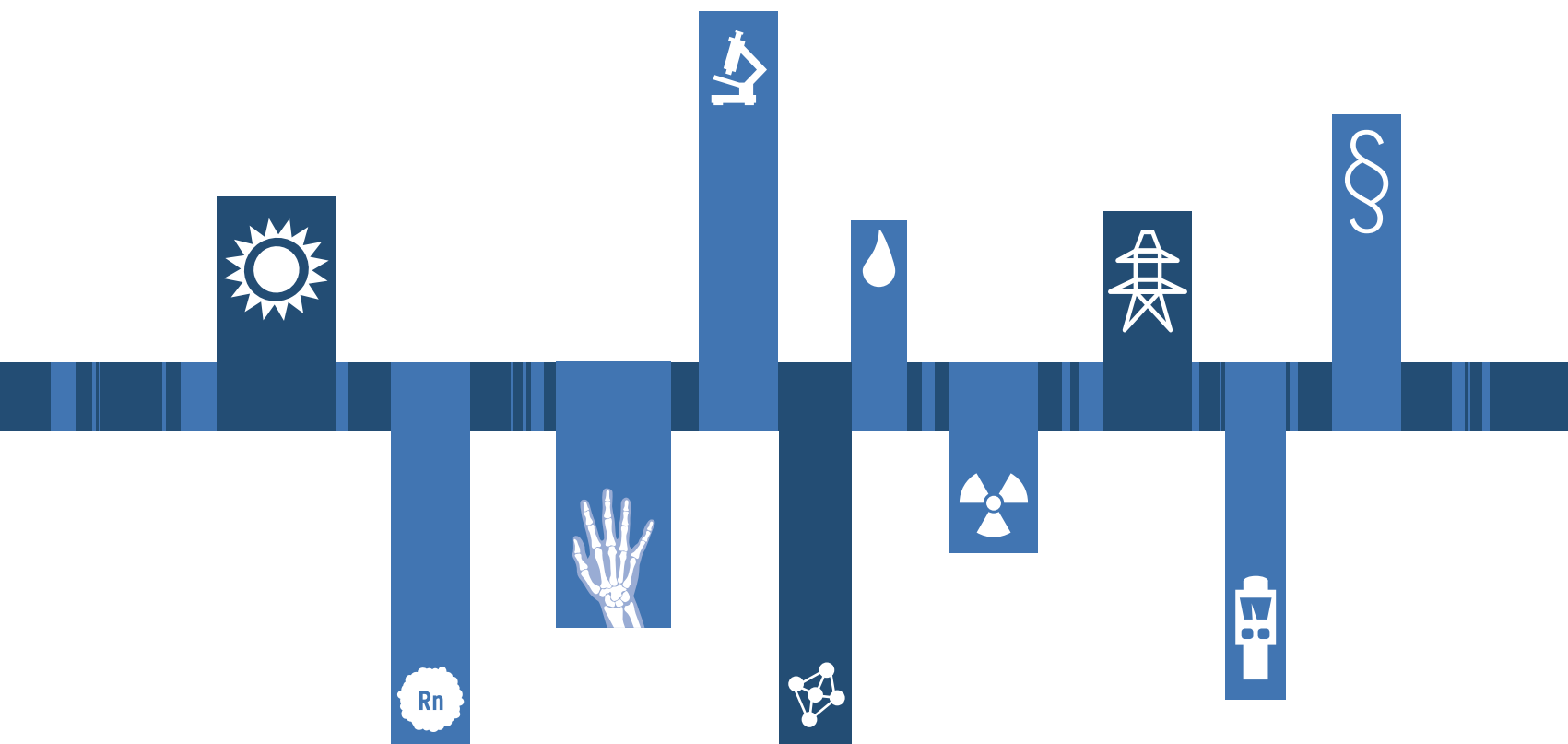


FORSCHEN INFORMIEREN SCHÜTZEN

Bundesamt für Strahlenschutz

JAHRESBERICHT
2018/2019



IMPRESSUM

Herausgeber:

Bundesamt für Strahlenschutz
Presse- und Öffentlichkeitsarbeit
Postfach 10 01 49
D-38201 Salzgitter
Telefon: 03018 333-0
Telefax: 03018 333-1885
E-Mail: ePost@bfs.de
De-Mail: epost@bfs.de-mail.de
Internet: www.bfs.de

Redaktion:

Lutz Ebermann, Melanie Bartholomäus

Gestaltung:

Quermedia GmbH
Querallee 38
34119 Kassel

Druck:

Krüger Druck + Verlag GmbH & Co. KG

Fotos:

BfS und genannte Quellen

Bundesamt für Strahlenschutz (2019)

INHALTSVERZEICHNIS

4
Vorwort der
Präsidentin

6 Ausgewählte Themen

8 **Risikokommunikation im BfS: Radon und Stromnetzausbau**

12 **Individuelle Strahlensensitivität, individuelle Strahlenempfindlichkeit**

16 **Strahlenempfindlichkeit bei Kindern**

18 **Etablierung internationaler Qualitätsstandards mithilfe des BfS**

20 **Mehr Sicherheit bei der Anwendung nichtionisierender Strahlung am Menschen durch neue Verordnung**

22 **UV-Strahlung und Gesundheit: messen für den Schutz**

26 **Bedeutsame Vorkommnisse in der Medizin**

28 **Ringversuche zur Qualitätssicherung bei der Inkorporationsüberwachung**

30 **Radioaktives Tritium in Uhren und Schlüsselanhängern**

32 **Gibt es eine vernachlässigbare Strahlenexposition?**

34 **Nach Tschernobyl: aktuelle Umweltkontamination in Deutschland**

38 **Trinkwasser mit hoher Qualität**

40 **Vom Radonschutz in Deutschland: Fortsetzung**

46 **Notfallübungen der Notfallschutz-Organisation des BfS**

50 **Bund-Länder-Notfallschutzübung CORE 2019**

54 **Entwicklung der Messstation auf dem Schauinsland**

58 **IMIS3: Notfallschutz als Open Source**

60 **Weiterentwicklung des ODL-Messnetzes**

62 **Unterstützung der Sicherheitsbehörden**

64 **Die akkreditierten Labore des BfS**

70 **BfS: ein moderner Arbeitgeber**

74 **Das Strahlenschutzgesetz**

76
Publikationen
in referierten
Zeitschriften

VORWORT



Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) ist die zentrale Bundesbehörde in Deutschland für alle Fragen rund um Strahlung – von Vorkommen und Erzeugung über Wirkungen, Anwendungen und Risiken bis zu Schutz- und Vorsorgemaßnahmen. Mit seinen Forschungsergebnissen und der Bewertung von Strahlenrisiken bietet das BfS den Menschen Orientierung in einem für sie meist unbekanntem Raum.

Mit dem neuen Strahlenschutzgesetz hat das BfS zahlreiche neue Kompetenzen erhalten – zum Beispiel bei der Bewertung neuer medizinischer Verfahren und im Notfallschutz. Damit wird für das BfS bei und nach einem nuklearen Notfall die Durchführung mobiler Messungen in kontaminierten Gebieten an Bedeutung gewinnen. Um die Einsatzkräfte, Messgeräte und -verfahren vorzubereiten, werden Messübungen in Deutschland und im Ausland durchgeführt – wie die Übung in der Sperrzone von Tschernobyl im September 2018. Von zentraler Bedeutung für den radiologischen Notfallschutz und die radiologische Umweltüberwachung ist dabei das Integrierte Mess- und Informationssystem (IMIS). Für die etwa 1.000 Nutzer*innen und 100 Behörden entwickelt das BfS das neue IMIS3, um mit modularen Komponenten neuen Anforderungen zu begegnen. Das IMIS in Kombination mit dem radiologischen Lagebild des BfS übertrifft nach Einschätzung der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEA) die internationalen Qualitätsstandards im Notfallschutz.

DER PRÄSIDENTIN

Essenziell ist zudem die individuelle Dosisrekonstruktion im Rahmen der biologischen Dosimetrie, die am BfS durchgeführt wird, um die bestmögliche Behandlung von potenziell strahlenexponierten Personen zu gewährleisten. Darüber hinaus sind wir stolz auf die Qualität all unserer Labore; so ist unser Radon-Kalibrierlabor in Berlin das einzige durch die Deutsche Akkreditierungsstelle bestätigte Labor dieser Art und zentrales Element der Qualitätssicherung von Radonmessungen in Deutschland. Die Akkreditierung unserer Prüflabore zur Spurenanalyse unterstreicht ebenfalls das hohe Niveau und die Leistungsfähigkeit des BfS bei der Überwachung geringster Spuren radioaktiver Stoffe in der Umwelt.

Um unseren Mitarbeiter*innen ein optimales Arbeitsumfeld für unsere abwechslungsreichen und verantwortungsvollen Aufgaben zu bieten, entwickeln wir uns auch als moderner Arbeitgeber weiter. Unsere Schwerpunkte sind dabei Maßnahmen, um berufliche und private Interessen der Beschäftigten bestmöglich in Einklang zu bringen sowie ihre fachlichen und persönlichen Kompetenzen zu erhalten und weiterzuentwickeln – und um Interessierte für die Mitarbeit an unseren spannenden Themen zu gewinnen.

Dieser Jahresbericht gibt den Leser*innen Einblicke in die Aufgaben und Arbeit des BfS. Weitere aktuelle Informationen und Videos zu unseren Tätigkeitsfeldern befinden sich auf unserer Internetseite.

Die Aufgabenerfüllung des BfS für die Sicherheit der Bevölkerung und der Erfolg des BfS basieren auf dem täglichen Engagement aller seiner Mitarbeiter*innen; dafür danke ich ihnen allen an dieser Stelle ganz besonders. Darüber hinaus möchte ich allen Partner*innen herzlich danken, die uns bei unseren Aufgaben unterstützen.

Dr. Inge Paulini

AUSGEWÄHLTE THEMEN

Risikokommunikation im BfS: Radon und Stromnetzausbau

Der Schwerpunkt Risikokommunikation im BfS kümmert sich um die Frage, wie die Bevölkerung in Deutschland mit Strahlenrisiken umgeht. Erkenntnisse darüber helfen dem BfS, Inhalte und Botschaften der Risikokommunikation sowohl auf die Strahlenschutzziele des BfS als auch auf die Bedürfnisse der Gesellschaft passgenau auszurichten.

Als Folge gesellschaftlicher Entwicklungen haben im Jahr 2018 insbesondere zwei Strahlenthemen im Vordergrund gestanden, die von ihrer Art, Wirkung und von ihrem gesellschaftlichen Stellenwert her unterschiedlicher nicht sein könnten: das radioaktive Edelgas Radon und der Strahlenschutz beim Stromnetzausbau.

Radon: Schutzmotivation erhöhen

Radon gilt als einer der wichtigsten Krebs-Risikofaktoren in Innenräumen. Es ist wissenschaftlich unstrittig, dass das Einatmen von Radon das Risiko erhöht, an Lungenkrebs zu erkranken. Dies hat Auswirkungen auf die Gesetzgebung gehabt. Das Strahlenschutzgesetz enthält gesetzliche Regelungen, die Staat, Arbeitgeber und Bauherren zu Maßnahmen zum Schutz vor Radon verpflichten. Zudem wurde im April 2019 vom Bundesumweltministerium der nationale Radonmaßnahmenplan für Deutschland veröffentlicht, der den Schutz vor Radon weiter verstärken soll.

Ziel des BfS ist es, dazu zu motivieren, die Radon-Konzentration in Häusern und Wohnungen zu messen und Maßnahmen zum Schutz zu ergreifen. Dazu muss die Aufmerksamkeit der Bevölkerung für Radon erhöht und die Motivation, sich und andere zu schützen, gestärkt werden.

Unterschätzung des Radon-Risikos

Dies erweist sich jedoch als schwierig. Denn Radon vereint verschiedene Eigenschaften, die dazu führen, dass das Erkrankungsrisiko durch Radon eher ignoriert oder hingegenommen wird: Radon ist natürlichen Ursprungs und schon immer da. Es gibt keine ständigen Erinnerungen an das Risiko, da Radon farb-, geruchs- und geschmacklos ist. Die schädliche Wirkung kann auch nicht unmittelbar beobachtet werden, denn Lungenkrebserkrankungen treten erst Jahre oder Jahrzehnte später auf. Die Tatsache, dass es keinen Verursacher gibt, der die Verantwortung für die Situation trägt, ist ein weiterer Grund für eine gleichbleibend niedrige Aufmerksamkeit. Nur wenn zum Beispiel hohe Radon-Werte in Schulen oder Kindergärten festgestellt werden, ist das Interesse groß.

ABSTRACT

Radon and power grid extension:
Focal points of the BfS risk communication in 2018

The BfS has the responsibility to inform the public about radiation risks. However, risk communication can be quite different for various radiation risks. The current article gives insights into the BfS risk communication from a societal and psychological perspective. It contrasts risk communication about a known health risk, namely radon, with risk communication about low-frequency electric and magnetic fields from high-voltage power lines, which are up to now not known to be harmful. For these two topics, the current article discusses the goals of the BfS risk communication, societal and psychological context factors that influence communication, and the content and messages of the BfS risk communication.

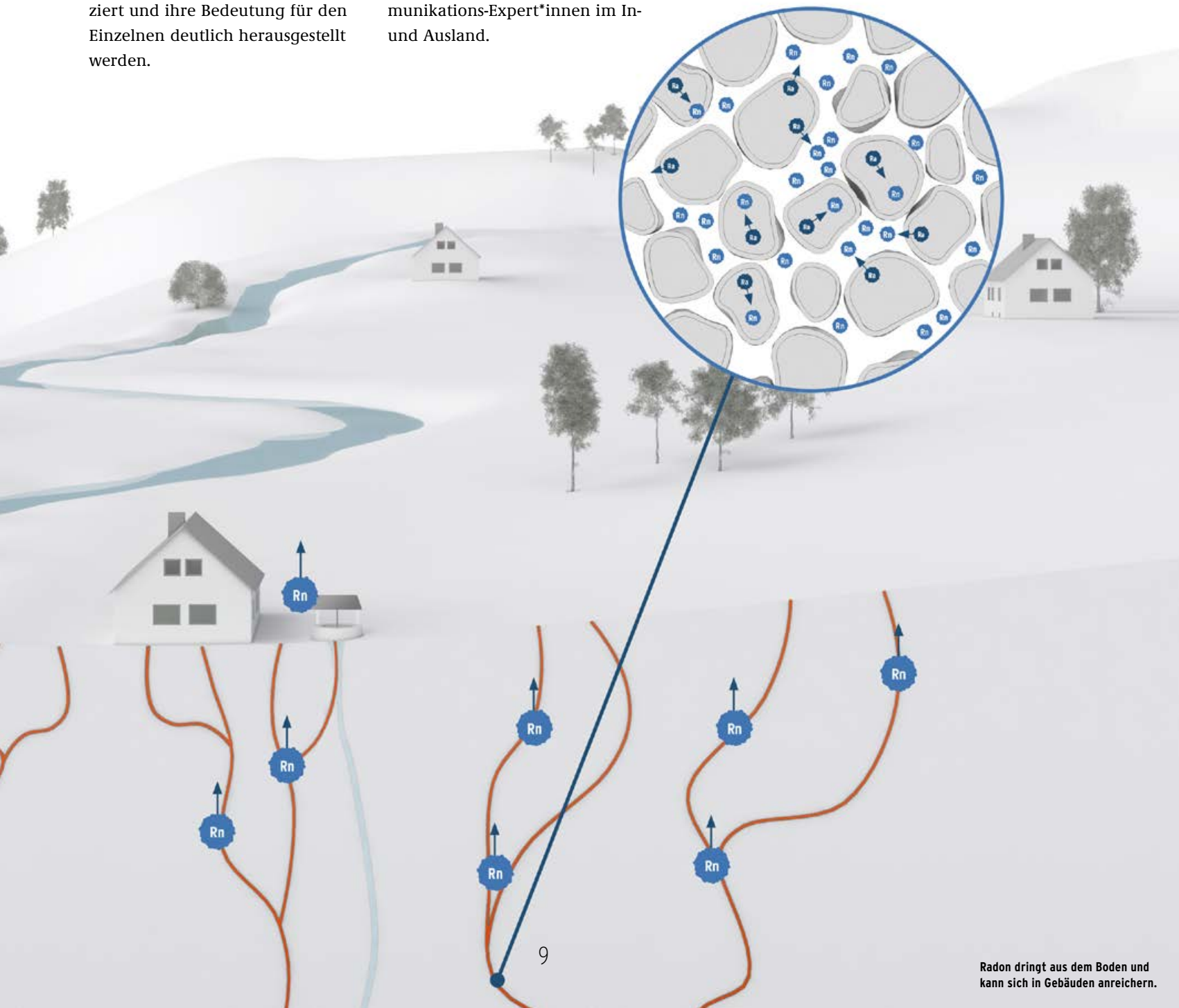


Verständliche Kommunikation zum einfachen Schutz vor Radon

Es ist wichtig und vergleichsweise einfach, sich vor Radon zu schützen. Dies ist die zentrale Botschaft des BfS, verbunden mit Informationen darüber, welche Maßnahmen bei erhöhten Radon-Werten ergriffen werden können. Ähnlich wie bei vielen anderen Risikothemen ist auch in Bezug auf Radon das Interesse der allgemeinen Bevölkerung an Fachwissen nur eingeschränkt vorhanden. Daher müssen fachliche Inhalte auf das Wesentliche reduziert und ihre Bedeutung für den Einzelnen deutlich herausgestellt werden.

In der Kommunikation muss versucht werden, das Bewusstsein um die persönliche Betroffenheit und die Motivation, sich vor Radon zu schützen, zu erhöhen. Handlungsbarrieren – wie Geld oder Zeit – müssen begriffen und angegangen werden. Botschaften und Informationen zum Schutz vor Radon müssen auf verschiedenen Ebenen (Bund, Länder, Kommunen) an die Bevölkerung herangetragen werden. Das BfS vernetzt sich indes weiter mit Radon-Verantwortlichen von Bund und Ländern sowie Kommunikations-Expert*innen im In- und Ausland.

Es muss ein Weg gefunden werden, wie die Menschen noch stärker motiviert werden können, ihre Radon-Exposition zu Hause zu messen und bei Bedarf Maßnahmen zu ergreifen.



Stromnetzausbau: Versachlichung des Diskurses als Ziel

Die Grenzwerte für elektrische und magnetische Felder von Hochspannungsleitungen schützen vor nachgewiesenen gesundheitsrelevanten Wirkungen. Ergänzend rät das BfS dazu, die Exposition gegenüber den elektrischen und magnetischen Feldern (zum Beispiel auch privaten Installationen) so gering wie möglich zu halten.

In der Risikokommunikation verfolgt das BfS das Ziel, die Bevölkerung in Regionen des Leitungsaus- oder -umbaus zum Thema „Felder von Hochspannungsleitungen und Gesundheit“ bestmöglich zu informieren. Aufgrund von Fehlinformationen entstandene Sorgen sollen ausgeräumt werden. Das BfS will den häufig emotional geführten Diskurs versachlichen.

Hochspannungsleitungen: ein lokales Thema

Mit der Thematik beschäftigen sich nahezu ausschließlich Menschen, die in der Nähe bestehender oder geplanter Hochspannungsleitungen leben. Daher sollte das BfS vor allem diese Menschen erreichen. Dass es darauf ankommt, vor Ort zu sein, unterstreicht auch ein im November 2017 durchgeführtes Fachgespräch zur Risikokommunikation beim Stromnetzausbau: In der Folge ist es im Jahr 2018 zu einer Stärkung des Ansatzes gekommen, Wissensvermittler*innen vor Ort Informationen bereitstellen zu lassen, die diese dann weitergeben können. 2019 wird dazu ein Forschungsprojekt durchgeführt.

Das BfS

hat 2017 das Forschungsprogramm „Strahlenschutz beim Stromnetzausbau“ aufgelegt.

Stromtrassen

erzeugen elektrische und magnetische Felder.

Grenzwerte

für die Felder stellen den Gesundheitsschutz sicher.

Das BfS ist beim Thema Stromnetzausbau in besonderem Maße um Neutralität bemüht. Es geht nicht darum, die Akzeptanz des Stromnetzausbaus zu erhöhen, sondern über gesundheitliche Auswirkungen zu forschen und zu informieren. Dies muss auch in der Kommunikation deutlich werden. Die Transparenz der eigenen Ziele und Absichten ist daher ein entscheidender Punkt, der beispielsweise durch eine detaillierte Information zum BfS-Forschungsprogramm „Strahlenschutz beim Stromnetzausbau“ sichergestellt wird.

Wahrnehmung bei den Betroffenen

Im Unterschied zum Thema Radon nehmen Betroffene beim Netzausbau eine ungleiche Verteilung von Kosten und Nutzen wahr. Sie sehen sich als die wesentlichen Träger der Kosten – nämlich möglicher gesundheitlicher Risiken sowie einer Landschaftsveränderung und Grundstücksentwertung. Den Nutzen sehen sie jedoch bei der Gesellschaft im Allgemeinen sowie bei den Netzbetreibern. Mit diesen ist auch ein Widerpart vorhanden, gegen den protestiert werden kann.

