutschland [30]

BfS-Detektive auf schwieriger Spurensuche: der Ruthenium-Vorfall [38]

## Internationale Kooperation [42]

BfS als langjähriges WHO-Kollaborationszentrum erneut bestätigt [44]

Kooperation und Vernetzung - aktive Zusammenarbeit des BfS mit den europäischen Forschungsplattformen [46]

## Die Abteilungen des BfS stellen sich vor [48]

Abteilung WR: Wirkungen und Risiken ionisierender und nichtionisierender Strahlung [50]

Abteilung MB: Medizinischer und beruflicher Strahlenschutz [52]

Abteilung UR: Umweltradioaktivität [54]

Abteilung RN: Radiologischer Notfallschutz [56]

Abteilung Z: Die Zentralabteilung des BfS [58]

## Ausgewählte Publikationen [60]

# VORWORT



Der Schutz des Menschen und der Umwelt vor Strahlung ist die zentrale Aufgabe des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS). Wir analysieren und erforschen vielfältige Wirkungen und Risiken, die durch natürliche Strahlung – etwa durch das radioaktive Edelgas Radon oder die ultraviolette (UV)-Strahlung im Sonnenlicht – auftreten können. Ebenso betrachten wir Strahlung, die gezielt erzeugt und eingesetzt wird, wie es bei medizinischen Untersuchungen und Therapien sowie bei beruflichen Tätigkeiten der Fall sein kann. Auch Strahlung, die bei technischen Verfahren entsteht, wie zum Beispiel elektromagnetische Felder bei der Nutzung des Mobilfunks, dem Transport von Strom und der voranschreitenden Digitalisierung, gehört zu unserem Aufgabenspektrum. Wir entwickeln wirksame Schutz- oder Vorsorgemaßnahmen für die jeweiligen Personengruppen oder Anwendungsfelder. Ein weiterer Schwerpunkt unserer Arbeit ist der Notfallschutz – etwa bei einem größeren Reaktorunglück oder gar einem Anschlag mit radioaktivem Material.

# DER PRÄSIDENTIN

Die Entwicklung auf vielen dieser Themenfelder schreitet rasant voran und in Zukunft wollen wir noch frühzeitiger neue Themen im Strahlenschutz erkennen. Auch dafür haben wir im BfS „Kettenkompetenzen“ aufgebaut, die die gesamte Bandbreite unserer Aufgaben umfassen. Wir bewerten wissenschaftliche Erkenntnisse zu Wirkungen von Strahlung und zu technischen Entwicklungen. Wir stellen offene Fragen für die Forschung und messen und bewerten die Strahlenbelastung der Bevölkerung. Wir üben für den Notfall, um unsere Expertise bestmöglich zur Verfügung zu stellen, wo und wann immer sie gebraucht wird. Darüber hinaus sind wir in der Bearbeitung von Genehmigungsanträgen tätig.

Für einen wirksamen Strahlenschutz sind neben dem Messen und Forsuchen sowie dem Bewerten vor allem auch das Informieren und Beraten Kernelemente unserer Arbeit. Im BfS steht die fundierte Beratung im Mittelpunkt, sowohl die Beratung der Politik, die theoretisches Wissen mit Unterstützung des BfS in die Praxis umsetzen kann, als auch die umfassende und transparente Information der Öffentlichkeit, denn vielfach kann ausreichender Strahlenschutz nur durch individuelle Verhaltensweisen erreicht werden. Auch hier wollen wir in Zukunft noch aktiver werden.

Dieser Jahresbericht präsentiert exemplarische Einblicke in die Aufgaben und Arbeiten des BfS. Ich wünsche allen Leserinnen und Lesern eine spannende Lektüre.

Allen Partnern, die uns bei der Erfüllung unserer Aufgaben unterstützen, möchte ich an dieser Stelle danken. Mein besonderer Dank gilt den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des BfS für ihr tägliches Engagement für den Strahlenschutz.

Dr. Inge Paulini

# AKTUELLE FACHLICHE

GESELLSCHAFTLICHER UMGANG MIT STRAHLENRISIKEN - EIN FORSCHUNGSFELD DES BFS

STROMNETZAUSBAU - EINE HERAUSFORDERUNG FÜR DEN STRAHLENSCHUTZ?

FOREVER YOUNG? KOSMETIK MIT LASER, ULTRASCHALL UND CO.

SONNE JA - HAUTKREBS NEIN: VORBEUGUNG SINNVOLL GESTALTEN

# SCHWERPUNKTE DES BFS

RÖNTGEN: COMPUTERTOMOGRAPHIE SORGT WEITERHIN FÜR ANSTIEG DER BEVÖLKERUNGSDOSIS

WEITERHIN POSITIVE ENTWICKLUNG IM BERUFLICHEN STRAHLENSCHUTZ

VOM RADONSCHUTZ IN DEUTSCHLAND - EINE GESCHICHTE AUS RHEINLAND-PFALZ

BFS-DETEKTIVE AUF SCHWIERIGER SPURENSUCHE: DER RUTHENIUM-VORFALL

# Gesellschaftlicher Umgang mit Strahlenrisiken - ein Forschungsfeld des BfS

Neben der naturwissenschaftlich-technischen Untersuchung von Strahlenexposition, Strahlenwirkungen und Strahlenrisiko kommt es für den Strahlenschutz auch darauf an, das gesellschaftliche Umfeld zu kennen, in dem Strahlenschutzforschung betrieben wird und Strahlenschutzmaßnahmen empfohlen werden. Bei der Gestaltung von Informationen und Handlungsempfehlungen rund um den Strahlenschutz gilt es, den gesellschaftlichen Stellenwert von Strahlenrisiken und das Risikoverhalten zu bedenken. Nur so können wissenschaftliche Erkenntnisse zum Strahlenrisiko bestmöglich Eingang in das Wissen und Verhalten der Bevölkerung finden.

Die Erfahrung zeigt, dass ein Großteil der Gesellschaft mögliche Risiken durch Strahlung sehr häufig anders einschätzt, als die Wissenschaft dies tut.

Manchmal schätzen Bürgerinnen und Bürger Risiken höher ein als Fachleute. Daher kann es zu höherer Besorgnis und stärker ausgeprägtem Schutzverhalten kommen als seitens der Wissenschaft angeraten – wie zum Beispiel im Bereich Mobilfunk. Manchmal sind wissenschaftlich bestätigte Risiken kaum bekannt, wie im Bereich Radon. Und in anderen Bereichen sind zwar Strahlenschutzempfehlungen geläufig, wie zum Beispiel im Bereich der UV-Strahlung.

Hier führt das in der Bevölkerung vorhandene Wissen um Risiken allerdings nicht zu wirkungsvollem Schutzverhalten. Grund dafür sind nicht zuletzt unterschiedliche Motivationen, sich zu schützen oder eben nicht (Wie beim Beispiel UV-Strahlung: Gebräunte Haut wird vielfach positiv bewertet). Eine Herausforderung ist grundsätzlich, das differenzierte Bild der Wissenschaft und des Risikobewertungsprozesses in klare Antworten und bedeutsame Aussagen für jeden Einzelnen münden zu lassen.

Im Forschungsschwerpunkt Risikokommunikation untersucht das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) den gesellschaftlichen Umgang mit Strahlenrisiken. Um Informationen über relevante Aspekte wie Risikowahrnehmung, Vorkenntnisse und Einstellungen zu erhalten, wertet das BfS sozialwissenschaftliche Erkenntnisse aus.

Für spezielle Fragestellungen vergibt das BfS Forschungsaufträge. Von Interesse ist hier zum Beispiel:

Wie schätzt die Bevölkerung verschiedene Strahlenrisiken ein und woher bezieht sie ihr Wissen und ihre Meinung darüber?

Welche Informationsbedürfnisse liegen für konkrete Strahlenschutzthemen vor?

Wie lässt sich Strahlenschutzverhalten im Bereich Radon und UV-Strahlung weiter fördern? Wie können Barrieren für schützendes Verhalten verringert werden?

Diese Erkenntnisse ermöglichen es, die je Strahlenthema unterschiedlichen Rahmenbedingungen zu berücksichtigen und Strahlenschutzempfehlungen passend für verschiedene Zielgruppen zu formulieren. Das BfS kann in der Folge zielgruppengerecht informieren und kommunizieren. Umgekehrt erfahren die Strahlenschutzexpertinnen und -experten, in welchem gesellschaftlichen Umfeld sie sich bewegen und warum sich gesellschaftliche Einschätzung und Expertenwissen oft unterscheiden. Derartige Untersuchungen sind unverzichtbar, wenn es darum geht, Transparenz und Verständlichkeit zu erhöhen und die Risikokommunikation zu verbessern – wichtige Voraussetzungen, damit Handlungsempfehlungen bekannt und ernst genommen werden. Wichtig ist dies sowohl in Alltagssituationen, in denen der Mensch mit dem Thema Strahlung in Berührung kommt, als auch in radiologischen Notfallsituationen. Bei letzteren ist es entscheidend, die Bedürfnisse und das Verhalten der Menschen bereits im Vorfeld einschätzen zu können, um so bestmöglichen Schutz für die Bevölkerung zu erreichen.

**Ansprechpartnerin:**  
**Christiane Pölzl-Viol,**  
**Stabsstelle Risikokommunikation**  
**Tel.: 03018 333-2144**



Stromnetzausbau -  
eine  
Herausforderung  
für den  
Strahlenschutz?



Im Rahmen der Energiewende werden bundesweit bestehende Wechselstromleitungen ertüchtigt und neue Wechsel- sowie erstmals Gleichstromleitungen errichtet.

Beim Ausbau der Stromnetze müssen Fragen des Gesundheits- und Strahlenschutzes von Anfang an berücksichtigt werden.

Die in der Umgebung von Stromleitungen auftretenden elektrischen und magnetischen Felder sind durch die in der Sechszwanzigsten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (26. BImSchV) festgelegten Grenzwerte geregelt. Nach dem derzeitigen wissenschaftlichen Kenntnisstand ist bei Einhaltung dieser Grenzwerte der Schutz der Gesundheit der Bevölkerung auch bei Dauereinwirkung gewährleistet. Es gibt jedoch wissenschaftliche Unsicherheiten in der Risikobewertung und offene Fragen. Um diese zu verringern, hat das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) das begleitende Forschungsprogramm „Strahlenschutz beim Stromnetzausbau“ initiiert. Es umfasst 36 Forschungsvorhaben unterschiedlicher Priorität zu nachfolgend beschriebenen Themenfeldern.

#### **Auftreten und gesundheitliche Wirkung von Feldern**

Wie stark Personen diesen Feldern ausgesetzt sind, wird als Exposition bezeichnet. Untersuchungen zu niederfrequenten Magnetfeldern, die von Stromleitungen oder Haushaltsgeräten ausgehen, die in Deutschland vor allem vor dem Jahr 2000 durchgeführt wurden, haben zeitlich gemittelte Expositionen von etwa 0,1 Mikrottesla ergeben. Der Grenzwert für magnetische Felder von 100 Mikrottesla wird demnach zu etwa 0,1 Prozent ausgeschöpft. Diese Daten sollen unter Berücksichtigung neuer Stromleitungen und anderer Quellen aktualisiert werden.

Bei einer Exposition mit niederfrequenten Feldern werden im Körper elektrische Ströme und Felder hervorgerufen. Diese sind für die Abschätzung biologischer Wirkungen maßgeblich, können aber zum Teil nur mit großen Unsicherheiten bestimmt werden. Deswegen sollen verbesserte Modelle für die Berechnung der Felder im Gewebe entwickelt werden.

Elektrische Felder können unter Umständen wahrgenommen und als unangenehm empfunden werden. Bei Berührung von aufgeladenen Metallgegenständen unterhalb von Stromleitungen kann es zu Funkenentladungen und Kontaktströmen kommen. Wahrnehmungsschwellen für diese Empfindungen und das Auftreten dieser Effekte sollen näher untersucht werden.



Das Auftreten geladener Partikel und Moleküle in der Umgebung von Stromleitungen und mögliche gesundheitliche Auswirkungen werden untersucht.

An Freileitungsseilen von Hochspannungsleitungen werden Luftmoleküle und Teilchen elektrisch aufgeladen.

Diese Ladungswolken haben bei Gleichstromleitungen eine höhere Reichweite als bei herkömmlichen Wechselstromleitungen.



In epidemiologischen Studien (Beobachtungsstudien an Menschen) wurde übereinstimmend ein statistischer signifikanter Zusammenhang zwischen schwachen niederfrequenten Magnetfeldern und Leukämien im Kindesalter beobachtet. Hierfür gibt es jedoch keinen plausiblen Wirkmechanismus. Auch nach vielen Jahren Forschung ist unklar, ob der beobachtete Zusammenhang ursächlich ist oder nicht. Mit dem Ziel, die komplexen Ursachen von Leukämien im Kindesalter zu klären, hat das BfS seit 2008 mehrere Workshops in Kooperation mit nationalen und internationalen Gremien initiiert und eine interdisziplinäre Forschungsagenda erarbeitet. Ergebnisse mehrerer Pilotprojekte wurden bereits veröffentlicht, weitere Forschungsvorhaben werden folgen.

Neurodegenerative Erkrankungen zeichnen sich durch Funktionsstörungen des Gehirns oder des Bewegungsapparats aus. Einige epidemiologische Studien haben Hinweise auf einen möglichen Zusammenhang zwischen Magnetfeldexposition und neurodegenerativen Erkrankungen gezeigt. Da tierexperimentelle Studien die epidemiologischen Befunde bisher nicht bestätigen konnten, besteht weiterer Forschungsbedarf.

Es gibt schwache Hinweise aus Tierstudien zu einer möglichen synergistischen Wirkung von Magnetfeldern und auf einen Zusammenhang zwischen Magnetfeldexposition (z. B. durch die Nutzung von Heizdecken) und einer erhöhten Fehlgeburtenrate. Beide Themen hat die Weltgesundheitsorganisation (WHO) in ihre Forschungsagenda aufgenommen.

### **Information und Beteiligung der Bevölkerung**

Die Kenntnisse und die Risikowahrnehmung der Bürgerinnen und Bürger und deren Informationsbedürfnisse werden ermittelt. Davon ausgehend wird geklärt, wie fachliche Informationen aufzubereiten und zu vermitteln sind, um eine möglichst breite Öffentlichkeit zu erreichen. Außerdem wird untersucht, welche Faktoren für die Meinungsbildung in der Öffentlichkeit ausschlaggebend sind und wie die Glaubwürdigkeit der beteiligten Behörden und das Vertrauen in die handelnden Personen sichergestellt bzw. erhöht werden können. Ziel ist es, einen Beitrag dafür zu leisten, dass sich die Bürger anhand der vorliegenden Informationen selbstständig ihre eigene fundierte Meinung bilden können.

Das Forschungsprogramm wurde bei einer öffentlichen Auftaktveranstaltung im Juli 2017 in Berlin vorgestellt. Unmittelbar darauf konnten Bürgerinnen und Bürger das Programm online kommentieren und Anregungen zur Schwerpunktsetzung und zur Konzeption des Forschungsprogrammes geben. Der Großteil der Bewertungen war überwiegend positiv.

Zur Durchführung der aktuell 36 geplanten Forschungsvorhaben durch das BfS werden in einem ersten Schritt Literaturstudien vergeben und internationale Workshops organisiert. Die Ergebnisse werden zur inhaltlichen Präzisierung der weiteren Projekte genutzt.

**Ansprechpartnerin:**  
**PD Dr. Blanka Pophof,**  
**Abteilung WR Wirkungen und Risiken ionisierender und nichtionisierender Strahlung**  
**Tel: 03018 333-2146**

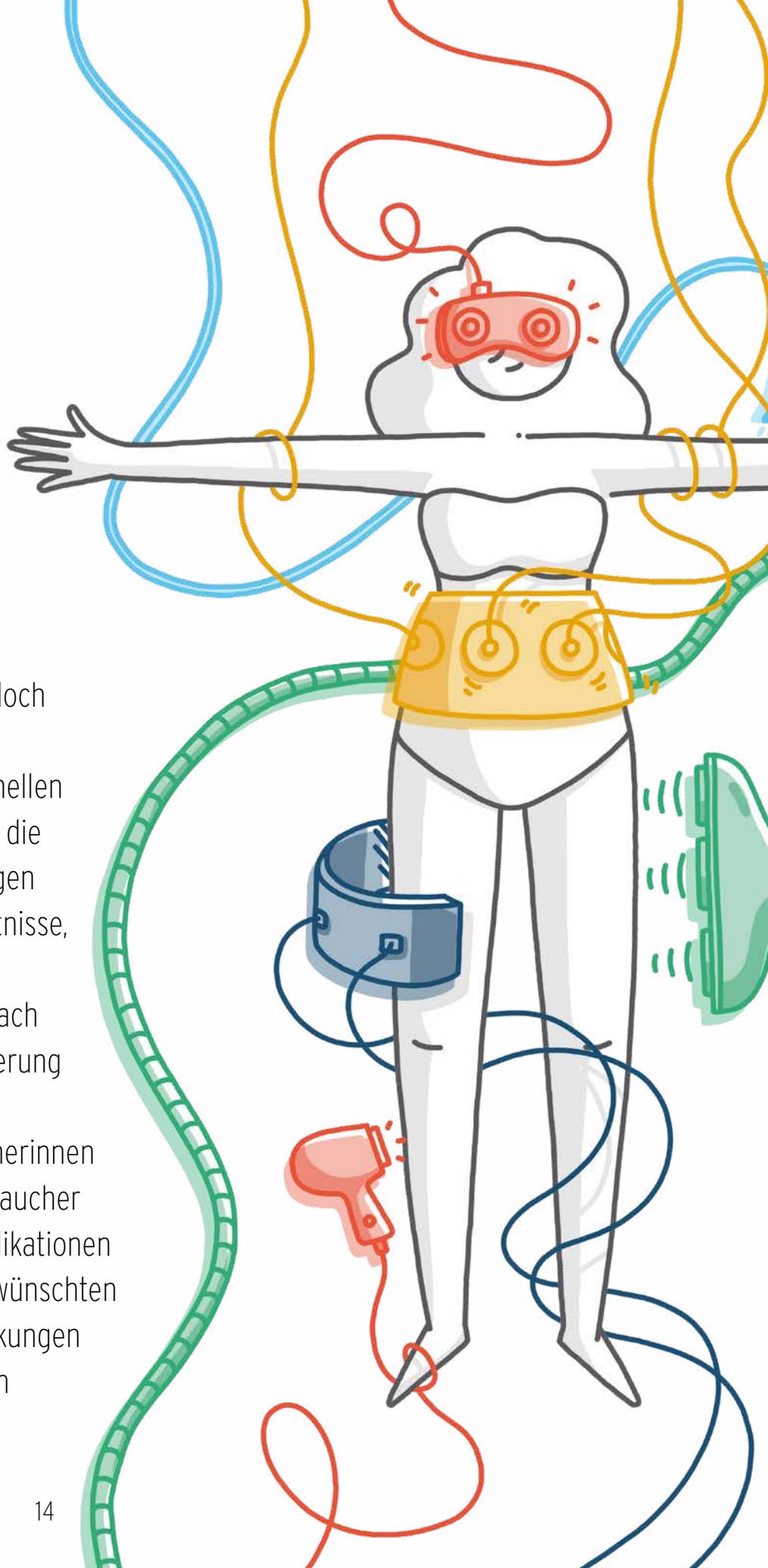
Weitere Informationen zum Forschungsprogramm „Strahlenschutz beim Stromnetzausbau“ finden Sie unter: [www.bfs.de/DE/bfs/wissenschaft-forschung/bfs-forschungsprogramm/stromnetzausbau/netzausbau\\_node.html](http://www.bfs.de/DE/bfs/wissenschaft-forschung/bfs-forschungsprogramm/stromnetzausbau/netzausbau_node.html)

# Forever young? Kosmetik mit Laser, Ultraschall und Co.

Lästige Haare oder Tattoos dauerhaft entfernen, Falten glätten, die Haut verjüngen, ohne Anstrengung die Muskeln trainieren oder Fett abbauen – eine Vielzahl leistungsfähiger Geräte steht für diese Zwecke in Kosmetik- und Fitness-Studios, aber auch in manchen Arztpraxen zur Verfügung. Laser und intensive Lichtquellen, Hoch- und Niederfrequenzgeräte, Gleichstromgeräte, Magnetfeldgeräte sowie Ultraschallgeräte werden zunehmend für kosmetische und andere nichtmedizinische Anwendungen eingesetzt. Einer repräsentativen Umfrage zufolge haben zwischen 4 und 5 Millionen Personen über 18 Jahre in Deutschland schon einmal Lasergeräte oder andere intensive Lichtquellen für kosmetische Anwendungen genutzt.

Methoden, die ursprünglich zu medizinischen Zwecken entwickelt wurden, finden ihren Weg in die Hände von Personen ohne entsprechende Ausbildung.

Fehlen jedoch bei den professionellen Anbietern die notwendigen Fachkenntnisse, kann der Wunsch nach Verschönerung für Verbraucherinnen und Verbraucher mit Komplikationen und unerwünschten Nebenwirkungen verbunden sein.



Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) setzt sich zum Schutz der Verbraucherinnen und Verbraucher dafür ein, dass die Anforderungen für den Betrieb solcher Anlagen und die Anforderungen an die Fachkunde der Betreiber künftig verbindlich geregelt werden.

### **Anwendungen, Wirkungen und Nebenwirkungen**

Bei den meisten kosmetischen Anwendungen nichtionisierender Strahlung beruht die Wirkung auf der Schädigung oder der Zerstörung von Zellen im Zielgewebe durch Hitze. So wird bei der dauerhaften Haarentfernung (Epilation) mittels Lasern oder intensiven Lichtquellen (IPL „Blitzlampen“) die Energie der optischen Strahlung vom Farbstoff in den Haaren aufgenommen und an die haarbildenden Zellen in der Haarpapille abgegeben, die dadurch thermisch geschädigt oder zerstört werden.

Um Tätowierungen zu entfernen, werden die Farbpigmente des Tattoos mit Laserpulsen „beschossen“ und zerstört.

Zur Fettreduktion (Lipolyse) werden sowohl optische Strahlenquellen wie Laser und IPL-Geräte als auch Hochfrequenzgeräte und Ultraschallgeräte benutzt. Ziel ist die Zerstörung von Fettzellen im Gewebe.

Ultraschallgeräte werden zudem zur Durchblutungssteigerung

(„Mikromassage“) oder zum Einbringen von Substanzen durch die Haut (Sonophorese) eingesetzt.

Ultraschallgeräte werden auch dazu verwendet, Erinnerungsfilme von ungeborenen Kindern herzustellen („Baby-Kino“). Für diese Anwendung besteht keine medizinische Notwendigkeit. Sie könnte aber für den Fötus ein unnötiges Risiko bedeuten.

Mit elektrischen und magnetischen Feldern können Nerven- und Muskelzellen angeregt werden. So wird die elektrische Muskelstimulation zunehmend als „Trainingsmethode“ im Fitnessbereich angeboten. Die elektrische Stimulation des zentralen Nervensystems soll die kognitiven Fähigkeiten verbessern.

Komplikationen und unerwünschte Nebenwirkungen wie Verbrennungen, Narbenbildung, Über- oder Unterpigmentierung der Haut oder entzündliche Gewebereaktionen können auftreten, wenn beispielsweise die Anwendungs-Parameter nicht auf die zu behandelnde Person individuell abgestimmt sind, ungeeignete Geräte verwendet oder bestehende Gegenanzeigen (Kontraindikationen) nicht beachtet werden. Bei Laser- oder IPL-Behandlungen der Haut besteht zudem das Risiko, durch oberflächliche Veränderungen Hautkrebsdiagnosen zu erschweren. Insbesondere beim Umgang mit starken optischen Strahlenquellen muss das Risiko für die Augen beachtet werden.

Bei einer zu starken elektrischen Muskelstimulation kann es zur Schädigung der Muskeln kommen, die von einem Muskelkater bis zur Muskelauflösung (Rhabdomyolyse) reichen können. Muskuläre Überlastung führt zu einem Anstieg des Enzyms Creatin-Kinase (CK), das durch die Niere ausgeschieden wird. Zu hohe CK-Werte können im

schlimmsten Fall zu einem Nierenversagen führen. Die Wirkungen der Stimulation des Nervensystems sind insgesamt relativ wenig erforscht und können mit noch unbekanntem Risiken verbunden sein.

### **Regelungsbedarf**

Bisher sind die Anforderungen an professionelle Anbieterinnen und Anbieter bei Anwendungen außerhalb der Medizin praktisch nicht definiert. Derzeit wird vom Bundesumweltministerium (BMU) unter fachlicher Beteiligung des BfS eine Verordnung zum Schutz vor schädlichen Wirkungen nichtionisierender Strahlung bei der Anwendung am Menschen erarbeitet. Diese Verordnung soll Anforderungen an den Betrieb von Anlagen zur Anwendung nichtionisierender Strahlung am Menschen und insbesondere die dafür erforderliche Fachkunde regeln. Professionelle Anwender müssen unter anderem verstehen, wie nichtionisierende Strahlung bei der Anwendung am Menschen wirkt. Sie müssen wissen, welche Risiken bestehen und wie man sie vermeidet. Sie müssen ihre Grenzen kennen und wissen, wann (fach)ärztliche Expertise erforderlich ist. Auch praktische Erfahrung ist wichtig. Diese Erfahrung sollte unter fachärztlicher Aufsicht gesammelt werden und nicht durch „learning by doing“. Derzeit liegt es in der Hand der Verbraucherinnen und Verbraucher, darauf zu achten, kosmetische Anwendungen mit nichtionisierender Strahlung nur von qualifizierten und erfahrenen Anbietern durchführen zu lassen.