Die zentrale Botschaft des BfS lautet, dass es keine nachgewiesenen Gesundheitseffekte unterhalb der gesetzlichen Grenzwerte gibt. Gleichzeitig gibt das Bundesamt für Strahlenschutz Studien in Auftrag, um wissenschaftliche Unsicherheiten zu beseitigen und offene Fragen zu beantworten. Informationen dazu nehmen Bürger*innen jedoch – ebenso wie die Empfehlungen zur vorsorglichen Minimierung der Felder – als ein Zeichen dafür wahr, dass es tatsächlich ein Risiko gibt. Ein Knackpunkt in der Kommunikation ist deshalb, den Nutzen des Forschungsprogramms adäquat darzustellen, das den Netzausbau begleitet.

Ausblick

Deutlich wird, wie unterschiedlich die Rahmenbedingungen für Risikokommunikation bei verschiedenen Strahlenthemen sind. Die Beispiele zeigen, dass eine umsichtige Kommunikation, die auch Erkenntnisse aus der Kommunikationsforschung einbezieht, nötig ist. Das BfS wird seine Aktivitäten, die Risikobewertung zu kommunizieren (Stromnetzausbau) beziehungsweise Verhaltensänderungen herbeizuführen (Radon) intensiv weiterverfolgen.

Ansprechpersonen:

Christiane Pözl-Viol

Stabsstelle Risikokommunikation

Tel. 03018 333-2144

Dr. Christoph Böhmert

Stabsstelle Risikokommunikation

Tel. 03018 333-2153

Individuelle Strahlensensitivität, individuelle Strahlenempfindlichkeit

ABSTRACT

Individual radiation sensitivity, individual radiation susceptibility - who is affected and how can we predict the radiation reaction towards ionizing radiation exposure?

Every year 4 billion radiology examinations and 8 million radiotherapy treatments are performed worldwide. The total number of humans exposed towards ionizing radiation is increasing. Normal tissue is exposed in the range from only a few μSv to several Sv in the case of cancer treatment. Depending on the dose range, the consequences for cell and tissue damage differ. Severity of the damage or the probability to induce damage are not only dependent upon dose but also from the individual radiation reaction - the individual radiation sensitivity (referring to tissue effects), the individual radiation susceptibility (referring to stochastic effects). In respect to personalized medicine severe side effects of radiation exposure may be avoided, if the individual sensitivity, susceptibility is predicted. Hereby it is important to know that different biological mechanisms and health effects are triggered by high or low dose exposure. The problems to set up a predicting test system to identify radiation sensitive or radiation susceptible individuals are described.

50 %

der durchschnittlichen
jährlichen Strahlen-
belastung wird durch
medizinische Verfahren
verursacht.

CT

Einzelne CT-Untersuchungen können bis zu 30 mSv effektive Dosis verursachen. Zum Vergleich: Die durchschnittliche jährliche Belastung aus natürlichen Quellen beträgt 2,1 mSv.

Vier Milliarden radiologische Untersuchungen, acht Millionen Strahlentherapiepatient*innen jährlich weltweit (UNSCEAR 2008) – eine stetig wachsende Anzahl an Menschen ist in der Medizin Strahlung ausgesetzt. Normales Gewebe wird dabei mit wenigen Mikrosievert [μSv] bei diagnostischen Verfahren und bis zu mehreren Sievert [Sv] bei der Tumorthherapie belastet. Je nach Dosisbereich werden in Zellen und Geweben dadurch unterschiedliche Schädigungen ausgelöst. Der Schweregrad der Schädigungen beziehungsweise die Wahrscheinlichkeit, dass Schädigungen eintreten, ist allerdings nicht nur von der Strahlendosis abhängig. Einen Einfluss hat auch, wie jemand auf Strahlung reagiert. Diese individuelle Strahlensensitivität bezieht sich auf Gewebeschädigung bei hohen Dosen. Auch die individuelle Strahlenempfindlichkeit, die sich auf stochastische (zufällige) Effekte bezieht, wirkt sich stets aus.

Schwere Nebenwirkungen einer Strahlenexposition könnten eher vermieden werden, wenn im Rahmen einer personalisierten Medizin medizinische Diagnostik oder Therapien angepasst würden. Wichtig ist, dass hohe und niedrige Dosen ionisierender Strahlung unterschiedliche biologische Effekte und gesundheitliche Wirkungen auslösen. Die Probleme, geeignete Testsysteme zu entwickeln, mit denen strahlensensitive oder strahlenempfindliche Personen zuverlässig identifiziert werden können, werden im Folgenden beschrieben.

MELODI ist eine europäische Plattform zur Strahlenschutzforschung, in der sich Wissenschaftler*innen aus Strahlenschutzinstitutionen, Großforschungszentren und Universitäten zusammengeschlossen haben, um gemeinsam ein strategisches Forschungsprogramm zur Wirkung kleiner Strahlendosen und dem damit verbundenen Risiko zu erarbeiten.

CONCERT ist ein „European Joint Programme“, das gemeinsam von der EU und den beteiligten Mitgliedsstaaten finanziert wird und auf der Basis der strategischen Forschungsprogramme der europäischen Plattformen zur Strahlenschutzforschung wie MELODI Forschungsprojekte ausschreibt und finanziell unterstützt.

2018 hat hierzu ein internationaler MELODI/CONCERT-Workshop stattgefunden, bei dem die Thematik aus verschiedenen Perspektiven erarbeitet worden ist. Die Ergebnisse sind in drei Publikationen zusammengefasst worden, die kürzlich im „International Journal of Radiation Biology“ veröffentlicht worden sind.

Wissenschaftler*innen haben folgende Fragestellungen diskutiert:

1. Wie erfasst man Strahlensensitivität und Strahlenempfindlichkeit im medizinischen Alltag?
2. Welche biologischen Mechanismen/Faktoren verändern die pathologische Strahlenreaktion?
3. Gibt es Testverfahren, die eine Strahlensensitivität oder Strahlenempfindlichkeit vorhersagen?

Strahlensensitivität mit Gewebefeffekten ausschließlich im Hochdosisbereich

Im Hochdosisbereich (> 2 Gray [Gy]) auftretende zell- oder gewebeschädigende Effekte sind größtenteils mit Zelltod verbunden.

Diese Effekte sind charakterisiert durch einen Schwellenwert, ab dem sie auftreten, sind jedoch in ihrer Komplexität noch nicht verstanden. Es können Signalwege betroffen sein, die beschädigtes Erbmaterial erkennen und reparieren und bei schwerem Schaden den Zelltod einleiten. Diese Signalwege werden durch die genetische Ausstattung des Einzelnen bestimmt, aber auch durch Faktoren wie andere Erkrankungen (Diabetes), Ernährung, Rauchen und das Immunsystem. Gesundheitliche Beeinträchtigungen können gravierend sein. Beispiele dafür sind die länger andauernde Schädigung der Darmschicht als Nebenwirkungen der Prostatakrebsstrahlentherapie oder schwere Hautfibrosen, also eine krankhafte Vermehrung des Bindegewebes, als Nebenwirkung der Brustkrebsstrahlentherapie. Diese Nebenwirkungen reduzieren Lebensqualität und Überlebenszeit trotz Heilung des ursprünglichen Tumors erheblich. Ein bis fünf Prozent der Strahlentherapiepatienten*innen leiden unter sehr schweren Nebenwirkungen. Gewebefeffekte treten nach niedrigen Strahlendosen unterdessen nicht auf.

Strahlenempfindlichkeit verbunden mit stochastischen (zufälligen) Effekten im Niedrig- und Hochdosisbereich

Stochastische Effekte treten, wenn auch mit einer geringeren Wahrscheinlichkeit, im Niedrig (<100 mGy) und Hochdosisbereich auf. Patient*innen, die strahlenempfindlich reagieren, erleiden mit einer größeren Wahrscheinlichkeit als die meisten anderen

Patient*innen einen Sekundärtumor. Strahlenempfindlichkeit beruht auf Mechanismen, die veränderte Zellen überleben und entarten lassen und so zum Tumor führen können. Veränderungen in Genen, die hier eine bedeutende Rolle in der Schadenserkenkung und Reparatur spielen, können das Risiko, an strahleninduzierten Tumoren zu erkranken, erheblich verändern. Ein Beispiel ist das Brustkrebsgen BRCA1. Der zufällige Strahlenschaden kann bereits durch kleine Strahlendosen im μ - und mGy-Bereich ausgelöst werden. Je höher die Dosis und je mehr Faktoren auftreten, die die Strahlenempfindlichkeit beeinflussen, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Sekundärtumor auftritt. Die Faktoren und Mechanismen sind diesbezüglich bisher noch nicht vollständig verstanden. Auch wenn die Wahrscheinlichkeit eines tumorauslösenden Ereignisses im Niedrigdosisbereich geringer ist als im Hochdosisbereich, sollte das erhöhte Risiko einer strahlenempfindlichen Person auch bei radiologischer Strahlendiagnostik oder beruflicher Strahlenexpositionen berücksichtigt werden.

Wann reagieren Strahlenpatient*innen strahlensensitiv?

Kurz nach oder während der Strahlentherapie auftretende toxische Gewebereaktionen werden in der Klinik erfasst und nach definierten Kriterien (Common Toxicity Criteria for Adverse Events [CTCAE] oder Radiation Oncology Toxicity Grading [RTOG]) eingeteilt. Bei Klasse-3- und -4-Reaktionen spricht man von schwerwiegenden Nebenwirkungen.

Sie führen meist zum Abbruch der Strahlentherapie. Aber auch Monate oder Jahre später können schwerwiegende Nebenwirkungen wie Fibrosen der Brust, Lunge oder des Herzens auftreten, die zu erheblichen Beeinträchtigungen der Organfunktionen und damit zum vorzeitigen Tod führen können. Auch diese werden nach Kriterien definiert, wobei die akuten und späten Nebenwirkungen von Mediziner*in zu Mediziner*in unterschiedlich beurteilt werden und dabei auch das subjektive Empfinden der Patient*innen berücksichtigt wird. Späte Nebenwirkungen und das Auftreten von Sekundärtumoren werden bisher nicht systematisch erfasst. Dies ist aber notwendig, um biologische Mechanismen oder Faktoren zu identifizieren, die die Strahlenreaktion verändern. Insbesondere die statistische Absicherung von biologischen Testverfahren, um Strahlensensitivität oder Empfindlichkeit vorherzusagen, ist zurzeit noch nicht möglich. Es gibt nur wenige Patient*innenkohorten, in denen alle Faktoren systematisch erfasst werden wie Nebenwirkungen, in der Therapie erhaltene Strahlendosis, therapiebegleitende Maßnahmen sowie individuelle Patient*innenfaktoren wie physische Aktivität, Rauchen und Ernährung.

Testverfahren

Standardisierte Testverfahren zur Vorhersage von Strahlensensitivitätsreaktionen, die bereits in der Klinik eingesetzt werden, gibt es bislang noch nicht. Vielversprechend sind genetische Marker als Nachweisverfahren für den Zelltod (Radiation Induced Lymphocyte

Apoptosis) und Testverfahren, die zentrale Proteine der Schadensantwort untersuchen (pATM Shuttle Assay). Diese stehen kurz vor der klinischen Erprobung.

Faktoren der Strahlenempfindlichkeit: das Alter


Ein wichtiger Faktor, der die Strahlenempfindlichkeit beeinflusst, ist das Alter. Von Kindern ist bekannt, dass sie ein zwei- bis zehnfach höheres Risiko als Erwachsene haben, nach Strahlenexposition an bestimmten Tumoren wie Leukämie zu erkranken. Das BfS hat im Rahmen einer internationalen Kooperation (EPI-CT) eine Studie durchgeführt, die zeigt, dass durch die Strahlenexposition eine erhöhte Fehlreparatur in Blutzellen von Kindern festgestellt werden kann. Im nachfolgenden Artikel wird beschrieben, dass dies nicht nur im höheren Dosisbereich auftritt, sondern bereits bei Strahlendosen von circa 50 mGy. Dies ist eine Strahlendosis, wie sie bereits bei einer computertomografischen Diagnostik auftreten kann.

Ansprechpartnerin:

Dr. Maria Gomolka

Strahlenbiologie

Tel. 03018 333-2211



Kinder haben ein zwei- bis zehnfach höheres Risiko als Erwachsene, nach Strahlenexposition an bestimmten Tumoren wie Leukämie zu erkranken.

Strahlenempfindlichkeit bei Kindern



ABSTRACT

Radiation sensitivity of children - automated scoring of dicentric chromosomes

The application of a software-based analyzing system for the detection of chromosomal damages (dicentric chromosomes) made it possible to demonstrate an increased radiosensitivity in children in the low dose range (< 100 mGy). This dose range plays a role in diagnostic computerized tomography (CT) imaging. To what extent the continuous growing of this examination increases the risk of health effects, especially in children, is of great scientific interest and has so far been largely unexplored. Underlying mechanisms in radiation biology were investigated in the frame of a research project (EPI_CT study, Epidemiological study to quantify risks for pediatric computerized tomography and to optimize doses) at the BfS. In cells from umbilical cord blood and blood samples of children up to 5 years of age, significantly more radiation-induced dicentric chromosomes could be detected after in vitro irradiation in a CT unit than in blood cells of adult donors. The risk to obtain misrepaired radiation damages is increased in children in comparison to adults.

Objektträger wird unter dem Mikroskop nach Zellen abgesucht.

Biomarker sind wichtige Werkzeuge, um die Wirkung von Strahlung auf die Zellen im menschlichen Körper nachzuweisen. Die Analyse von dizentrischen Chromosomen im peripheren Blut wird seit Langem als zuverlässiger Indikator für eine Strahlenbelastung mit ionisierender Strahlung verwendet. Sie entstehen durch eine fehlerhafte Reparatur von je einem Doppelstrangbruch in zwei Chromosomen. Dizentrische Chromosomen sind sehr charakteristische strahlenbedingte Veränderungen und finden schon lange Anwendung im praktischen Strahlenschutz.

Nachteil Zeitaufwand

Die Methode, die als Goldstandard in der biologischen Dosimetrie gilt, ist allerdings sehr zeitaufwendig, da eine große Anzahl von Zellen ausgewertet werden muss, um die Unsicherheiten der Dosisabschätzung möglichst gering zu halten. Dies kann nur von gut ausgebildetem Personal geleistet werden. Um den Durchsatz der Methode zu erhöhen und die Anzahl der ausgewerteten Zellen erheblich zu steigern, werden softwarebasierte Auswertesysteme genutzt, die auf das Erkennen dizentrischer Chromosomen trainiert worden sind und entsprechende Erkennungsklassifikationen verwenden. Der Mensch muss daher nur noch wenig Zeit investieren.

Durch diesen technischen Fortschritt ergeben sich neue Einsatzmöglichkeiten in der Forschung für die dizentrischen Chromosomenanalyse. Gerade im niedrigen Dosisbereich, der für diagnostische Untersuchungsmethoden wie die Computertomografie relevant ist, ist dies von Nutzen.

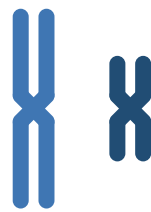
Hier stehen gesundheitliche Effekte bei Kindern im Fokus des Interesses, wobei grundlegende Fragen wie „Welche biologischen Mechanismen liegen der Wirkung mit ionisierender Strahlung zugrunde?“ und „Welchen Einfluss hat das Alter der exponierten Personen?“, entscheidend sind.

Beweis für erhebliche Zeitersparnis in Pilotstudie

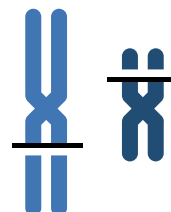
Im Rahmen einer Pilotstudie (Gomolka et al. 2018) sind Blutproben von männlichen Spendern verschiedener Altersgruppen (Nabelschnurblut, Kinder: 2–5 Jahre, Erwachsene: 20–50 Jahre) im CT exponiert worden. Nach Erhöhung der Zellzahl um das Zehnfache ist auch für den niedrigen Dosispunkt (41 mGy) eine statistisch signifikante Erhöhung der strahleninduzierten dizentrischen Chromosomen gezeigt worden (Oestreicher et al. 2018). Es sind insgesamt über 160.000 Zellen in circa vier Wochen ausgewertet worden. Abgesichert ist das Ergebnis durch die manuelle Analyse von 100.000 Zellen durch zwei erfahrene Auswerter, die hierfür allerdings rund ein Jahr (52 Wochen) gebraucht haben. Dies macht die Reduzierung der Arbeitsbelastung deutlich. Die Methode liefert somit auch im niedrigen Dosisbereich wertvolle Ergebnisse für die Strahlenforschung.

Ansprechpartnerin:
Ursula Oestreicher
Biologische Dosimetrie
Tel. 03018 333-2213

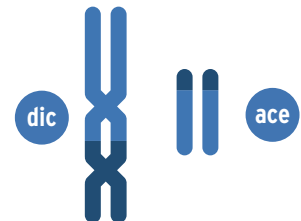
Metaphase aus menschlichen Lymphozyten mit dizentrischem Chromosom (dic) und begleitendem azentrischem Fragment (ace)



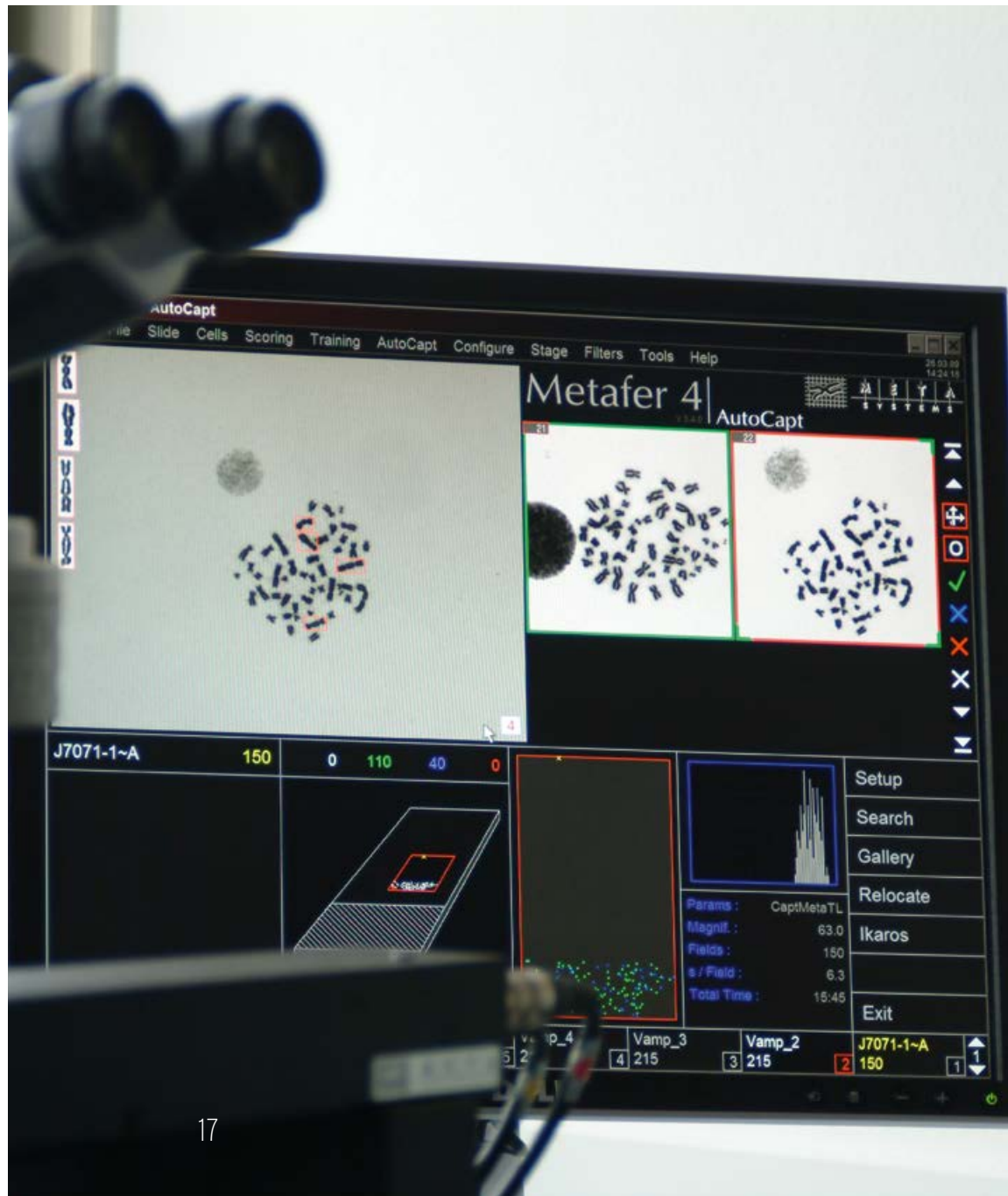
normale Chromosomen



Doppelstrangbrüche

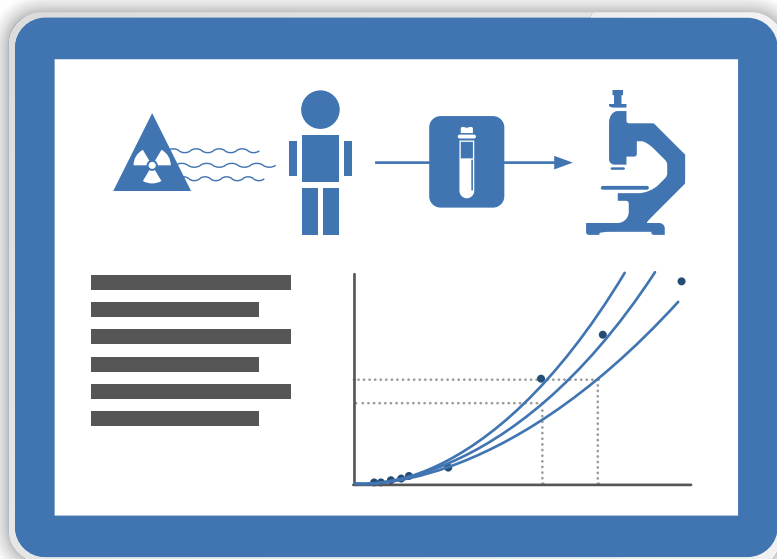


Fehlerhafte Reparatur führt zu dizentrischem Chromosom (dic) und begleitendem azentrischem Fragment (ace).