**Ansprechpartnerin:**

**Dr. Monika Asmuß,**

**Abteilung WR, Wirkungen und Risiken ionisierender und nichtionisierender Strahlung**

**Tel.: 03018 333-2147**

Sonne ja -  
Hautkrebs nein:  
Vorbeugung  
sinnvoll  
gestalten

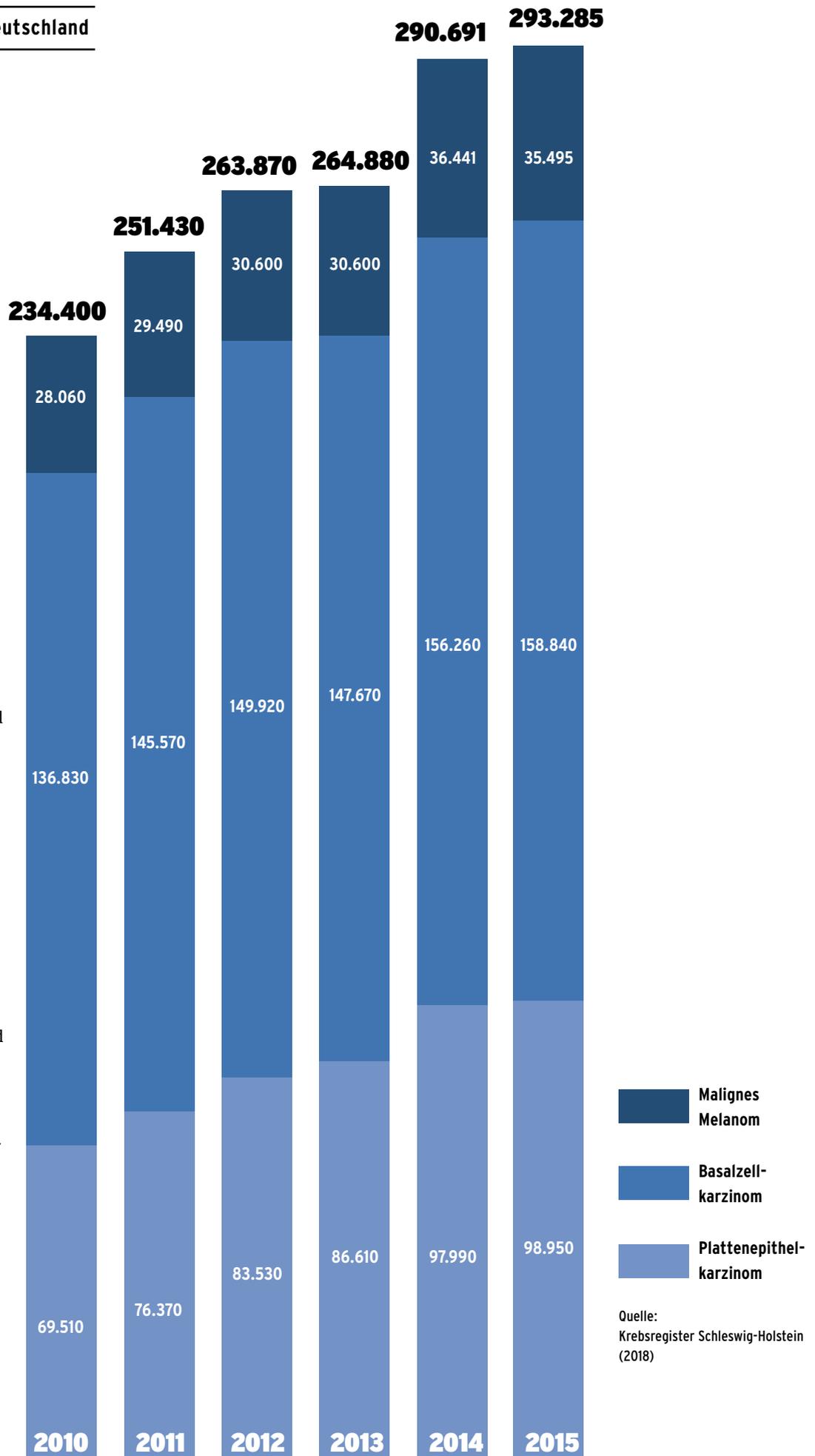


## Hautkrebsneuerkrankungen in Deutschland

Die Sonne ist nicht nur angenehm, sondern birgt auch ernste gesundheitliche Risiken. Die ultraviolette (UV-) Strahlung der Sonne initiiert zwar die körpereigene Vitamin-D-Synthese, führt aber gleichzeitig zu Schädigungen von Auge und Haut. UV-Strahlung ist krebserregend und Hauptursache für Hautkrebs.

In Deutschland steigt die Anzahl der Hautkrebsneuerkrankungen seit Jahren kontinuierlich an.

2015 erkrankten rund 293.000 Menschen neu an Hautkrebs – rund zehn Prozent mehr als 2013. 2012 waren in Deutschland knapp 1,6 Millionen Menschen von einer Hautkrebs-Diagnose betroffen. Jährlich versterben ca. 3.000 Menschen an Hautkrebs, im Wesentlichen am schwarzen Hautkrebs (**malignes Melanom**). UV-bedingte Erkrankungen belasten das Wohl der Allgemeinheit nachhaltig und ziehen hohe, stetig steigende Kosten für das Gesundheitswesen nach sich.



Laut Statistischem Bundesamt beliefen sich die Krankheitskosten alleine für das Melanom und sonstige bösartige Neubildungen der Haut 2002 auf 311 Millionen Euro und 2015 bereits auf 692 Millionen Euro.

Im Zuge der durch den Klimawandel bedingten Erwärmung verschärft sich die Situation gerade: Es wird prognostiziert, dass es vermehrt heiße Tage und Hitzewellen in Deutschland geben wird, an denen sich Menschen zu hohen UV-Belastungen aussetzen können, wodurch das Hautkrebsrisiko steigen kann.

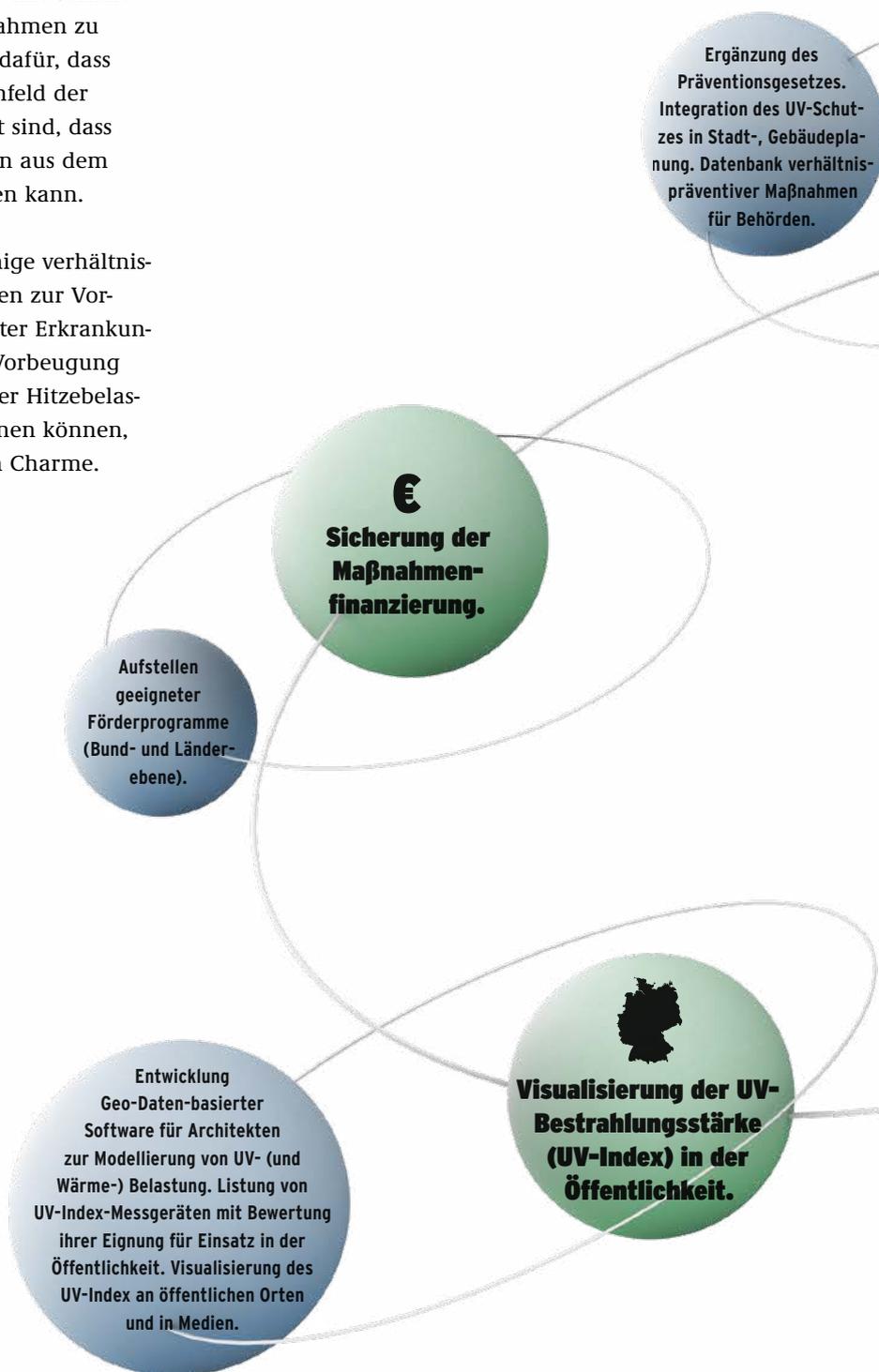
Zusätzlich zeigen neueste wissenschaftliche Studien, dass sich die atmosphärische Ozonschicht, die die besonders energiereiche kurzwellige UV-Strahlung der Sonne ausfiltert, zwischen den 60. Breitengraden Nord und Süd nicht so wie gedacht erholt, sondern offenbar dünner wird und damit weniger schützt – genau über großen Teilen der bewohnten Welt.

Die Prävention UV-bedingter Erkrankungen, insbesondere des Hautkrebses, ist somit ein äußerst wichtiges Strahlenschutz- und Gesundheitsziel – darin sind sich Ärzteschaft und Institutionen des Strahlenschutzes einig. Kinder stehen dabei besonders im Fokus, da ihre Haut und ihre Augen sehr viel empfindlicher gegenüber UV-Strahlung sind als die der Erwachsenen. In Deutschland werden seit Jahrzehnten verhaltenspräventive Maßnahmen durchgeführt. Verhaltenspräventive Ansätze drohen aber ins Leere zu laufen, wenn die äußeren Umstände nicht stimmen.

Zum Beispiel, wenn man Schatten aufsuchen soll, aber kein Schatten vorhanden ist, oder Arbeitsabläufe zu einem Aufenthalt in der prallen Sonne zwingen. Problematisch ist dies vor allem in den Lebenswelten Kindergarten, Schule und Außenarbeitsplatz. Verhaltenspräventive Maßnahmen sind also mit verhältnispräventiven Maßnahmen zu ergänzen. Sie sorgen dafür, dass Wohn- und Arbeitsumfeld der Menschen so gestaltet sind, dass hohen UV-Belastungen aus dem Weg gegangen werden kann.

Die Tatsache, dass einige verhältnispräventive Maßnahmen zur Vorbeugung UV-induzierter Erkrankungen gleichzeitig zur Vorbeugung gesundheitsschädlicher Hitzebelastungen im Freien dienen können, hat einen besonderen Charme.

Auf diese Weise würde mit einer Maßnahme ein weiteres umweltpolitisch und gesundheitlich wichtiges Thema – die Reduktion von Morbidität und Mortalität aufgrund von Hitzewellen – aktiv angegangen.



Punktuell existieren bereits wirkungsvolle verhältnispräventive Maßnahmen. Für eine flächendeckende Etablierung fehlen derzeit die Voraussetzungen.

Hierfür hat das UV-Schutz-Bündnis<sup>1</sup> (20 Partner, Stand: 2018), das vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) 2011 initiiert wurde und in dem das BfS gleichberechtigter Partner ist, das Grundsatzpapier „Vorbeugung gesundheitlicher Schäden durch die Sonne – Verhältnisprävention in der Stadt und auf dem Land“<sup>2</sup> veröffentlicht. Darin sind konkrete Ziele und Maßnahmen für die Etablierung verhältnispräventiver Maßnahmen zur Vorbeugung UV-induzierter Erkrankungen beschrieben.

Das vorrangige, im Grundsatzpapier konkret formulierte Ziel ist es, die Prävention UV-bedingter Erkrankungen in das Präventionsgesetz als Teilziel der Gesundheitsziele „Gesund aufwachsen“ und „Gesund alt werden“ aufzunehmen. Dies bildet die Grundlage für alle Maßnahmen, die zur Vorbeugung UV-bedingter Erkrankungen notwendig sind.

Aufgabe des UV-Schutz-Bündnisses ist es, Gespräche mit den politischen und wirtschaftlichen Entscheidungsträgern, Sozialversicherungsträgern und den Sozialpartnern, mit Trägern öffentlicher Einrichtungen, ausbildenden oder ausbildungskordinierenden Organisationen sowie mit den Medien zu führen. Hierbei sollen im verständnisvollen Miteinander gemeinsam die Voraussetzungen für eine effiziente Etablierung wirkungsvoller verhältnispräventiver Maßnahmen geschaffen werden. Alle Partner im UV-Schutz-Bündnis sehen dies als den besten Weg, um das Risiko für UV-bedingte Erkrankungen auf lange Sicht effektiv zu reduzieren.

**Ansprechpartnerin:**  
**Dr. Cornelia Baldermann,**  
**Abteilung WR, Wirkungen und Risiken ionisierender und nichtionisierender Strahlung**  
**Tel.: 03018 333-2141**



<sup>1</sup> [www.bfs.de/uv-schutz-buendnis](http://www.bfs.de/uv-schutz-buendnis)

<sup>2</sup> [www.bfs.de/uv-grundsatzpapier](http://www.bfs.de/uv-grundsatzpapier)

Röntgen in  
Deutschland:  
Computertomographie  
sorgt weiterhin  
für Anstieg der  
Bevölkerungsdosis

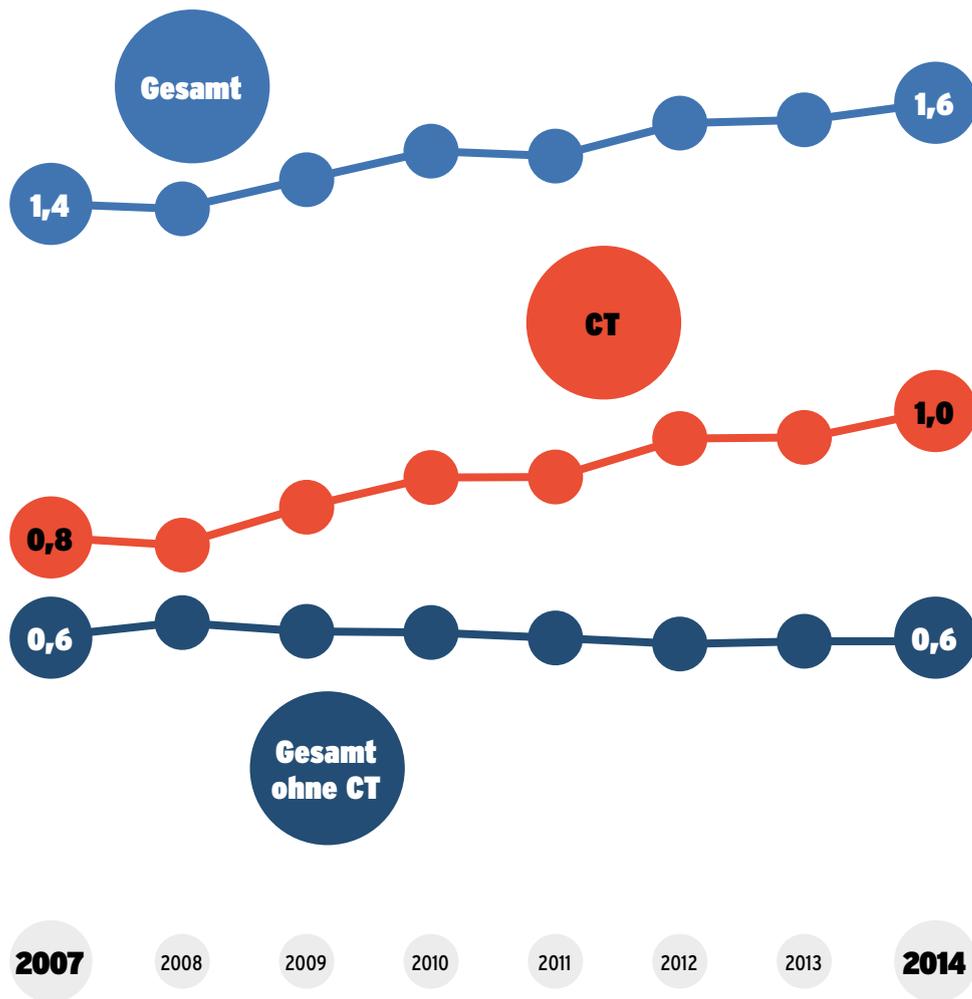




In Deutschland wie auch in anderen Industrienationen wird wohl jeder Mensch im Laufe seines Lebens geröntgt – und dies zumeist mehrfach. Dem medizinischen Strahlenschutz kommt daher eine hohe Bedeutung zu. Dies spiegelt sich auch darin wider, dass die Europäische Union ihre Mitgliedsstaaten verpflichtet hat, die medizinische Strahlenexposition der Bevölkerung regelmäßig zu erfassen. In Deutschland obliegt diese Aufgabe dem BfS.

Aus Sicht des Strahlenschutzes ist nicht nur die Abschätzung der Bevölkerungsdosis, sondern auch die Bewertung zeitlicher Veränderungen besonders wichtig. Die Auswertungen des BfS beziehen sich daher nicht nur auf das aktuelle Jahr, für das Daten zur Häufigkeit und Dosis von Röntgenanwendungen zur Verfügung stehen, sondern auf einen längeren Zeitraum. Die Ausführungen in diesem Beitrag beziehen sich auf die Jahre 2007 bis 2014.

## Dosis (in mSv pro Jahr) pro Kopf infolge von Röntgenanwendungen in Deutschland



### Wie häufig wird in Deutschland geröntgt?

Im Jahr 2014 wurden in Deutschland etwa 140 Mio. Röntgenanwendungen durchgeführt, hiervon etwa 40 % im zahnmedizinischen Bereich. Dies entspricht etwa 1,7 Anwendungen pro Einwohner. Die Gesamtzahl der Röntgenuntersuchungen pro Jahr blieb im Zeitraum 2007 bis 2014 nahezu unverändert.

Die Anzahl der meisten Röntgenuntersuchungen hat im betrachteten Zeitraum abgenommen (z. B. Röntgenaufnahmen des Brustkorbs um ca. 20 %). Untersuchungen der Zähne und des Kiefers haben dagegen von etwa 0,6 (2007) auf 0,7 (2014) Untersuchungen pro Einwohner und Jahr zugenommen. Neben der zahnmedizinischen Diagnostik wurden am häufigsten Röntgenaufnahmen des Skeletts und des Brustkorbs durchgeführt (Abb. S. 23). Die CT-Häufigkeit nahm zwischen 2007 und 2014 besonders stark, nämlich um ca. 40 %, zu.

### Wie werden die Daten erfasst?

Für die Abschätzung der Bevölkerungsdosis – der sogenannten kollektiven Dosis – werden einerseits die Häufigkeit der verschiedenen Röntgenanwendungen und andererseits repräsentative Werte für die effektive Dosis der jeweiligen Anwendungen benötigt.

#### Abschätzung der Häufigkeit:

Nahezu die gesamte deutsche Bevölkerung ist gesetzlich oder privat krankenversichert. Die Häufigkeit von Röntgenanwendungen kann daher gut mit Hilfe von Statistiken geeigneter Gebührensatzungen abgeschätzt werden. Darüber hinaus werden Daten des Statistischen Bundesamtes verwendet.

#### Abschätzung der Dosis:

Repräsentative Werte für die effektive Dosis pro Röntgenanwendung werden zum großen Teil aus Daten ermittelt, welche die sogenannten Ärztlichen Stellen im Rahmen ihrer routinemäßigen Überprüfungen von Röntgeneinrichtungen abfragen und dem BfS zu Verfügung stellen.

Darüber hinaus fließen in die Auswertung Ergebnisse einer bundesweiten Umfrage bei allen CT-Betreibern zur Patientendosis ein, an der auch das BfS beteiligt war. Die CT ist wegen ihrer vergleichsweise hohen Dosis von besonderer Bedeutung.

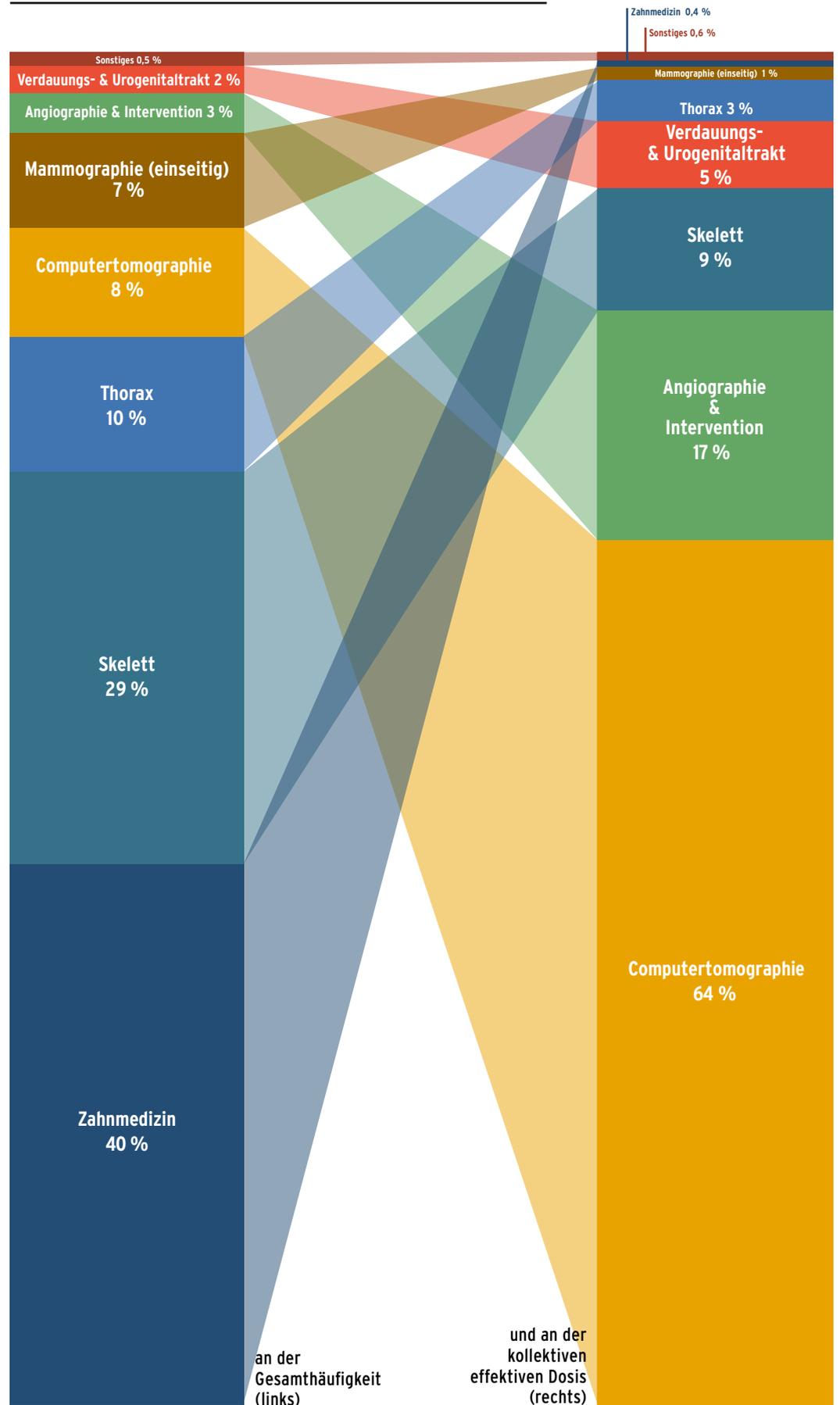
Die **effektive Dosis** ist eine Strahlenschutzgröße, die die unterschiedliche Strahlenempfindlichkeit der Organe und Gewebe und damit das Strahlenrisiko berücksichtigt. Sie wird in Millisievert (mSv) angegeben. Mit Hilfe der effektiven Dosis ist es möglich, die Strahlenexposition in der medizinischen Diagnostik für verschiedene Techniken und Untersuchungsverfahren zu vergleichen. Auch die Bevölkerungsdosen für verschiedene Länder können mit Hilfe der effektiven Dosis gegenübergestellt werden.

## Wie hoch ist die effektive Dosis pro Einwohner durch Röntgen?

Die mittlere effektive Dosis infolge von Röntgenanwendungen in Deutschland belief sich für das Jahr 2014 auf ca. 1,6 mSv pro Einwohner. Über den Beobachtungszeitraum 2007 bis 2014 ist die Dosis pro Kopf insgesamt angestiegen (s. Abb. auf S. 22).

Dieser Trend war im Wesentlichen durch die Zunahme der CT-Untersuchungshäufigkeit bedingt. Konventionelle Röntgenuntersuchungen – wie z. B. Aufnahmen des Brustkorbs oder des Skeletts – trugen vergleichsweise wenig zur kollektiven effektiven Dosis bei (Abb. rechts). Dagegen lag der Anteil der CT zur Gesamtdosis der Bevölkerung aller Röntgenmaßnahmen für 2014 bei mehr als 60 %. Die Röntgendarstellung von Gefäßen (Angiographie) sowie interventionelle Maßnahmen unter Röntgenkontrolle (beispielsweise die Aufweitung eines verengten Gefäßes) sind mit einer vergleichsweise hohen Dosis verbunden. Diese Röntgenanwendungen tragen daher mit über 15 % zur kollektiven Dosis bei, obgleich sie eher selten durchgeführt werden. Im Gegensatz dazu ist der Beitrag der Zahn- und Kieferdiagnostik zur kollektiven effektiven Dosis – trotz der hohen Anzahl – verschwindend gering.

## Prozentualer Anteil verschiedener Untersuchungsarten

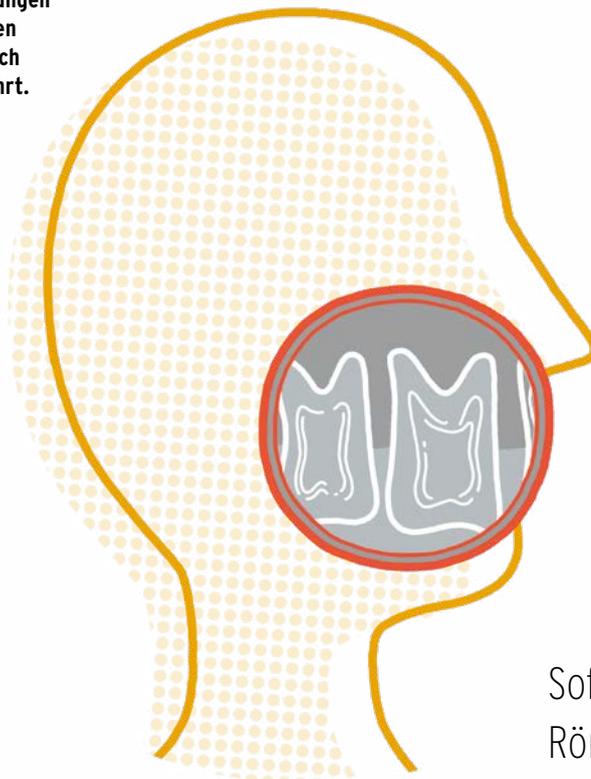


für das Jahr 2014

### Wo steht Deutschland im europäischen Vergleich?

Im Rahmen eines europäischen Forschungsprojektes wurden für die europäische Bevölkerung eine mittlere Häufigkeit von Röntgenmaßnahmen von 1,1 und eine daraus resultierende mittlere effektive Dosis von 1,1 mSv pro Einwohner und Jahr abgeschätzt. Die Schätzwerte der verschiedenen Länder zur Häufigkeit von Röntgenuntersuchungen pro Einwohner variieren erheblich – die Werte reichen von ca. 0,3 (Rumänien) bis 2,1 (Island). Deutschland liegt im europäischen Vergleich im oberen Bereich. Zum Teil können die Unterschiede auf die verschiedenen Gesundheitssysteme zurückgeführt werden. Charakteristisch für Deutschland ist beispielsweise, dass der Großteil aller Röntgenuntersuchungen von niedergelassenen Ärzten – und hier oftmals von Teilgebietsradiologen, z. B. Orthopäden – durchgeführt wird. In Ländern, in denen radiologische Maßnahmen vorwiegend in Kliniken stattfinden, wie beispielsweise in Großbritannien, ist in der Regel auch die Untersuchungshäufigkeit niedriger. Der größte Teil der Untersuchungen, die von niedergelassenen Nicht-Radiologen durchgeführt werden, sind allerdings Röntgenaufnahmen mit relativ niedriger Dosis, z. B. Röntgenuntersuchungen der Zähne oder des Skeletts.

In den meisten Fällen werden Röntgenuntersuchungen im niedrigen Dosisbereich durchgeführt.



### Wie lassen sich unnötige Röntgenuntersuchungen vermeiden bzw. die Strahlendosis verringern?

Der medizinische Strahlenschutz hat in Deutschland ein hohes Niveau. Die relativ hohe Pro-Kopf-Anzahl von Röntgenmaßnahmen spiegelt den hohen Standard der hiesigen Gesundheitsversorgung wider. Dennoch könnte nach Einschätzung des BfS die Häufigkeit von Röntgenanwendungen reduziert werden, ohne die Patientenversorgung zu beeinträchtigen. Entscheidend ist hierbei die eingehende Nutzen-Risiko-Abwägung des Arztes vor jeder Röntgenanwendung – die sogenannte rechtfertigende Indikation. Auch mit anderen Maßnahmen lassen sich unnötige Röntgenuntersuchungen vermeiden. Beispielsweise sollte stets sichergestellt werden, dass keine Doppeluntersuchungen durchgeführt werden.

Sofern sich Röntgenuntersuchungen nicht vermeiden lassen, ist der Arzt verpflichtet, die Strahlendosis so niedrig wie möglich zu halten, ohne dabei die diagnostische Aussagekraft zu gefährden (Optimierungsgrundsatz).

Bei der bundesweiten Umfrage zur Patientenexposition in der CT wurde allerdings festgestellt, dass die eingesetzten CT-Geräte durch den Einsatz dosisparender Technik über ein erhebliches Dosisreduktionspotential verfügen, das in vielen Einrichtungen noch nicht vollständig genutzt wird. Daher empfiehlt das BfS, u. a. die Schulung des medizinischen Personals an den Röntengeräten deutlich zu verbessern. Anhand der Ergebnisse der CT-Umfrage legte das BfS auch sogenannte diagnostische Referenzwerte für eine Vielzahl von häufig durchgeführten CT-Untersuchungen fest. Die diagnostischen Referenzwerte sind ein wichtiges Hilfsmittel für die Optimierung.

### **Welche Rolle spielt das Strahlenrisiko?**

In den meisten Fällen werden Röntgenuntersuchungen mit recht geringen Dosen durchgeführt. Für den niedrigen Dosisbereich lassen sich keine sicheren Angaben zum Strahlenrisiko machen. Im Sinne des Strahlenschutzes wird jedoch vorsorglich angenommen, dass geringe Dosen, also auch Röntgenmaßnahmen, mit einem gewissen – wenn auch sehr geringen – Strahlenrisiko verbunden sind.

Das Alter hat einen wesentlichen Einfluss auf das Strahlenrisiko:

Bei gleicher Dosis ist es bei einem älteren Menschen geringer als bei einem jüngeren. Dies muss bei der Bewertung des Strahlenrisikos durch Röntgen berücksichtigt werden. Denn der größte Teil aller Röntgenuntersuchungen wird bei älteren Patienten durchgeführt. Dies gilt vor allem für dosisintensivere Verfahren wie die CT und Angiographie.

**Diagnostische Referenzwerte** stellen Dosiswerte dar, die – gemittelt über eine größere Anzahl von Patienten – in einer Röntgeneinrichtung nicht überschritten werden sollen. Bei Überschreitung der diagnostischen Referenzwerte ist vom Arzt zu prüfen, ob die Strahlendosis verringert werden kann, ohne das Ziel der medizinischen Anwendung (z. B. die Stellung der Diagnose) zu gefährden.

Strahlenbedingte Krebserkrankungen haben eine lange Entstehungszeit (Latenzzeit), die viele Jahre oder sogar Jahrzehnte beträgt. Auch dies muss berücksichtigt werden, da ältere und schwerkranke Patienten überdurchschnittlich häufig radiologisch untersucht werden. Die verbleibende Lebenserwartung ist hier in aller Regel kürzer als die Latenzzeit.

Die beiden Grundsätze des medizinischen Strahlenschutzes sind – wie oben erwähnt – die rechtfertigende Indikation durch den Arzt sowie die Dosisoptimierung. Werden in jedem Einzelfall beide Prinzipien sorgfältig angewendet, so tritt das Strahlenrisiko gegenüber dem realen Nutzen der Röntgenmaßnahme in aller Regel in den Hintergrund.

### **Was kann der Patient tun?**

Eine Röntgenuntersuchung ist nur dann von Nutzen, wenn der anschließende Befund eine Verdachtsdiagnose bestätigt oder ausschließt oder wenn zu erwarten ist, dass sich der Befund auf die Therapie auswirkt. Im Vorfeld einer Röntgenuntersuchung müssen alle anderen bisher erhobenen Befunde kritisch bewertet werden.

Eine Röntgenuntersuchung sollte nur dann durchgeführt werden, wenn diese einen Mehrwert liefert. Patienten sollten daher gezielt nachfragen, warum eine Röntgenuntersuchung notwendig ist. Auch ist es sinnvoll zu erfragen, ob alternative Diagnoseverfahren eingesetzt werden können, beispielsweise Ultraschall oder die Magnetresonanztomographie, bei der es sich wie bei der CT um ein Schichtbildverfahren handelt, jedoch keine ionisierende Strahlung verwendet wird.

Nach dem bis Ende 2018 gültigen Strahlenschutzrecht sind Praxen und Kliniken, in denen Röntgenuntersuchungen durchgeführt werden, verpflichtet, sogenannte Röntgenpässe vorzuhalten und anzubieten. Auf der Internetseite des BfS kann der Röntgenpass zum Ausdrucken heruntergeladen werden.<sup>1</sup>

**Ansprechpartnerin:**  
**Dr. Elke Nekolla, Abteilung MB,**  
**Medizinischer und beruflicher Strahlenschutz**  
**Tel.: 03018 333-2327**

<sup>1</sup> [www.bfs.de/SharedDocs/Downloads/BfS/DE/broschueren/ion/zusatzinfos/roentgenpass.html](http://www.bfs.de/SharedDocs/Downloads/BfS/DE/broschueren/ion/zusatzinfos/roentgenpass.html)

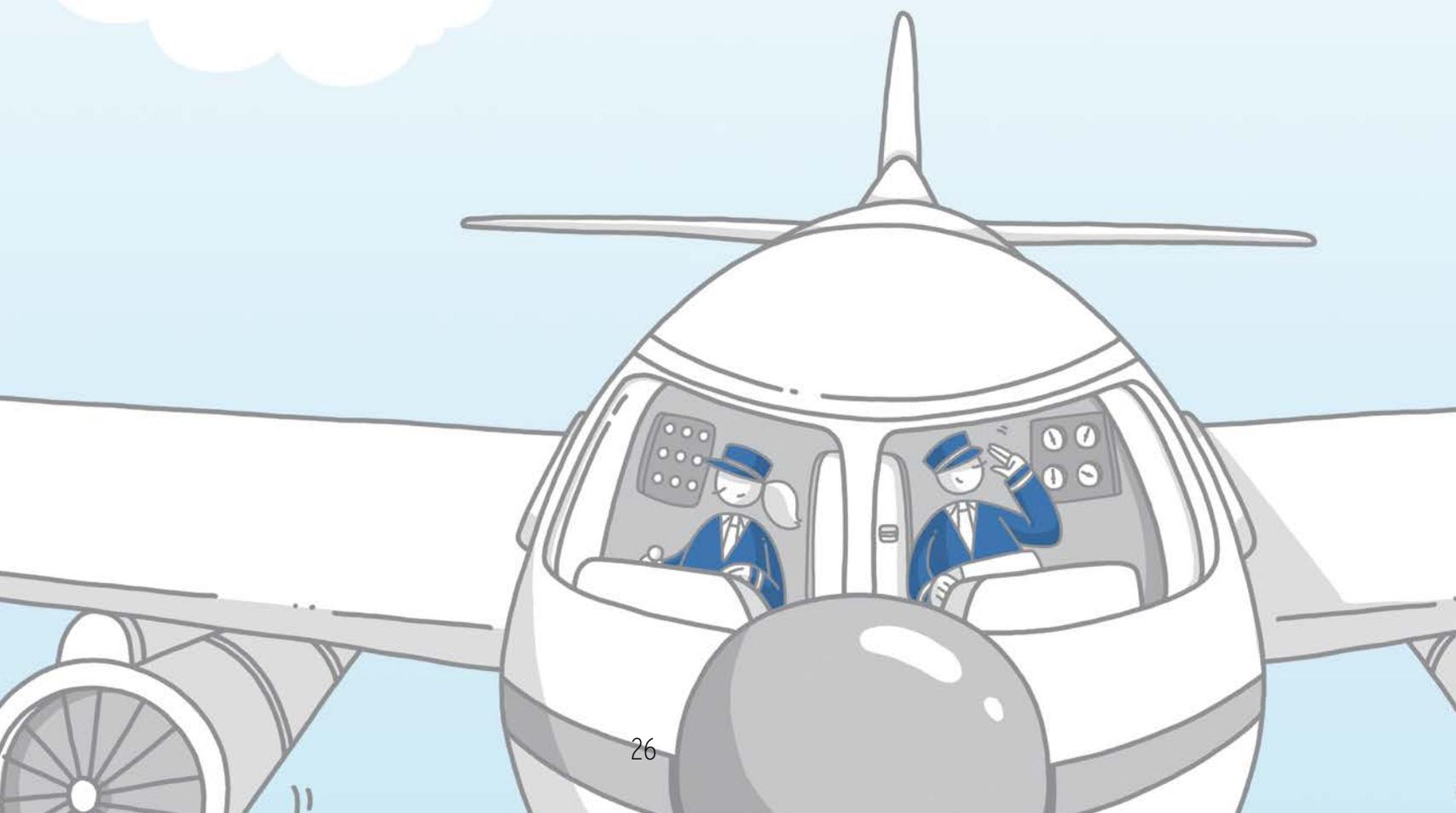
# Weiterhin positive Entwicklung im beruflichen Strahlenschutz

In Deutschland werden Personen strahlenschutzüberwacht, wenn sie aus beruflichen Gründen ionisierender Strahlung ausgesetzt sind oder sein könnten. Quellen der ionisierenden Strahlung können Geräte oder radioaktive Stoffe in der Medizin, in der Kerntechnik, in der Industrie oder in der Forschung sein. Zudem werden Beschäftigte überwacht, die aufgrund ihrer beruflichen Tätigkeit einer erhöhten Exposition durch natürliche Strahlenquellen ausgesetzt sind, z. B. durch Radon oder Höhenstrahlung.

Zur Ermittlung der Strahlendosis werden unterschiedliche Methoden eingesetzt. In der Regel tragen die Beschäftigten ein Personendosimeter oder Teilkörperdosimeter, das die Exposition durch äußere Strahlung misst.

Die Exposition des Flugpersonals durch Höhenstrahlung wird anhand zertifizierter Berechnungsprogramme auf Basis der Flugparameter der einzelnen Beschäftigten berechnet. Bei Aufnahme von radioaktiven Stoffen in den Körper (Inkorporation) gibt es ebenfalls verschiedene Verfahren, um die Strahlendosis zu ermitteln.

So wird beispielsweise bei Inhalation von Radon die effektive Dosis mit Hilfe spezieller Radondosimeter abgeschätzt. Bei anderen inkorporierten Radionukliden wird die Dosis mittels Ausscheidungsanalytik anhand von Urin- oder Stuhlproben oder über eine direkte Aktivitätsmessung der Radionuklide im Körper (mittels Ganz- oder Teilkörperzähler) bestimmt.



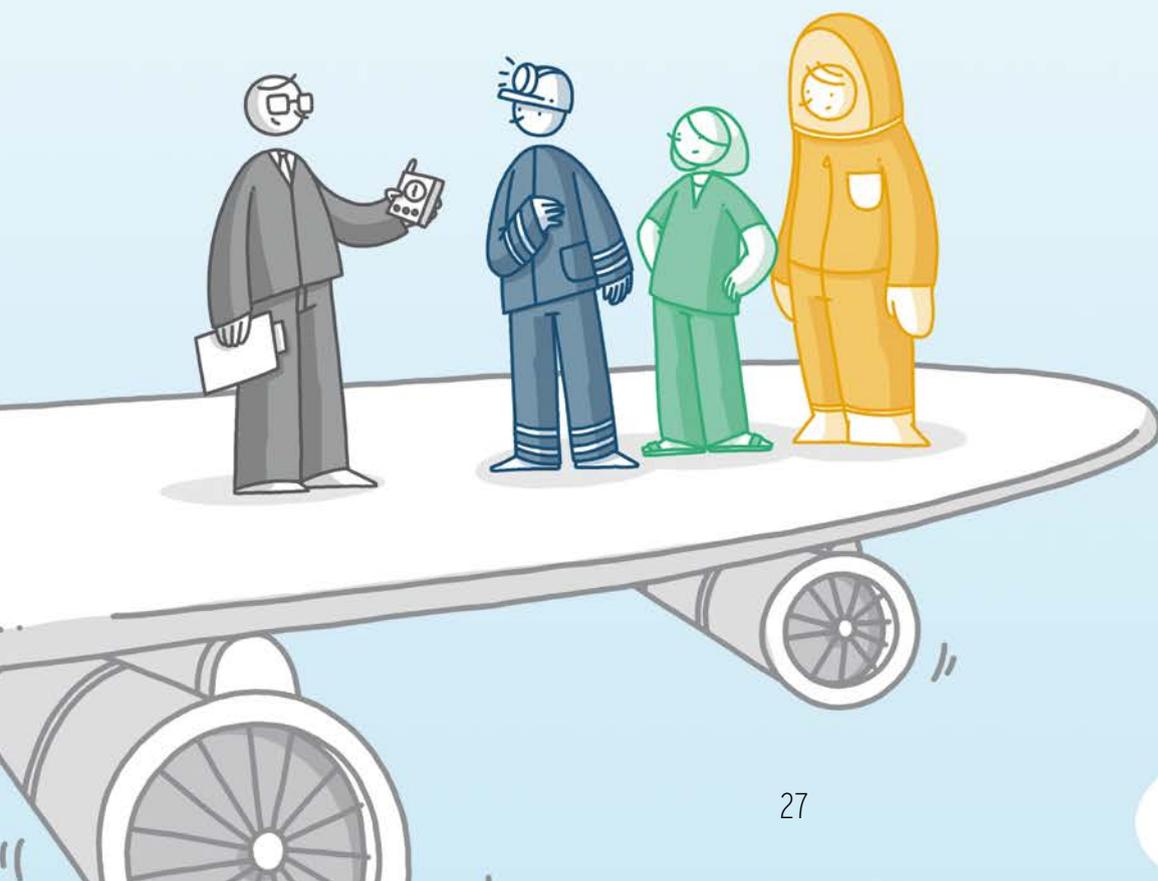
Die entsprechenden Dosisfeststellungen aus den verschiedenen Methoden werden für alle Beschäftigten in Deutschland zentral im Strahlenschutzregister des BFS personenbezogen zusammengeführt. Somit kann die Einhaltung von Dosisgrenzwerten (Jahresgrenzwerte und maximale Berufslebensdosis) bei beruflicher Strahlenexposition überwacht werden. Zusätzlich laufen im Strahlenschutzregister alle Meldungen im Zusammenhang mit der Ausgabe und Verwaltung von Strahlenpässen zusammen, um auch diese Informationen zentral für alle Beschäftigten zu dokumentieren. Strahlenpässe benötigen Personen, die als sogenanntes „Fremdpersonal“ in den Kontrollbereichen fremder Betriebsstätten beschäftigt sind.

Insgesamt befanden sich im Jahr 2016 in Deutschland 438.390 Beschäftigte in der beruflichen Strahlenschutzüberwachung. Davon stammte die mit Abstand größte Gruppe mit 298.494 Personen aus dem medizinischen Bereich.

Nicht alle strahlenschutzüberwachten Personen werden tatsächlich „exponiert“. Von den 438.390 überwachten Personen im Jahr 2016 wurden bei nur 91.539 Personen Dosiswerte über der Nachweisgrenze – in der Regel 0,1 Millisievert (mSv) – ermittelt. Die größte Gruppe der tatsächlich exponierten Personen stellt mit 47 % (42.742 Personen) das Flugpersonal dar, gefolgt vom medizinischen Personal mit 39 % (36.036 Personen).

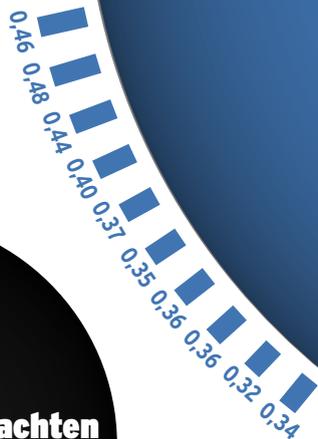
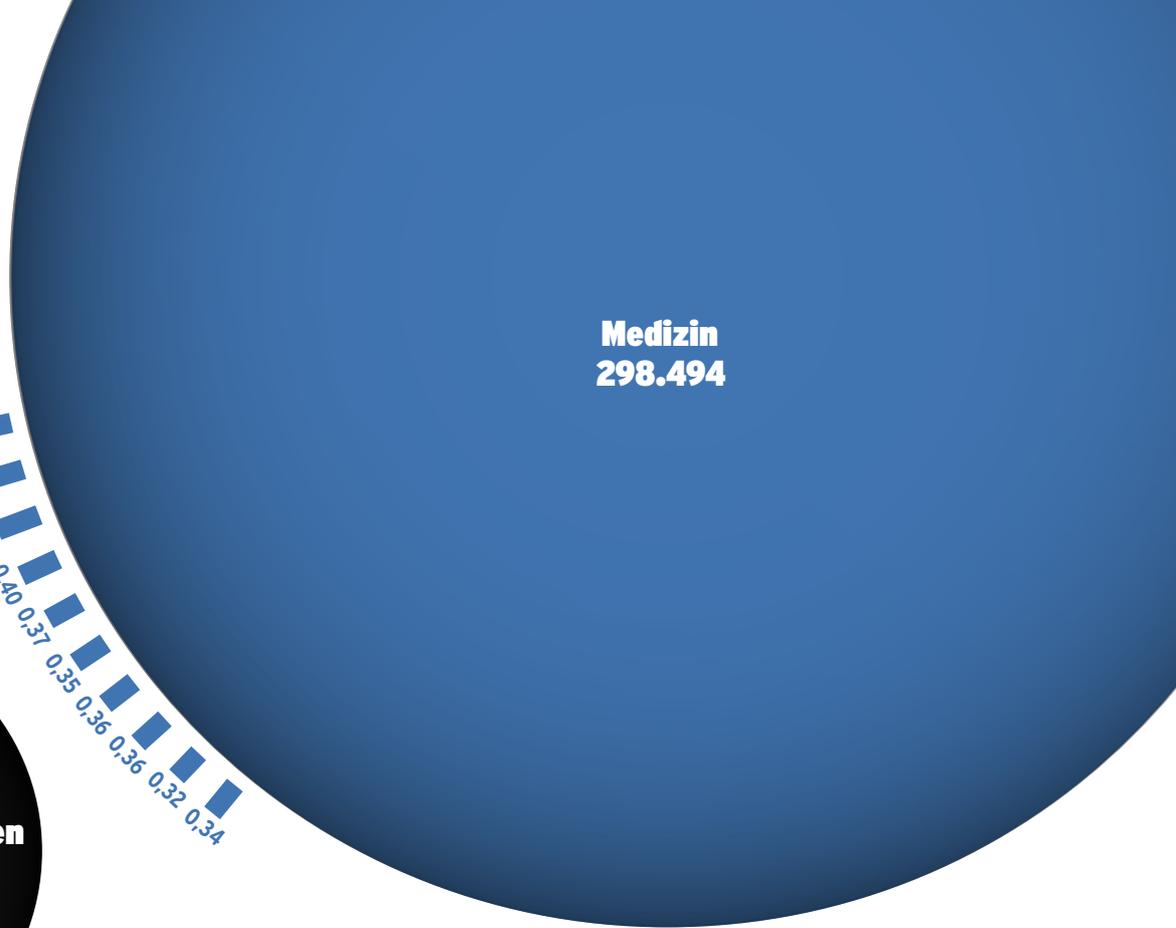
Die Beschäftigten an Arbeitsplätzen mit erheblich erhöhter Radonexposition stellten mit 374 Personen derzeit die kleinste Gruppe dar. Hierzu zählen bisher jedoch nur Arbeitsplätze in unterirdischen Bergwerken und Höhlen, in Radon-Heilbädern und Heilstollen und in Anlagen zur Wassergewinnung. In Bezug auf die mittlere effektive Jahresdosis verzeichnet diese Berufsgruppe im Vergleich zu allen anderen jedoch stets die höchsten Werte.

In den meisten Berufsgruppen ist eine deutliche Abnahme der mittleren effektiven Jahresdosen während der letzten 10 Jahre zu verzeichnen. Die signifikanten Rückgänge im Bereich Medizin (von 0,5 mSv/a auf 0,3 mSv/a), Kerntechnik (von 1,2 mSv/a auf 0,9 mSv/a), Industrie (von 1,8 mSv/a auf 0,9 mSv/a) und Forschung (von 0,4 mSv/a auf 0,3 mSv/a) können auf einen im Laufe der Jahre optimierten und damit gut funktionierenden Strahlenschutz zurückgeführt werden.



Die Größe des Kreises steht für die Gesamtzahl der strahlenschutzüberwachten Beschäftigten im Jahr 2016.

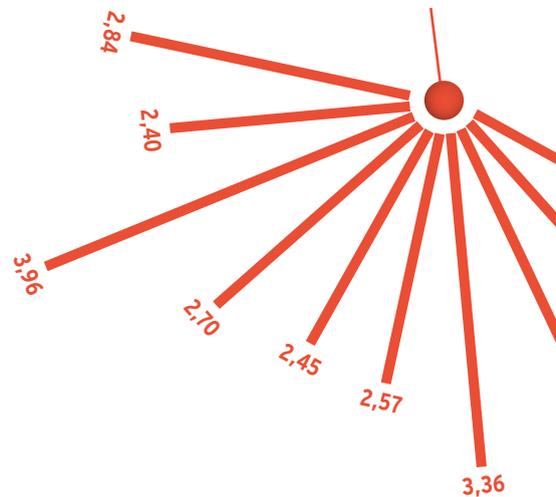
Die Länge der Balken steht für die Mittlere Jahresdosis (in mSv) der tatsächlich Exponierten in den Jahren 2007 - 2016.



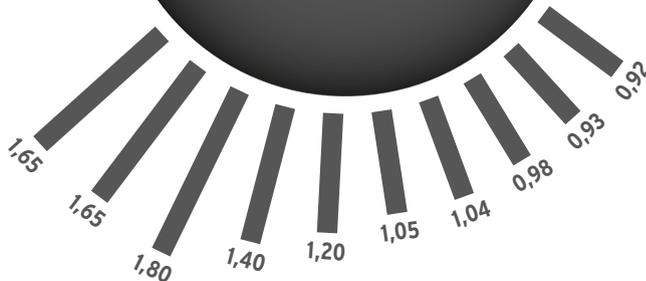
**Anzahl der strahlenschutzüberwachten Beschäftigten im Jahr 2016**



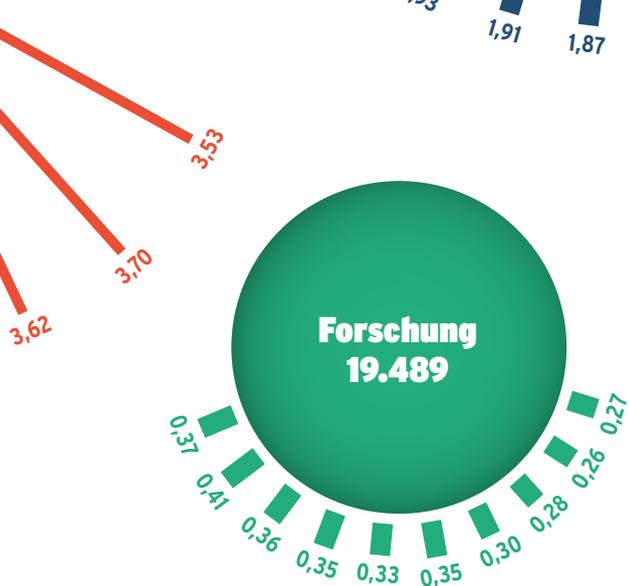
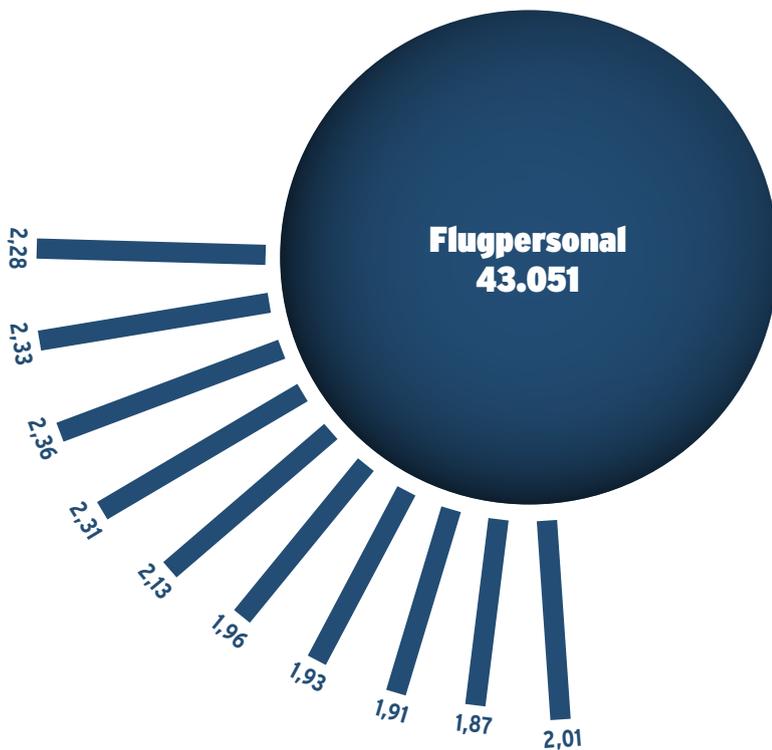
**Radonarbeitsplätze**  
**374**



**Industrie**  
**36.949**



**nicht spezifiziert**  
**25.429**



Beim Flugpersonal ist zwar auch ein markanter Trend zu erkennen, dieser hat jedoch eine andere Ursache: So ist der zeitliche Verlauf der Jahresdosen hier durch den 11-jährigen Zyklus der Sonnenaktivität bestimmt, welche die Höhenstrahlung und damit auch die Strahlenexposition des Flugpersonals beeinflusst. Dabei gilt: Je größer die Sonnenaktivität, desto geringer ist die Höhenstrahlung und umgekehrt. Der sinkende Verlauf der mittleren effektiven Dosen zwischen 2009 und 2015 ist somit eine Folge der ansteigenden Sonnenaktivität in diesem Zeitraum (letztes Minimum 2009, letztes Maximum 2014). Mit dem erneuten Rückgang der Sonnenaktivität bis 2020 werden folglich auch die Dosiswerte wieder steigen, was die Zahlen für 2016 bereits belegen.