Etablierung internationaler Qualitätsstandards mithilfe des BfS

Im Netzwerk RENEB arbeiten 16 europäische Länder zusammen.



ABSTRACT

The BfS makes an important contribution for establishing international quality standards

In case of a large scale radiation incident, the medical treatment of potentially exposed persons depends on the radiation dose. Biological dosimetry provides an opportunity to estimate the radiation dose in cases where a dose can no longer be measured directly. The basis for the dose estimation are biological markers, e.g. erroneous repair of chromosomal damage. The results of the corresponding analysis enables the decision if a treatment is necessary and, if so, which treatment is required. The well-established methods for biological dose reconstruction are labor intensive. Therefore, in case of a large scale radiation incident, the collaboration of several experienced international laboratories provides the only possibility for a fast and reliable biological dose reconstruction. The Federal Office for Radiation Protection (BfS) plays a key role in establishing international quality standards to guarantee reliable dose estimates.

Biologische Dosimetrie

Nach einem schweren Strahlenunfall oder einem Terroranschlag mit einer radiologischen Waffe sind unter Umständen viele Personen ionisierender Strahlung ausgesetzt. Um die bestmögliche Behandlung von potenziell exponierten Personen zu gewährleisten, muss eine individuelle Dosisrekonstruktion durchgeführt werden. Dadurch können einerseits Personen identifiziert werden, welche Symptome zeigen, aber nicht exponiert gewesen sind. Andererseits können Personen, die wirklich einer Strahlungs-dosis ausgesetzt gewesen sind, identifiziert und gegebenenfalls medizinisch behandelt werden.

Die biologische Dosimetrie spielt hierbei insbesondere im Falle eines unklaren Expositionsszenarios eine wichtige Rolle. Die Grundlage ist die Entstehung chromosomaler Schäden durch ionisierende Strahlung. Die biologische Dosimetrie erfasst die chromosomalen Schäden. Daraus lassen sich dann Rückschlüsse auf die Strahlendosis ableiten. Das BfS führt seit 1982 bundesweit Chromosomenanalysen im Rahmen der biologischen Dosimetrie durch.

Internationales Netzwerk der biologischen Dosimetrie

Spätestens nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl 1986 ist das Bewusstsein entstanden, dass ein einzelnes nationales Labor nicht ausreicht, um im Falle eines großen Strahlenunfalles eine schnelle und qualitativ hochwertige biologische Dosisrekonstruktion durchzuführen. Anfang 2016 haben sich daher 26 Organisationen aus 16 europäischen Ländern unter der Federführung des BfS zu dem europäischen Netzwerk RENEb – Running the

European Network of Biological and retrospective Physical dosimetry – zusammengeschlossen, um sich bei einem großen Strahlenvorfall gegenseitig zu unterstützen. In der RENEb-Assoziation, die daraus hervorgegangen ist, nimmt das BfS eine wichtige Funktion ein: Es stellt derzeit den Vorsitz.

Internationale Ringversuche

Ein entscheidender Baustein, um vergleichbare Ergebnisse zwischen den verschiedenen Laboren zu gewährleisten, ist die Entwicklung und Etablierung gemeinsamer Qualitätsstandards. Im Rahmen von RENEb werden daher regelmäßige Ringversuche durchgeführt. Dadurch ist gezeigt worden, dass die Heterogenität statistischer Methoden zu Problemen in der Dosis- und Unsicherheitsabschätzung führt.

Verschiedene Methoden und Softwarelösungen

Die statistische Abschätzung der Unsicherheiten für die retrospektive Dosimetrie ist eine große Herausforderung. Eine zuverlässige Abschätzung ist ein essenzieller Bestandteil bei der Etablierung internationaler Qualitätsstandards für die biologische Dosimetrie. Durch die stetige Weiterentwicklung statistischer Methoden stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung. Zusätzlich erfordern verschiedene Expositionsszenarien oder biologische Marker zur Dosisrekonstruktion unterschiedliche statistische Verfahren. Für Anwender*innen ohne mathematischen oder statistischen Hintergrund ist es daher oft schwierig zu entscheiden, welche Methode für die gegebene Situation anzuwenden ist. Außerdem sind die bestehenden Softwarelösungen oft kompliziert und daher fehleranfällig.

Entwicklung einer Software zur Dosisrekonstruktion

Biomathematiker*innen und Biolog*innen aus Großbritannien, Frankreich, Spanien und Deutschland haben sich daher im Rahmen des europäischen Netzwerks zusammengeschlossen, um ein frei zugängliches Online-Software-Tool zu entwickeln. Es soll einfach zu bedienen sein, über eine umfangreiche Dokumentation verfügen, die harmonisierte und robuste Abschätzung der Unsicherheiten und durch ein modulares Design die einfache Einbindung neuer Entwicklungen ermöglichen. Eine der großen Herausforderungen ist hierbei die interdisziplinäre Zusammenarbeit. Die Anwender*innen kommen aus der Biologie. Informatiker*innen hingegen entwickeln die Software. Nach der Entwicklungs- und Testphase soll die Software als Standard zur Dosis- und Unsicherheitsabschätzung etabliert werden und Laboren weltweit kostenlos zur Verfügung gestellt werden.

Ansprechpartner:
Dr. David Endesfelder
Biologische Dosimetrie
Tel. 03018 333-2662

Mehr Sicherheit bei der Anwendung nichtionisierender Strahlung am Menschen durch neue Verordnung

Hintergrund

Anwendungen nichtionisierender Strahlung, die ursprünglich eindeutig im medizinischen Bereich verankert gewesen sind, werden zunehmend im Bereich kosmetischer und sonstiger nichtmedizinischer Anwendungen genutzt. Das betrifft beispielsweise Laseranwendungen, etwa zur Entfernung von ungeliebten Tätowierungen oder unerwünschtem Haarwuchs, aber auch Anwendungen des Ultraschalls. Elektrische Ströme werden in Fitnessstudios zur Stimulation von Nerven und Muskeln eingesetzt. Hochfrequente elektromagnetische Felder werden in Kosmetikstudios zur Behandlung der Haut angewendet und in Kombination mit optischer Strahlung auch zur Epilation. Unter dem Begriff „Bodyshaping“ werden unterschiedlichste Verfahren zur mehr oder weniger erfolgreichen Zerstörung von Fettzellen angeboten. Bei Fehlanwendungen bestehen Risiken für die Kund*innen, in manchen Fällen auch für die Anwender*innen selbst oder für Dritte.

Das BfS ist fachlich an der Erarbeitung der Verordnung zum Schutz vor schädlichen Wirkungen nichtionisierender Strahlung bei der Anwendung am Menschen (NiSV) beteiligt gewesen und begrüßt diese ausdrücklich.

Wichtige Regelungen der NiSV:

1. Anforderungen an den Betrieb

Die NiSV fordert beispielsweise die ordnungsgemäße Installation der Anlage am Betriebsort, die Einweisung in die sachgerechte Handhabung, Aufklärung und Beratung der Kund*innen und gegebenenfalls Vorkehrungen zum Schutz Dritter ein. Die genannten Punkte müssen nachvollziehbar dokumentiert werden. Neu ist zudem die Pflicht, den Betrieb der Anlage spätestens zwei Wochen vor Inbetriebnahme bei den zuständigen Landesbehörden anzuzeigen. Schon existierende Betriebe müssen bis zum 31.03.2021 gemeldet werden.

ABSTRACT

Greater safety in the application of non-ionising radiation to humans for non-medical use: What about the new regulation?

Applications of non-ionizing radiation for cosmetic and other non-medical purposes are booming. Under Article 4 of the Ordinance on the Further Modernization of Radiation Protection Law, the legislator has for the first time regulated this area in a legally binding manner. The BfS participated in the development of the Ordinance on Protection against Harmful Effects of Non-ionising Radiation on Human Beings (NiSV) and expressly welcomes this new regulation. The ordinance will enter into force on 31.12.2020, the requirements for technical knowledge for applications that are not subject to doctor's approval on 31.12.2021.

2. Anforderungen an die Fachkunde

2.1. Arztvorbehalt

Einige Anwendungen dürfen künftig nur noch von approbierten Ärzt*innen mit entsprechender ärztlicher Weiter- oder Fortbildung durchgeführt werden. Dazu gehören beispielsweise die Behandlung von Gefäßveränderungen, die Entfernung von Tätowierungen, die

Fettgewebereduktion, die gezielte Überhitzung mit Ultraschall und die Entfernung pigmentierter Hautveränderungen. Die Stimulation des zentralen Nervensystems (Gehirn und Rückenmark) mit Gleichstrom, niederfrequentem Wechselstrom und Magnetfeldern darf künftig ebenfalls nur von approbierten Ärzt*innen durchgeführt werden.

2.2. Anwendungen mit Fachkunde

Auch Anwendungen, die nicht unter Arztvorbehalt gestellt sind, dürfen künftig nur noch von Personen durchgeführt werden, die über die erforderliche Fachkunde verfügen. Hierzu gehören beispielsweise die dauerhafte Haarentfernung mit Lasern oder IPL-Geräten sowie Verfahren zur Stimulation des peripheren Nervensystems oder zur Muskelstimulation. Kurse und Schulungen gemäß NiSV müssen erst aufgebaut werden. Die Federführung hierfür liegt beim Bundesumweltministerium (BMU), das BfS unterstützt das BMU fachlich. Dieser Teil der NiSV tritt erst am 31.12.2021 in Kraft.

2.3 Verbote

Auch wenn korrekt angewendeter bildgebender Ultraschall eine vergleichsweise sichere Untersuchung ist, sind nichtmedizinische Anwendungen von Ultraschall, bei denen der Fötus exponiert werden kann, verboten. Das Verbot dient dem Schutz des ungeborenen Lebens durch mögliche Risiken von medizinisch nicht notwendigem bildgebendem Ultraschall.

Die Ultraschall-Untersuchungen im Rahmen der Schwangerschaftsvorsorge sind hiervon nicht betroffen, da diese medizinisch indizierten Untersuchungen einen großen Nutzen bringen, der ein mögliches Risiko weit überschreitet.

Ansprechpersonen:

Dr. Monika Asmuß

Optische Strahlung

Tel. 03018 333-2147

PD Dr. Blanka Pophof

Elektrische, magnetische

und elektromagnetische Felder

Tel. 03018 333-2146

Dr. Jens Kuhne

Elektrische, magnetische

und elektromagnetische Felder

Tel. 03018 333-2825

UV-Strahlung und Gesundheit - messen für den Schutz

Licht und Wärme

ermöglichen
das Leben
auf der Erde.

**15
Millionen**
Kelvin

beträgt die Temperatur im Inneren
der Sonne, auf der Oberfläche sind
es immerhin noch rund 6.000 K.

Jeder weiß inzwischen, dass ultraviolette (UV-)Strahlung geringst dosiert verantwortlich für die körpereigene Vitamin-D-Synthese ist. Gleichzeitig aber schädigt sie ernsthaft Auge und Haut. Und auch, dass UV-Strahlung Hauptursache für Hautkrebs ist, ist allgemein bekannt. Trotzdem erleiden jedes Jahr viele Menschen schmerzhafte Sonnenbrände und erhöhen damit ihr eigenes Hautkrebsrisiko. Die Hautkrebserkrankungszahlen steigen in Deutschland weiter und weiter an. Dabei ist es ganz einfach, Krankheiten, die durch UV-Strahlung ausgelöst werden – einschließlich Hautkrebserkrankungen – effektiv durch das richtige Verhalten vorzubeugen und so das Erkrankungsrisiko zu reduzieren.

UV-Schutz in unterschiedlichen Lebenswelten

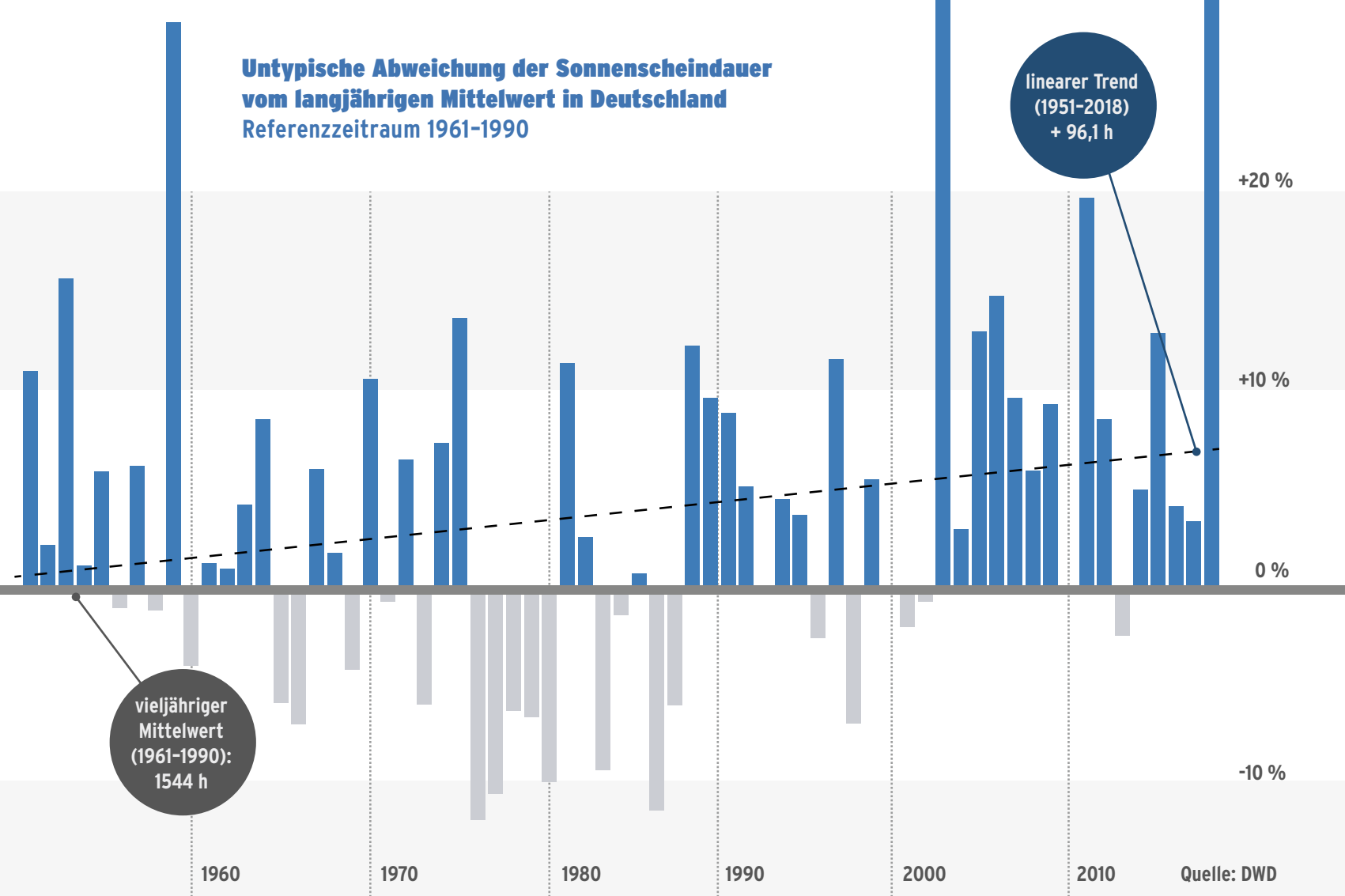
Wer sich richtig verhalten möchte, stößt dennoch oftmals an Grenzen: Wie soll ich mich in der Schulpause vor zu viel Sonne schützen, wenn der Pausenhof eine einzige strahlende Betonwüste ist? Wie soll ich das Dach decken, ohne in der Sonne zu brutzeln? Um genau diese Fragen endgültig zu beantworten, konzentriert sich das BfS zusammen mit seinen Partnern im UV-Schutz-Bündnis (www.bfs.de/uv-schutz-buendnis) auf Maßnahmen, die UV-Schutz in den unterschiedlichen Lebenssituationen erleichtern. Dazu gehört auch die Information über die aktuell herrschende UV-Belastung in Form des UV-Index (UVI, www.bfs.de/uv-index.de).

ABSTRACT

UV radiation and health - we measure for your protection

UV radiation can have serious health consequences, and it is relatively easy to protect oneself against them by behaving correctly. However, there are deficits in people's living environments that make it difficult to live UV protection. The BfS with its partners in the UV Protection Alliance concentrates therefore on the establishment of measures, which facilitate UV protection. This also includes information about the current UV exposure in the form of the UV index. This information is becoming more and more important in view of climate change, as the climate-change-induced increase of the sunshine duration can mean an increase in the annual UV dose and thus an increase in the UV lifetime dose - a clear risk factor for light skin cancer. Adaptation strategies to overcome the consequences of climate change should therefore also include instruments to reduce the UV exposure of the population.

Untypische Abweichung der Sonnenscheindauer vom langjährigen Mittelwert in Deutschland Referenzzeitraum 1961-1990



Der UV-Index

Der UVI wird weltweit von unterschiedlichen Institutionen gemessen und veröffentlicht. In Deutschland sind dies in erster Linie der Deutsche Wetterdienst (DWD, www.uv-index.de) und das BfS. Die Daten des BfS beruhen auf täglich erfassten Messwerten der Stationen des UV-Messnetzes (www.bfs.de/uv-messnetz.de). Das UV-Messnetz ist ein Zusammenschluss mehrerer Institutionen und Behörden in Deutschland. Die Messnetzzentrale befindet sich im BfS Oberschleißheim-Neuherberg bei München. Hier werden alle Messdaten des Messnetzes gespeichert, qualitätsgesichert, ausgewertet und in Form

des UV-Index – als aktuelle Messwerte des Tageshöchstwerts oder im Tagesverlauf und als Prognose für zehn Prognosegebiete – im Internet veröffentlicht. Für die Prognosen existiert ein UV-Newsletter des BfS (www.bfs.de/uv-newsletter). Viele Personen und auch Einrichtungen wie Kindergärten haben ihn bereits abonniert und nutzen ihn, um rechtzeitig UV-Schutzmaßnahmen zu ergreifen. Und das ist auch gut so; denn aufgrund des Klimawandels droht sich die UV-Belastung noch zu erhöhen.

Mehr Sonnenstunden

Der Klimawandel führt auch in Deutschland dazu, dass sich die Bewölkungssituation übers Jahr verändert. Dadurch kann es mehr sonnige Tage im Jahr geben. Laut DWD hat sich die Sonnenscheindauer von 1951 bis 2018 um circa 96 Stunden erhöht.