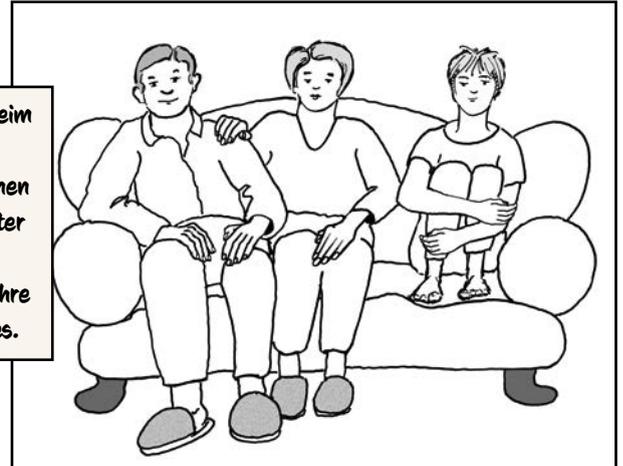
In den meisten Berufsgruppen funktioniert der berufliche Strahlenschutz also gut und hat über die Jahre hinweg zu einem erfreulichen Rückgang der beruflichen Expositionen geführt. Eine Ausnahme bilden Arbeitsplätze mit erhöhter natürlicher Strahlenexposition (Höhenstrahlung, Radon), bei denen die höchsten effektiven Jahresdosiswerte im Vergleich zu allen anderen Berufsgruppen beobachtet werden. Aus diesem Grund wird auch mit dem neuen Strahlenschutzgesetz ab 2019 die Überwachung der beruflich bedingten Radonexposition deutlich ausgeweitet.

**Ansprechpartner:**  
**Dr. Uwe Oeh, Abteilung MB,**  
**Medizinischer und beruflicher Strahlenschutz**  
**Tel.: 03018 333-2410**

# Vom Radonschutz in Deutschland

Eine Geschichte aus Rheinland-Pfalz

Familie Schaumann wohnt in der Gemeinde Frei-Lauersheim in Rheinland-Pfalz im Eigenheim. Frau Schaumann ist Erzieherin in der Kindertagesstätte in einem nahegelegenen Ort, ihr Mann hat sich zum Jahresanfang als Steuerberater selbständig gemacht. Sein Büro hat er in hauseigenen Kellerräumen eingerichtet. Tochter Jana ist sechzehn Jahre alt und bewohnt als Einzige das Obergeschoss des Hauses.



Zu Beginn des Herbstes baut ein spezialisiertes Ingenieurbüro Messgeräte im Gebäude der Kindertagesstätte auf, die über einen Zeitraum von 10 Tagen die Radonkonzentration in den Innenbereichen feststellen sollen.



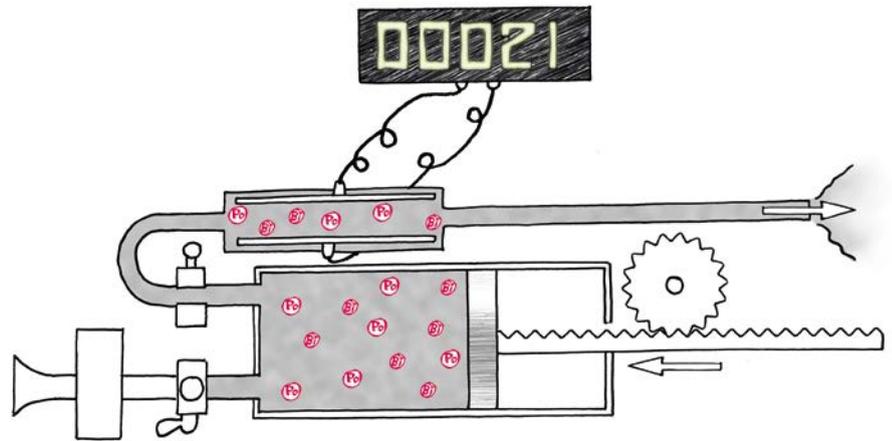
Dazu werden mehrere empfindliche elektronische Radon-Messgeräte in einem ungenutzten Abstellraum im Erdgeschoss und in den Kellerräumen aufgestellt.



Was hat der Mann da für eine komische Kiste?

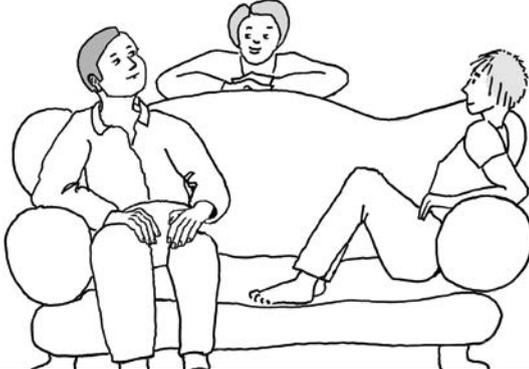
Die Kiste sagt, ob wir ungesunde Luft in unserm Kindergarten haben.

Diese professionellen Messgeräte haben eine Pumpe zum aktiven Einsaugen der Umgebungsluft, sodass das Radon schnell in das Innere des Gerätes gelangt. Dort zerfällt das Radon in andere Stoffe und Teilchen, die von empfindlicher Messelektronik registriert werden. Auf diese Weise kann innerhalb von wenigen Tagen ermittelt werden, wieviel Radon sich pro Luftvolumen im Raum befindet und wie sich die Radonkonzentration während der Messung ändert. Um sicherzustellen, dass die Geräte richtig messen, hat das Ingenieurbüro seine Geräte in einer speziellen qualitätsgesicherten Einrichtung beim BfS kalibrieren lassen.



Am gleichen Abend erzählt Frau Schaumann ihrem Mann und ihrer Tochter von den Untersuchungen in der Kindertagesstätte.

Heute sind Messingenieure bei uns in der Kindertagesstätte gewesen. Die suchen nach Radon. Das ist ein radioaktives Gas, das aus der Erde kommt.



Habt ihr gewusst, dass es sowas gibt?



Radioaktiv? Ich dachte, Radon ist gesund. Es gibt doch diesen Radon-Heilstollen. Da gehen die Leute hin mit Rheuma.



Radon ist ein radioaktives Element. Wenn ich das jetzt richtig in Erinnerung habe, ist das ein Zerfallsprodukt von Uran.



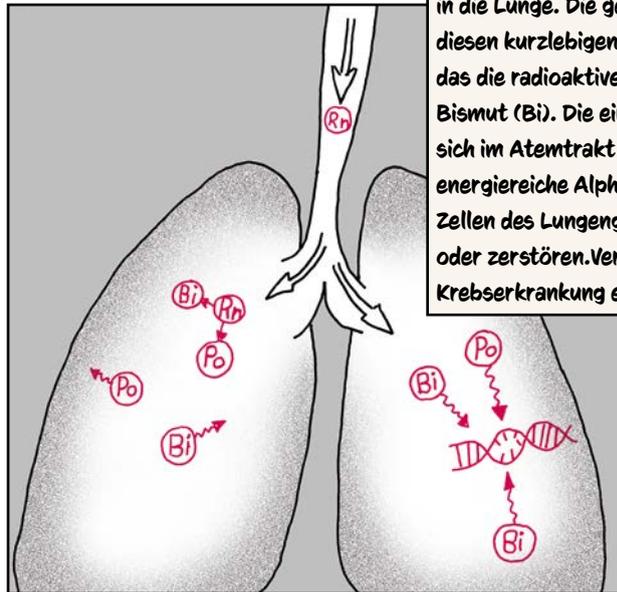
Der Techniker in der Kindertagesstätte hat gesagt, wenn man das über Jahre einatmet, kann man sogar Lungenkrebs davon bekommen.

Das klingt mir aber ziemlich widersprüchlich.

Herr Schaumann findet bei seiner Internetrecherche zum Thema Radon die Homepage des BfS.



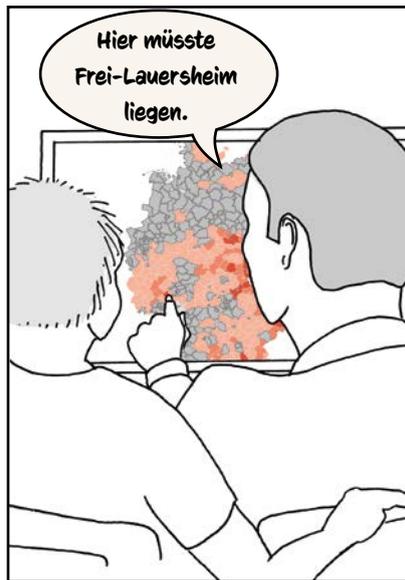
Beim Einatmen gelangen Radon und seine Zerfallsprodukte in die Lunge. Die gesundheitliche Gefährdung geht von diesen kurzlebigen Zerfallsprodukten aus, vor allem sind das die radioaktiven Schwermetalle Polonium (Po) und Bismut (Bi). Die eingeatmeten Zerfallsprodukte lagern sich im Atemtrakt ab und zerfallen dort. Dabei entsteht energiereiche Alphastrahlung. Diese Strahlung trifft die Zellen des Lungengewebes und kann deren DNA verändern oder zerstören. Verbreitet sich diese Veränderung, kann eine Krebserkrankung entstehen.



Wo wohnen wir?



Hier müsste Frei-Lauersheim liegen.



Da ist ja alles rot! Ist unser Haus verstrahlt?



Ich frage mal das BfS, ob die wissen, wie stark die Belastung bei uns ist.

Kontaktformular	
Anrede	Herr
Vorname	Achim
Nachname	Schaumann
Strasse / Hausnr.	Nelkenweg 47
Ort	Frei-Lauersheim
Betreff	Radon
Nachricht	Sehr geehrte Damen und Herren, auf Ihrer Internetseite habe ich mich über Radon informiert, und

Sehr geehrte Familie Schaumann!

Für das Gebiet von Frei-Lauersheim liegen beim BfS keine Messungen zur Radonkonzentration in Gebäuden und nur eine der Bodenluft vor, sodass die Radonsituation für die Gemeinde nur geschätzt werden kann.

Aufgrund vulkanischer Gesteine im Untergrund sind in der Bodenluft relativ hohe Radonkonzentrationen zu erwarten. Wir vermuten in etwa 10 – 20 % der Gebäude Radonkonzentrationen von mehr als 100 Bq/m<sup>3</sup>. Ab 300 Bq/m<sup>3</sup> in Räumen, die täglich mehrere Stunden genutzt werden, sollte man Schutzmaßnahmen ergreifen. Das kann in Ihrer Gemeinde in 5 % der Gebäude im Erdgeschoss der Fall sein.

In älteren Gebäuden mit schlechter Bausubstanz dringt Radon leichter aus dem Boden in die Kellerräume ein und kann sich dort bei unzureichender Lüftung anreichern. In Ausnahmefällen sind dann Werte über 1000 Bq/m<sup>3</sup> möglich. In höheren Etagen nimmt die Wahrscheinlichkeit erhöhter Radonkonzentrationen ab.

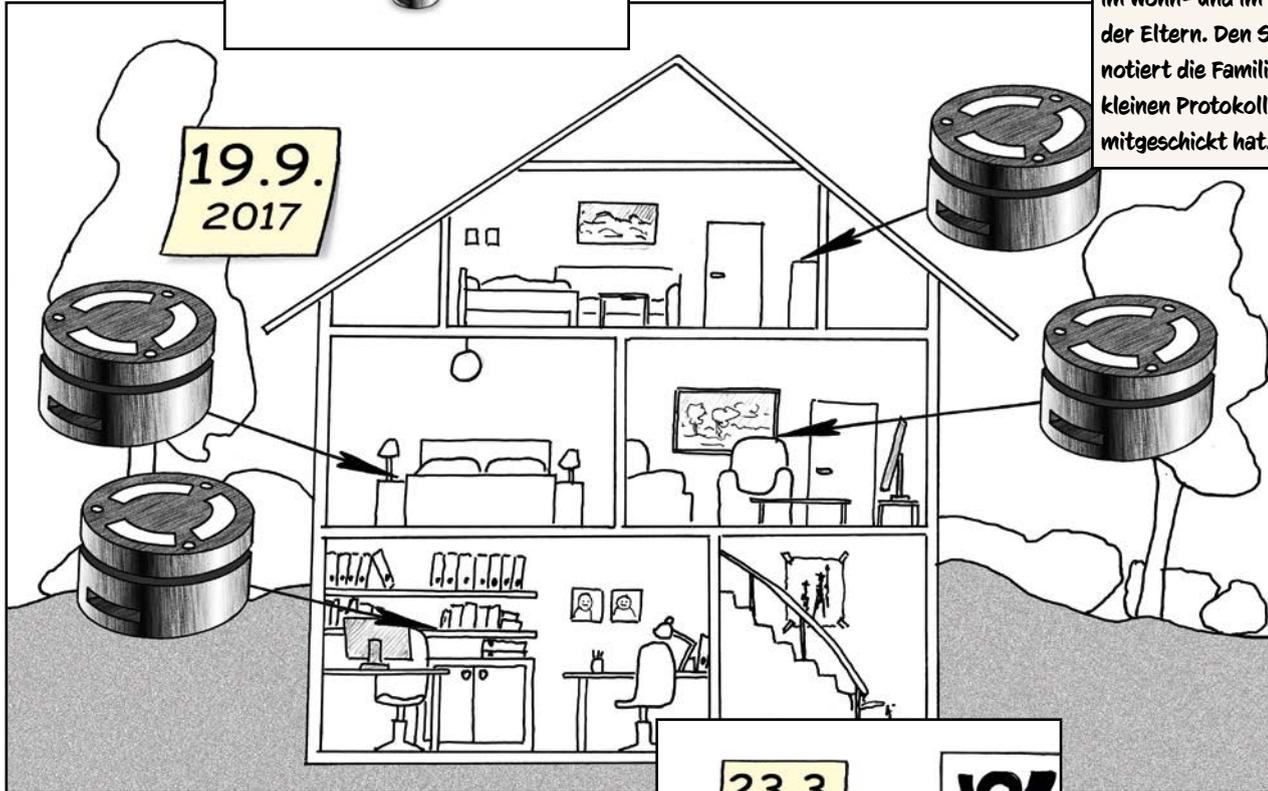
Welche Radonkonzentrationen in einem Gebäude tatsächlich auftreten, kann nur durch Messungen ermittelt werden.

Mit freundlichen Grüßen  
Ihr Bundesamt für Strahlenschutz

Die Schaumanns haben vier Radon-Messgeräte bestellt, zum Preis von insgesamt 100 Euro. Sie sind einfach zu bedienen und eignen sich besonders für Langzeitmessungen.

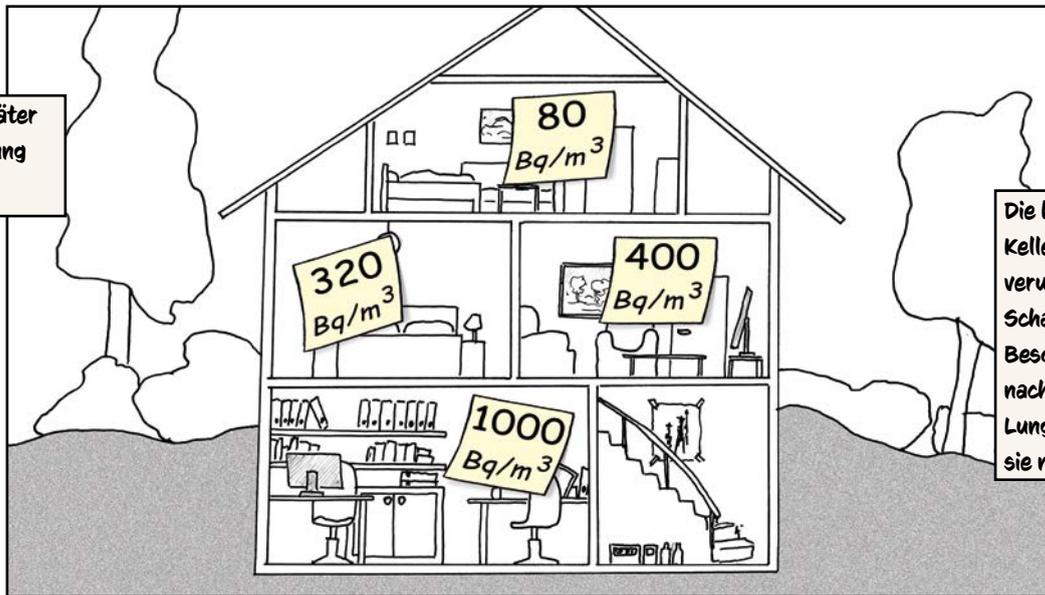


Die Messgeräte werden über die Herbst- und Wintermonate im Haus aufgestellt: Eines in einem Arbeitsraum im Keller, eines im Kinderzimmer im Obergeschoss und die beiden anderen im Erdgeschoss im Wohn- und im Schlafzimmer der Eltern. Den Start der Messung notiert die Familie auf einem kleinen Protokoll, das der Anbieter mitgeschickt hat.



Nach einem halben Jahr notiert Herr Schaumann das Ende der Messung und schickt die Messgeräte und das Protokoll zur Auswertung an den Anbieter zurück.

Etwa drei Wochen später kommt die Auswertung der Messergebnisse.



Die hohen Werte in Keller- und Erdgeschoss verunsichern die Schaumanns. Besonders die Frage nach einem möglichen Lungenkrebsrisiko macht sie nachdenklich.

Kurzentschlossen ruft Frau Schaumann bei der Bundesbehörde an.



Da kann ich Ihnen zunächst nur eine grobe Abschätzung geben. Für eine genauere Aussage brauche ich noch mehr Auskünfte...

Wir sind beide um die 50 und wohnen jetzt seit 20 Jahren in diesem Haus.

Rauchen sie?

Nein, ich habe nie geraucht, meine Tochter auch nicht, aber mein Mann, der raucht täglich fast eine ganze Packung.

Nach wenigen Tagen erhalten die Schaumanns einen Brief vom BfS.



Die Expertin erläutert darin, wie hoch nach dem aktuellen wissenschaftlichen Kenntnisstand ihr Lungenkrebs-Risiko durch die Radonbelastung ungefähr ist.

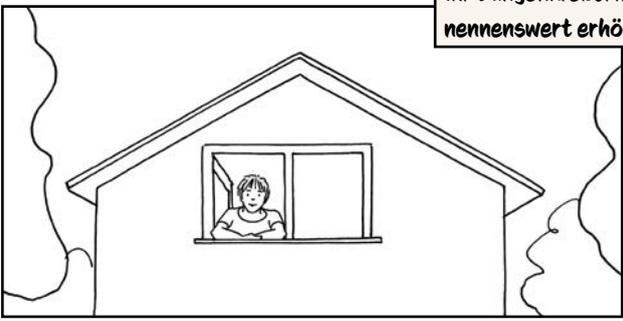
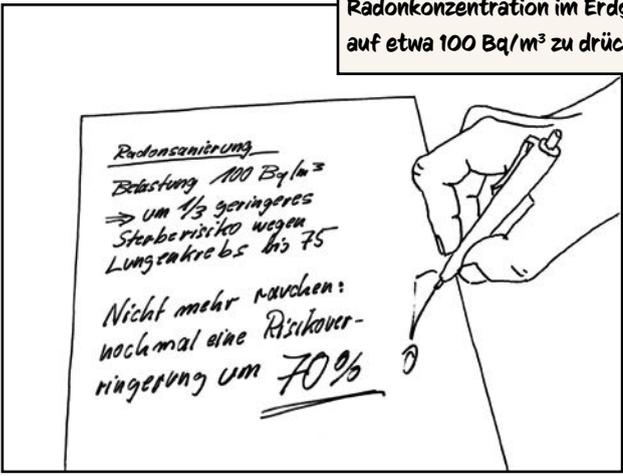
Von 1.000 Nichtraucher, die im Alter zwischen 30 und 75 Jahren einer Radonkonzentration von 400 Bq/m³ ausgesetzt sind, sterben wegen dieser Radonbelastung etwa 4 - 5 Personen an Lungenkrebs. Von 1.000 Rauchern sind es sogar 50 - 60. Für ehemalige Raucher liegt das Risiko dazwischen.



Bei so einem Krebsrisiko muss ich mir wohl doch mal das Rauchen abgewöhnen.

Die Schaumanns nehmen sich vor, durch Sanierungsmaßnahmen die Radonkonzentration im Erdgeschoss auf etwa 100 Bq/m<sup>3</sup> zu drücken.

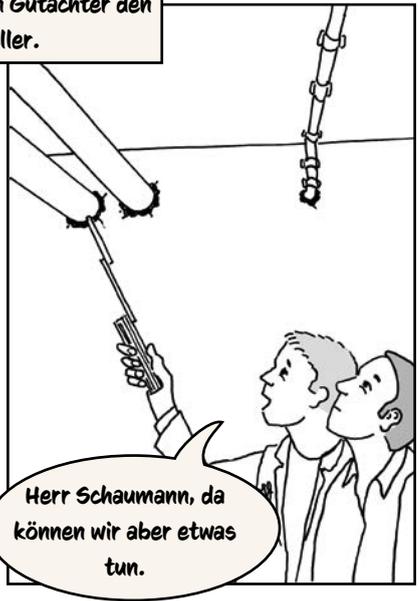
Bei Jana im Obergeschoss ist die Radonkonzentration deutlich geringer. Ihr Lungenkrebsrisiko ist nicht nennenswert erhöht.



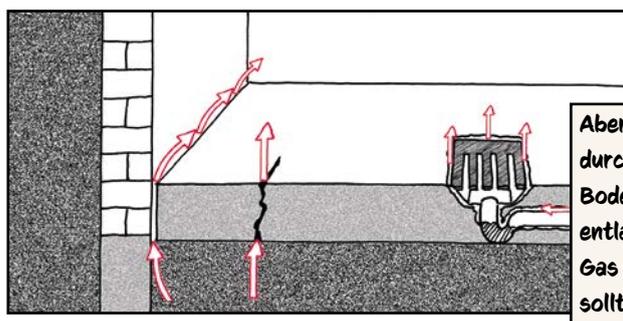
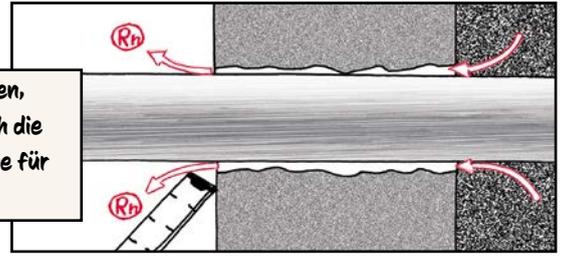
Im Keller sieht es anders aus: Dort beschäftigt Herr Schaumann in seinem Steuerberatungsbüro seit Kurzem ganztags eine Angestellte. Aufgrund der hohen Messwerte im Keller empfiehlt ihm die Expertin, unbedingt Maßnahmen zur Reduzierung der Radonkonzentration zu ergreifen.



Eine Woche später inspiziert ein Gutachter den Keller.



Überall wo Wasser-, Gasleitungen, Strom- oder Telefonkabel durch die Außenwände gehen, gibt es Wege für das Radongas ins Haus hinein.



Aber auch durch Risse in der Bodenplatte, durch Lücken zwischen Kellerwand und Boden gelangt Radon ins Haus. Selbst entlang der Kanalisationsrohre findet das Gas seinen Weg. Diese Undichtigkeiten sollten von einem Fachmann beseitigt werden. Die Geschichte geht also weiter...

# Vom Radonschutz in Deutschland

## Weitere Informationen

### Was ist Radon

Radon ist ein natürliches, radioaktives Edelgas, das überall in Deutschland aus dem Erdboden entweicht. Dort, wo hohes Radonvorkommen im Boden vorhanden ist, kann es auch in Gebäuden zu einer hohen Konzentration des geruchs- und geschmacklosen Gases kommen.

Atmen Menschen über viele Jahre stark mit Radon-Folgeprodukten belastete Luft ein, können sie davon Lungenkrebs bekommen.