Januar

Februar

März

April

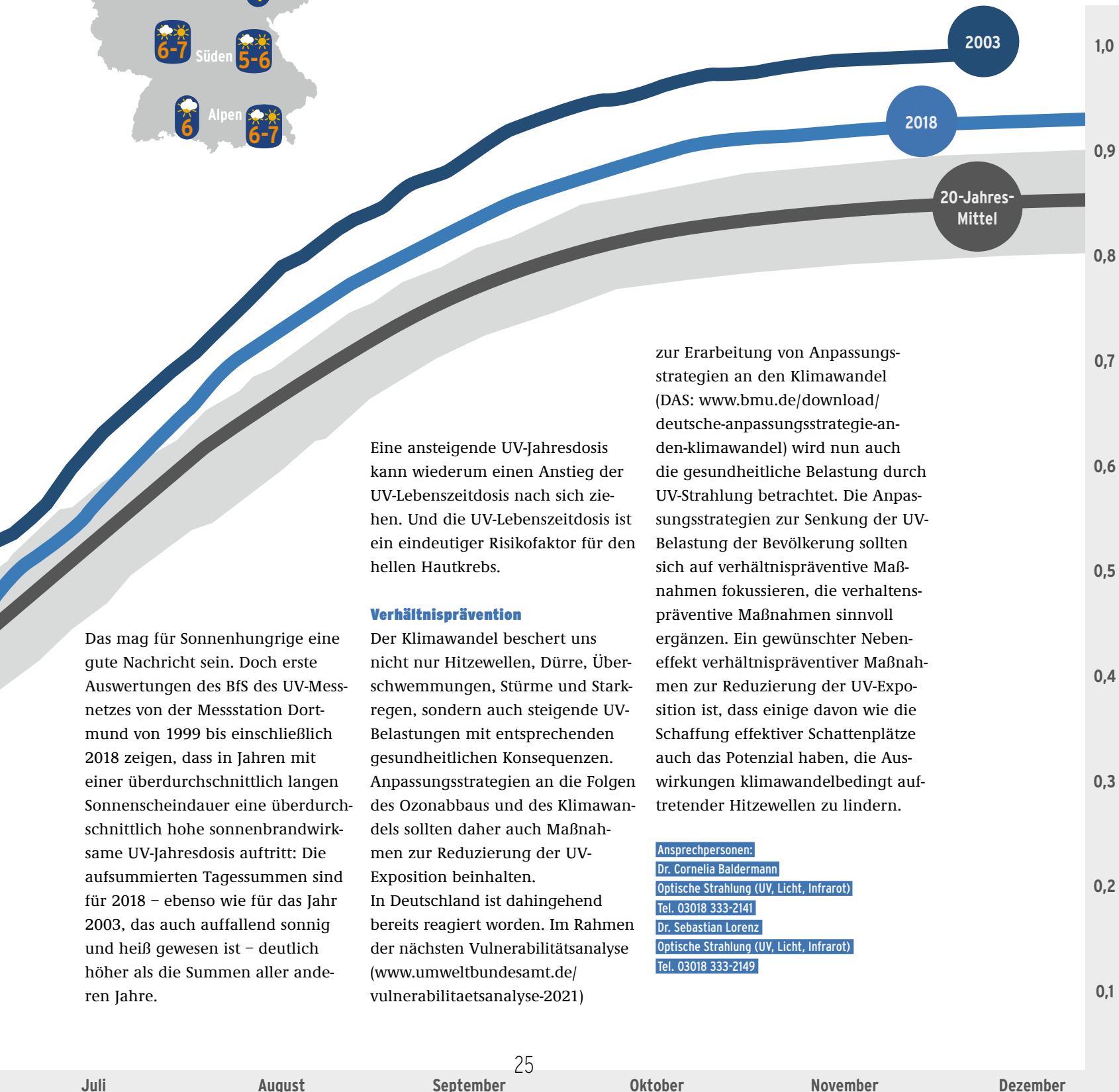
Mai

Juni

Der UV-Index ist ein Maß für den Tagesspitzenwert der sonnenbrandwirksamen Stärke der UV-Strahlung.



Aufsummierte Tagessummen der erythemwirksamen Bestrahlungsstärke in Dortmund, 1999-2018



Eine ansteigende UV-Jahresdosis kann wiederum einen Anstieg der UV-Lebenszeitdosis nach sich ziehen. Und die UV-Lebenszeitdosis ist ein eindeutiger Risikofaktor für den hellen Hautkrebs.

Verhältnisprävention

Der Klimawandel beschert uns nicht nur Hitzewellen, Dürre, Überschwemmungen, Stürme und Starkregen, sondern auch steigende UV-Belastungen mit entsprechenden gesundheitlichen Konsequenzen. Anpassungsstrategien an die Folgen des Ozonabbaus und des Klimawandels sollten daher auch Maßnahmen zur Reduzierung der UV-Exposition beinhalten. In Deutschland ist dahingehend bereits reagiert worden. Im Rahmen der nächsten Vulnerabilitätsanalyse (www.umweltbundesamt.de/vulnerabilitaetsanalyse-2021)

zur Erarbeitung von Anpassungsstrategien an den Klimawandel (DAS: www.bmu.de/download/deutsche-anpassungsstrategie-an-den-klimawandel) wird nun auch die gesundheitliche Belastung durch UV-Strahlung betrachtet. Die Anpassungsstrategien zur Senkung der UV-Belastung der Bevölkerung sollten sich auf verhältnispräventive Maßnahmen fokussieren, die verhaltenspräventive Maßnahmen sinnvoll ergänzen. Ein gewünschter Nebeneffekt verhältnispräventiver Maßnahmen zur Reduzierung der UV-Exposition ist, dass einige davon wie die Schaffung effektiver Schattenplätze auch das Potenzial haben, die Auswirkungen klimawandelbedingt auftretender Hitzewellen zu lindern.

Ansprechpersonen:
 Dr. Cornelia Baldermann
 Optische Strahlung (UV, Licht, Infrarot)
 Tel. 03018 333-2141
 Dr. Sebastian Lorenz
 Optische Strahlung (UV, Licht, Infrarot)
 Tel. 03018 333-2149

Bedeutsame Vorkommnisse in der Medizin

Medizinische Strahlenanwendungen gewinnen aufgrund vielfältiger technischer Innovationen sowohl für die Diagnostik als auch für die Therapie von Erkrankungen immer mehr an Bedeutung. Die zunehmende Häufigkeit und Komplexität dieser Strahlenanwendungen erhöhen jedoch unweigerlich auch das Risiko von Fehlexpositionen und Anwendungsfehlern mit einer (potenziellen) Schädigung von Personen. Zur Gewährleistung eines hohen Schutzniveaus und dessen kontinuierlicher Verbesserung ist es daher nötig, derartige Vorkommnisse zu erfassen und im Detail aufzuarbeiten (retrospektiver Aspekt) sowie die daraus gewonnenen Erkenntnisse zeitnah zu verbreiten. Diese oder ähnliche Vorkommnisse sollen sich in anderen Einrichtungen nicht wiederholen (prospektiver Aspekt).

Lernen aus Erfahrungen

Daher fordert die europäische Richtlinie 2013/59/EURATOM vom 5. Dezember 2013 von den Mitgliedstaaten, entsprechende Maßnahmen zur Minimierung der Gefährdung von Patient*innen und Personal durch Vorkommnisse bei der Anwendung von Strahlung in der Medizin zu treffen. Als eine zentrale Maßnahme werden in Artikel 63 der EU-Richtlinie Mechanismen gefordert, die für die zeitnahe Verbreitung von Informationen zum Strahlenschutz bei medizinischen Expositionen sorgen, die aus den Erfahrungen mit bedeutsamen Ereignissen gewonnen worden sind.

Die Richtlinie ist in Deutschland mit dem Gesetz zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (Strahlenschutzgesetz – StrlSchG) und der Verordnung zum Schutz vor der schädlichen Wir-

kung ionisierender Strahlung (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV) umgesetzt worden.

Das BFS betreibt seit Anfang 2019 als zentrale Stelle ein elektronisches System zur bundeseinheitlichen Erfassung bedeutsamer Vorkommnisse in der Medizin. Dazu ist ein webbasiertes und datenbankgestütztes Melde- und Informationssystem für bedeutsame Vorkommnisse in der Medizin (BeVoMed) entwickelt worden. Das Meldesystem richtet sich an die zuständigen Landesbehörden, denn diese haben unverzüglich die zentrale Stelle zu informieren, sobald ihnen durch Strahlenschutzverantwortliche einer Einrichtung ein Vorkommnis gemeldet wird.

Darüber hinaus wird die zentrale Stelle anhand der Bewertungen gemeldeter bedeutsamer Vorkommnisse vorbeugende Empfehlungen zur Vermeidung ähnlicher Ereignisse zum Schutz von Patient*innen und Fachpersonal ableiten und bundesweit kommunizieren.

Definition: Bedeutsames Vorkommnis

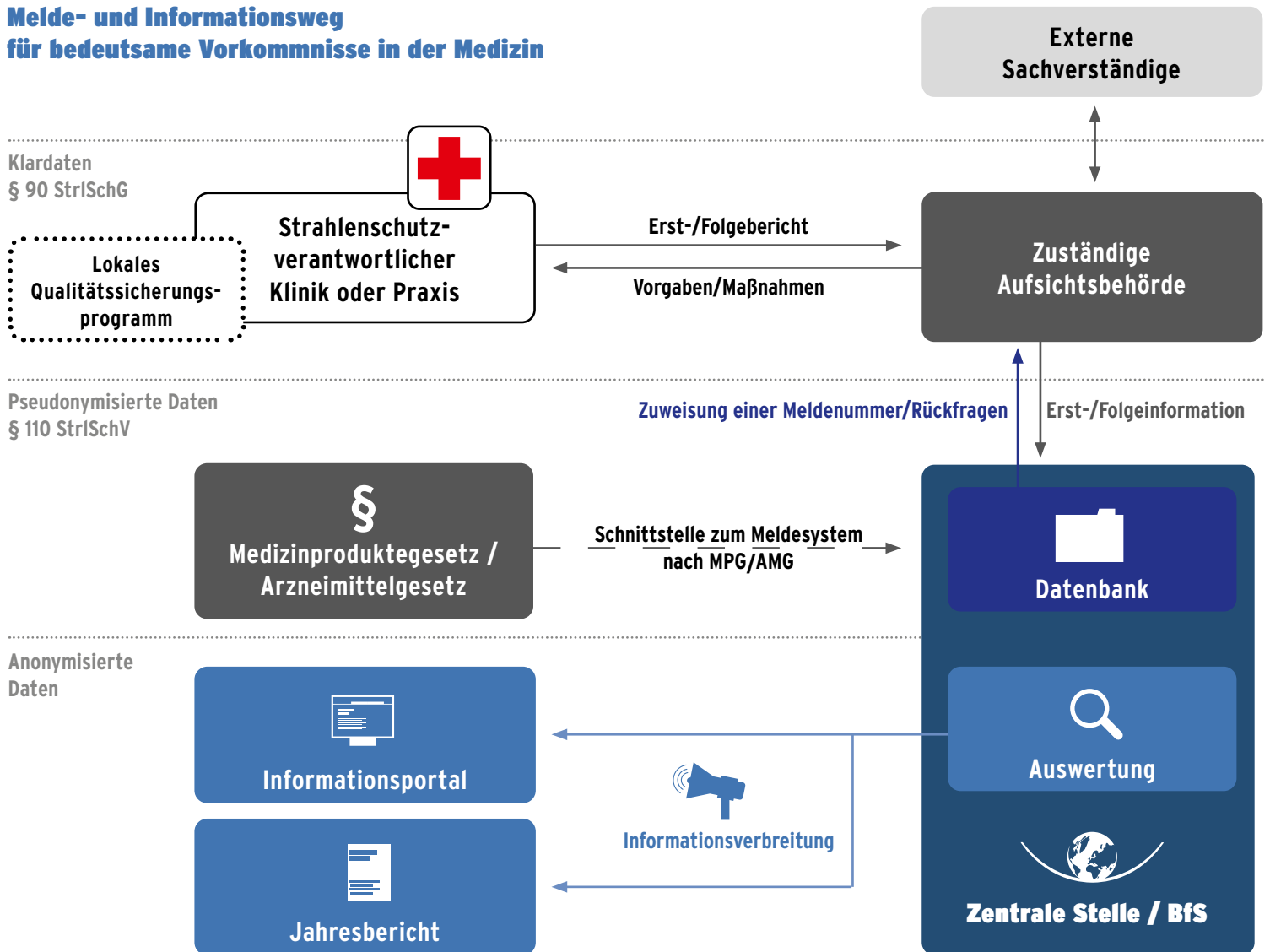
Aber nicht jedes Vorkommnis ist meldepflichtig, sondern nur diejenigen, die als „bedeutsam“ einzustufen sind. Hierzu sind Kriterien für zu meldende bedeutsame Vorkommnisse definiert worden. So sind zum Beispiel Abweichungen vom vorgesehenen Behandlungsplan, Patient*innenverwechslung oder unerwartete Nebenwirkungen als Kriterien für das Vorliegen eines bedeutsamen Vorkommnisses festgelegt. Die Meldekriterien sind nicht auf diagnostische und therapeutische Verfahren aus dem alltäglichen Praxis- oder Klinikbetrieb beschränkt, sondern finden auch für den Bereich der medizinischen Forschung Anwendung.

ABSTRACT

Significant events in medicine –
“Technology is fallible and to err is human”

The increasing frequency and complexity of medical radiation exposures to humans inevitably result in higher risks of harmful unintended or accidental radiation exposures, as technology is fallible and to err is human. To ensure a high level of protection and its continuous improvement, the Directive 2013/59/Euratom thus requires to systematically record and analyze both events and near-miss events as well as, in the case of their significance, to disseminate information regarding lessons learned from these events promptly and nationwide to improve radiation protection in medicine. These requirements have been transposed into German legislation by the new Radiation Protection Act and Radiation Protection Ordinance that entered into force simultaneously on December 31st, 2018.

Melde- und Informationsweg für bedeutsame Vorkommnisse in der Medizin



Bedeutsamkeitskriterien für unterschiedliche Strahlenanwendungen

Die Bedeutsamkeitskriterien für Strahlenexpositionen am Menschen beziehen sich auf verschiedene Arten von Strahlenanwendungen am Menschen:

1. Untersuchungen mit ionisierender Strahlung oder radioaktiven Stoffen
2. Interventionen
3. Behandlungen mit ionisierender Strahlung oder umschlossenen radioaktiven Stoffen
4. Behandlungen mit offenen radioaktiven Stoffen

5. Betreuungs- und Begleitpersonen
6. Anwendung ionisierender Strahlung oder radioaktiver Stoffe am Menschen zum Zweck der medizinischen Forschung
7. Ereignisse mit beinahe erfolgter Exposition

Bei der Meldung an das BfS werden keine Informationen erhoben, die eine Identifikation der betroffenen Einrichtung oder der involvierten Personen zulassen. Die Anforderungen des Datenschutzrechts bleiben damit gewahrt.

Die eingegangenen Meldungen werden zukünftig regelmäßig wissenschaftlich ausgewertet und die Ergebnisse sowie die daraus abgeleiteten Empfehlungen für den Strahlenschutz veröffentlicht.

Ansprechpartner:

Jonas Buermeyer

Sicherheit von Strahlenquellen,

Besondere Vorkommnisse, Bauartzulassung

Tel. 03018 333-4516

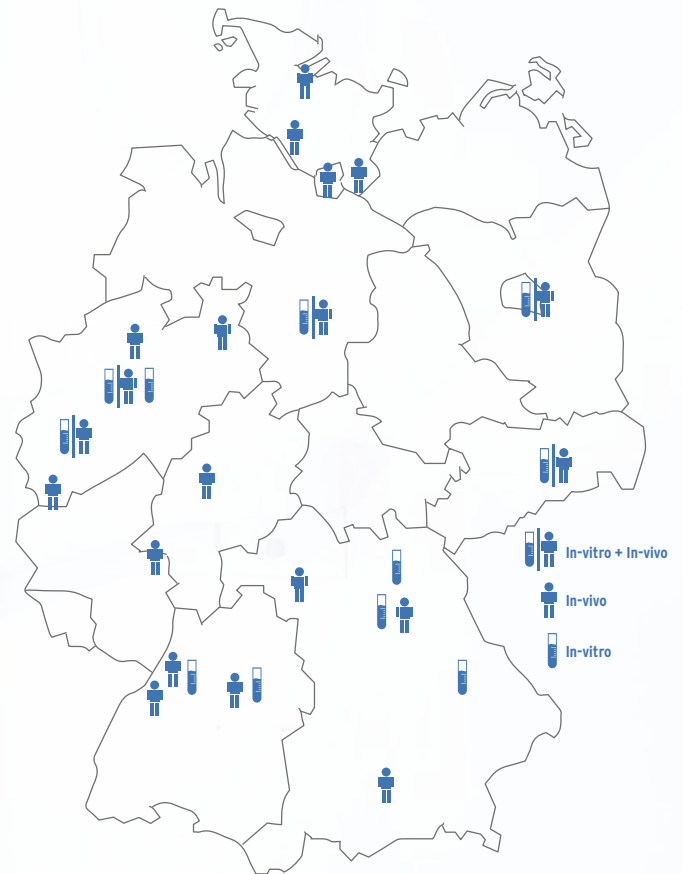
Dr. Peter Rexrodt

Ermittlung und Bewertung der Strahlenexposition

von Patienten in Diagnostik und Therapie

Tel. 03018 333-2312

Ringversuche zur Qualitätssicherung bei der Inkorporations- überwachung



ABSTRACT

Interlaboratory analysis for quality assurance in incorporation monitoring

The Federal Office for Radiation Protection offers proficiency tests for bioassay service laboratories. Brick phantoms are used for whole-body counters. To this end, radioactive sources as well as whole-body and particular organ phantoms are produced by the BfS. Furthermore, samples for in-vitro analyses are prepared in a central laboratory. Each kind of proficiency is offered once a year. Results from proficiency tests performed over many years demonstrate that bioassay laboratories in general produce correct and accurate results.

Die Bestimmung radioaktiver Stoffe im menschlichen Körper ist ein Baustein der beruflichen Strahlenschutzkontrolle. Wer in seinem Beruf einem erhöhten Risiko ausgesetzt ist, Radionuklide zu inkorporieren, also in den Körper aufzunehmen, muss bei einer Inkorporationsmessstelle regelmäßig untersucht werden. Ein Inkorporationsrisiko kann besonders dann bestehen, wenn Beschäftigte mit offenen radioaktiven Stoffen arbeiten. Dies kann beispielsweise bei der Herstellung oder der Anwendung von Radiopharmazeutika oder beim Rückbau kerntechnischer Anlagen der Fall sein.

Nachweis von Radionukliden im Menschen

Es gibt verschiedene Methoden, radioaktive Stoffe im Menschen nachzuweisen. Radionuklide, die bei ihrem Zerfall Gammastrahlung aussenden, können von außen direkt nachgewiesen werden. Dies ist möglich, da Gammastrahlung durchdringend ist, den menschlichen Körper also verlassen und mit geeigneten externen Detektoren gemessen werden kann. Deshalb wird diese Art von Untersuchung als In-vivo-Messung oder auch Direktmessung bezeichnet. Je nachdem, ob der menschliche Körper als Ganzes oder nur ein einzelnes Organ – zum Beispiel die Schilddrüse – untersucht wird, unterscheidet man Ganz- und Teilkörpermessungen.

Radionuklide, die keine Gammastrahlung aussenden, können nur durch die Untersuchung von Urin- oder Stuhlproben indirekt nachgewiesen werden (In-vitro-Methode), da von inkorporierten Radionukliden Tag für Tag zumindest ein kleiner Teil wieder ausgeschieden wird. Deshalb kann über die Aktivität in

den Ausscheidungen eine Rückrechnung auf die Aktivität im Körper erfolgen. Daher wird hier von „Ausscheidungsanalytik“ gesprochen. Diese Analyseverfahren sind oft mit vielen chemischen Arbeitsschritten verbunden und können teilweise einige Tage dauern.

Um sicherzustellen, dass In-vivo- und In-vitro-Inkorporationsmessungen richtig und genau genug messen, müssen sie an sogenannten Ringversuchen teilnehmen. In der Strahlenschutzverordnung ist festgelegt, dass das Bundesamt für Strahlenschutz diese Ringversuche anbietet. Insgesamt gibt es derzeit in Deutschland 26 Inkorporationsmessstellen (s. Abb. links).

In-vivo- und In-Vitro-Ringversuche

Für In-vivo-Ringversuche fahren Mitarbeiter*innen des Bfs mit einem „Phantom“ zu den In-vivo-Inkorporationsanlagen in Deutschland. Dieses vom Bfs verwendete Phantom besteht aus Polyethylen-Ziegeln, mit denen ein menschlicher Körper in groben Zügen nachgebildet wird. In den Ziegeln sind Bohrungen, in die radioaktive Quellen eingeführt werden. Durch die Ziegelbauweise können sitzende, stehende und liegende Personen nachgestellt werden – je nachdem, welches Messgerät die jeweilige Messstelle verwendet (s. Abb. unten).

Der Auf- und Abbau des Phantoms und der Einbau der Quellen erfolgen vor Ort. Die Quellen und spezielle Phantom-Teile, zum Beispiel Schilddrüsen, werden vom Bfs hergestellt, Letztere per 3D-Druck.

In-vitro-Ringversuche verlaufen anders. Hierfür werden zunächst Urinproben von beruflich nichtbelasteten Personen gesammelt. Diesen Proben werden in einem Labor

des Bfs Radionuklide zugegeben. Anschließend werden sie per Post an die Messstellen verschickt und dort analysiert.

Beleg für genau Arbeitsweise

Um einen Ringversuch erfolgreich zu bestehen, dürfen die von den Messstellen ermittelten Aktivitäten nicht mehr als 25 Prozent unter und nicht mehr als 50 Prozent über den wahren Werten liegen. Dies mag auf den ersten Blick viel erscheinen, ist jedoch für die praktische Strahlenschutz-Überwachung ausreichend. Außerdem dürfen Ergebnisse von Wiederholungsmessungen nicht zu stark abweichen. Sowohl die In-vivo- als auch die In-vitro-Ringversuche werden jährlich angeboten.

Die Ergebnisse der Bfs-Ringversuche belegen, dass die Inkorporationsmessstellen in Deutschland sehr zuverlässig und genau arbeiten. Insgesamt ist die Belastung beruflich strahlenexponierter Personen durch inkorporierte radioaktive Stoffe in Deutschland mit einer Kollektivdosis (effektive 50-Jahre-Folgedosis) von circa 70 mSv pro Jahr gering. Dies ist auf gute praktische Schutzmaßnahmen zurückzuführen wie die Benutzung von Atemschutzmasken oder das Arbeiten in Abzügen.

Ziegelphantom in einer Ganzkörpermessanlage



Radioaktives Tritium in Uhren und Schlüsselanhängern



ABSTRACT

Scarcely noted: Radioactive Tritium in watches and key rings

In order to protect consumers, the BfS investigated possible health risks of consumer goods containing radioactive tritium. Preliminary results yield that the health risk resulting from the intended use of a watch or a key ring with tritium is very low. The dose calculated from the inhalation of diffusing tritium during the normal use of a watch or key-ring was always less than 0.01 mSv per year. Radiation exposure resulting from the bremsstrahlung of a key-ring does not exceed a dose of 0.01 mSv per year during normal use. The dose originating from a watch with GTLS (gaseous tritium light source) is negligible due to the shielding by the watch glass and housing. All measured doses are very low compared to the effective average dose from natural radiation exposure, which amounts to about 2.1 mSv per year for a person in Germany.

Zum Schutz der Verbraucher*innen hat das BFS mögliche gesundheitliche Risiken von Konsumgütern mit radioaktivem Tritium untersucht. Erste Ergebnisse zeigen, dass das gesundheitliche Risiko beim bestimmungsgemäßen Gebrauch eines Konsumgutes mit Tritium für Nutzer*innen äußerst gering ist. Der Zusatz radioaktiver Stoffe zu Konsumgütern und der Import solcher Konsumgüter bedürfen in Deutschland grundsätzlich der Genehmigung. Die Herstellung von Konsumgütern mit Tritium und deren Import sind bis zu einer Aktivität von maximal 1 Gigabecquerel (GBq) – der sogenannten Freigrenze – zulässig. Die Freigrenze ist die Menge an radioaktivem Material, von der nur eine sehr geringe Gefährdung ausgeht.

Wozu benötigt man radioaktives Tritium?

Gasförmiges radioaktives Tritium wird in Tritium-Gaslichtquellen (GTLS, engl. für gaseous tritium light source) eingesetzt.

GTLS sind selbstleuchtende Markierungen, die aus wenige Millimeter langen Röhrchen aus Glas bestehen und auf der Innenseite eine Leuchtschicht besitzen, die durch die Betastrahlung des Tritiums zu ständiger Lumineszenz angeregt wird. GTLS werden zur Sichtbarkeit bei Dunkelheit zum Beispiel in Schlüsselanhängern oder auf dem Zifferblatt beziehungsweise den Zeigern von Armbanduhren verbaut.

Wie stark ist die Strahlung?

Die Tritium-Betastrahlung wird aufgrund der geringen maximalen Zerfallsenergie von 18,6 keV (Kiloelektronenvolt) in der Glaswand der GTLS vollständig absorbiert. Aus der Abbremsung der Elektronen in der Leuchtschicht und der Glaswand entsteht Bremsstrahlung, die

außen an einer GTLS nachweisbar ist. Zentrale Messgrößen zur Beurteilung der Strahlenexposition sind daher die Dosis der Bremsstrahlung der GTLS sowie die Dichtigkeit von Schlüsselanhängern und Uhren.

Besteht ein Risiko?

Das Tritium ist in den GTLS fest eingeschlossen und kann nur durch Zerstörung (zum Beispiel bei einem Unfall) vollständig entweichen. Eine kleine Menge an Tritium diffundiert aber durch die Glaswand. Die höchste gemessene Leckrate hat dabei maximal drei Becquerel (Bq) Tritium pro Tag betragen und damit deutlich unterhalb des Dichtheitskriteriums für Strahlenquellen von 200 Bq nach DIN ISO 9978 gelegen. Die durch Einatmen des austretenden Tritiums berechnete Dosis beträgt weniger als 0,01 Millisievert (mSv) im Jahr.

Die durch die Bremsstrahlung entstehende Exposition durch Schlüsselanhänger überschreitet bei normaler Nutzung eine Dosis von 0,01 mSv im Jahr für Verbraucher*innen nicht. Die Exposition durch Tragen einer Uhr mit GTLS ist aufgrund der Abschirmung durch das Uhrenglas und -gehäuse noch geringer. Insgesamt ist die zusätzliche Strahlenbelastung aus einer Uhr oder einem Schlüsselanhänger im Vergleich zur natürlichen Strahlenbelastung, die für eine Person in Deutschland etwa 2,1 mSv pro Jahr beträgt, als gering zu bewerten.

Wie erkenne ich Uhren oder Schlüsselanhänger mit Tritium?

Uhren mit einer Aktivität von höchstens 1 GBq Tritium sind vom Hersteller auf dem Zifferblatt meist mit „T25“ oder „H3“ gekennzeichnet. Schlüsselanhänger mit Tritium werden oft ohne Kennzeichnung verkauft.

Grundsätzlich müssen Verbraucher*innen aufgrund der gesetzlichen Regelungen aber mindestens auf der Verpackung oder in der Bedienungsanleitung des Konsumgutes auf den enthaltenen radioaktiven Stoff hingewiesen werden.

Gibt es nicht-radioaktive Alternativen?

Die allermeisten Uhren beziehungsweise Schlüsselanhänger enthalten eine anorganische, nicht radioaktive Leuchtfarbe, die nach Beleuchtung durch Tageslicht für mehrere Stunden gut sichtbares Licht in der Nacht erzeugt.

Wie muss ich Konsumgüter mit Tritium entsorgen?

Grundsätzlich sind die Hersteller von Konsumgütern mit radioaktiven Stoffen gesetzlich verpflichtet, diese kostenfrei zurückzunehmen. Sollte das nicht mehr möglich sein (zum Beispiel, weil der Hersteller nicht mehr existiert), können sich Verbraucher*innen an die zuständige Landesbehörde in ihrem Bundesland wenden.

Ansprechpartner:

Dr. Erio Rahders

Sicherheit von Strahlenquellen,

besondere Vorkommnisse, Bauartzulassung

Tel. 03018 333-4521

Gibt es eine vernachlässigbare Strahlenexposition?

Durch den Rückbau kerntechnischer Anlagen, aber auch in Forschung, Medizin und Industrie fällt täglich radioaktives Material an. Dabei ist die Radioaktivität oft so gering oder bereits so weit abgeklungen, dass es der sogenannten Freigabe nach Strahlenschutzverordnung zugeführt werden kann. Im günstigsten Fall kann es aus Sicht des Strahlenschutzes frei von jeder Einschränkung weiterverwendet werden.

Dosiskriterium der Freigabe

Voraussetzung für eine Freigabe geringfügig radioaktiven Materials ist die Einhaltung des Dosiskriteriums, das besagt, dass eine Einzelperson der Bevölkerung im ungünstigsten Fall nur eine effektive Dosis im Bereich von 10 Mikrosievert pro Jahr erhalten kann. Eine solche Dosis ist im Vergleich zu der unvermeidbar aus natürlicher Strahlung in Deutschland im Mittel erhaltenen Dosis nicht nachweisbar und kann außer Acht gelassen werden. Wegen dieser Geringfügigkeit bedarf es keiner weiteren rechtlichen Regelung nach dem Rechtsgrundsatz „de minimis non curat lex“ (lat. „Das Recht kümmert sich nicht um Kleinigkeiten“). Eine atom- und strahlenschutzrechtliche Überwachung des Materials ist nicht mehr erforderlich. Das Material ist nach einer Freigabe im juristischen Sinne nicht-radioaktiv.

Der Atomausstieg in Deutschland weckt bei manchen Bürger*innen Ängste. Es wird befürchtet, der massive Anlagenrückbau führe zu einer Entsorgung radioaktiven Materials in der Umwelt. Tatsächlich hat die Freigabe jedoch gar nichts mit der Entsorgung oder Endlagerung radioaktiver Abfälle zu tun. Zudem wird von Kritiker*innen auch immer wieder vorgebracht, es gebe prinzipiell keine vernachlässigbare Strahlenexposition.

Strahlenschutzverordnung handlungsweisend

Eine wesentliche Grundlage des Handelns verantwortlicher Akteur*innen im Strahlenschutz in der Bundesrepublik Deutschland ist die Strahlenschutzverordnung. Sie ist auch in ihrer 2018 novellierten Fassung auf der Grundlage des Standes von Wissenschaft und Technik weiterentwickelt worden, nicht zuletzt unter Mitarbeit der Wissenschaftler*innen des BfS.

Zur Begründung einer vernachlässigbaren Strahlenexposition führt die zugehörige Bundes[RATS]-drucksache 423/18 zur neuen Strahlenschutzverordnung aus:

ABSTRACT

Is there any negligible radiation exposure?

Does a trivial individual dose for ionizing radiation exist? The question is important in the context of clearance of very low level radioactive material from regulatory control. From a scientific point of view, a trivial radiation dose can be deduced from comparing annual radiation doses with the annual natural background radiation level. This approach is compatible with risk based considerations.



Die aus einer Freigabe maximal resultierende zusätzliche effektive Dosis einer Einzelperson der Bevölkerung ist durch die Anwendung des 10-Mikrosievert-Kriteriums so weit reduziert, dass sie im Vergleich zu den Dosischwankungen, die eine Einzelperson pro Jahr aufgrund ihres Lebenswandels im Umfeld natürlicher Umgebungsstrahlung zwangsläufig erfährt, nicht identifizierbar ist. (...) Diese relativ hohe Variabilität zeigt, warum im Vergleich dazu die aus der Freigabe resultierende Dosis von Einzelpersonen vernachlässigbar ist.

Tatsächlich müssen zusätzliche zivilisatorische und natürliche Strahlenexpositionen in eine vernünftige Relation zueinander gebracht werden. Die Antwort auf die Frage, „Gibt es eine vernachlässigbare Strahlenexposition?“, sollte daher nach heutigem Wissen lauten: „Unter sachlicher Abwägung der Risiken: ja“. Wie die Wissenschaftler*innen des BfS und praktisch aller im Strahlenschutz forschenden Institutionen weltweit zu dieser Einschätzung gelangen, wird im Folgenden skizziert.

Einschätzung vernachlässigbarer Strahlenexposition

Für zusätzliche Strahlendosen von einigen 10 Mikrosievert pro Jahr liegen keine Beobachtungsdaten über mögliche gesundheitliche Effekte beim Menschen vor.

Bisher sind in epidemiologischen Studien bei Erwachsenen keine Risikoerhöhungen bei Strahlendosen, die deutlich unter 100 Millisievert liegen, nachgewiesen worden. Für Kinder sind hier etwa 10 Millisievert anzusetzen. Falls eine Risikoerhöhung in einem Bereich von 10 Mikrosievert [1000 Mikrosievert entsprechen 1 Millisievert] vorliegen würde, ist zu erwarten, dass sie im Vergleich zu zufallsbedingten, regionalen und zeitlichen Risikoschwankungen sehr gering ausfällt.

Im Strahlenschutz wird für Zwecke des Risikomanagements auch im Bereich kleiner Dosen angenommen, dass eine lineare Dosis-Wirkungs-Beziehung ohne Schwellenwert (LNT-Hypothese) gilt. Unter dieser Annahme führt jede noch so kleine zusätzliche Strahlenexposition rechnerisch zu einer zusätzlichen gesundheitlichen Gefährdung, wobei die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Gesundheitsschadens jedoch entsprechend gering ist. Die Internationale Strahlenschutzkommission (ICRP) warnt in der ICRP-Veröffentlichung 103 davor, auf Basis sehr geringer Expositionen großer Bevölkerungsgruppen die Anzahl zu erwartender Krebserkrankungen oder Erkrankungen anderer Art abzuschätzen und aus dieser reinen Annahme weitreichende Schlussfolgerungen zu ziehen (Absatz 161).

Vergleich mit natürlicher Strahlenbelastung

Wie eine zusätzliche individuelle effektive Dosis im Bereich von 10 Mikrosievert pro Jahr aus Sicht des Strahlenschutzes bewertet wird, lässt sich gut durch den Vergleich mit der natürlichen Strahlenexposition, der jeder Mensch ausgesetzt ist, aufzeigen. Die Strahlenexposition aus natürlichen Quellen beträgt in Deutschland im Mittel 2.100 Mikrosievert pro Jahr und schwankt je nach den örtlichen Gegebenheiten zwischen 1.000 und 10.000 Mikrosievert pro Jahr. Geht man davon aus, dass eine zusätzliche individuelle Strahlenexposition in Höhe von einem Prozent vernachlässigbar ist, ergibt sich eine „vernachlässigbare individuelle effektive Dosis“ zwischen 10 und 100 Mikrosievert pro Jahr. Eine ähnliche Argumentation ist auch in der ICRP-Veröffentlichung 104 zu finden.

Risikobetrachtung

Zum selben Ergebnis kommen die Internationale Atomenergie-Organisation (IAEO) und die ICRP durch Risikobetrachtungen. Der Mensch wendet in der Regel keine eigenen Ressourcen zur Risikoreduzierung auf, sofern das individuelle jährliche Todesrisiko 1 : 10 Millionen bis 1 : 1 Million nicht übersteigt („vernachlässigbares Risiko“). Aus diesem Risikokriterium leiten die IAEO und die ICRP eine „vernachlässigbare individuelle effektive Dosis“ („trivial individual effective dose“) zwischen 10 und 100 Mikrosievert pro Jahr ab (IAEA Safety Series No. 89, ICRP-Veröffentlichung 104).

Ansprechpersonen:

Dr. Rainer Merk

Radioökologie

Tel. 03018 333-2544

Dr. Martin Steiner

Radioökologie

Tel. 03018 333-2540

Dr. Maria Schnelzer

Strahlenepidemiologie

und -risikobewertung

Tel. 03018 333-2252



Nach Tschernobyl: aktuelle Umweltkontamination in Deutschland

**33
Jahre**

nach dem Unfall wirkt das verfallene Riesenrad von Prypjat wie ein Mahnmal.

ABSTRACT

The long shadow of Chernobyl – Current environmental contamination in Germany

The reactor accident at Chernobyl casts long shadows. Even more than three decades after the reactor accident, radiocaesium levels may exceed 1,000 Becquerel (Bq) per kilogramme fresh mass (fm) in some mushroom species and 10,000 Bq/kg fm in wild boar in the highly contaminated areas of Bavaria. Domestic agricultural products are contaminated with only few Bq/kg fm or even less. The considerably different contamination levels can be attributed to the different structures of arable soil and forest soil. Consumers who buy wild mushrooms or game on the market may trust that the radiocaesium level complies with the limit of 600 Bq/kg. Those who pick mushrooms or shoot game themselves may estimate their individual radiation exposure based on the information that the Federal Office for Radiation Protection publishes regularly. If consumed in usual quantities, wild mushrooms and game do not lead to negative health consequences because of the comparatively low radiation exposure.



Auch heute

findet sich als Folge von Tschernobyl in bestimmten Regionen noch erhöhte Radioaktivität in Pilzen oder Wildbret.

Kontaminationssituation heute

Am 26. April 1986 hat sich im Kernkraftwerk Tschernobyl der bis dahin schwerwiegendste kerntechnische Unfall weltweit ereignet, bei dem große Mengen von Radionukliden in die Umwelt freigesetzt worden sind. Durch heftige lokale Niederschläge während des Durchzugs der radioaktiven Luftmassen ist der Süden Deutschlands, insbesondere der Bayerische Wald und die Gebiete südlich der Donau, deutlich höher kontaminiert worden als der Norden der Bundesrepublik. Heute spielt für die Strahlenexposition des Menschen nur noch das Radionuklid Cäsium-137 (Cs-137) eine Rolle. Aufgrund seiner physikalischen Halbwertszeit von rund 30 Jahren ist es seit dem Reaktorunfall bis heute etwa zur Hälfte zerfallen.

Strahlende Lebensmittel?

Heute liegt der Gehalt von Cs-137 in landwirtschaftlichen Produkten aus inländischer Erzeugung im Bereich von wenigen Becquerel pro Kilogramm (Bq/kg) in der Frischmasse (FM) und darunter. Dies belegen die im Rahmen eines bundesweiten Routinemessprogramms (Integriertes Mess- und Informationssystem – IMIS) erhobenen Daten für das Jahr 2018. Spitzenreiter sind Fleisch mit einem Maximalwert von 8,5 Bq/kg (FM) und Blattgemüse aus dem Freilandanbau mit einem Maximalwert von 2,9 Bq/kg (FM). Die Mittelwerte aller untersuchten Lebensmittelgruppen erreichen höchstens 0,2 Bq/kg (FM). In Deutschland werden heute mit Nahrungsmitteln aus landwirtschaftlicher Erzeugung durchschnittlich weniger als 100 Bq Cs-137 pro Person und Jahr aufgenommen.



Anders stellt sich die Situation bei wild wachsenden Pilzen und Wildbret, insbesondere Wildschweinen, dar. Auch mehr als 30 Jahre nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl werden beispielsweise in Rotbraunen Semmelstoppelpilzen aus Südbayern und dem Bayerischen Wald teilweise noch mehrere 1.000 Bq/kg (FM) Cs-137 gemessen. Wildschweine können in den höher belasteten Regionen Deutschlands Werte von 10.000 Bq/kg (FM) Cs-137 und mehr erreichen. Das BfS verfolgt durch eigene Untersuchungen die radioaktive Kontamination wild wachsender Speisepilze im Süden Deutschlands und veröffentlicht die Messergebnisse in einem Bericht, der jährlich aktualisiert wird (www.bfs.de/pilze-wildbret).

Ursachenforschung

Radioaktives Cäsium wird auf den meisten Ackerflächen stark an Tonminerale gebunden, wodurch es kaum über die Wurzeln aufgenommen werden kann. Dies ist der Grund, warum Nahrungsmittel aus landwirtschaftlicher Erzeugung nur gering kontaminiert sind.

Waldböden zeichnen sich im Gegensatz zu landwirtschaftlich genutzten Böden durch organische Auflageschichten (sich zersetzende Streu und Humus) auf den Mineralböden aus. Cäsium ist in diesen Schichten leicht verfügbar und bleibt in einen sehr wirkungsvollen Nährstoffkreislauf eingebunden. Es kann deshalb kaum in die mineralischen Bodenschichten abwandern, in denen es, ähnlich wie in landwirtschaftlichen Böden, durch Tonminerale fixiert werden könnte.

Grenzwerte und Lebensmittelüberwachung

Wer in Deutschland Lebensmittel in den Verkehr bringen möchte, muss sicherstellen, dass der Grenzwert für Radiocäsium in Höhe von 600 Bq/kg nicht überschritten wird. Die Einhaltung dieses Grenzwertes wird von der amtlichen Lebensmittelüberwachung stichprobenartig kontrolliert. Verbraucher*innen, die Pilze und Wildbret über den Handel beziehen, dürfen also darauf vertrauen, dass sie keine höher kontaminierte Ware erhalten.

Aus Sicht des Strahlenschutzes besteht selbst bei gelegentlichen geringfügigen Überschreitungen des Grenzwertes kein Anlass zur Sorge. Für mögliche gesundheitliche Folgen ist nicht die spezifische Aktivität einer Mahlzeit, sondern die insgesamt aufgenommene Aktivität von Cs-137 maßgebend.



Strahlenexposition durch kontaminierte Lebensmittel

Der Grenzwert für Radiocäsium in Lebensmitteln gilt nicht, wenn selbst gesammelte Pilze oder selbst erlegtes Wild verzehrt werden. Umso wichtiger ist es, die Strahlenexposition abschätzen zu können, die sich aus dem Verzehr dieser Nahrungsmittel ergeben kann. Als Faustregel gilt, dass die Aufnahme von etwa 80.000 Bq Cs-137 bei Erwachsenen einer Strahlenexposition von etwa 1 Millisievert (mSv) entspricht.

Eine Pilzmahlzeit mit 200 g höher kontaminierten Rotbraunen Semmelstoppelpilzen aus Südbayern mit rund 2.800 Bq/kg (FM) Cs-137 hätte also eine Exposition von 0,007 mSv zur Folge.

Eine Exposition in dieser Höhe entspricht weniger als einem Hundertstel der jährlichen Strahlenexposition aus natürlichen Quellen in Deutschland. Diese beträgt im Mittel 2,1 mSv pro Jahr und liegt je nach den örtlichen Gegebenheiten zwischen 1 und 10 mSv pro Jahr. Natürliche Radionuklide in Lebensmitteln tragen hierzu rund 0,3 mSv pro Jahr bei.