### Gesetzliche Regelungen zur Radonbelastung

Bundestag und Bundesrat haben im Jahr 2017 das Strahlenschutzgesetz verabschiedet, das in einem eigenständigen Kapitel den Schutz vor Radon regelt. Damit ist der Radonschutz zur gesetzlichen Aufgabe erklärt worden. In Kapitel 2 ist in den Paragraphen 121 ff festgelegt, dass Bund und Länder Strategien und Maßnahmen entwickeln, die die Unterschreitung des Referenzwertes von 300 Bq/m<sup>3</sup> in Innenräumen zum Ziel haben. Dies betrifft sowohl Aufenthaltsräume (§ 124, gemeint ist hier insbesondere der Privatsektor) als auch Arbeitsplätze (§ 126). Es sollen zukünftig Radonvorsorgegebiete ausgewiesen werden (§ 121), in denen heute eine beträchtliche Anzahl an Gebäuden eine Radonkonzentration aufweist, die über dem Referenzwert liegt. Zum Schutz der Menschen, die sich in diesen Räumen aufhalten, entwickelt der Bund einen Radonmaßnahmenplan und die Länder daran orientierte Strategien (§ 122). Bei Neubauten muss ein baulicher, durch Verordnung festzulegender Radonschutz berücksichtigt werden (§ 123). Das Gesetz sieht die Unterrichtung der Bevölkerung über Radon, das damit einhergehende Gesundheitsrisiko und über technische Schutzmaßnahmen vor (§ 125).

### Arbeitsplätze in Radongebieten

Arbeitsplätze in Radonvorsorgegebieten, die im Keller- bzw. Erdgeschossbereich liegen, müssen zukünftig untersucht und überwacht werden (§ 127). Liegt die Radonkonzentration über dem Referenzwert, müssen unverzüglich Reduzierungsmaßnahmen getroffen werden (§ 128). Werden keine Maßnahmen ergriffen (Verhältnismäßigkeit) oder wird der Referenzwert trotz durchgeführter Maßnahmen nicht unterschritten, muss der Arbeitsplatz beim Land gemeldet werden (§ 129) und eine Abschätzung der Jahresdosis erfolgen (§ 130). Liegt diese Dosis im Bereich von jährlich 6 mSv oder darüber, sind Anforderungen des beruflichen Strahlenschutzes (§ 131) zu erfüllen.

Der Arbeitgeber muss dann dafür sorgen, dass die Strahlendosis seiner Mitarbeiter gemessen und in das Strahlenschutzregister aufgenommen wird. Die dafür notwendigen Dosimeter und alle weiteren Informationen bekommt man von der behördlich bestimmten Messstelle für Personendosimetrie. Außerdem muss der Arbeitgeber für seine Mitarbeiter beim BfS eine sogenannte Strahlenschutzregisternummer beantragen. Diese Nummer dient zur personenbezogenen Zuordnung der Dosiswerte im Strahlenschutzregister. Die Beantragung erfolgt ganz einfach über ein Internetportal des BfS<sup>1</sup>.



Unter diesem QR-Code  
finden Sie einen  
Animationsfilm zum  
Thema Radon

### Medizinische Radonanwendung

Aus Erwägungen des Strahlenschutzes heraus rät das BfS, nur auf ärztliche Empfehlung eine Radonanwendung wahrzunehmen. Solche medizinischen Indikationen für eine Therapie in einem Radon-Heilbad können chronisch-degenerative und chronisch-entzündliche Erkrankungen des Bewegungsapparates (z. B. rheumatische Erkrankungen wie Morbus Bechterew) sein.

### Beruflicher Strahlenschutz

In Deutschland werden Personen strahlenschutzüberwacht, die im Beruf ionisierender Strahlung ausgesetzt sind. Dabei ist es egal, ob die ionisierende Strahlung künstlichen (z. B. durch Geräte oder radioaktive Stoffe aus Medizin, Kerntechnik, Industrie, Forschung) oder auch natürlichen Ursprungs (z. B. Höhenstrahlung, Radon) ist. Im Fall von Radon werden auf Basis der Strahlenschutzverordnung bisher Beschäftigte in Bergwerken, Schauhöhlen, Radon-Heilbädern und Anlagen zur Wassergewinnung mit einbezogen. Daten des Strahlenschutzregisters des BfS zeigen, dass ihre mittlere effektive Jahresdosis mit 3,5 mSv pro Jahr deutlich über den Durchschnittswerten aller anderen strahlenexponierten Berufsgruppen liegt (Medizin: 0,3 mSv/a, Kerntechnik: 0,9 mSv/a, Industrie: 0,9 mSv/a, Forschung: 0,3 mSv/a, Luftfahrt: 2,0 mSv/a). Daher soll auch mit dem neuen Strahlenschutzgesetz die Überwachung hinsichtlich Radon deutlich ausgeweitet werden.

### Woher weiß man, dass Radon das Lungenkrebsrisiko erhöht?

Dass Radon das Lungenkrebsrisiko erhöht, wurde bereits vor vielen Jahrzehnten bei Bergarbeitern nachgewiesen, die unter Tage extrem hohen Radonbelastungen ausgesetzt waren. Das internationale Krebsforschungszentrum der Weltgesundheitsorganisation (WHO) hat deshalb schon 1988 Radon als krebserregend für den Menschen eingestuft. Die gemeinsame Auswertung mehrerer europäischer Studien zu Radon in Wohnungen in einer Bevölkerung mit tausenden von Lungenkrebsfällen und vergleichbaren gesunden Personen hat gezeigt, dass Radon auch in solchen Konzentrationen, wie sie relativ häufig in Wohnungen vorkommen, das Lungenkrebsrisiko erhöht. Dazu wurde Radon in den aktuellen und früheren Wohnungen der Studienteilnehmer gemessen. Das Risiko war umso größer, je höher die Radonkonzentration war und es gab keinen Hinweis auf einen Wert, unter dem überhaupt kein Risiko besteht. Aus diesen Ergebnissen und dem Wissen über Radonkonzentrationen in deutschen Wohnungen lässt sich ableiten, dass Radon in Deutschland zu etwa 1.900 Lungenkrebstodesfällen pro Jahr führt.

### Die Radonkarte

In der Vergangenheit hat das BfS bundesweite Programme zur Messung der Radonkonzentration in der Bodenluft beauftragt. Mit den dabei gewonnenen Messwerten wurde unter Einbeziehung einer aufbereiteten geologischen Karte eine bundesweite Prognose der regional zu erwartenden Radonkonzentration in der Bodenluft erarbeitet. Die kartografische Darstellung dieser Prognose wurde seit 2003 in verschiedenen Publikationen und auf der Homepage des BfS veröffentlicht. Zur Veranschaulichung wurde daraus auch eine Radonkarte Deutschlands ermittelt, auf der Gebiete mit hohen Radonwerten deutlich gekennzeichnet sind.

### An wen kann ich mich wenden?

Anbieter von Radonmessungen sind auf der BfS-Homepage aufgeführt. Diese Anbieter haben an Vergleichsmessungen teilgenommen und ihr Know-How bei den behördlichen, unabhängigen Prüfern unter Beweis gestellt. Dort erhält man Informationen über die Modalitäten und Preise. Besonders für Langzeitmessungen geeignet und preisgünstig sind sogenannte passive Exposimeter, welche ohne aktive Luftansaugung arbeiten und sehr klein sind. Für zeitaufgelöste Kurzzeitmessungen sind hingegen wesentlich empfindlichere große Messgeräte nötig. Experten für Radonsanierungen werden in einigen Bundesländern ausgebildet und können die konkrete Situation vor Ort angemessen beurteilen und hausspezifische Maßnahmen vorschlagen. Alle notwendigen Informationen über Messungen und Sanierungen erhalten Sie beim BfS.

#### Ansprechpartner/innen:

Dr. Martin Dubslaff,  
Abteilung UR,  
Umweltradioaktivität  
Tel.: 03018 333-4223

Dr. Bernd Hoffmann,  
Abteilung UR,  
Umweltradioaktivität  
Tel.: 03018 333-4210

Jörg Kaschubowski,  
Abteilung UR,  
Umweltradioaktivität  
Tel.: 03018 333- 4106

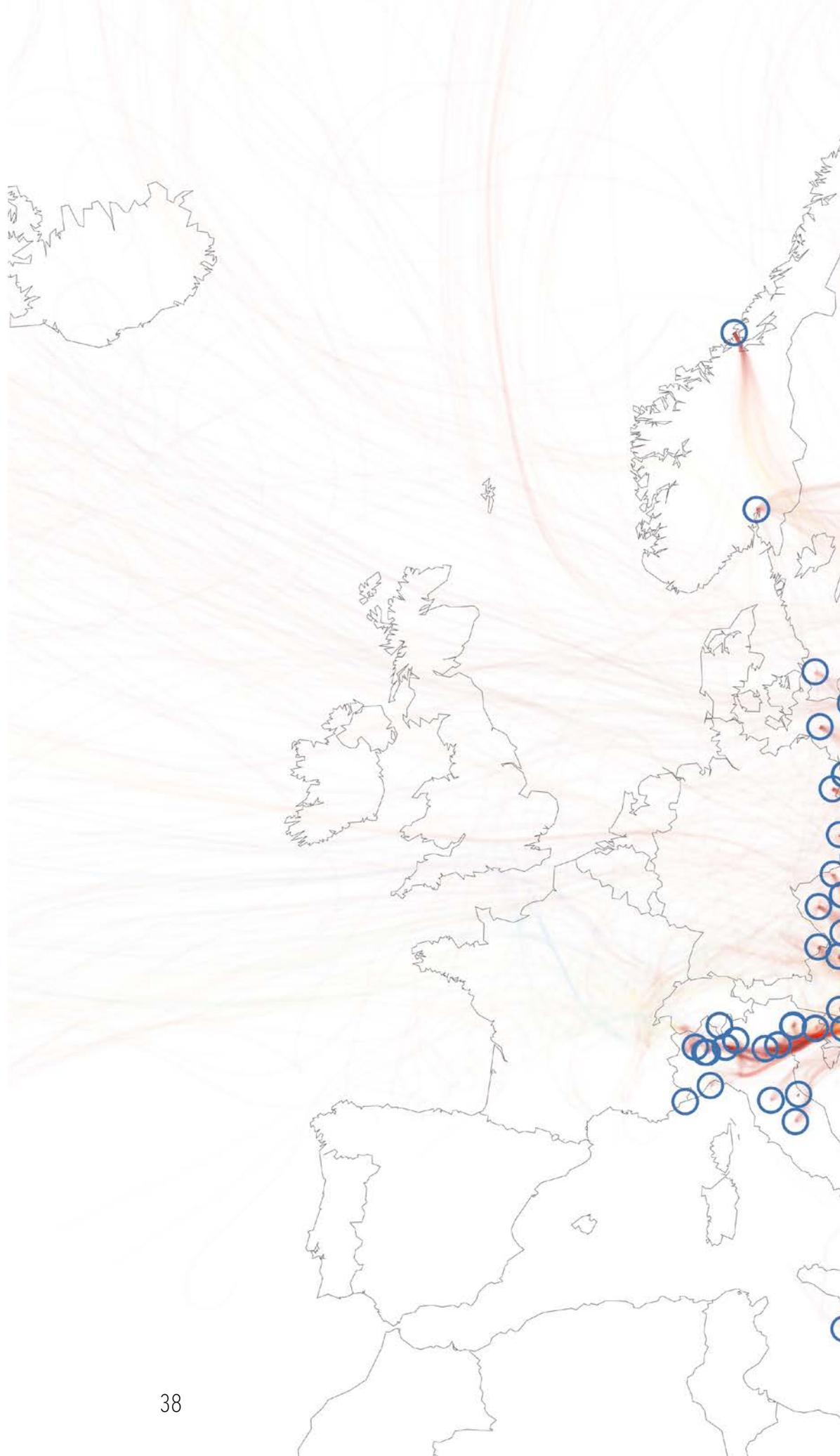
Dr. Uwe Oeh, Abteilung  
MB, Medizinischer und  
beruflicher  
Strahlenschutz  
Tel.: 03018 333-2410

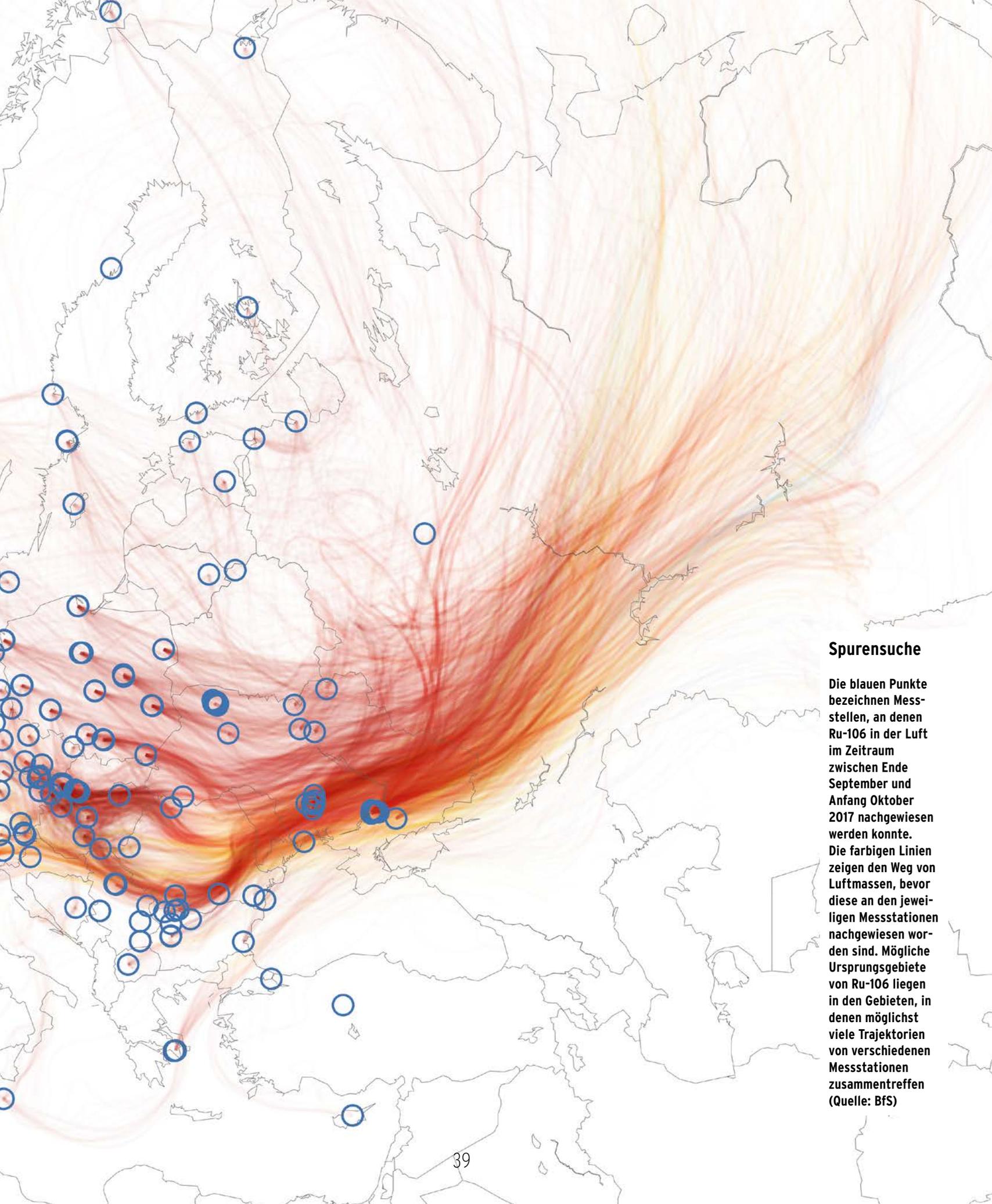
Dr. Maria Schnelzer,  
Abteilung WR, Wirkungen  
und Risiken  
ionisierender und nicht-  
ionisierender Strahlung  
Tel.: 03018 333-2200

# BfS-Detektive auf schwieriger Spurensuche: der Ruthenium-Vorfall

Ende September bis Anfang Oktober 2017 wurden an verschiedenen Spurenmessstellen in Europa leicht erhöhte Radioaktivitätswerte in der Luft nachgewiesen. An sieben Stationen im Norden und Osten Deutschlands sowie an zahlreichen Stationen in anderen europäischen Ländern (siehe Abbildung) wurden geringe Mengen an Ruthenium-106 (Abkürzung: Ru-106) gemessen. Die Aktivitätskonzentration des radioaktiven Stoffs in Deutschland lag in einem sehr niedrigen Bereich zwischen wenigen Mikrobecquerel und wenigen Millibecquerel pro Kubikmeter.

Die höchste gemessene Aktivitätskonzentration in Europa betrug knapp 150 Millibecquerel pro Kubikmeter. Bei allen gemessenen – geringen – Mengen an Radioaktivität bestand keine Gesundheitsgefährdung für die Bevölkerung.





### Spurensuche

Die blauen Punkte bezeichnen Messstellen, an denen Ru-106 in der Luft im Zeitraum zwischen Ende September und Anfang Oktober 2017 nachgewiesen werden konnte. Die farbigen Linien zeigen den Weg von Luftmassen, bevor diese an den jeweiligen Messstationen nachgewiesen worden sind. Mögliche Ursprungsgebiete von Ru-106 liegen in den Gebieten, in denen möglichst viele Trajektorien von verschiedenen Messstationen zusammentreffen (Quelle: BfS)

**Becquerel (Bq)**

ist die Maßeinheit der „Aktivität“ eines radioaktiven Stoffes und gibt die Anzahl von Kernzerfällen pro Sekunde an. „1 Bq pro Kubikmeter“ bedeutet: in einem Kubikmeter Luft zerfällt pro Sekunde ein Atomkern. „150 Millibecquerel pro Kubikmeter“ bedeutet: In einem Kubikmeter Luft zerfällt ca. alle 7 Sekunden ein Atomkern (1 Millibecquerel = 0,001 Bq, 1 Mikrobecquerel = 0,001 Millibecquerel).

**Wo stammt das Ru-106 her?**

Berechnungen (wie z. B. die in der Grafik auf den Seiten 38/39 dargestellten sogenannten Rückwärts-trajektorien) des BfS zur Ausbreitung von radioaktiven Stoffen in der Atmosphäre deuteten schon frühzeitig auf einen Ursprung im südlichen Russland hin. Das BfS veröffentlichte diese Erkenntnisse schon Anfang Oktober als eine der ersten Strahlenschutzbehörden weltweit. Weitere – erst später verfügbare – Daten legen jedoch nahe, dass Gebiete westlich und südlich des Urals aufgrund der zu dieser Zeit vorherrschenden Windrichtung nicht in Frage kommen.

**Unfall in Kernkraftwerk als Ursache ausgeschlossen**

Ruthenium-106 ist ein Spaltprodukt, welches neben vielen anderen Radionukliden bei der Spaltung von Uran in einem Kernkraftwerk entsteht. Da ausschließlich reines Ruthenium (und vereinzelt Spuren von Ruthenium-103) nachgewiesen wurde, konnte frühzeitig ein Unfall in einem Kernkraftwerk als Ursache ausgeschlossen werden. Reines Ruthenium wird unter anderem als Strahlenquelle für die Krebstherapie zur Behandlung von Tumoren am Auge eingesetzt. Auch bei der Wiederaufarbeitung von nuklearen Brennelementen kann Ruthenium-106 auftreten.



### Internationale Untersuchungskommission eingrichtet

Ende 2017 wurde auf Einladung des Nuclear Safety Institute der Russischen Akademie der Wissenschaften (IBRAE) eine internationale Untersuchungskommission eingerichtet, die herausfinden soll, was die Ursache der erhöhten Ruthenium-106-Aktivitätskonzentrationen gewesen ist. Die Kommission setzt sich aus Experten aus Deutschland, Frankreich, Finnland, Schweden, Norwegen und Großbritannien sowie Russland zusammen.

Ansprechpartner:  
Dr. Florian Gering,  
Abteilung RN,  
Radiologischer  
Notfallschutz  
Tel.: 03018 333-2570

Die erste Sitzung der Untersuchungskommission fand am 31. Januar 2018 in Moskau statt. In der Sitzung wurden die Erkenntnisse der internationalen und russischen Experten vorgestellt und intensiv diskutiert. Die wesentlichsten Ergebnisse dabei waren:

- » Die gesamte Aktivität von Ruthenium-106 in der Luft im Zeitraum zwischen Ende September und Anfang Oktober 2017 betrug ca. 100 Terabecquerel (d. h. ca.  $10^{14}$  Becquerel).
- » An allen den internationalen Experten bekannten Orten, an denen Ruthenium-106 in der Luft nachgewiesen wurde, bestand keinerlei Gesundheitsgefahr für die Bevölkerung.
- » Die Untersuchungskommission wird alle vorhandenen Messdaten zu Ruthenium-106 sammeln und auswerten, sieht aber trotzdem weitere Messungen für erforderlich an.

In der 2. Sitzung der Untersuchungskommission am 11.4.2018 wurden zahlreiche neue Messdaten vorgestellt. Auch die neuen Daten erlauben noch keinen eindeutigen Rückschluss auf den Ort der Freisetzung von Ruthenium 106, sodass dieses Rätsel immer noch nicht gelöst ist. (Stand Anfang Juli 2018)



BFS ALS LANGJÄHRIGES WHO-KOLLABORATIONSZENTRUM ERNEUT BESTÄTIGT

# INTERNATIONALE

KOOPERATION UND VERNETZUNG - AKTIVE ZUSAMMENARBEIT MIT DEN EUROPÄISCHEN FORSCHUNGSPLOTTFORMEN

# KOOPERATION

# BfS als langjähriges WHO-Kollaborationszentrum erneut bestätigt

Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) ist seit vielen Jahren WHO-Kollaborationszentrum. Nun wurde es erneut bis zum 25. Januar 2022 als „Internationales WHO-Kollaborationszentrum für ionisierende und nichtionisierende Strahlung und Gesundheit“ bestätigt.

Als Kollaborationszentrum unterstützt das BfS die WHO in insgesamt acht Themenbereichen, die sich mit der Ermittlung und Bewertung von Strahlenrisiken, ihrer Kommunikation sowie der Entwicklung internationaler Sicherheitsstandards und technischer Leitlinien befassen:

## **Bewertung gesundheitlicher Effekte im Niedrigdosisbereich**

Das BfS ist an verschiedenen Forschungsprogrammen aktiv beteiligt (z. B. bei der European Strategic Research Agenda for Low Dose Radiation Research (im Rahmen von MELODI<sup>1</sup>)) und dadurch ein qualifizierter Partner der WHO bei der Entwicklung neuer Forschungsstrategien.

## **Radiologischer Notfallschutz**

Im Bereich Notfallschutz stellt das BfS fachliche Hilfe zur Verfügung und unterstützt die WHO durch Mitarbeit im globalen Netzwerk Radiation Emergency Medical Preparedness and Assistance Network (REMPAN).



Für den Teilbereich der biologischen Dosimetrie arbeitet das BfS beim Auf- und Ausbau des globalen Biodosimetrie-Netzwerkes BioDoseNet der WHO mit. Im BioDoseNet-Netzwerk arbeiten seit 2008 Labore für biologische Dosimetrie eng zusammen. Dadurch sind sie auf mögliche große Strahlenunfälle optimal vorbereitet und können sich bei der biologischen Dosisabschätzung betroffener Personen gegenseitig helfen.

## **Elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder**

Das internationale EMF-Projekt der WHO<sup>2</sup> wurde 1996 etabliert, um die gesundheitlichen Wirkungen von elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern (0 bis 300 GHz) zu bewerten, Forschungsbedarf zu definieren, Expositionsstandards zu entwickeln und darauf aufbauend Informationsmaterialien und Kommunikationsempfehlungen für die Mitgliedstaaten und die Bevölkerung zum Gesundheitsschutz zu erarbeiten. Das BfS beteiligt sich an allen WHO-Aktivitäten und berichtet seinerseits über nationale Strahlenschutzkonzepte und Forschungsinitiativen wie z. B. das Forschungsprogramm zum Stromnetzausbau.

## **Optische Strahlung**

Im Rahmen des INTERSUN-Programms bewertet die WHO gesundheitliche Wirkungen der UV-Strahlung und empfiehlt Maßnahmen zum Gesundheitsschutz. Das BfS unterstützt die WHO bei der Erarbeitung von Papieren, die im Rahmen des INTERSUN-Programms von der WHO veröffentlicht werden. Informationsmaterialien, die das BfS bezüglich der UV-Strahlung, deren Wirkung und des UV-Schutzes erarbeitet, werden der WHO vorgestellt und bei Bedarf zur Verfügung gestellt. Ferner unterstützt das BfS die WHO bei der Entwicklung und Umsetzung von Präventionsmaßnahmen wie etwa dem UV-Index.

Die zunehmende Anwendung optischer Strahlung im Wellness-Bereich wird in Zukunft ein weiterer Schwerpunkt im Rahmen der bestehenden Kooperation mit der WHO sein.

## **Radon**

Auch beim Schutz vor Radon ist das BfS ein wichtiger Partner der WHO. Im „International Radon Project“ der WHO entwickelte das BfS als Kollaborationszentrum Strategien, wie die Bevölkerung über die vorwiegend in Gebäuden auftretende Radonbelastung informiert und davor geschützt werden kann.



<sup>1</sup> <http://melodi-online.eu>

<sup>2</sup> <http://www.who.int/peh-emf/project>

Aus diesem „International Radon Project“ ist unter anderem das WHO-Handbuch zu Radon hervorgegangen, in dem die weltweit vorliegenden Erkenntnisse zum radonbedingten Lungenkrebsrisiko gesichtet und bewertet wurden. Daraus wurden Vorschläge für Referenzwerte zur Radonkonzentration in Häusern abgeleitet. Außerdem werden in dem Handbuch Hinweise zum Schutz vor Radon gegeben sowie Grundzüge einer Risikokommunikation für Radon aufgezeigt.



### Medizinische Strahlenexposition

Mit der „Global Initiative on Radiation Safety in Health Care Settings“ will die WHO weltweit zur Verbesserung des Strahlenschutzes in der Medizin beitragen und insbesondere die medizinische Strahlenexposition verringern. Das BfS unterstützt diese Initiative mit verschiedenen Beiträgen zur Entwicklung und Umsetzung entsprechender Strategien.

Dabei soll insbesondere das Prinzip der rechtfertigenden Indikation gestärkt werden, um unnötige Strahlenanwendungen so weit wie möglich zu vermeiden. Unter der rechtfertigenden Indikation versteht man die kritische Nutzen-Risiko-Abwägung in jedem Einzelfall.



### Entwicklung und Umsetzung von Standards und Leitlinien

Eine der sechs grundlegenden Aufgaben der WHO ist die Entwicklung und Fortschreibung evidenzbasierter Normen und Vorschriften. Entsprechend sind dafür auch Empfehlungen für deren Umsetzung zu verfassen. Ein Beispiel dafür ist die Trinkwasserrichtlinie der WHO (GDWQ<sup>3</sup>), die auch einen Abschnitt zu radiologischen Aspekten enthält. Das BfS unterstützt hier die WHO bei der Erarbeitung und Aktualisierung von Vorschriften und Empfehlungen.