Fazit

Landwirtschaftliche Produkte aus inländischer Erzeugung können bedenkenlos verzehrt werden. Dies gilt auch für Nahrungsmittel aus dem Wald, die über den Handel bezogen werden. Selbst gesammelte Wildpilze und selbst erlegtes Wild aus den höher belasteten Gebieten Deutschlands sollten jedoch nur in Maßen genossen werden.

Weitere Informationen zur radioaktiven Kontamination von Lebensmitteln infolge des Reaktorunfalls von Tschernobyl sowie zu Strahlenexpositionen, denen alle im Alltag ausgesetzt sind, finden sich unter: www.bfs.de/bericht-umweltradioaktivitaet

Ansprechpartner:

Dr. Martin Steiner

Radioökologie

Tel. 03018 333-2540

Trinkwasser mit hoher Qualität

ABSTRACT

High standards regarding drinking water quality

Ensuring high standards for the quality of drinking water linked to radiation protection the Federal Office for Radiation Protection (BfS) provides professional support and advice to competent authorities, owners of water supply systems and laboratories. Based on the results of a survey on the radiological quality of drinking water in Germany and the national implementation of the European Council Directive 2013/51/Euratom into the framework of the Drinking Water Ordinance, the BfS published the "Guideline on compliance with the requirements of the Drinking Water Ordinance in the testing and evaluation of radioactive substances in drinking water" in 2017 (1). The guideline recommends testing concepts, sampling and analytical procedures as well as various procedures in case parameter values are exceeded. To determine radioactive substances in drinking water approved testing laboratories have to participate for example in external quality assurance programs like proficiency tests at least once a year. The BfS offers proficiency tests for natural radionuclides in drinking water for instance on a regular basis.

In Deutschland wird durch die Trinkwasserverordnung gewährleistet, dass Trinkwasser bedenkenlos konsumiert werden kann. Im Trinkwasser sind auch natürliche Radionuklide enthalten. Ihre Aktivitätskonzentration ist im Hinblick auf die Einhaltung der in der Trinkwasserverordnung genannten Parameterwerte zu überprüfen. Das BfS berät die eingebundenen Akteur*innen der zuständigen Behörden, Ministerien, Wasserversorger und Labore fachlich. Es führt Ringversuche und eigene Untersuchungen durch, um die hohe Qualität des Trinkwassers sicherzustellen.

Strahlenexposition durch natürliche Radionuklide im Trinkwasser – das BfS als wegbereitende Institution

Trinkwasser kann je nach geologischem Untergrund erhöhte Gehalte an natürlichen radioaktiven Stoffen enthalten. Künstliche radioaktive Stoffe können durch unkontrollierte Freisetzungen, zum Beispiel beim Umgang mit radioaktiven Stoffen in Medizin, Forschung und Technik sowie bei der Kernenergienutzung, ins Trinkwasser gelangen. Für Letztere gibt es bereits seit den 1950er Jahren umfassende, regelmäßige Überwachungsprogramme, deren Ergebnisse jährlich vom Bundesumweltministerium (BMU) in einem Bericht zur Umweltradioaktivität veröffentlicht werden.

Der Weg einer europäischen Richtlinie in nationales Recht – das BfS als fachbegleitende Institution

Da natürliche Radionuklide auch im Trinkwasser vorkommen, spielt ihr Gehalt für die Qualität des Trinkwassers eine wichtige Rolle.

Vorgaben für die Überwachung von radioaktiven Substanzen im Trinkwasser sind bereits in früheren europäischen und nationalen Gesetzgebungen enthalten gewesen, jedoch sind die nötigen einheitlichen Umsetzungsanforderungen erst mit der Richtlinie 2013/51/Euratom des Rates vom 22. Oktober 2013 festgelegt worden. Mit der Dritten Verordnung zur Änderung der Trinkwasserverordnung, die am 26. November 2015 in Kraft getreten ist, ist diese europäische Richtlinie in deutsches Recht umgesetzt worden. Seit diesem Zeitpunkt gibt es gesetzliche Anforderungen bezüglich der Messung und Überwachung der Trinkwasserqualität im Hinblick auf künstliche und natürliche Radionuklide.

Inhaber von Wasserversorgungsanlagen müssen abhängig von ihrer Versorgungsgröße diese neuen gesetzlichen Bestimmungen berücksichtigen. Für ein einheitliches Verständnis der Regelungen in der Praxis hat das BfS im Auftrag des BMU einen „Leitfaden zur Untersuchung und Bewertung von radioaktiven Stoffen im Trinkwasser bei der Umsetzung der Trinkwasserverordnung“ im Februar 2017 veröffentlicht. Dieser Leitfaden bietet sowohl Wasserversorgern und Laboren als auch den zuständigen Behörden die Möglichkeit, in kompakter Form Hintergrundinformationen, fachliche Empfehlungen zu Untersuchungsstrategien, Probenahme- und Analyseverfahren sowie Entscheidungshilfen bei Nichteinhaltung von Parameterwerten zu erhalten.

Externe Qualitätssicherung der Labore – das BfS als fachberatende Institution

Die erforderlichen Analysen dürfen nur von dafür zugelassenen Untersuchungsstellen durchgeführt

werden. Die Zulassung erhalten akkreditierte Labore vom jeweiligen Bundesland. Zudem ist eine erfolgreiche jährliche Teilnahme an externen Qualitätssicherungsprogrammen gefordert. In diesem Zusammenhang werden beispielsweise vom BfS in regelmäßigen Abständen Ringvergleiche angeboten. Den Laboren wird dadurch die Möglichkeit gegeben, die angewandten Messverfahren einer Kontrolle zu unterziehen. Neben der Qualitätsbeurteilung werden bei den Ringversuchen analytische und messtechnische Problemstellungen dargelegt und Lösungsvorschläge angeboten.

Ausblick

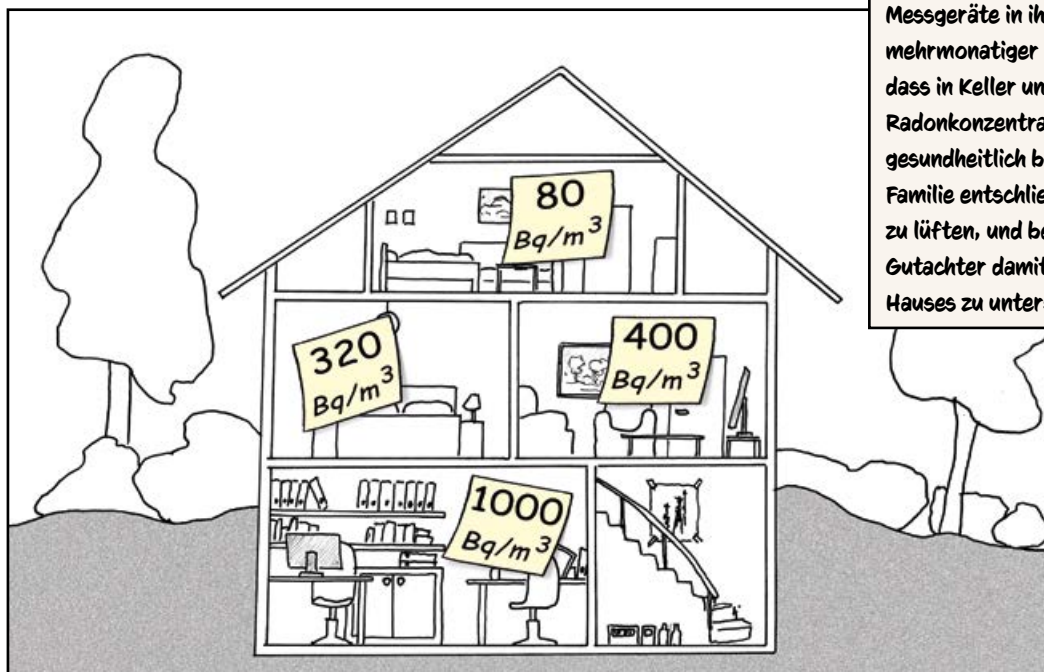
Die Untersuchungen müssen in bestehenden zentralen Wasserversorgungsanlagen bis spätestens 26. November 2019 abgeschlossen sein. Darüber hinaus müssen die Wasserversorgungsunternehmen die betroffenen Verbraucher*innen auf der Basis der Untersuchungsergebnisse über die Trinkwasserqualität informieren.

Ansprechpartnerin:
Dr. Christiane Wittwer
Emissionen/Immissionen Wasser
Tel. 03018 333-4330

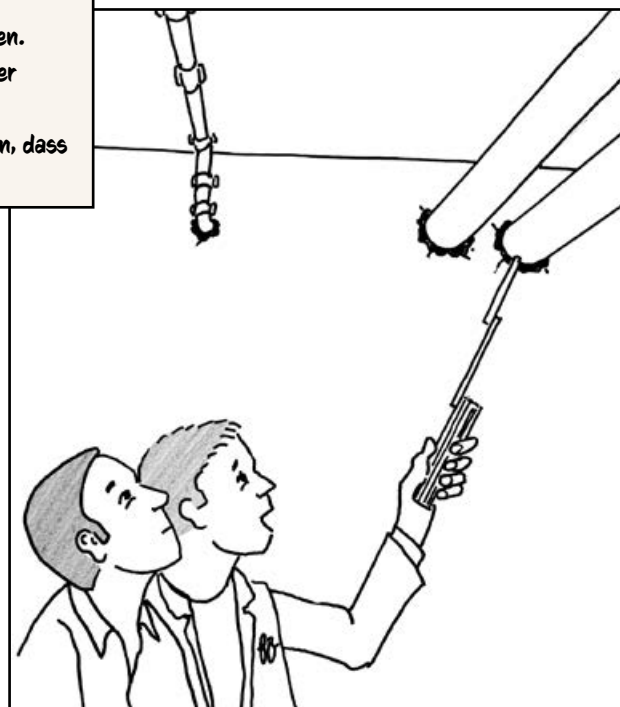
Vom Radonschutz in Deutschland: Fortsetzung

WAS BISHIER GESCHAH

Familie Schaumann in Rheinland-Pfalz erfährt, dass Radon in Häusern eine Gefahr für die Gesundheit bedeuten kann. Auf Anraten des BfS stellt sie Messgeräte in ihrem Haus auf. Nach mehrmonatiger Messdauer ist klar, dass in Keller und Erdgeschoss Radonkonzentrationen bestehen, die gesundheitlich bedenklich sind. Die Familie entscheidet sich, regelmäßig zu lüften, und beauftragt einen Gutachter damit, den Zustand des Hauses zu untersuchen.



Im Keller befindet sich ein Büro mit zwei Arbeitsplätzen. Für diesen Bereich macht der Gutachter Vorschläge zur Sanierung, um zu verhindern, dass zu viel Radon eintritt.



ABSTRACT

About radon protection in Germany -
The story so far

The Schaumann family lives in a house in Rhineland-Palatinate, which after a measurement series of a year, exhibits increased radon values, especially in the basement and ground floor. In addition to regular ventilation they consult an expert in order to identify possible measures to reduce the radon concentration.

The basement is in particular focus since it is used as office with two workstations. For that reason the Schaumanns initiate renovation measures to achieve a reduction of the radon values.



Ist allerhöchste Zeit, dass hier was getan wird!

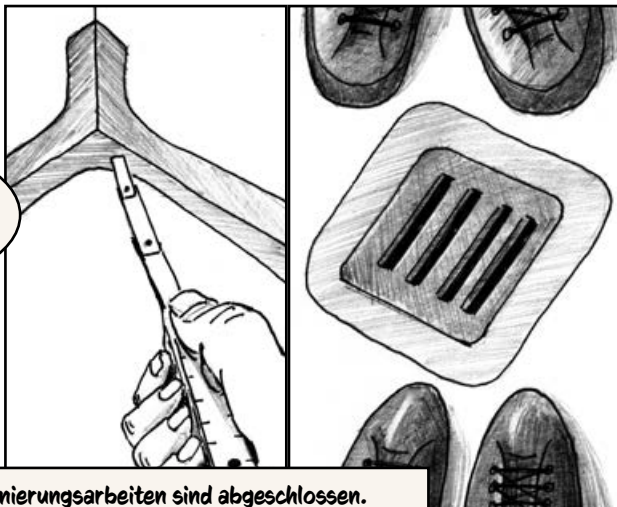
Ganz schön viele Risse und Undichtigkeiten hier.

Herr Schaumann entschließt sich dazu, den Rat des Gutachters zu befolgen, und lässt die Undichtigkeiten von einer Fachkraft beseitigen.

Bis die Umbauarbeiten abgeschlossen sind, sorgt Herr Schaumann dafür, dass sein Plan zur regelmäßigen Belüftung in den Kellerräumen und im Erdgeschoss eingehalten wird.



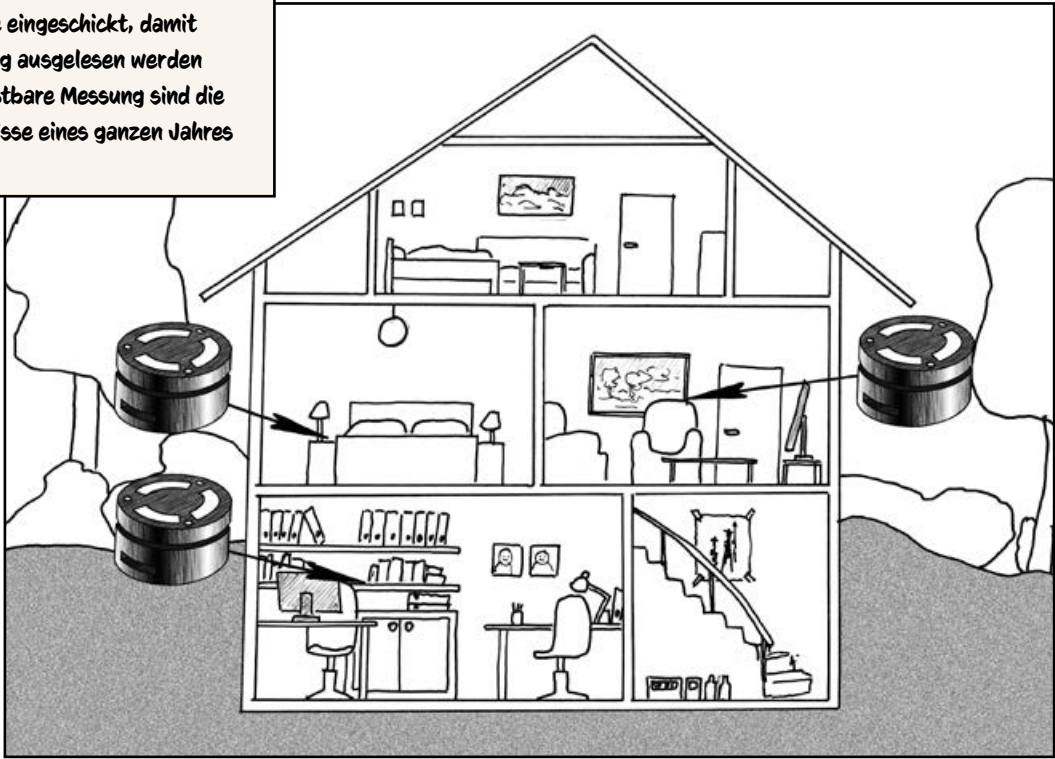
Hier kommt kein Radon mehr durch.

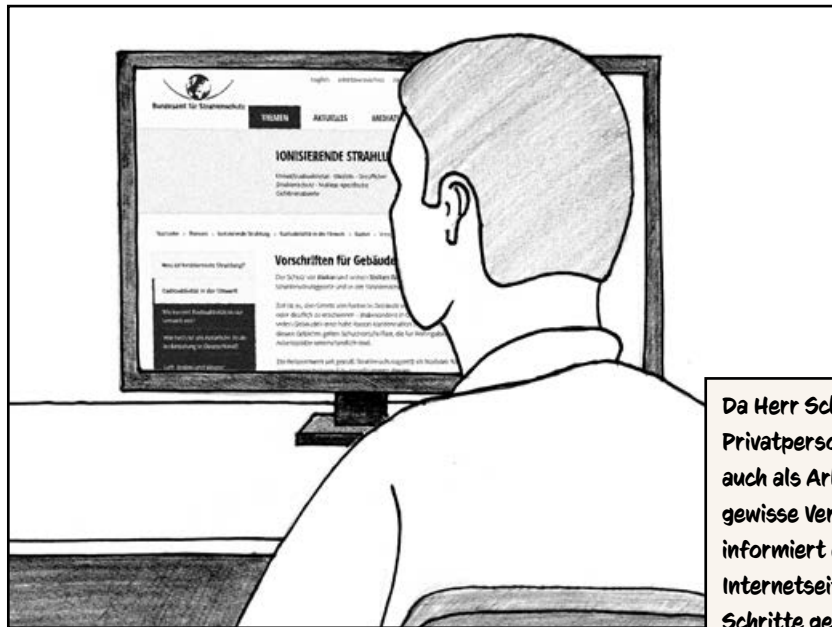


Die Sanierungsarbeiten sind abgeschlossen. Herr Schaumann und die Fachkraft begutachten die abgedichteten Problembereiche.



Drei Radon-Dosimeter werden wieder im ganzen Haus verteilt aufgestellt. Nach zwölf Monaten werden sie eingeschickt, damit die Radon-Belastung ausgelesen werden kann. Für eine belastbare Messung sind die Witterungsverhältnisse eines ganzen Jahres abzudecken.





Da Herr Schaumann nicht nur Privatperson ist, sondern auch als Arbeitgeber eine gewisse Verantwortung trägt, informiert er sich auf der Internetseite des BfS, welche Schritte gegebenenfalls auf ihn zukommen werden.

https://www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/radon/regelungen/gesetz.html

English Inhaltsverzeichnis FAQ Glossar Kontakt Leichte Sprache Gebärdensprache

Bundesamt für Strahlenschutz

THEMEN AKTUELLES MEDIATHEK DAS BFS

30 JAHRE BfS FORSCHEN, MESSEN, INFORMIEREN

IONISIERENDE STRAHLUNG

Was ist ionisierende Strahlung?

Radioaktivität in der Umwelt

Wo kommt Radioaktivität in der Umwelt vor?

Wie hoch ist die natürliche Strahlenbelastung in Deutschland?

Luft, Boden und Wasser

Radon

- > Was ist Radon?
- > Wo kommt Radon vor?
- > Wie ist Radon in Deutschland geographisch verteilt?
- > Wie kann ich mich vor Radon schützen?
- > Wie wirkt Radon auf die Gesundheit?
- > Vorschriften für Gebäude und Arbeitsplätze
- Lebensmittel
- Baumaterialien

Bis Ende 2020 müssen die Bundesländer ermitteln, in welchen Gebieten in vielen Gebäude eine hohe Radonkonzentration zu erwarten ist.

In diesen „Radonvorsorgegebieten“ muss die Radon-Konzentration an Arbeitsplätzen im Keller und im Erdgeschoss durch eine anerkannte Stelle gemessen werden. Dies müssen die für die jeweiligen Arbeitsplätze Verantwortlichen in die Wege leiten.

Das BfS muss diese Stellen für die Messung der Radonkonzentration anerkennen. Diese Stellen führen die Messungen der Radonkonzentration durch und werten das Ergebnis aus:

- **Überschreitet die Messung den Referenzwert von 300 Bq/m³, müssen Maßnahmen zur Reduzierung ergriffen werden.**
- **Wird der Wert nach erneuter Messung wieder überschritten, muss der Arbeitsplatz bei der zuständigen Behörde angemeldet werden. Die Messstelle führt eine Abschätzung der potentiellen Dosis durch.**
- **Ergibt die Abschätzung, dass die effektive Dosis sechs Millisievert im Kalenderjahr überschreiten kann, so sind Anforderungen des beruflichen Strahlenschutzes zu erfüllen.**

Eine Liste der bereits anerkannten Stellen ist auf der Internetseite des BfS veröffentlicht.

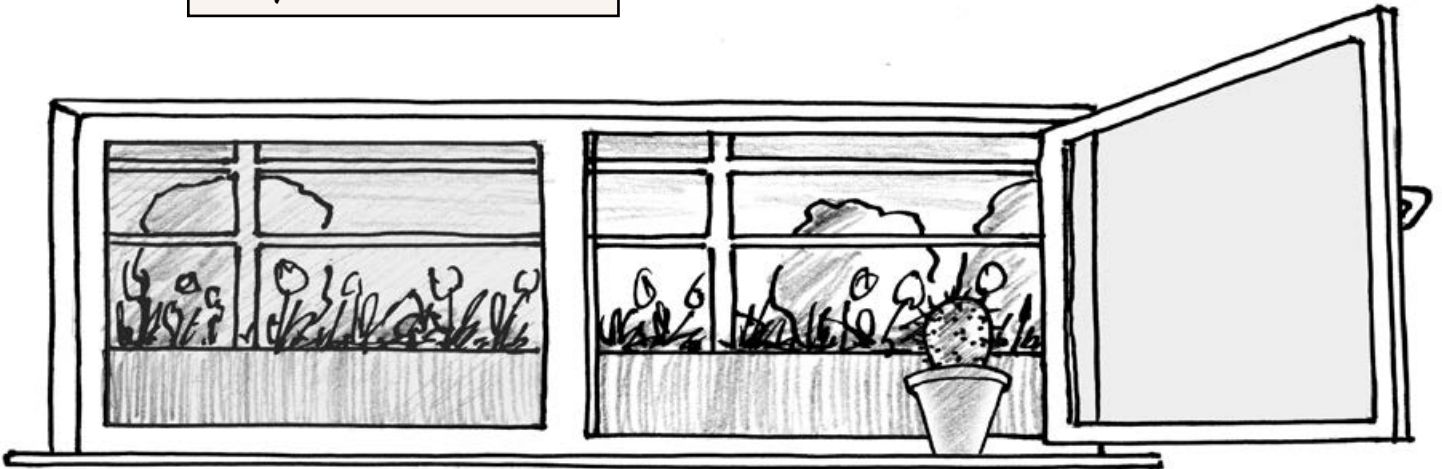


Ein Jahr später: Die Ergebnisse der Radonmessung im Haus sind vom Labor zurückgekommen.



Im privaten Wohnbereich haben sie ihr Ziel erreicht: Im Erdgeschoss ist die Radonkonzentration auf 100 Bq/m^3 reduziert worden. Im Arbeitsbereich in den Kellerräumen jedoch liegt die Radonkonzentration immer noch bei 400 Bq/m^3 .

Die baulichen Maßnahmen reichen also noch nicht aus, um die Radonkonzentration unter den gesetzlichen Referenzwert von 300 Bq/m³ zu drücken.



Herr Schaumann will nun versuchen, die Radonkonzentration im Keller weiter durch häufiges Lüften zu reduzieren.

Notfallübungen der Notfallschutz- Organisation des BfS

ABSTRACT

Emergency Preparedness Exercises of the BfS Emergency Preparedness Organization

In case of a nuclear emergency, the deployment of mobile measuring units to complement the data of stationary networks is an important tool to accurately assess the current radiological situation, validate prognostic calculations and ultimately ensure that the measures taken to protect the general public are adequate. Since the restructuring of the emergency preparedness organization in Germany in 2017, the federal office for radiation protection is increasingly involved in the preparation for such events and is taking on responsibilities for coordinating and conducting such measurements. In order to evaluate and improve the new organizational structures as well as the equipment intended for the operation in potentially contaminated areas exercises are conducted in regular intervals. One such exercise was organized in 2018 in cooperation with the Chernobyl Center for Nuclear Safety, Radioactive Waste and Radioecology.

Emergency protection organization of BfS is an essential part of Federal Radiological Situation Centre (Radiologisches Lagezentrum des Bundes, RLZ) that performs the development of the condition's evaluation for significant radiological events under the leadership of the Federal Ministry for the Environment (BMU).

In order to continuously improve the efficiency and the professional skills of RLZ, emergency response drills are conceived, performed, and evaluated based on § 102 of Radiation Protection Law.





Regelmäßiges Üben

BfS-Einsatzkräfte untersuchen zu Übungszwecken mit ODL-Messgeräten ein stark kontaminiertes Gelände nahe Prypjat unweit von Tschernobyl.

Die Notfallschutz-Organisation des BfS ist ein wesentlicher Teil des Radiologischen Lagezentrums des Bundes (RLZ), das vom Bundesumweltministeriums (BMU) eingerichtet worden ist und Aufgaben bei der Erarbeitung der Lagebewertung bei radiologischen Notfällen wahrnimmt. Um die Effizienz und das fachliche Können des gesamten RLZ zu trainieren und somit kontinuierlich zu verbessern, werden Notfallübungen konzipiert, durchgeführt und ausgewertet.

Das BfS ist unter anderem für die großräumige Ermittlung der Gamma-Ortsdosisleistung (Gamma-ODL) sowie für die Ermittlung der Radioaktivität auf der Bodenoberfläche zuständig. Hierfür betreibt das BfS ein stationäres ODL-Messnetz mit circa 1800 Messstellen, das durch Messfahrzeuge an sechs Standorten ergänzt wird. Dabei handelt es sich sowohl um Fahrzeuge, deren mobile In-Situ-Gammapektrometer Art und Menge der auf dem Boden abgelagerten Radioaktivität ermitteln können, als auch um Messfahrzeuge zur Bestimmung der Gamma-ODL. Mit dem neuen Strahlenschutzgesetz (StrSchG) beziehungsweise nach dem Allgemeinen Notfallplan wird für das BfS in einem nuklearen Notfall die Durchführung mobiler Messungen in kontaminierten Gebieten künftig an Bedeutung gewinnen.

Messübungen zum Training

Um die Einsatzbereitschaft der Messtechnik und der Fahrzeuge sicherzustellen, die Einsatzkräfte bestmöglich auf einen Einsatz vorzubereiten, Messgeräte, Messverfahren, Datenübertragungswege, Auswerteverfahren zu optimieren sowie Konzepte weiterzuentwickeln und zu testen, werden in regelmäßigen Abständen Messübungen in verschiedenen Gebieten Deutschlands und auch im Ausland durchgeführt. 2016 ist eine erste große Notfallschutzmessübung in der Sperrzone von Tschernobyl geplant und durchgeführt worden, um einen Einsatz unter realitätsnahen Bedingungen zu trainieren.



Einsatzkräfte des BfS mit mobilen ODL-Messgeräten in der Sperrzone von Tschernobyl

Diese Messübung hat es den Einsatzkräften erlaubt, wertvolle Erfahrungen beim Einsatz in radioaktiv kontaminierten Gebieten zu sammeln. Sie hat die Grundlage für eine weitere Messübung geschaffen, die vom 3. bis 7. September 2018 in Zusammenarbeit mit dem staatlichen „Tschernobyl-Zentrum für nukleare Sicherheit, radioaktiven Abfall und Radioökologie“ stattgefunden hat.

Zweck der Übung

Trainiert worden sind dabei der Ablauf der mobilen Messungen, das Verhalten der Messteams in kontaminiertem Gebiet und die Übertragung und Auswertung der Daten unter realitätsnahen, technisch erschwerten Bedingungen. Die Übung 2018 ist erstmals nach den neuen Strukturen der Messzentrale des Radiologischen Lagezentrums des Bundes (RLZ) organisiert worden.

Um die neuen Einsatzstrukturen zur Koordinierung der Messteams durch eine Einsatzleitung vor Ort zu testen, ist ein realitätsnahes Übungsszenario entwickelt worden, das einen Unfall in einem Kernkraftwerk nachstellt.

In Tschernobyl liegen auch Jahrzehnte nach dem Reaktorunglück immer noch erhöhte Strahlungswerte vor. Vor Ort sind die einzelnen Messteams teilweise mit Schutzanzügen und Atemschutzmasken in insgesamt 13 Fahrzeugen oder zu Fuß mit rucksackgestützten Messsystemen im Einsatz gewesen.





Warnschild am Eingang zur Sperrzone

Mit diesen im BfS entwickelten mobilen Messsystemen haben sie die Ortsdosisleistung und die Bodenkontamination an unterschiedlichen Orten innerhalb der Sperrzone erfasst und dann per mobiler Datenübertragung nach Deutschland übermittelt, wo sie in einer Messzentrale des BfS weiterverarbeitet und ausgewertet worden sind. Zusätzlich sind Messungen aus der Luft mithilfe einer eigenen Drohne und eines von ukrainischen Expert*innen genutzten Hubschraubers durchgeführt worden.

Strahlenschutzkonzept für die Übung

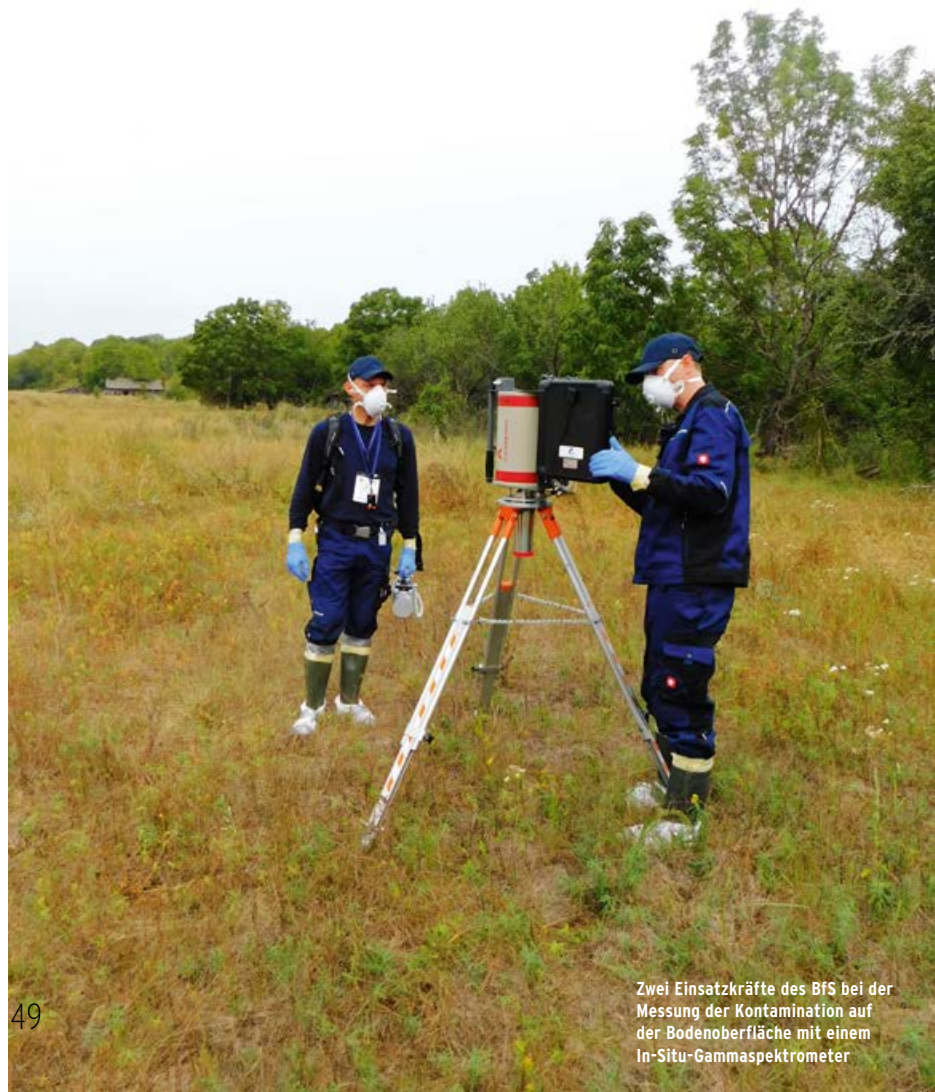
Da in der Sperrzone von Tschernobyl lokal immer noch deutlich erhöhte Strahlungswerte auftreten, hat das BfS in Zusammenarbeit mit den ukrainischen Behörden ein Strahlenschutzkonzept für die Übung entwickelt, mit dem sowohl die örtlichen als auch die in Deutschland geltenden gesetzlichen Vorgaben des beruflichen Strahlenschutzes eingehalten werden. So ist das gesundheitliche Risiko für die Übungsteilnehmenden auf ein Minimum reduziert worden.

Erkenntnisse

Die Übung hat gezeigt, dass die Koordinierung der Messteams durch eine Einsatzleitung vor Ort, die Kommunikation und die Übertragung und Auswertung der Messdaten auch unter erschwerten realistischen Bedingungen gut funktioniert. Zusätzlich haben die Messteams weitere wertvolle Erfahrungen beim Einsatz in kontaminiertem Gelände gesammelt, was bei einer Übung in Deutschland so nicht möglich wäre.

Die Erfahrungen, die einzelne Teilnehmer*innen gemacht haben, sind in einem Videotagebuch festgehalten worden, das auf der Website des BfS angesehen werden kann.

Ansprechpartner:
Dr. Ulrich Stöhlker
IMIS-Messaufgaben
Tel. 03018 333-6730



Zwei Einsatzkräfte des BfS bei der Messung der Kontamination auf der Bodenoberfläche mit einem In-Situ-Gammaspektrometer

Bund-Länder- Notfallschutzübung CORE 2019

Die zuständigen Behörden des Bundes, der Länder und Kommunen sollen regelmäßig Notfallübungen durchführen. Die Notfallübungen sind nach Art und Umfang sowie der jeweiligen Notfallszenarien und Beteiligten angemessen zu differenzieren.

Dabei, so die Vorgabe, sind „der Informationsaustausch und die Zusammenarbeit der an der Notfallreaktion beteiligten Behörden, Organisationen und Strahlenschutzverantwortlichen bei

- a) der Lageerfassung und Lagebewertung,
- b) der Abstimmung der Entscheidungen der zuständigen Behörden und
- c) der Durchführung von angemessenen Schutzmaßnahmen zu üben“.

ABSTRACT

Emergency Exercise CORE 2019 for Federal and Local Authorities


The responsible federal, regional and local authorities should perform exercises on a regular basis. Emergency drills should adequately differ related to kinds of exercises, scope, emergency scenarios, and participants.

The information exchange und the collaboration of involved authorities, organizations, and radiological experts for radiation protection shall be trained while

- a) assessing the radiological consequences,
- b) coordinating authorities' decisions,
- c) performing adequate protection measures.

In order to fulfil these legal requirements, BfS plans emergency exercises for the Radiological Situation Assessment Centre and performs them together with BMU and other institutions.





Mit mobilen Messsonden bestimmen Fachleute des BfS die Strahlenbelastung vor Ort.

Notfallschutzübung CORE

In der BfS-Abteilung „Radiologischer Notfallschutz“ werden Notfallübungen des Radiologischen Lagezentrums des Bundes (RLZ) von einem fachgebietsübergreifenden Übungsteam in Zusammenarbeit mit der RLZ-Kopfstelle beim Bundesumweltministerium (BMU) und der GRS vorbereitet, durchgeführt und unter Beteiligung der Übenden ausgewertet.

Im Februar 2019 wurde die Übung CORE 2019 in enger Zusammenarbeit mit dem Umweltministerium Baden-Württemberg sowie mit Unterstützung des Regierungspräsidiums Stuttgart vorbereitet und durchgeführt – mit folgenden übergreifenden Zielen:

- » Gestaltung und Überprüfung von internen RLZ-Abläufen bei der Wahrnehmung von Fachaufgaben im Notfall
- » Kooperation mit den Behörden des Landes Baden-Württemberg (Umwelt- und Innenressort)
- » Konzipierung und Wahrnehmung von mobilen Messaufgaben im Notfall mit Messfahrzeugen und mit Hubschraubern der Bundespolizei

Neben dem BfS waren folgende Institutionen an der Übung beteiligt:

- » BMU als RLZ-Kopfstelle
- » Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg
- » Regierungspräsidium Stuttgart
- » Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW)
- » Regierungspräsidium Stuttgart
- » Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS)
- » Bundespolizei (BPOL)
- » Deutscher Wetterdienst (DWD)
- » Kerntechnischer Hilfsdienst (KHG)

Das Szenario

Als Referenzanlage für die zweitägige Übung wurde das Kernkraftwerk Neckarwestheim gewählt. Das Szenario sah nach einem fiktiven Erdbeben und dem dadurch verursachten Ausfall der externen Stromversorgung sowie der Eigenbedarfsversorgung mehrere umfangreiche Ausfälle von installierten Sicherheitsteilsystemen vor, um eine radiologische Notfallsituation in der Umgebung der Anlage herbeizuführen. Dabei hatten das RLZ und die zuständigen Landesbehörden entsprechende Aufgaben wahrzunehmen.

Den Schwerpunkt des ersten Übungstages bildete die Zusammenarbeit der internen RLZ-Strukturen untereinander und das Zusammenwirken mit den Landesbehörden bei einer prognostizierten massiven Freisetzung. Am zweiten Tag wurde eine fiktive Freisetzung postuliert und mit simulierten Messdaten dargestellt. Dies ermöglichte neben der Erarbeitung der Lageberichte auch den Einsatz mobiler Messteams.

Lageermittlung

Die BfS-Notfallorganisation verfügt über fachlich versierte und gut organisierte Strukturen. Bei dieser Übung wurden vom Lagezentrum Neuherberg Lagebewertungen ausgeführt. Verwendet wurde dabei das Entscheidungshilfesystem RODOS entsprechend dem Stand von Wissenschaft und Technik. Die BfS-interne Weiterentwicklung dieses Systems erlaubt eine annähernd simultane Erzeugung von simulierten Messdaten, die für die Umsetzung des Messkonzeptes im Gelände und in der Luft erforderlich sind.

Sechs Messfahrzeuge und zwei Logistikfahrzeuge des BfS waren gleichzeitig in der Umgebung des Standortes unterwegs, um die Messaufgaben vor Ort vorzunehmen. Mit Unterstützung des THW Pforzheim wurde eine provisorische Messzentrale eingerichtet, von der aus die Einsätze koordiniert wurden. Weitere Unterstützung der BfS-Messteams leisteten Messfahrzeuge der LUBW und der KHG. Die Bundespolizei ermöglichte den Aero-gamma-Messteams des BfS mit zwei Hubschraubern der Bundespolizei Messungen aus der Luft.

Lagebewertung

Bei einem radiologischen Notfall entscheiden die zuständigen Behörden auf Grundlage der für derartige Maßnahmen geltenden Rechtsvorschriften, welche angemessenen Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung zu treffen sind. Bei diesen Entscheidungen sind die in der Notfall-Dosiswerte-Verordnung (NDWV) und den Notfallplänen des Bundes festgelegten radiologischen Kriterien, die radiologische Lage und die anderen entscheidungserheblichen Umstände des jeweiligen Notfalls zu beachten. Für die Bewertung der radiologischen Lage ist bei überregionalen Notfällen ein vom RLZ zu erstellendes radiologisches Lagebild für alle Bundes- und Landesbehörden maßgeblich.

Bei dem geübten Szenario wurde [in Zusammenarbeit mit dem Umweltministerium des Landes Baden-Württemberg] das radiologische Lagebild durch das RLZ unverzüglich erstellt. Diese Darstellung von Gebieten, in denen die Gefahr einer Überschreitung der in der NDW für frühe Schutzmaßnahmen festgelegten radiologischen Kriterien bestanden hätte, wurde der für diese Schutzmaßnahmen

Im Lagezentrum des BfS werden Ausbreitungsrechnungen durchgeführt, die radiologische Lage analysiert und bewertet.





zuständigen Katastrophenschutzbehörde des Landes – dem Regierungspräsidium Stuttgart – übermittelt und laufend aktualisiert. Die Grundlage für die Konzipierung erforderlicher Schutzmaßnahmen für die Bevölkerung bei einem radiologischen Notfall bildet die fachliche Lagebewertung durch das RLZ.

Ergebnisse der Übung

Die umfangreiche Übung war die erste des Radiologischen Lagezentrums des Bundes, bei der die Einsatzfähigkeit des radiologischen Notfallschutzes sowohl auf Bundes- als auch auf Landesebene bei einem simulierten Notfall unter Beweis gestellt werden konnte. Die Notfallorganisation des BFS als ein Teil des RLZ konnte die fachliche Kompetenz auf dem Gebiet der radiologischen Lagebewertung erfolgreich nachweisen. Die im Ergebnis der Übung festgestellten Optimierungsmöglichkeiten werden nun zeitnah umgesetzt, um die Effizienz behördlicher Notfallschutzstrukturen weiterhin zu erhöhen.

Das BFS-Übungsteam plant weitere anspruchsvolle Übungsmaßnahmen. Auch nach der Außerbetriebnahme deutscher Kernkraftwerke bleibt radiologischer Notfallschutz eine wichtige Aufgabe zum Schutz der Bevölkerung. Dies erfordert weiterhin ein fachlich versiertes und organisatorisch reibungslos funktionierendes Handeln der zuständigen Behördenstellen im Rahmen föderaler Strukturen, solange in Europa Kernkraftwerke weiter betrieben werden.

Ansprechpartnerin:
Natalie Zander
Radiologisches Lagebild
Tel. 03018 333-2577



Hubschrauber der Bundespolizei mit Messinstrumenten des BfS bestimmen schnell die Strahlenbelastung in größeren Gebieten.

Entwicklung der Messstation auf dem Schauinsland

ABSTRACT

Sustainable building for state-of-the-art technology to monitor the comprehensive nuclear test-ban treaty on Mt Schauinsland

A building made entirely out of timber was constructed on Mt Schauinsland and inaugurated in October 2018. The building houses state-of-the-art measurement technology to monitor the comprehensive nuclear test-ban treaty. Since late 2018, the newly installed aerosol sampler (Radionuclide Aerosol Sampler and Analyser, RASA) sends data daily to the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organisation in Vienna. It continues the continuous time-series of measurements from its predecessor, which was installed in 1999, using world-class technology.