<sup>3</sup> [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/management-of-radioactivity-in-drinking-water/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/management-of-radioactivity-in-drinking-water/en/)

### Risikokommunikation

Das BfS unterstützt die WHO darin, die Risikowahrnehmung und das Verhalten in verschiedenen Anwendungsbereichen des Strahlenschutzes zu ermitteln. Darauf aufbauend werden Möglichkeiten untersucht, die Risiko- und Wissenschaftskommunikation mit der Bevölkerung zu verbessern. Das BfS unterstützt die WHO konkret bei der Erstellung von Materialien zu verschiedenen Strahlenthemen, die auf die Risikowahrnehmung, das Risikoverhalten und Empfehlungen für die Risikokommunikation eingehen. Es trägt dazu bei, Leitfäden für eine gute Risikokommunikation sowie Lehrmaterialien zu erstellen.

Durch die Zusammenarbeit mit der WHO kann das BfS gestaltend mitwirken bei Entscheidungsprozessen, die den Strahlenschutz betreffen und die Facharbeit des BfS findet entsprechende internationale Anerkennung.

#### Ansprechpartnerin:

Annemarie Schmitt-Hannig, PB 3,

Nationale und internationale Zusammenarbeit,

Berichterstattung

Tel.: 03018 333-2110

# Kooperation und Vernetzung - aktive Zusammenarbeit des BfS mit den europäischen Forschungsplattformen



## Interdisziplinäre Europäische Initiative zur Erforschung der Wirkung niedriger Strahlendosen

MELODI (Multidisciplinary European Low Dose Initiative) wurde 2010 als eingetragener Verein mit heute 45 Mitgliedsorganisationen aus 20 europäischen Ländern gegründet. Zu den Gründungsmitgliedern zählt auch das BfS, das 2017 die Präsidentschaft der MELODI-Plattform übernommen hat. Unter Federführung des BfS wurde eine langfristige strategische Forschungsagenda (SRA) erarbeitet, die u. a. drei prioritäre Forschungsbereiche in der Strahlenrisikoforschung bei niedriger Dosis oder Dosisrate identifiziert, in denen bisher offene Fragestellungen bearbeitet werden sollen. Dazu zählen:

- » die Dosis- und Dosisratenabhängigkeit des Krebsrisikos,
- » strahlungsbedingte Nicht-Krebseffekte und
- » die individuelle Strahlenempfindlichkeit.

Ziel für alle drei Teilbereiche ist es, ein besseres Verständnis für diejenigen biologischen Mechanismen zu entwickeln, die zu den strahlenbedingten Erkrankungen beitragen. Darüber hinaus soll die epidemiologische Forschung für eine bessere Gesundheitsrisikobewertung vorangetrieben sowie Wirkungen und Risiken von internen Strahlenexpositionen, unterschiedlichen Strahlenqualitäten und inhomogenen Expositionen eingehender untersucht werden. Die SRA legt die Prioritäten für nationale und europäische Forschungsprogramme fest und unterstützt die Vorbereitung von Wettbewerbsaufrufen auf europäischer Ebene.

## **ALLIANCE: Europäische Forschung im Bereich Radioökologie**

Die European Radioecology Alliance<sup>1</sup>, die 2009 vom Bundesamt für Strahlenschutz und sieben weiteren europäischen Organisationen gegründet wurde, zählt heute 27 Mitgliedsorganisationen aus 13 Ländern. Die Strahlenschutzplattform im Bereich Radioökologie strebt an, die Forschungs- und Entwicklungsprogramme zum Verhalten von Radionukliden in der Umwelt auf nationaler und internationaler Ebene aufeinander abzustimmen. Zentrales Element ist eine gemeinsame, langfristig angelegte Forschungsstrategie (Strategic Research Agenda) auf europäischer Ebene, an deren Entwicklung das BfS maßgeblich beteiligt ist. Weitere Schwerpunkte sind:

- » die gemeinsame Nutzung von Forschungsinfrastrukturen,
- » ein modernes Informations- und Wissensmanagement<sup>2</sup>,
- » die Aus- und Weiterbildung im Bereich Radioökologie sowie
- » der Austausch wissenschaftlichen Personals.

Das BfS verfolgt das Ziel, durch die Prozessorientierung der radioökologischen Modellierung und die Optimierung von Monitoringstrategien die Strahlenexposition von Mensch und Umwelt zuverlässiger zu ermitteln.

## **Europäische Forschung im Bereich des radiologischen und kerntechnischen Notfallschutzes**

Ziel der 2010 gegründeten Plattform NERIS (European Platform on Preparedness for Nuclear and Radiological

Emergency Response and Recovery<sup>3</sup>) ist es, ein Forum für den Dialog und die Weiterentwicklung für alle europäischen Organisationen und Einrichtungen zu schaffen, die im radiologischen und kerntechnischen Notfallschutz tätig sind. Von besonderer Bedeutung sind dabei:

- » Verbesserung der Wirksamkeit der derzeitigen europäischen, nationalen und lokalen Ansätze für den kerntechnischen und radiologischen Notfallschutz.
- » Förderung gemeinsamer, kohärenter Ansätze für den kerntechnischen und radiologischen Notfallschutz in Europa.
- » Identifizierung von Lücken und Forschungsbedarf im kerntechnischen und radiologischen Notfallschutz.
- » Bewältigung neuer Herausforderungen im Bereich des kerntechnischen und radiologischen Notfallschutzes.
- » Erhaltung und Verbesserung von Know-how und technischer Expertise im kerntechnischen und radiologischen Notfallschutz in Europa.

Um die Ziele zu erreichen, werden innerhalb von NERIS zahlreiche Aktivitäten organisiert, an denen sich das BfS maßgebend beteiligt. Insbesondere stellt das BfS zurzeit den Vize-Präsidenten von NERIS.

## **European Radiation Dosimetry Group**

Das Ziel von EURADOS (European Radiation Dosimetry Group<sup>4</sup>) ist es, das wissenschaftliche Verständnis und die technische Entwicklung von Methoden der Dosimetrie ionisierender Strahlung auf den Gebieten Strahlenschutz, Strahlenbiologie, Strahlentherapie und medizinische Diagnostik zu fördern durch die

Zusammenarbeit zwischen europäischen Institutionen, insbesondere solchen aus EU-Staaten. Das BfS arbeitet hierbei in den fünf Arbeitsgruppen „Umweltdosimetrie“, „Interne Dosimetrie“, „Dosimetrie in der Strahlentherapie“, „Retrospektive Dosimetrie“ und „Hochenergetische Strahlenfelder“ mit. Im Rahmen von EURADOS werden u. a. neue Methoden der retrospektiven Dosimetrie und der computergestützten Dosimetrierechnungen entwickelt und validiert, Inter-Kalibrationsexperimente von Detektoren zur Harmonisierung der europäischen Frühwarn-Messsysteme durchgeführt, dosimetrische Ringversuche auf internationaler Ebene organisiert und Empfehlungen und Richtlinien zur Harmonisierung der Dosisermittlung entwickelt (z. B. Inkorporationsüberwachung). Somit werden die bestehenden Verfahren zur Dosisabschätzung nach beruflichen und medizinischen Expositionen sowie im Falle eines großen Strahlenunfalls verbessert und optimiert. Das vorrangige Anliegen ist der Schutz der Bevölkerung vor ionisierender Strahlung.

## **Strahlenschutzforschung im medizinischen Bereich**

EURAMED heißt die europäische Plattform für medizinischen Strahlenschutz (European Alliance for Medical Radiation Protection Research), einer gemeinnützigen Organisation mit Sitz in Österreich. EURAMED ist ein Zusammenschluss von Verbänden auf dem Gebiet der Anwendung ionisierender Strahlen in der Medizin. Ziel des Konsortiums ist die Erforschung und Entwicklung gemeinsamer Forschungsstrategien. Die aktuelle strategische Forschungsagenda (SRA) steht auf der EURAMED-Homepage zum Download bereit.<sup>5</sup>

**Ansprechpartnerin:**  
**Annemarie Schmitt-**  
**Hannig, PB 3,**  
**Nationale und**  
**internationale**  
**Zusammenarbeit,**  
**Berichterstattung**  
**Tel.: 03018 333-2110**

<sup>1</sup> <http://www.er-alliance.org>

<sup>2</sup> <http://www.radioecology-exchange.org>

<sup>3</sup> <https://eu-neris.net>

<sup>4</sup> <http://www.eurados.org>

<sup>5</sup> <http://www.eibir.org/scientific-activities/joint-initiatives/european-alliance-for-medical-radiation-protection-research-euramed/>

# DIE ABTEILUNGEN DES BFS

WIRKUNGEN UND RISIKEN IONISIERENDER UND NICHTIONISIERENDER STRAHLUNG

MEDIZINISCHER UND BERUFLICHER STRAHLENSCHUTZ

# STELLEN SICH VOR

UMWELTRADIOAKTIVITÄT

RADIOLOGISCHER NOTFALLSCHUTZ

DIE ZENTRALABTEILUNG DES BFS

# Abteilung WR: Wirkungen und Risiken ionisierender und nicht- ionisierender Strahlung

## **Ionisierende Strahlung**

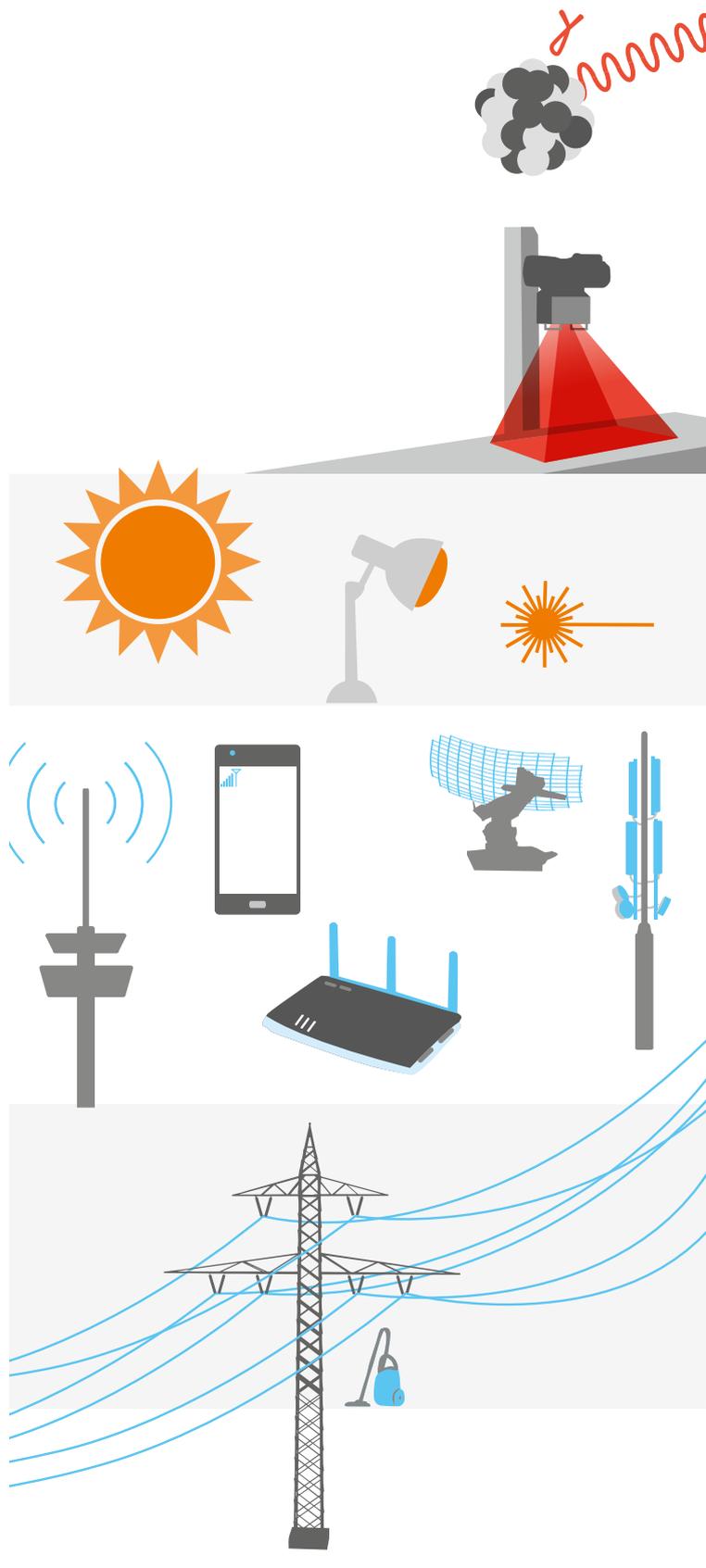
Die Kenntnislage zu Wirkungen und Risiken ionisierender Strahlung beim Menschen ist im Bereich hoher und moderater Dosen als relativ gut einzustufen. Große Teile der Bevölkerung Deutschlands sind jedoch niedrigen Strahlenexpositionen ausgesetzt, zum Beispiel aufgrund von medizinischer Diagnostik (insbesondere durch den rasanten Anstieg von CT-Untersuchungen), im Rahmen einer beruflichen Tätigkeit, durch natürliche Strahlung (z. B. Radon in Wohnungen), beim Rückbau kerntechnischer Anlagen, beim Bau von End- oder Zwischenlagern oder im Notfall (z. B. Fukushima). In diesem Dosisbereich gibt es erhebliche wissenschaftliche Kenntnislücken. Zu den wissenschaftlichen Herausforderungen der nächsten Jahre zählt deshalb vor allem die Abschätzung und Bewertung gesundheitlicher Risiken beim Menschen im Niedrigdosisbereich. Hier gilt es, die Gültigkeit der im Strahlenschutz angenommenen Hypothese einer linearen Dosis-Wirkungs-Beziehung ohne Schwellenwert für Krebserkrankungen zu überprüfen. Des

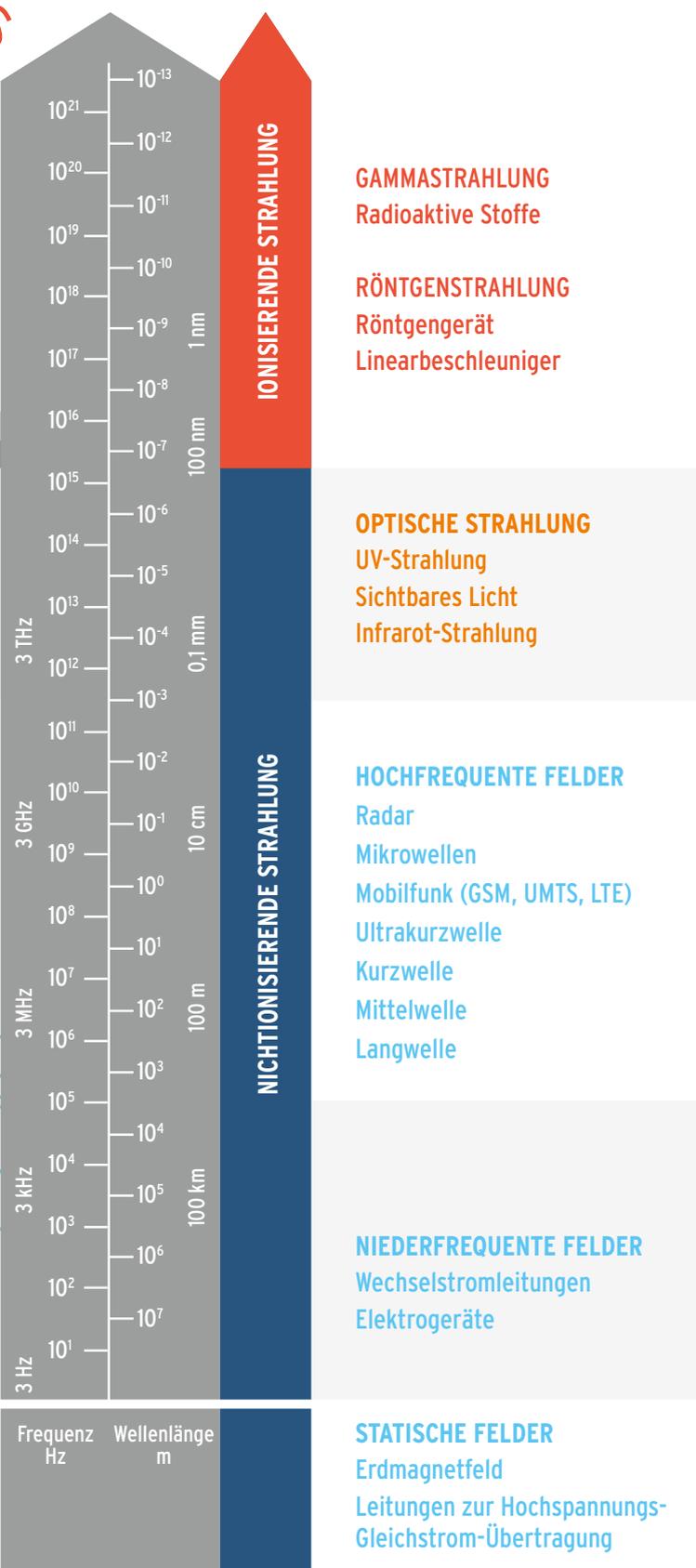
Weiteren muss die Frage geklärt werden, ob auch Nicht-Krebserkrankungen durch ionisierende Strahlung im Niedrigdosisbereich verursacht werden können und wenn ja, wie hoch das Risiko ist. Eine dritte offene Frage betrifft die individuelle Strahlenempfindlichkeit. Hier gilt es herauszufinden, welche Faktoren (z. B. genetische Ausstattung, Alter, Geschlecht, Lifestyle-Faktoren) zu einem möglicherweise deutlich erhöhten Strahlenrisiko für einzelne Personen oder bestimmte Personengruppen führen. Dies ist sowohl für den Hoch- (z. B. individualisierte Strahlentherapie) als auch für den Niedrigdosisbereich relevant.

Die Abteilung führt deshalb in eigenen Laboren und im Rahmen von extern vergebenen Forschungsvorhaben strahlenbiologische Untersuchungen auf Zell- und Organebene und im menschlichen Organismus durch. Im nationalen Referenzlabor für biologische Dosimetrie werden Dosisabschätzungen anhand biologischer Indikatoren bei überexponierten Personen oder im Falle einer unklaren Strahlenexposition durchgeführt. Das Labor ist auch in den internationalen Notfallschutz eingebunden. In epidemiologischen Studien, d. h. Beobachtungsstudien am Menschen, wird der quantitative Zusammenhang von Erkrankungsrisiko und Strahlenbelastung (ionisierend und nichtionisierend) über Ressort- und Eigenforschung (z. B. weltgrößte Uranbergarbeiterstudie) untersucht. Eine Vielzahl der Forschungsarbeiten ist dabei in internationale Forschungsverbünde eingebunden.

Neben der Risikoforschung und -bewertung sind die fachliche Risikokommunikation, die Beratung von Politik, Behörden und Öffentlichkeit zum strahlenbedingten Risiko sowie die Weiterentwicklung

## Elektromagnetische Strahlung und Felder





von Strahlenschutzkonzepten eine zentrale Aufgabe der Abteilung. Die Bewertung und Kommunikation von Strahlenrisiken ist themenübergreifend. Von daher ist die Abteilung mit fast allen anderen Abteilungen oder Organisationseinheiten des BfS (z. B. Radon, Dosimetrie, Notfallschutz, Medizin) stark vernetzt.

#### Nichtionisierende Strahlung

Die Abschätzung und Bewertung der Exposition, der biologischen Wirkungen und der gesundheitlichen Risiken nichtionisierender Strahlung im Bereich EMF (elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder), optischer Strahlung (ultraviolette (UV-) Strahlung, sichtbares Licht und Infrarot- (IR-) Strahlung) und Ultraschall ist eine weitere Aufgabe der Abteilung. Basierend auf den Erkenntnissen wird Zusammenarbeit in den Normungsgremien geleistet und es werden Strahlenschutzkonzepte erarbeitet.

Vor allem die Energiewende und die sich verändernden Kommunikationstechnologien führen zu stetig verändernden Expositionsszenarien im Bereich EMF. Mit dem Stromnetzausbau kommen neue Energieübertragungssysteme zum Einsatz, eine steigende Elektromobilität wird angestrebt. Damit gewinnen die wissenschaftlichen Unsicherheiten im Bereich statischer und niederfrequenter Felder an Bedeutung, sodass im Juli 2017 ein begleitendes Forschungsprogramm zum Stromnetzausbau mit insgesamt 35 Projekten initiiert wurde. Im Bereich der Mobilfunkfelder ist die Frage nach möglichen Langzeitwirkungen bei intensiver Handynutzung noch offen. Dies ist der Tatsache geschuldet, dass die Mobilfunknutzung relativ jung ist und die Latenzzeiten für verschiedene Hirntumore im Bereich von Jahrzehnten liegen.

Im Bereich der optischen Strahlung ist die Expositionsbestimmung ein wichtiger Punkt. Das BfS betreibt seit 1993 zusammen mit dem Umweltbundesamt (UBA) und weiteren Institutionen ein deutschlandweites UV-Messnetz zur kontinuierlichen Erfassung der bodennahen UV-Bestrahlungsstärke. Die Messwerte werden als UV-Index der breiten Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt. Ein optisches Labor zur Erfassung von optischer Strahlung aus künstlichen Quellen befindet sich im Aufbau. Die damit gewonnenen Daten bilden die wissenschaftliche Basis für weitere Forschungsarbeit und die Entwicklung effektiver Schutzmaßnahmen. Neben dem Ausschluss der Gefährdung und Schädigung des Menschen spielt die Prävention eine wichtige Rolle. Herausforderung ist hier die Etablierung geeigneter Präventionsmaßnahmen wie verhältnispräventive Maßnahmen zur Vorbeugung UV-bedingter Erkrankungen, insbesondere des Hautkrebses. Künstlich erzeugte UV-Strahlung, Licht und IR-Strahlung ebenso wie EMF finden in zunehmenden Maße auch breite Anwendung in den Bereichen Kosmetik, Medizin und Lifestyle. In allen Fällen droht erheblicher gesundheitlicher Schaden bei unsachgemäßem Gebrauch. Hier setzt sich das BfS für einen effektiven Strahlenschutz zum Wohl der Verbraucher ein und unterstützt fachlich beratend bei der Formulierung rechtlicher Verordnungen im Rahmen des NiSG zum Schutz der allgemeinen Bevölkerung bei Anwendung nichtionisierender Strahlung außerhalb der Medizin.

# Abteilung MB: Medizinischer und beruflicher Strahlenschutz

Kosmische Strahlung

Aufgrund der vielfältigen und häufigen Anwendungen ionisierender Strahlung in der Diagnostik und Therapie von Patienten sowie bei beruflichen Tätigkeiten kommt dem medizinischen und beruflichen Strahlenschutz im Aufgabenportfolio des BfS eine besondere Bedeutung zu. Die Thematik wird von einem interdisziplinären Team aus wissenschaftlichen und technischen Mitarbeitern bearbeitet. Ausgewählte Arbeitsschwerpunkte sind im Folgenden kurz aufgeführt. Hinzu kommt die Mitarbeit in nationalen und internationalen Fachgremien, die Beratung von Bundes- und Landesbehörden, die Erstellung von Informationsschriften für die Bevölkerung und die Beantwortung individueller Bürgeranfragen.

## Medizinischer Strahlenschutz

Medizinische Strahlenanwendungen haben in den letzten Jahren enorme methodische Verbesserungen zum Wohle der Patienten erfahren. Andererseits hat dies aber auch zu einem erheblichen Anstieg der Strahlenexposition der Bevölkerung geführt. In Deutschland resultieren derzeit etwa 95 % der zivilisatorischen Strahlenexposition der Bevölkerung aus diagnostischen oder interventionellen Strahlenanwendungen.

Zentrale Aufgaben der Abteilung sind:

- » Die regelmäßige Ermittlung und Bewertung der Strahlenexposition von Patienten. Aktuell wurde z. B. die Untersuchungspraxis in der Computertomographie (CT) sowie das Strahlenrisiko von – oftmals jungen – Patienten mit malignen Lymphomen untersucht und strahlenhygienisch bewertet.
- » Die regelmäßige Aktualisierung diagnostischer Referenzwerte als einem zentralen Instrument zur Optimierung von Strahlenanwendungen und damit zur Verbesserung des Patientenschutzes (siehe Textkasten auf S. 25). Die vom BfS festgelegten nationalen Referenzwerte sind von Praxen und Kliniken verbindlich einzuhalten. Bei der letzten Aktualisierung wurden die Referenzwerte – und damit auch die mit einer Untersuchung für die Patienten verbundene Strahlenexposition – durchschnittlich um 20 % reduziert.
- » Die Bewertung neuer Untersuchungsmethoden und -strategien. Ein Fokus betraf die Optimierung von dosisintensiven CT-Untersuchungen zur Quantifizierung der Gewebedurchblutung, die zunehmend für die Diagnostik von potentiell lebensbedrohlichen Durchblutungsstörungen des Herzens und des Gehirns eingesetzt werden. Ferner wird im Rahmen eines großangelegten Forschungsvorhabens die langfristige Wirkung des deutschen Mammographie-Screening-Programms auf die Brustkrebssterblichkeit untersucht.

- » Das Genehmigungsverfahren medizinische Forschung. Trotz aller Fortschritte in der präklinischen Forschung sind Studien an gesunden Probanden und Patienten unverzichtbar. Studienteilnehmer, bei denen zu diesem Zweck ionisierende Strahlung oder radioaktive Stoffe angewendet werden sollen, werden in Deutschland in besonderer Weise durch eine Genehmigungspflicht geschützt. Allein im Jahr 2017 wurden vom BfS 337 Genehmigungen erteilt, die insgesamt 2445 Studienzentren betrafen.

Zur weiteren Verbesserung des medizinischen Strahlenschutzes sieht das neue Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) verschiedene Neuregelungen vor. Von besonderer Bedeutung für Bürgerinnen und Bürger sind zwei Konzepte, bei deren Umsetzung die Abteilung derzeit involviert ist:

- » Die Früherkennung mittels bildgebender Verfahren. Neben dem laufenden Mammographie-Screening können zukünftig weitere Früherkennungsmaßnahmen ermöglicht werden wie z. B. das Lungentumorscreening mittels CT bei Rauchern. Voraussetzung hierfür ist jedoch eine Zulassung der Verfahren in einer Rechtsverordnung auf Basis einer vom BfS zu erarbeitenden wissenschaftlichen Stellungnahme.
- » Die Einrichtung und der Betrieb eines bundesweiten Systems zur Erfassung, Verarbeitung und Auswertung bedeutsamer Vorkommnisse bei der Anwendung ionisierender Strahlung und radioaktiver Stoffe in der Medizin.

Nahrung

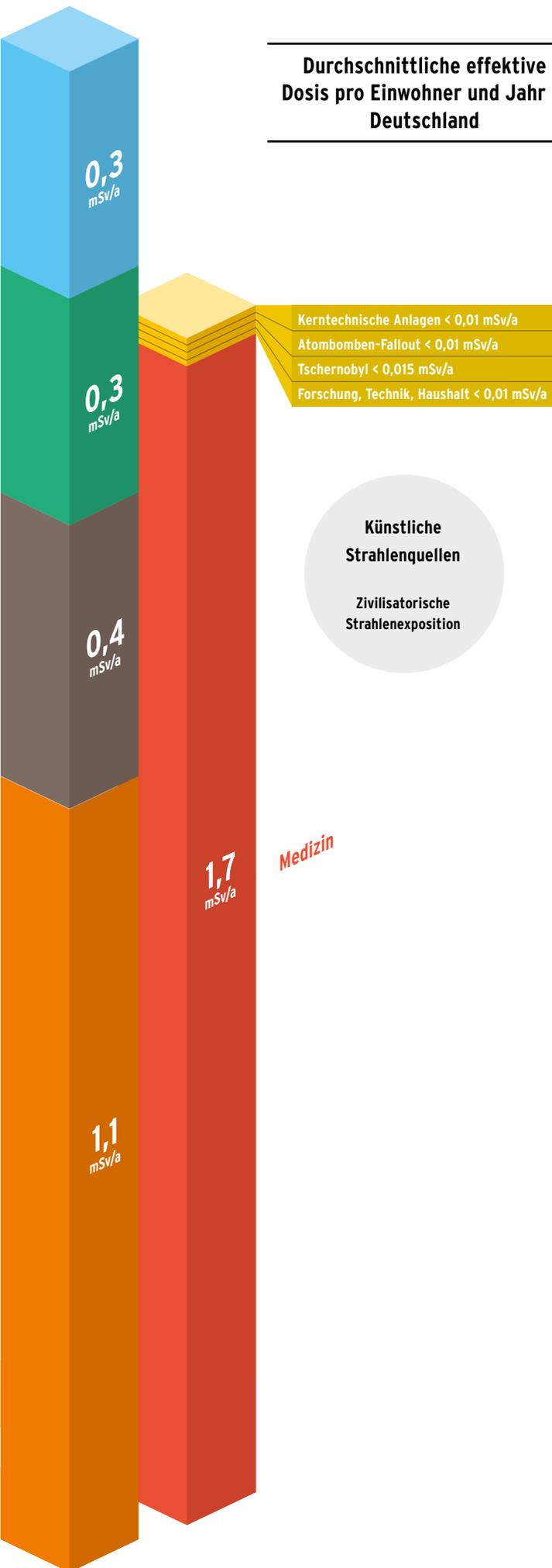
Terrestrische Strahlung

Natürliche  
Strahlenquellen

Zivilisatorisch  
veränderte natürliche  
Strahlenexposition

Radon

## Durchschnittliche effektive Dosis pro Einwohner und Jahr in Deutschland



### Beruflicher Strahlenschutz

Berufsbedingte Strahlenexposition treten in vielen Tätigkeitsbereichen auf, z. B. in den verschiedenen Phasen des nuklearen Brennstoffkreislaufes, an Arbeitsplätzen mit erhöhter terrestrischer oder kosmischer Umgebungsstrahlung, bei der Verwendung radioaktiver Strahlenquellen oder beim Einsatz von Röntgeneinrichtungen in Wissenschaft, Technik und Medizin. In Deutschland werden derzeit etwa 440.000 beruflich strahlenexponierte Personen dosimetrisch überwacht.

Das Tätigkeitsspektrum der Abteilung im Bereich des beruflichen Strahlenschutzes fokussiert sich derzeit auf folgende Aufgaben:

- » Den Betrieb des zentralen Strahlenschutzregisters zur Strahlenschutzüberwachung aller beruflich strahlenexponierter Personen. Hierzu werden jährlich etwa 4 Millionen Datensätze mit Dosis- bzw. Strahlenpassmeldungen an das BfS übermittelt und ausgewertet.
- » Die Inkorporationsüberwachung beruflich strahlenexponierter Personen sowie von Rettungskräften und Betroffenen in nuklearen und radiologischen Notfallsituationen. Das BfS fungiert als Leitstelle für die behördlich bestimmten Messstellen in Deutschland und betreibt selbst zwei Inkorporationsmessstellen in Berlin und Neuherberg bei München.
- » Die Bewertung der Sicherheit und Sicherung von Strahlenquellen einschließlich der Führung des zentralen Registers über hochradioaktive Strahlenquellen mit jährlich etwa 15.000 Meldungen. Ein wesentlicher Aspekt ist die Erfassung und Bewertung bedeutsamer Vorkommnisse beim Umgang mit Strahlenquellen.

- » Die Bauartzulassung von Vorrichtungen, die radioaktive Stoffe enthalten, und von Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlung.

Auch im Bereich des beruflichen Strahlenschutzes weist das neue Strahlenschutzgesetz dem BfS zusätzliche Aufgaben zu, u. a. die Ausweitung der beruflichen Strahlenschutzüberwachung auf Tätigkeiten mit erhöhter Radonexposition und bei der Sanierung radioaktiver Altlasten.

### Personendosimetrie

Unabdingbare Grundlage für die Aufgabenerledigung im Bereich des medizinischen und beruflichen Strahlenschutzes sowie für strahlenepidemiologische Studien der Abteilung WR ist die Verfügbarkeit und kontinuierliche Fortentwicklung dosimetrischer Methoden und biokinetischer Modelle, mit deren Hilfe Organodosismerte zuverlässig bestimmt werden können.

# Abteilung UR: Umwelt- radioaktivität

Umweltradioaktivität – so nennt sich eine Abteilung im Bundesamt für Strahlenschutz. Aber ist die Umwelt radioaktiv? Dazu machen wir ein Experiment. Mit einem Strahlungsdetektor, beispielsweise einem einfachen Geiger-Müller-Zählrohr, genannt „Geigerzähler“, gehen wir ins Freie und suchen nach möglicher Strahlung. Mit der Kalibriereinrichtung für Röntgen- und Gamma-Strahlung wurde die Funktionsfähigkeit des Messinstruments zuvor festgestellt und überprüft, ob die Anzeige des Geigerzählers auch dem wahren Wert der Ortsdosisleistung in einem bekannten Strahlungsfeld entspricht oder wie weit sie davon abweicht. Damit ist das Messinstrument in der Lage uns anzuzeigen, ob ionisierende Strahlung vorhanden ist und es gibt ein Maß (eine Dosis oder Dosisleistung) für die Wirkung der Strahlung auf den Menschen, der sich an diesem Ort aufhalten würde. Im Freien zeigt der Geigerzähler einen Wert, eine Ortsdosisleistung (ODL), von ca. 100 nSv/h an (die Einheit ist: Nanosievert pro Stunde, 1 nSv =  $10^{-9}$  Sv). Was hat dieser Wert zu bedeuten? Als normale Werte im Freien werden in Deutschland Ortsdosisleistungen von ca. 50 nSv/h bis 180 nSv/h gemessen. Davon erzeugt die kosmische Strahlung eine ODL von etwa 30 nSv/h bis 50 nSv/h. Der genaue Wert hängt von der Höhe des jeweiligen Messortes und dem Zyklus der Sonnenaktivität ab. Dazu kommt die terrestrische Strah-

Impulse  
pro Stunde

100.000

10.000

1.000

100

10

0

500

1000

lung, die durch den Zerfall natürlicher Radionuklide in Gesteinen und im Boden entsteht. Je nach Bodenbeschaffenheit, z. B. sandiger Boden in Norddeutschland oder granitischer Untergrund in Süd- und Ostdeutschland, trägt sie mit sehr unterschiedlichen Beiträgen zur ODL bei. Aber um welche Radionuklide handelt es sich dabei konkret? Um diese Frage zu beantworten, nutzen wir in der Abteilung ganz spezielle Detektoren, sogenannte Reinstgermanium-Detektoren, mit denen die Energie der beim Zerfall der Radionuklide auftretenden Gamma-Strahlung sehr genau gemessen werden kann. Mit dieser Technik kann ein Großteil der radioaktiven Isotope der chemischen Elemente im Periodensystem eindeutig identifiziert werden.

Im Physikunterricht in der Schule wurde uns vermittelt, dass es nicht nur Gamma-Strahlung gibt, sondern dass bei radioaktiven Zerfällen auch

sogenannte Alpha- oder Beta-Teilchen ausgesendet werden können. Diese Strahlungsarten sind Teilchen mit Ladung und Masse und werden z. B. durch Luft oder durch das Messfenster unseres Geigerzählers sehr stark absorbiert, das heißt sie werden teilweise nicht detektiert. Um radioaktive Isotope, die nur Alpha- oder Beta-Teilchen aussenden, auch Alpha- oder reine Beta-Strahler genannt, zu identifizieren, wenden wir uns an eines unserer radiochemischen Labore. Unterwegs haben wir Proben eingesammelt, z. B. Erde, Blätter, Gesteine oder auch Wasserproben, die nun im Labor mechanisch und chemisch aufbereitet werden. Schließlich stellen Detektoren die Alpha- bzw. Beta-Strahlung fest, anhand derer die Spezialisten auf die enthaltenen Radionuklide und/oder ihre Zerfallsprodukte schließen und daraus die Aktivität berechnen können. Unser kleines Experiment ist hiermit erfolgreich abgeschlossen. Wir haben Radioaktivität in der Umwelt nachgewiesen, haben aber auch gesehen, dass ein einfacher Geigerzähler nicht immer ausreicht.

**Germanium-  
Detektor**

**Blei  
214**

**Bismut  
214**

**Actinium  
228**

**Bismut  
214**

Es bedarf des Wissens von Experten, geeigneter Messmethoden und des Einsatzes teils hochempfindlicher Messgeräte, über die das BfS und seine spezialisierten Labore verfügen. Mit dieser Expertise hat das BfS in den letzten Jahren umfangreiche Untersuchungsprogramme durchgeführt, um z. B. den Gehalt an natürlichen Radionukliden in Trink- und Mineralwässern, in Nahrungsmitteln, Baumaterialien oder in Bodenproben zu bestimmen. Natürliche Radioaktivität kann aber auch bei industriellen Prozessen zu einer erheblichen Strahlenexposition am Arbeitsplatz führen. Das liegt an den chemischen Eigenschaften der involvierten Elemente und deren Verbindungen, die z. B. bei thermischen Prozessen leicht flüchtig werden können und/oder sich an verschiedenen Stellen anreichern können. So kann es zum Beispiel im Bergbau oder bei der geothermischen Energiegewinnung zur Anhäufung von natürlichen radioaktiven Stoffen kommen. Diese Stoffe, sogenanntes Naturally Occurring Radioactive Material, können bei Gewinnung, Verarbeitung und

Aufbereitung z. B. von Erdöl und Erdgas entstehen und bei unkontrolliertem Einsatz zu erheblichen Belastungen der Beschäftigten sowie der Bevölkerung führen. Ein großes Problem, mit dem sich das BfS seit vielen Jahren beschäftigt, ist die Exposition durch das natürliche, radioaktive Edelgas Radon. Besonders in den Mittelgebirgen und im Alpenvorland ist die Bevölkerung durch das Anreichern von Radon in Gebäuden einer erhöhten Belastung ausgesetzt. Im Schwerpunktthema „Vom Radon-schutz in Deutschland“ wird diese Thematik näher erläutert. Um alle gesetzlichen Anforderungen beim Messen von Radon sicherzustellen, betreibt die Abteilung ein akkreditiertes Kalibrierlabor, das einzige seiner Art in Deutschland. Radioaktivität in der Umwelt hat nicht nur natürliche Ursachen. Sie wird auch künstlich erzeugt, z. B. durch Kernkraftwerke. Obwohl Deutschland die Anwendung dieser Technologie zur Energieerzeugung bis 2022 einstellen wird, werden alle derzeitigen Anlagen, auch diejenigen, die nicht mehr in Betrieb sind, auf radioaktive Emissionen über das Abwasser oder über die Fortluft aus den Kaminen über-

wacht. Um die Qualität von Betriebsmessungen sicherzustellen, führen BfS-Labore deshalb stichprobenartig Messungen durch. Die Leitstellen im BfS hingegen stellen die für die Überwachung benötigten Verfahren zur Verfügung und entwickeln sie kontinuierlich weiter.

Dadurch, dass sich natürliche und künstliche Radioaktivität im Boden und auch in der Luft befindet, gelangt sie in die Pflanzen und damit in die Nahrungskette. So nehmen wir sie schließlich in sehr geringen Mengen über unsere Ernährung auf. Wie sich die radioaktiven Nuklide ihren Weg durch die Natur zum Menschen bahnen, wieviel genau der Mensch aufnimmt und welche Dosis damit einhergeht, wird in der Abteilung mit radioökologischen Modellen untersucht.

Natürliche Radioaktivität begleitet unser Leben auf der Erde seit seiner Entstehung. Unser Organismus hat sich auf die natürlichen Verhältnisse eingestellt. Dennoch müssen wir aus Gründen der Gesundheitsvorsorge darauf achten, dass wir so wenig Radioaktivität wie vernünftigerweise möglich ausgesetzt sind. Dies sicherzustellen, ist eine der wesentlichen Aufgaben der Abteilung Umweltradioaktivität.

---

**Messung von Radionukliden am Boden während eines Hubschrauberfluges**

---

**Kalium  
40**

**Bismut  
214**

**Bismut  
214**

**Thallium  
208**

**Natriumiodid-Detektor**

Energie in keV

2000

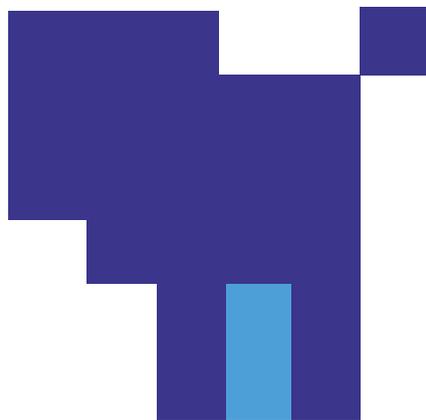
2500

3000

# Abteilung RN: Radiologischer Notfallschutz

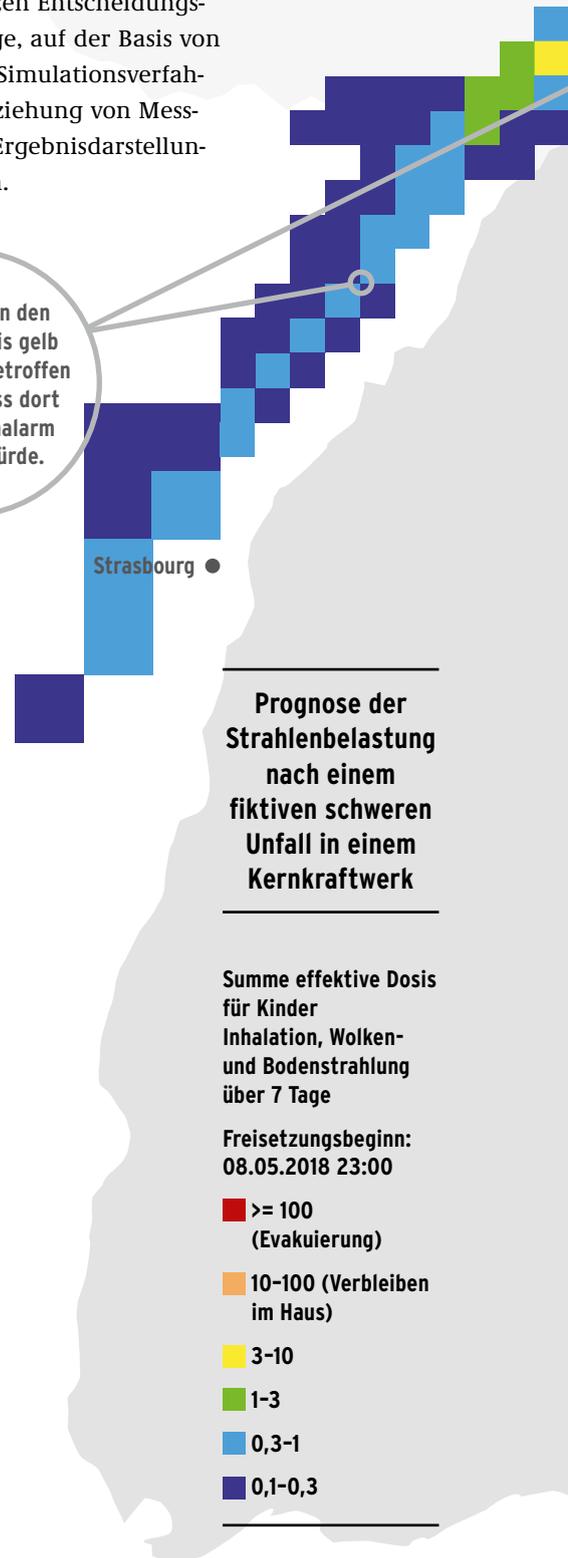
Kann man sich gegen eine nukleare Katastrophe wie 2011 in Fukushima überhaupt schützen? Um diese Frage mit einem klaren „Ja“ zu beantworten, gibt es ein Schutzkonzept und es müssen entsprechende Vorbereitungen schon jetzt umgesetzt sein. Dies ist die Aufgabe des radiologischen Notfallschutzes. Schwere Unfälle und Vorfälle mit Freisetzung erheblicher Mengen an radioaktivem Material sind glücklicherweise selten und in Deutschland hat es ein solches Ereignis noch nicht gegeben. Die Unfälle von Tschernobyl 1986 und Fukushima 2011 sowie andere Ereignisse wie in Harrisburg 1976, Windscale 1956 und Majak/Kyschtym 1957 zeigen, dass schwerste nukleare Katastrophen möglich sind. Jedes Land, das Leistungsreaktoren und andere kerntechnische Anlagen betreibt, muss für solche Unfälle hinreichend Vorsorge tragen. Internationale und europäische Richtlinien schreiben vor, wie ein leistungsfähiges Notfallmanagement ausgestaltet sein muss. Auch der Atomausstieg in Deutschland bis 2022 ändert nichts an der Notwendigkeit eines solchen Managements. Unsere Nachbarländer nutzen weiterhin Kernenergie und auch in Deutschland können andere Szenarien wie z. B. ein terroristischer Anschlag mit einer so genannten schmutzigen Bombe nicht ausgeschlossen werden. Die Bewältigung eines solchen Szenarios ist die Aufgabe einer Vielzahl von Behörden und Organisationen.

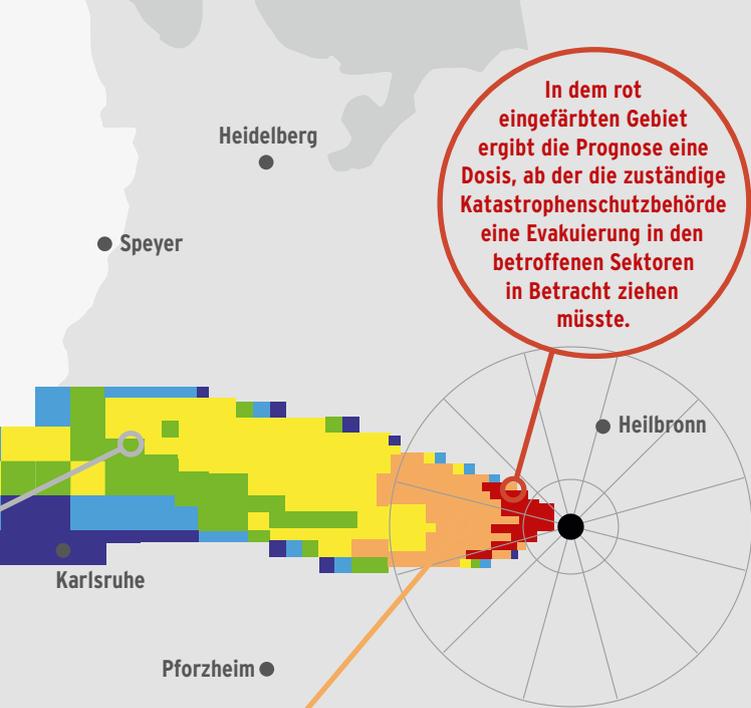
Die Katastrophenschutzorganisationen der Länder mit ihren Einsatzkräften (Feuerwehr, Polizei) und Bundesbehörden (im Wesentlichen Bundesumweltministerium (BMU), Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) und Bundesinnenministerium (BMI)) koordinieren dafür laufend ihre Planungen. Ein wichtiger Beitrag hierzu wird vom Radiologischen Lagezentrum des Bundes (RLZ) geleistet. Das BfS ist innerhalb des RLZ verantwortlich für die Erstellung eines einheitlichen radiologischen Lagebildes, für die Koordinierung und zum Teil Durchführung von Messungen sowie die Zusammenführung und Auswertung aller verfügbaren Messdaten. Zusätzlich arbeitet das BfS zusammen mit Bundespolizei und Bundeskriminalamt in der Zentralen Unterstützungsgruppe des Bundes für gravierende Fälle der nuklearspezifischen Gefahrenabwehr (ZUB). Der Schutz des Menschen vor den schädlichen Auswirkungen eines radiologischen Notfalls ist am effektivsten, wenn Schutzmaßnahmen wie z. B. Evakuierung oder Einnahme von Jodtabletten vor einer Freisetzung ergriffen werden.



Deswegen ist es wichtig, geeignete Entscheidungshilfesysteme zu haben, die den Entscheidungsträgern in Bund und Ländern möglichst verlässlich aufzeigen, in welchen Gebieten eine Strahlenbelastung zu erwarten ist. Das BfS entwickelt und betreibt hierfür komplexe Entscheidungshilfesysteme. Sie versetzen Entscheidungsträger in die Lage, auf der Basis von umfangreichen Simulationsverfahren unter Einbeziehung von Messdaten einfache Ergebnisdarstellungen zu erzeugen.

Die Gebiete in den Farben blau bis gelb würden auch betroffen sein, ohne dass dort Katastrophenalarm ausgelöst würde.





In dem rot eingefärbten Gebiet ergibt die Prognose eine Dosis, ab der die zuständige Katastrophenschutzbehörde eine Evakuierung in den betroffenen Sektoren in Betracht ziehen müsste.

In dem orange gefärbten Gebiet ist die Belastung noch so hoch, dass ein Verbleiben im Haus anzuordnen ist.

Diese Ergebnisse werden auf Landkarten projiziert und ermöglichen damit eine übersichtliche Darstellung, in welchen Gebieten bestimmte Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung eingeleitet werden müssen. Ein Beispiel einer solchen Übung wird in der Grafik dargestellt.

Ist es dann tatsächlich zu einer Freisetzung gekommen, verfügt das BfS über ein flächendeckendes Messnetz mit ca. 1.800 Sonden, die rund um die Uhr den Strahlungsuntergrund in Deutschland erfassen und sofort bei einer ungewöhnlichen Erhöhung Alarm geben. Darüber hinaus sind speziell ausgerüstete Messfahrzeuge vorhanden, die in der Lage sind, die genaue Zusammensetzung einer radioaktiven Kontamination festzustellen und die auch in detaillierterer örtlicher Auflösung betroffene Gebiete eingrenzen können. Um all diese Aufgaben bundesweit erledigen zu können, wird das Messnetz in 6 Messnetz-knoten an den Standorten Salzgitter, Freiburg, Berlin, München, Bonn und Rendsburg betreut.

Daneben gibt es bei Bundes- und Landesbehörden weitere Messnetze und Labormessprogramme, die ebenfalls wichtige Daten über die Radioaktivität in der Umwelt und der Nahrungskette erheben. Bereits in normalen Zeiten werden all diese Daten in dem „Integrierten Mess- und Informationssystem IMIS“ zusammengefasst und dem Bundestag und der Öffentlichkeit in Berichten und Internetauftritten zugänglich gemacht. Für den auch in einem Ereignisfall hochverfügbaren und ausfallsicheren Betrieb dieses weitverzweigten Systems ist das BfS zuständig.

Damit alle Komponenten des Radiologischen Lagezentrums und das zugeordnete Messprogramm reibungslos funktionieren, bedarf es moderner digitaler Hilfsmittel, die den Datentransfer, die Datenhaltung, die Auswertung und insbesondere die Kommunikation aller Beteiligten sowie die Information der Bevölkerung ermöglichen. In- und ausländische Partner sind zu vernetzen. Geoinformationssysteme erleichtern den Entscheidungsträgern die Arbeit und fokussieren die Daten auf das Wesentliche. Sie ermöglichen auch einen öffentlichen Zugang zu den Daten und dienen als transparente und bürgerfreundliche Informationsplattform. Der operative Betrieb des radiologischen Lagezentrums in einem Ereignisfall ist eine besondere Herausforderung, die nur in einer zuvor geübten Stabsorganisation mit einer großen Zahl von dafür eigens ausgebildeten Personen im Schichtbetrieb geleistet werden kann. Mitarbeiter müssen ausgebildet und einsatzfähige Systeme und Strukturen müssen bereit gehalten werden. Zusätzlich wird die Stabsorganisation behördenübergreifend mit BMU, dem Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastro-

phenhilfe (BBK), dem Deutschen Wetterdienst (DWD) und der Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) koordiniert.

Die Umweltüberwachung in Deutschland wird komplettiert durch ein Netz von Messstationen, die die Radioaktivität in der Luft überwachen, u. a. auch auf der Messstation Schauinsland. Dort sind neben den flächendeckenden Systemen aufwändige, hochempfindliche Probensammler installiert, die extrem geringe Mengen radioaktiver Spurenstoffe erfassen können. An derselben Stelle werden auch Partikel- und Edelgasmesssysteme für die Überwachung des umfassenden Kernwaffenteststoppabkommens (CTBT) vom BfS betrieben. Die Daten vom Schauinsland werden online in die CTBTO-Datenzentrale nach Wien gemeldet. Als Leitstelle koordiniert das BfS bundesweit das Spurenmessprogramm.

Gefahren durch radioaktive Substanzen drohen nicht nur von Unfällen in Nuklearanlagen, sondern können auch Ergebnis krimineller Aktivitäten sein. Das BfS arbeitet deswegen eng mit dem Bundeskriminalamt und der Bundespolizei zusammen und hilft bei der Bewältigung von Situationen, in denen radioaktive Stoffe unbefugt gehandelt oder missbräuchlich verwendet wurden. Fordern die zuständigen Behörden in solchen Situationen Unterstützung an, kann das BfS Personal, physikalisches und chemisches Fachwissen sowie Messtechnik zur Gefahrenabwehr zur Verfügung stellen. Dafür hält das BfS mobile Messtechnik und Ausrüstung bereit und schult hausintern Personal, um sich und andere in solchen Einsätzen ausreichend zu schützen.

# Abteilung Z: Die Zentralabteilung des BfS

In den letzten Jahren und Jahrzehnten haben sich die Gesellschaften und ihre Arbeitswelt umfassend gewandelt. In Deutschland nimmt der demographische Wandel immer konkretere Formen an. Die Erwerbstätigen sind insgesamt älter, der Konkurrenzdruck zur Gewinnung von qualifiziertem Nachwuchs wächst stetig. Gleichzeitig verändert sich der Alltag im Berufsleben durch die Digitalisierung in vorher nie dagewesener Weise. Als integraler Bestandteil des Staates muss auch die öffentliche Verwaltung tragfähige Antworten auf diese herausfordernden Rahmenbedingungen finden.

Die Zentralabteilung stellt den Fachbereichen und Abteilungen des BfS die zur Erfüllung Ihrer Aufgaben erforderlichen Ressourcen zur Verfügung und unterstützt die Facharbeit mit ihren Dienstleistungen. Im Kontext der oben genannten Rahmenbedingungen ist es besonders wichtig, dass das BfS ein attraktiver Arbeitgeber ist und bleibt. Hierzu hat die Zentralabteilung in der Vergangenheit große Anstrengungen unternommen.

So wurde ein Personalentwicklungskonzept etabliert, das Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter gezielt für ihre Aufgaben qualifiziert und horizontale und vertikale Karrieremöglichkeiten eröffnen kann. Die Entwicklung der Beschäftigten ist hierbei strategisch auf längere Zeiträume ausgelegt und zusammen mit dem betrieblichen Gesundheitsmanagement eine wichtige Komponente der Arbeitgeberattraktivität.

Seit mehreren Jahren ist im BfS die elektronische Akte und Vorgangsbearbeitung im Einsatz. Damit ist das BfS im Bereich der Digitalisierung anderen Bundesbehörden um Jahre voraus. So konnten in der Vergangenheit bereits wertvolle Erfahrungen mit dieser zeitgemäßen Form des Verwaltungshandelns gesammelt werden. Gleichzeitig wurde die Basis für die Einführung weiterer digitaler Arbeitsmittel geschaffen. Besonderer Wert wurde hierbei auf eine rechtssichere und prüfungsfeste Steuerung der Verwendung von Ressourcen gelegt. Insgesamt konnte so die Wirtschaftlichkeit gesteigert werden.

Im Haushaltsjahr 2017 stand dem BfS ein Budget in Höhe von ca. 76 Mio. Euro für Ausgaben zur Verfügung.

Modernität wird in diesem Zusammenhang nicht als statischer Begriff verstanden, sondern meint einen auf die Zukunft ausgerichteten Prozess, in dem das BfS sich bewegt. Diesen Prozess am Laufen zu halten, ist für das BfS seit seiner Umorganisation im Rahmen der Neuordnung der Zuständigkeiten für die Entsorgung radioaktiver Abfälle, noch wichtiger geworden. Zwar ist der Hauptsitz des Amtes weiterhin in Salzgitter angesiedelt, indes befinden sich nahezu alle Facheinheiten an anderen Standorten. Es ist daher Aufgabe der Zentralabteilung, die Klammer für alle Standorte zu sein und diese zu einem Ganzen zu integrieren. Dabei wird auch Technik, z. B. in Form von standortübergreifenden Videokonferenzen, wo immer möglich und sinnvoll, eingesetzt. In dieser räumlichen Fragmentierung steckt gleichzeitig eine weitere große Herausforderung für das BfS in der Zukunft.

**Gesamt**  
513 Beschäftigte,  
davon  
20 Auszubildende  
Stand: März 2018

**Rendsburg**  
Messnetznoten  
Radiologischer  
Notfallschutz  
8 Beschäftigte

**Salzgitter**  
Leitung  
Verwaltung  
Messnetznoten  
Radiologischer Notfallschutz  
153 Beschäftigte,  
davon 11 Auszubildende

**Berlin**  
Umweltradioaktivität  
Radiologischer Notfallschutz  
Medizinischer und beruflicher  
Strahlenschutz  
Messnetznoten  
102 Beschäftigte

**Bonn**  
SSK-Geschäftsstelle  
Messnetznoten  
32 Beschäftigte

**Oberschleißheim /  
Neuherberg**  
Wirkungen und Risiken ionisierender  
und nichtionisierender Strahlung  
Medizinischer und beruflicher Strahlenschutz  
Radiologischer Notfallschutz  
Umweltradioaktivität  
Messnetznoten  
185 Beschäftigte,  
davon 9 Auszubildende

**Freiburg**  
Radiologischer  
Notfallschutz  
Messnetznoten  
33 Beschäftigte

Die Zentralabteilung wird von einer Abteilungsleiterin geleitet. Direkt bei ihr ist die Bibliothek des BfS mit ihren drei Standorten angesiedelt. Um ihre vielfältigen Aufgaben effizient bearbeiten zu können, gliedert sich die Abteilung zusätzlich in sieben Referate.

Im Referat Organisations- und Personalentwicklung werden die gängigen Organisationsaufgaben erledigt. Darüber hinaus sind die Weiterentwicklung der Beschäftigten und das Gesundheitsmanagement Aufgaben des Referates. Ein Referat betreibt das klassische Personalmanagement. Ein weiteres Referat kümmert sich um die Finanzen und den Einkauf. Das Referat Koordinierung und administrative Begleitung von Forschungsvorhaben entlastet die Fachseite von wiederkehrenden Aufgaben mit Verwaltungsprägung. Wie in fast jeder Behörde gibt es ein Referat für Rechtsangelegenheiten, das Justizariat. Darüber hinaus werden hier Anzeige- und Genehmigungsverfahren bearbeitet. Ein anderes Referat bearbeitet alle Aufgaben rund um die Informationstechnik. In einer Organisationseinheit schließlich sind die klassischen Aufgaben des Inneren Dienstes und der Liegenschaftsverwaltung angesiedelt. Insgesamt arbeiten derzeit 513 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im BfS, davon 159 in der Zentralabteilung.

# Ausgewählte Publikationen

## A

Ainsbury EA, Higuera M, Puig P, Einbeck J, Samaga D, Barquinero JF, Barrios L, Brzozowska B, Fattibene P, Gregoire E, Jaworska A, Lloyd D, Oestreicher U, Romm H, Rothkamm K, Roy L, Sommer S, Terzoudi G, Thierens H, Trompier F, Vral A, Woda C.

### UNCERTAINTY OF FAST BIOLOGICAL RADIATION DOSE ASSESSMENT FOR EMERGENCY RESPONSE SCENARIOS.

Int J Radiat Biol 2017; 93:127-135.

## B

Barquinero JF, Beinke C, Borrás M, Buraczewska I, Darroudi F, Gregoire E, Hristova R, Kulka U, Lindholm C, Moreno M, Moquet J, Oestreicher U, Prieto MJ, Pujol M, Ricoul M, Sabatier L, Sommer S, Sun M, Wojcik A, Barrios L.

### RENEB BIOSIMULATION INTERCOMPARISON ANALYZING TRANSLOCATIONS BY FISH.

Int J Radiat Biol 2016. Int J Radiat Biol 2017; 93:30-35.

Beck TR.

### RISKS AND RADIATION DOSES DUE TO RESIDENTIAL RADON IN GERMANY.

Radiat Prot Dosimetry 2017; 175: 466-472.

Beck TR.

### THE CONVERSION OF EXPOSURES DUE TO RADON INTO THE EFFECTIVE DOSE: THE EPIDEMIOLOGICAL APPROACH.

Radiat Environ Biophys 2017;56:353-364.

Bossew P, Cinelli G, Hernández-Ceballos M, Cernohlavek N, Gruber V, Dehandschutter B, Mennesson F, Bleher M, Stöhlker U, Hellmann I, Weiler F, Tollefsen T, Tognoli PV, De Cort M.

### ESTIMATING THE TERRESTRIAL GAMMA DOSE RATE BY DECOMPOSITION OF THE AMBIENT DOSE EQUIVALENT RATE.

J Environ Radioact 2017; 166: 296-308.

Bossew P.

### LOCAL PROBABILITY OF INDOOR RADON CONCENTRATION TO EXCEED A THRESHOLD, ESTIMATED FROM THE GEOGENIC RADON POTENTIAL.

Nuclear Technology & Radiation Protection 2017; 32 (1)

Brix G, Salehi Ravesh M, Griebel J.

### TWO-COMPARTMENT MODELING OF TISSUE MICROCIRCULATION REVISITED.

Med Phys 2017; 44:1809-1822.

Brzozowska B, Ainsbury E, Baert A, Beaton-Green L, Barrios L, Barquinero JF, Bassinet C, Beinke C, Benedek A, Beukes P, Bortolin E, Buraczewska I, Burbidge C, De Amicis A, De Angelis C, Della Monaca S, Depuydt J, De Sanctis S, Dobos K, Moreno Domene M, Domínguez I, Facco E, Fattibene P, Frenzel M, Monteiro Gil O, Gonon G, Gregoire E, Gruel G, Hadjidekova V, Hatzi VI, Hristova R, Jaworska A, Kis E, Kowalska M, Kulka U, Lista F, Lumniczky K, Martínez-López W, Meschini R, Moertl S, Moquet J, Noditi M, Oestreicher U, Orta Vázquez ML, Palma V, Pantelias G, Montoro Pastor A, Patrono C, Piqueret-Stephan L, Quattrini MC, Regalbutto E, Ricoul M, Roch-Lefevre S, Roy L, Sabatier L, Sarchiapone L, Sebastià N, Sommer S, Sun M, Suto Y, Terzoudi G, Trompier F, Vral A, Wilkins R, Zafiroopoulos D, Wieser A, Woda C, Wojcik A.

### RENEB ACCIDENT SIMULATION EXERCISE.

Int J Radiat Biol 2017; 93:75-80.

## C

Cinelli G, Gruber V, De Felice L, Bossew P, Hernandez-Ceballos MA, Tollefsen T, Mundigl S, De Cort M.

### EUROPEAN ANNUAL COSMIC-RAY DOSE: ESTIMATION OF POPULATION EXPOSURE.

J Maps 2017; 13:812-821.

Cinelli G, Tondeur F, Dehandschutter B, Bossew P, Tollefsen T, De Cort M.

### MAPPING URANIUM CONCENTRATION IN SOIL: BELGIAN EXPERIENCE TOWARDS A EUROPEAN MAP.

J Environ Radioact 2017; 166: 220-234.

## D

Depuydt J, Baeyens A, Barnard S, Beinke C, Benedek A, Beukes P, Buraczewska I, Darroudi F, De Sanctis S, Domínguez I, Monteiro Gil O, Hadjidekova V, Kis E, Kulka U, Lista F, Lumniczky K, M'kacher R, Moquet J, Obreja D, Oestreicher U, Pajic J, Pastor N, Popova L, Regalbutto E, Ricoul M, Sabatier L, Slabbert J, Sommer S, Testa A, Thierens H, Wojcik A, Vral A.

### RENEB INTERCOMPARISON EXERCISES ANALYZING MICRONUCLEI (CYTOKINESIS-BLOCK MICRONUCLEUS ASSAY).

Int J Radiat Biol 2017; 93:36-47.

Diener A, Hartmann P, Urso L, Vives i Battle J, Gonze MA, Calmon P, Steiner M.

### APPROACHES TO MODELLING RADIOACTIVE CONTAMINATIONS IN FORESTS - OVERVIEW AND GUIDANCE.

J Environ Radioact 2017; 178-179:203-211

Doering C, Bollhöfer A, Medley P.

### ESTIMATING DOSES FROM ABORIGINAL BUSH FOODS POST-REMEDICATION OF A URANIUM MINE.

J Environ Radioact 2017; 172:74-80

Doering C, Bollhöfer A.

### WATER HARDNESS DETERMINES <sup>226</sup>RA UPTAKE IN THE TROPICAL FRESHWATER MUSSEL.

J Environ Radioact 2017; 172:96-105

Dombrowski H, Bleher M, De Cort M, Dabrowski R, Neumaier S, Stöhlker U.

### RECOMMENDATIONS TO HARMONIZE EUROPEAN EARLY WARNING DOSIMETRY NETWORK SYSTEMS.

Journal of Instrumentation 2017; 12.

<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-0221/12/12/P12024/meta>

## F

Felsberg A, Ross JO, Schlosser C, Kirchner G.

### SIMULATING THE MESOSCALE TRANSPORT OF KRYPTON-85.

J Environ Radioact 2017; 181:85-93

## G

Gregoire E, Ainsbury L, Barrios L, Bassinet C, Fattibene F, Kulka U, Oestreicher U, Pantelias G, Terzoudi G, Trompier F, Voisin P, Vral A, Wojcik A, Roy L.

### THE HARMONIZATION PROCESS TO SET UP AND MAINTAIN AN OPERATIONAL BIOLOGICAL AND PHYSICAL RETROSPECTIVE DOSIMETRY NETWORK: QA QM APPLIED TO THE RENEB NETWORK.

Int J Radiat Biol 2017; 93:81-86.

Guéguen Y, Roy L, Hornhardt S, Badie C, Hall J, Baatout S, Pernot E, Tomasek L, Laurent O, Ebrahimiyan T, Ibanez C, Grison S, Kabacik S, Laurier D, Gomolka M.

### BIOMARKERS FOR URANIUM RISK ASSESSMENT FOR THE DEVELOPMENT OF THE CURE (CONCERTED URANIUM RESEARCH IN EUROPE) MOLECULAR EPIDEMIOLOGICAL PROTOCOL.

Radiat Res. 2017; 87:107-127.

## H

Hall J, Jeggo PA, West C, Gomolka M, Quintens R, Badie C, Laurent O, Aerts A, Anastasov N, Azimzadeh O, Azizova T, Baatout S, Baselet B, Benotmane MA, Blanchardon E, Guéguen Y, Haghdoust S, Harms-Ringhdahl M, Hess J, Kreuzer M, Laurier D, Macaeva E, Manning G, Pernot E, Ravanat JL, Sabatier L, Tack K, Tapio S, Zitzelsberger H, Cardis E.

### IONIZING RADIATION BIOMARKERS IN EPIDEMIOLOGICAL STUDIES - AN UPDATE.

Mutat Res Reviews 2017; 771:59-84

Hirth GA, Johansen MP, Carpenter JG, Bollhöfer A, Beresford NA.

### WHOLE-ORGANISM CONCENTRATION RATIOS IN WILDLIFE INHABITING AUSTRALIAN URANIUM MINING ENVIRONMENTS.

J Environ Radioact 2017; 178-179: 385-393

## K

Kreuzer M, Sobotzki C, Fenske N, Marsh J, Schnelzer M.

### LEUKAEMIA MORTALITY AND LOW-DOSE IONIZING RADIATION IN THE WISMUT URANIUM MINER COHORT (1946-2013).

Occup Environ Med 2017; 74:252-258.

Kulka U, Abend M, Ainsbury E, Badie C, Barquinero JF, Barrios L, Beinke C, Bortolin E, Cucu A, De Amicis A, Domínguez I, Fattibene P, Frøvig AM, Gregoire E, Guogyte K, Hadjidekova V, Jaworska A, Kriehuber R, Lindholm C, Lloyd D, Lumniczky K, Lyng F, Meschini R, Mörtl S, Della Monaca S, Monteiro Gil O, Montoro A, Moquet J, Moreno M, Oestreicher U, Palitti F, Pantelias G, Patrono C, Piqueret-Stephan L, Port M, Prieto MJ, Quintens R, Ricoul M, Romm H, Roy L, Sáfrány G, Sabatier L, Sebastià N, Sommer S, Terzoudi G, Testa A, Thierens H, Turai I, Trompier F, Valente M, Vaz P, Voisin P, Vral A, Woda C, Zafiroopoulos D, Wojcik A.

### RENEB - RUNNING THE EUROPEAN NETWORK OF BIOLOGICAL DOSIMETRY AND PHYSICAL RETROSPECTIVE DOSIMETRY.

Int J Radiat Biol 2017; 93:2-14.

## M

Medley P, Doering C, Evans F, Bollhöfer A.

### NATURAL RADIONUCLIDES AND STABLE ELEMENTS IN WEAVER ANTS (OECOPHYLLA SMARAGDINA) FROM TROPICAL NORTHERN AUSTRALIA.

J Environ Radioact 2017; 178-179: 404-410.

Meisenberg O, Gerstmann U.

**THYROID MONITORING OF ADULTS AND CHILDREN AFTER REACTOR ACCIDENTS WITH A NEW DOSE RATE MEASUREMENT DEVICE.**  
Appl Radiat Isot 2017; 125:150-153.

Merk R, Mielcarek J, Döring J, Lange B, Lucks C.

**ESTIMATING CONTAMINATION MONITOR EFFICIENCY FOR BETA RADIATION BY MEANS OF PENELOPE-2008 MONTE CARLO SIMULATION.**  
Appl Radiat Isot 2017; 127: 87-91

Minkov V, Klammer H, Brix G.  
**STRAHLENSCHUTZ IN DER MEDIZINISCHEN FORSCHUNG. GENEHMIGUNGSBEDÜRFTIGKEIT VON STRAHLENANWENDUNGEN UND HINWEISE ZUM ANTRAGSVERFAHREN.**  
Radiologe 2017; 57:548-554.

Monteiro Gil O, Vaz P, Romm H, De Angelis C, Antunes AC, Barquinero JF, Beinke C, Bortolin E, Burbidge CI, Cucu A, Moreno Domene M, Fattibene P, Gregoire E, Hadjidekova V, Kulka U, Lindholm C, Meschini R, M'Kacher R, Moquet J, Oestreicher U, Palitti P, Pantelias G, Della Monaca S, Montoro Pastor A, Popescu IA, Quattrini MC, Ricoul M, Rothkamm K, Sabatier L, Sebastia N, Sommer S, Terzoudi G, Testa A, Trompier F, Vral A.

**CAPABILITIES OF THE RENEB NETWORK FOR RESEARCH AND LARGE SCALE RADIOLOGICAL AND NUCLEAR EMERGENCY SITUATIONS.**  
Int J Radiat Biol 2017; 93:136-141.

Moquet J, Barnard S, Staynova A, Lindholm C, Monteiro Gil O, Martins V, Rößler U, Vral A, Vandevoorde C, Wojewódzka M, Rothkamm K.  
**THE SECOND GAMMA-H2AX ASSAY INTER-COMPARISON EXERCISE CARRIED OUT IN THE FRAMEWORK OF THE EUROPEAN BIODOSIMETRY NETWORK (RENEB).**  
Int J Radiat Biol 2017; 93:58-64.

## N

Nekolla E, Schegerer A, Griebel J, Brix G.  
**HÄUFIGKEIT UND DOSIS DIAGNOSTISCHER UND INTERVENTIONELLER RÖNTGENANWENDUNGEN. TRENDS ZWISCHEN 2007 UND 2014.**  
Radiologe 2017; 57:555-562.

## O

Oestreicher U, Samaga D, Ainsbury E, Antunes AC, Baeyens A, Barrios L, Beinke C, Beukes P, Blakely WF, Cucu A, De Amicis A, Depuydt J, De Sanctis S, Di Giorgio M, Dobos K, Dominguez I, Pham Ngoc Duy, Espinoza ME, Flegal FN, Figel M, Garcia O, Monteiro Gil O, Gregoire E, Guerrero-Carbajal C, Güçlü İ, Hadjidekova V, Hande P, Kulka U, Lemon J, Lindholm C, Lista F, Lumniczky K, Martinez-Lopez W, Maznyk N, Meschini R, M'kacher R, Montoro A, Moquet J, Moreno M, Noditi M, Pajic J, Radl A, Ricoul M, Romm H, Roy L, Sabatier L, Sebastia N, Slabbert J, Sommer S, Stuck Oliveira M, Subramanian U, Suto Y, Tran Que, Testa A, Terzoudi G, Vral A, Wilkins R, Yanti L, Zafiroopoulos D, Wojcik A.

**RENEB INTERCOMPARISONS APPLYING THE CONVENTIONAL DICENTRIC CHROMOSOME ASSAY (DCA).**  
Int J Radiat Biol 2017; 93:20-29.

## P

Pophof B, Brix G.  
**MAGNETRESONANZTOMOGRAPHIE: NEUERE STUDIEN ZUR BIOLOGISCHEN WIRKUNG STATISCHER MAGNETFELDER UND HOCHFREQUENTER ELEKTROMAGNETISCHER FELDER.**  
Radiologe 2017; 57:563-568.

## R

Romm H, Ainsbury EA, Barquinero JF, Barrios L, Beinke C, Cucu A, Domene MM, Filippi S, Gil OM, Gregoire E, Hadjidekova V, Hatzi V, Lindholm C, M'kacher R, Montoro A, Moquet J, Noditi M, Oestreicher U, Palitti F, Pantelias G, Prieto MJ, Popescu I, Rothkamm K, Sebastia N, Sommer S, Terzoudi G, Wojcik A.  
**WEB BASED SCORING IS USEFUL FOR VALIDATION AND HARMONISATION OF SCORING CRITERIA WITHIN RENEB.**  
Int J Radiat Biol 2017; 93:110-117.

## S

Salomaa S, Jourdain JR, Kreuzer M, Jung T, Repussard J.  
**MULTIDISCIPLINARY EUROPEAN LOW DOSE INITIATIVE: AN UPDATE OF THE MELODI PROGRAM.**  
Int J Radiat Biol 2017; 93:1035-1039.

Schegerer A, Nagel, H, Stamm G, Adam G, Brix G.  
**CURRENT CT PRACTICE IN GERMANY: RESULTS AND IMPLICATIONS OF A NATIONWIDE SURVEY.**  
Eur J Radiol 2017; 90:114-128.

Schlosser C, Bollhöfer A, Schmid S, Kraiss R, Bieringer J, Konrad M.

**ANALYSIS OF RADIOXENON AND KRYPTON-85 AT THE BFS NOBLE GAS LABORATORY.**  
Appl Radiat Isot 2017; 126:16-19.

Schmalwieser AW, Gröbner J, Blumthaler M, Klotz B, De Backer H, Bolsée D, Werner R, Tomsic D, Metelka L, Eriksen P, Jepsen N, Aun M, Heikkilä A, Duprat T, Sandmann H, Weiss T, Bais A, Toth Z, Siani AM, Vaccaro L, Diémoz H, Grifoni D, Zipoli G, Lorenzetto G, Petkov BH, di Sarra AG, Massen F, Yousif C, Aculinin AA, den Outer P, Svendby T, Dahlback A, Johnsen B, Biszcuk-Jakubowska J, Krzyscin J, Henriques D, Chubarova N, Kolarž P, Mijatovic Z, Groselj D, Pribulova A, Gonzales JRM, Bilbao J, Guerrero JMV, Serrano A, Andersson S, Vuilleumier L, Webb A, O'Hagan J.

**UV INDEX MONITORING IN EUROPE**  
Photochem. Photobiol Sci 2017; 16:1349-1370.

Schmithüsen D, Chambers S, Fischer B, Gilge S, Hatakka J, Kazan V, Neubert, Paatero J, Ramonet M, Schlosser C, Schmid S, Vermeulen A, Levin I.  
**A EUROPEAN-WIDE <sup>222</sup>RADON AND <sup>222</sup>RADON PROGENY COMPARISON STUDY.**  
Atmos. Meas. Tech. 2017; 10: 1299-1312

Spix C, Grosche B, Bleher M, Kaatsch P, Scholz-Kreisel P, Blettner M.  
**BACKGROUND GAMMA RADIATION AND CHILDHOOD CANCER IN GERMANY: AN ECOLOGICAL STUDY.**  
Radiat Environ Biophys 2017; 56: 127-138.

Stirnweis L, Marcolli C, Dommen J, Barmet P, Frege C, Platt SM, Bruns EA, Krapf M, Slowik JG, Wolf R, Prévôt ASH, El-Haddad I, Baltensperger U.  
**ASSESSING THE INFLUENCE OF NOX CONCENTRATIONS AND RELATIVE HUMIDITY ON SECONDARY ORGANIC AEROSOL YIELDS FROM -PINENE PHOTO-OXIDATION THROUGH SMOG CHAMBER EXPERIMENTS AND MODELLING CALCULATIONS.**  
Atmospheric Chemistr Phys 2017; 17: 5035-5061.

Stojanovska Z, Ivanova K, Bossew P, Boev B, Zunic ZS, Tsenova M, Curguz Z, Kolarz P, Zdravkovska M, Ristova M.  
**PREDICTION OF LONG-TERM INDOOR RADON CONCENTRATIONS BASED ON SHORT-TERM MEASUREMENTS.**  
Nuclear Technology & Radiation Protection 2017; 1: 32

## T

Trompier F, Baumann M, Barrios L, Gregoire E, Abend M, Ainsbury E, Barnard S, Barquinero JF, Bautista JA, Brzozowska B, Perez-Calatayud J, De Angelis C, Domínguez I, Hadjidekova V, Kulka U, Mateos JC, Meschini R, Monteiro Gil O, Moquet J, Oestreicher U, Montoro Pastor A, Quintens R, Sebastia N, Sommer S, Stoyanov O, Thierens H, Terzoudi G, Villaescusa JJ, Vral A, Wojcik A, Zafiroopoulos D, Roy L.  
**INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF CALIBRATION PRACTICES ON CYTOGENETIC LABORATORY PERFORMANCE FOR DOSE ESTIMATION.**  
Int J Radiat Biol 2017; 93:118-126.

## W

Wojcik A, Oestreicher U, Barrios L, Vral A, Terzoudi G, Ainsbury E, Rothkamm K, Trompier F, Kulka U.  
**THE RENEB OPERATIONAL BASIS: COMPLEMENT OF ESTABLISHED BIODOSIMETRIC ASSAYS.**  
Int J Radiat Biol 2017; 93:15-19.

## Z

Žunić ZS, Bossew P, Bochicchio F, Veselinovic N, Carpentieri C, Venoso G, Antignani S, Simovic R, Curguz Z, Udovicic V, Stojanovska Z, Tollefsen T.  
**THE RELATION BETWEEN RADON IN SCHOOLS AND IN DWELLINGS: A CASE STUDY IN A RURAL REGION OF SOUTHERN SERBIA.**  
J Environ Radioact 2017; 167:188-200.

Žunić ZS, Stojanovska Z, Veselinovic N, Mishra R, Yarmoshenko IV, Sapra BK, Ishikawa T, Omori Y, Curguz Z, Bossew P, Udovicic V, Ramola RV.  
**INDOOR RADON, THORON AND THEIR PROGENY CONCENTRATIONS IN HIGH THORON RURAL SERBIA ENVIRONMENTS.**  
Radiat Prot Dosimetry 2017; 177:36-39.