Neubau

Die Messstation liegt in einem Natur-, Landschafts- und Vogelschutzgebiet. Deswegen und wegen ihrer herausragenden internationalen Bedeutung ist beim Neubau viel Wert auf die Architektur gelegt worden. Das neue Gebäude ist eine Vollholzkonstruktion aus heimischer Weißtanne mit Übergang zum Bestandsgebäude.

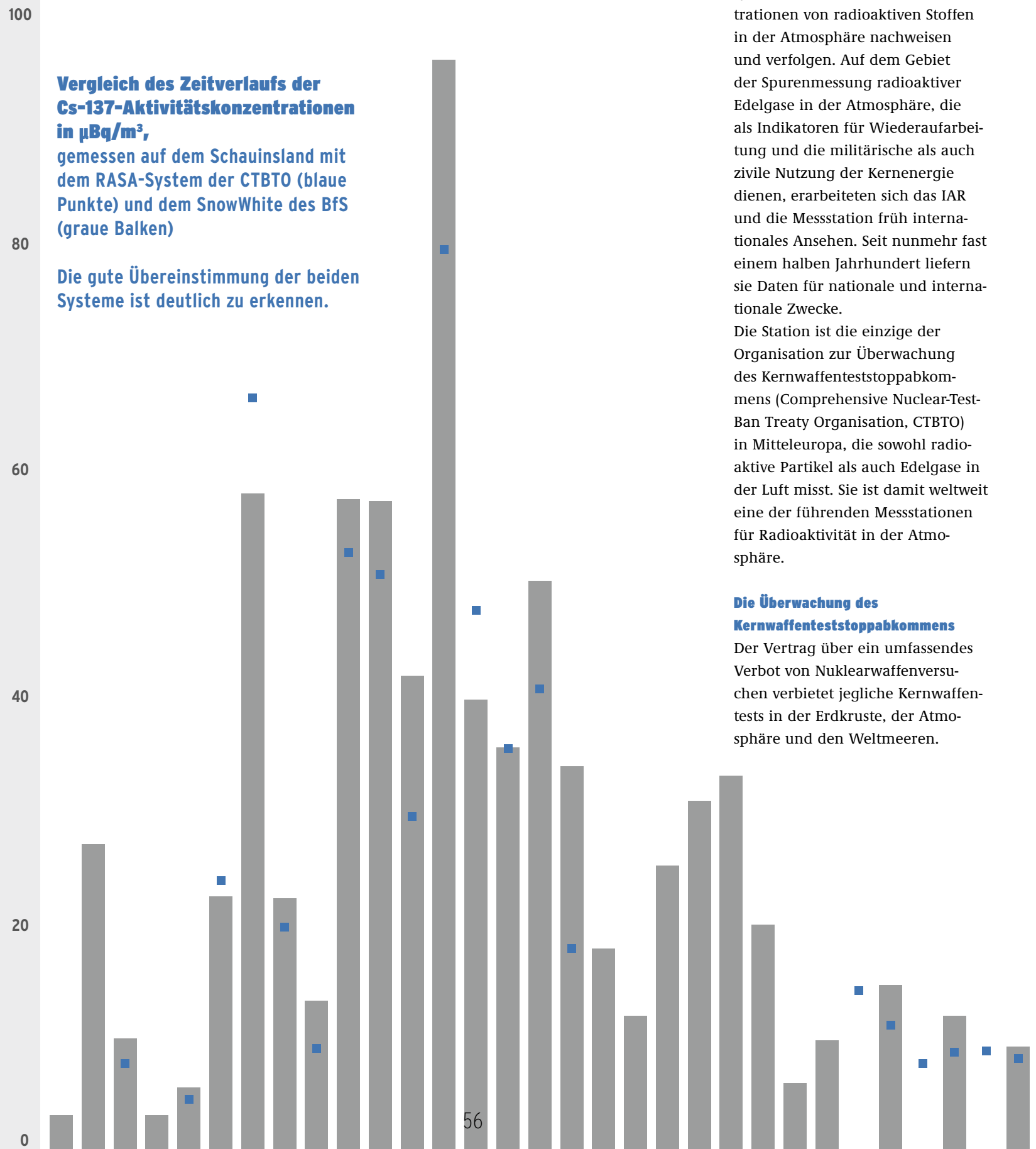
Geschichte der Schauinsland-Station

Bereits im Jahre 1946 begannen Wissenschaftler*innen des Physikalischen Instituts der Albert-Ludwigs-Universität in Freiburg, auf dem Schauinsland Experimente zur Charakterisierung der kosmischen Höhenstrahlung durchzuführen. Im Frühjahr 1953 wiesen sie erhöhte Aktivitäten von Beta-Strahlern in Regenproben nach und führten diese auf radioaktiven Fallout von Kernwaffentests in der Wüste Nevada in den USA zurück. Die Vermutung, dass radioaktive Produkte von überirdischen Kernwaffentests im Niederschlag an weit entfernten Stationen global nachgewiesen werden können, war somit bestätigt.

Dieser erste Nachweis radioaktiven Fallouts auf dem Schauinsland hatte zur Folge, dass 1957 am Nordhang des Gipfels auf 1200 Metern Höhe die Station zur Überwachung der natürlichen und menschengemachten Radioaktivität in der Atmosphäre errichtet wurde. Bis 1982 gehörten die Messstation und die Freiburger Laboratorien als „Außenstelle Freiburg-Schauinsland“ zum Max-Planck-Institut für Kernphysik in Heidelberg. Als „Institut für Atmosphärische Radioaktivität“ (IAR) wurden die Einrichtungen 1982 Bestandteil des Bundesamtes für Zivilschutz (BZS). Bis 1980 wurde immer wieder künstliche Radioaktivität von überirdischen Kernwaffentests nachgewiesen. Auch die radioaktive Wolke der Reaktorkatastrophe in Tschernobyl wurde im Frühjahr 1986 an der Messstation detektiert. 1989 wurde die Messstation in das neu gegründete Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) integriert und das Aufgabenspektrum kontinuierlich um den Bereich „Notfallschutz“ erweitert.

Vergleich des Zeitverlaufs der Cs-137-Aktivitätskonzentrationen in $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$, gemessen auf dem Schauinsland mit dem RASA-System der CTBTO (blaue Punkte) und dem SnowWhite des BfS (graue Balken)

Die gute Übereinstimmung der beiden Systeme ist deutlich zu erkennen.



Mit genaueren Messmethoden konnte man den mit der Zeit größer werdenden Einfluss ziviler Quellen auf die Aktivitätskonzentrationen von radioaktiven Stoffen in der Atmosphäre nachweisen und verfolgen. Auf dem Gebiet der Spurenmessung radioaktiver Edelgase in der Atmosphäre, die als Indikatoren für Wiederaufarbeitung und die militärische als auch zivile Nutzung der Kernenergie dienen, erarbeiteten sich das IAR und die Messstation früh internationales Ansehen. Seit nunmehr fast einem halben Jahrhundert liefern sie Daten für nationale und internationale Zwecke.

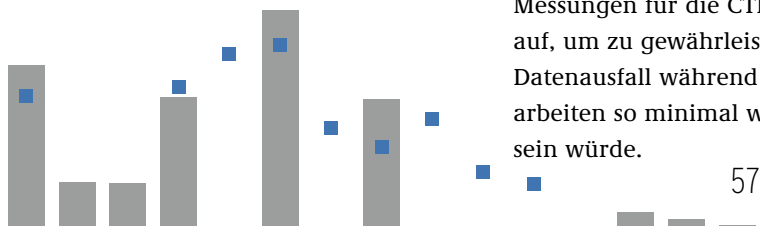
Die Station ist die einzige der Organisation zur Überwachung des Kernwaffenteststoppabkommens (Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organisation, CTBTO) in Mitteleuropa, die sowohl radioaktive Partikel als auch Edelgase in der Luft misst. Sie ist damit weltweit eine der führenden Messstationen für Radioaktivität in der Atmosphäre.

Die Überwachung des Kernwaffenteststoppabkommens

Der Vertrag über ein umfassendes Verbot von Nuklearwaffenversuchen verbietet jegliche Kernwaffentests in der Erdkruste, der Atmosphäre und den Weltmeeren.

Er ist im Rahmen der Genfer Abrüstungskonferenz verhandelt, im September 1996 verabschiedet und zur Zeichnung ausgelegt worden. Bislang haben 184 Staaten den Vertrag unterzeichnet, 168 haben ihn ratifiziert (Stand: August 2019). Deutschland hat den Vertrag am 20. August 1998 ratifiziert. Um den Vertrag zu überwachen, wird ein internationales Netzwerk (International Monitoring System, IMS) aus seismischen, hydroakustischen, Infraschall- und Radionuklid-Messstationen aufgebaut, das derzeit zu rund 90 Prozent fertiggestellt ist. Zum IMS gehören 80 Stationen mit Systemen zur Messung von an Luftstaub gebundenen Radionukliden. 40 dieser Stationen sollen zusätzlich Messsysteme zum Nachweis von radioaktivem Xenon erhalten. Schon Ende der 1990er Jahre ist die Station Schauinsland in dieses Messnetz integriert worden. Hierzu werden ein vollautomatisches Aerosol- (1999) und ein Edelgas-Messsystem (2004) installiert und betrieben. Die Systeme sind 2004 beziehungsweise 2013 nach den Vorgaben der CTBTO zertifiziert worden und liefern seitdem kontinuierlich Daten in hoher Qualität an das internationale Datenzentrum (IDC) in Wien und an Signatarstaaten des Vertrags.

Die nebenstehende Abbildung zeigt als Beispiel die Ergebnisse der Messungen von Cs-137 in der Zeit rund um die Reaktorkatastrophe in Fukushima. Nach der Havarie des Kernkraftwerks hat sich Deutschland auf Initiative des BfS bereit erklärt, die normalerweise vertraulichen Daten aus dem Messnetz für den Notfallschutz und die Information der Öffentlichkeit zu nutzen.



Das BfS stellt außerdem Fachkompetenz zur Auswertung und Beurteilung von Messergebnissen im Hinblick auf die Identifikation von Kernwaffentests bereit, inklusive der Bewertung von Daten aus dem IMS-Radionuklidmessnetz nach den sechs Kernwaffentests Nordkoreas. Es setzt sich weiterhin für die wissenschaftliche und zivile Nutzung dieser einmaligen Daten aus dem globalen Verifikationssystem ein.

Weiterentwicklung der Messstation

Das automatische Aerosol-Messsystem (RASA) wurde 1999 in einem kleinen Messcontainer untergebracht, entsprach aber nach circa 15-jährigem Betrieb nicht mehr den Anforderungen der CTBTO. Er war nicht an das Bestandsgebäude angebunden, Wartungsarbeiten wurden durch die räumliche Enge erschwert und Platz für die Lagerung von Verbrauchsmaterialien und Ersatzteilen vor Ort, insbesondere eines Ersatzdetektorsystems, war nicht vorhanden. Eine adäquate Unterbringung des Messsystems wurde notwendig. Aufgrund der exponierten Lage auf dem Schauinsland mitten in einem Natur-, Landschafts- und Vogelschutzgebiet und der herausragenden internationalen Bedeutung der Messstation wurde besonderer Wert auf einen architektonisch anspruchsvollen Entwurf gelegt und Anfang 2014 der Planungsvorschlag für eine Vollholzkonstruktion in Brett-schichtbauweise aus heimischen Weißtannenhölzern ausgewählt.

Integration modernster Messtechnik

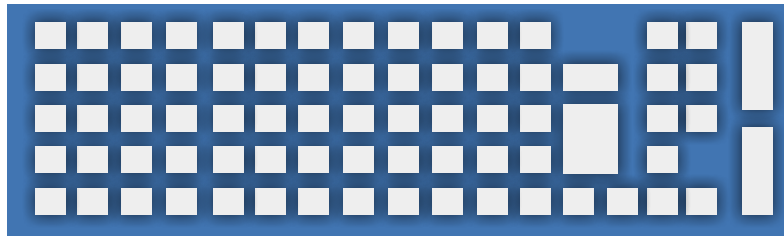
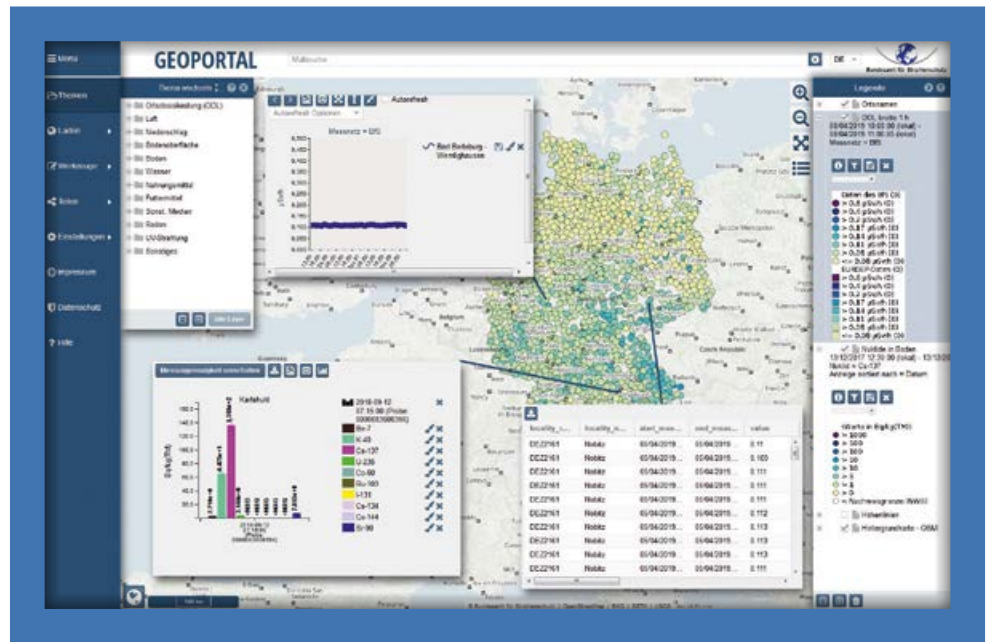
Nach erfolgreicher Umsetzung des alten RASA im April 2016 nahm das Gerät an seinem Interimsplatz die Messungen für die CTBTO wieder auf, um zu gewährleisten, dass der Datenausfall während der Neubauarbeiten so minimal wie möglich sein würde.

Nach Guss der Bodenplatte begannen im Frühjahr 2017 die Rohbauarbeiten, die vor der Winterpause 2017/18 beendet waren. Im Frühjahr 2018 wurden das Gebäude mit einer Fläche von 80 Quadratmetern und einem Übergang zum Bestandsgebäude fertiggestellt und das neue Messsystem im Sommer 2018 geliefert und installiert. Die Testphase begann am 11. September, sechs Wochen vor der offiziellen Einweihung des Gebäudes am 25. Oktober 2018, unter Beteiligung hochrangiger Gäste aus Wissenschaft und Politik. Zur Qualitätssicherung wurden beide Systeme über einen Zeitraum von drei Monaten parallel betrieben. Sie lieferten gleichzeitig Daten an das IDC in Wien; der Vergleich zeigte, dass sie gut übereinstimmten. Nach dem Besuch durch CTBTO-Ingenieur*innen im Oktober 2018 ist das neue System seit Februar 2019 nach CTBTO-Vorgaben revalidiert.

Das neue Gebäude bietet noch Raum für weitere Messeinrichtungen der CTBTO – beispielsweise zum Vergleich von neu entwickelten Systemen zur Messung radioaktiven Xenons in der Atmosphäre im Rahmen von INGE (International Noble Gas Experiment) mit den Ergebnissen des automatischen Radioxenonmesssystems (SPALAX) an der Station. Es überwacht seit 2004 auf dem Schauinsland die Aktivitätskonzentration von Radioxenon in der Atmosphäre für die CTBTO. Auch eine Neuinstallation eines Edelgassystems mit höherer Zeitauflösung ist in dem neuen Gebäude möglich, womit alle CTBTO-Systeme im Neubau untergebracht und von der übrigen BfS-Messtechnik getrennt wären.

Ansprechpartner:
Dr. Andreas Bollhöfer
 Atmosphärische Radioaktivität und Spurenanalyse
 Tel. 03018 333-6770

IMIS3: Notfallschutz als Open Source



ABSTRACT

IMIS3 – Emergency Preparedness and Response as OpenSource-Software

The Federal Office for Radiation Protection operates the Integrated Measuring and Information System for the Surveillance of Environmental Radioactivity (IMIS). In the case of a nuclear accident, the measurement results and the calculated forecasts will provide the basis for decisions which need to be taken to protect the health of the population and the environment.

To further develop the IMIS under new political focused tasks and modern technological and social requirements the BfS counts on open source software. Individual computer programs of IMIS to collect, evaluate and exchange radioactivity data are now also made available to third parties under a free licence.

Die 3. Generation von IMIS kurz vor dem Ziel

Die radiologische Umweltüberwachung und der Notfallschutz sind bereits seit Langem zentrale Aufgaben des BfS. Durch Erkenntnisse aus der Fukushima-Katastrophe im Jahr 2011 sind nicht nur die gesetzlichen Anforderungen in Deutschland aktualisiert, sondern auch die zentralen technischen Systeme im BfS grundlegend weiterentwickelt worden.

Das BfS betreibt für den radiologischen Notfallschutz und die Umweltüberwachung in Deutschland das Integrierte Mess- und Informationssystem (IMIS) für insgesamt circa

1.000 Nutzer*innen in etwa 100 Behörden (www.bfs.de/imis).

Die Erfahrungen der ersten beiden Generationen des seit 1992 arbeitenden IMIS zeigen, dass die Architekturansätze der Software für die fachlichen Anforderungen und den technologischen Wandel nicht mehr zukunftsfähig sind. Das BfS entwickelt daher das neue IMIS3 gemäß dem KOALA-Konzept (komponentenorientierte Architektur mit langfristiger Ausrichtung) mit einer agilen Entwicklungsstrategie auf Basis von Open-Source-Software-Komponenten und mit Unterstützung externer technologiespezifischer Dienstleister.

Dies ist eine grundlegende Neuorientierung im Sinne einer nachhaltigen Software-Entwicklung im behördlichen Umfeld. Die modularen Komponenten von IMIS3 sind alle unter einer Open-Source-Lizenz veröffentlicht, einige werden unter „OpenBfs“ bereitgestellt (<https://github.com/OpenBfs>).

Das neue IMIS besteht nun nicht mehr aus einem einzigen Programmpaket, sondern aus vielen standardisierten Modulen, die ineinandergreifen. Es stellt den Nutzer*innen mehrere Hauptanwendungen und deren Ergebnisse bereit. Dazu gehören Dokpool, GIS und LADA für spezifische Aufgaben sowie das unabhängig davon entwickelte Programmpaket RODOS.

IMIS: Dokpool und ELAN

Eine zentrale Komponente von IMIS ist ELAN, die Elektronische Lage-darstellung für den Notfallschutz.

ELAN ist das zentrale Werkzeug der behördlichen Notfallkommunikation bei radiologischen Ereignissen: Alle wichtigen Informationen und Dokumente (Mess- und Prognoseergebnisse, das Lagebild des Bfs, Meldungen zum Beispiel der KKW-Betreiber, Berichte internationaler Partner und so weiter) werden hier übersichtlich und zeitnah von den Erzeugern selbst eingestellt (www.bfs.de/elan).

Das aktuelle ELAN-System ist als eine Anwendung in einem erneuerten IMIS-CMS (Content-Management-Systems) namens Dokpool grundlegend zu ELAN5 weiterentwickelt worden. Ein modernes und responsives Design ist problemlos auch unterwegs auf einem Tablet oder Smartphone nutzbar. ELAN5 ist bereits erfolgreich in der Übung Core 2019 (Bund-Länder-Übung mit Baden-Württemberg) im Februar 2019 eingesetzt worden.

Auch international ist ELAN im Einsatz: Es wird kostenfrei an interessierte Staaten zur Verbesserung des internationalen Informationsaustausches weitergegeben. Rumänien verwendet bereits seit einiger Zeit das sogenannte ELAN-E als operationelles Notfallschutzsystem.

IMIS: LADA

Durch Zusammenarbeit mit einer Nutzer*innengruppe ist eine neuartige Workflow-Logik zur Erfassung und Plausibilisierung aller radiologischen Labordaten (LADA) zur Überwachung zum Beispiel von Lebens- und Futtermitteln, Wasser, Luft und Boden von Institutionen der Bundesländer sowie von Spurenmessstellen einiger Bundesämter und Institute erarbeitet worden. Das darauf basierende LADA läuft inzwischen als moderne Web-Software im produktiven Betrieb und wird weiter verbessert.

IMIS-GIS und Bfs-Geoportal

Das IMIS-GIS (Geo-Informationssystem) und das Bfs-Geoportal sind zwei unterschiedliche Anwendungen, jedoch mit gemeinsamem Software-Unterbau. Die für die Öffentlichkeit zugängliche Version ist das Bfs-Geoportal: Der Umfang der Daten und Funktionen ist auf die qualitätsgesicherte, für „Nicht-Spezialist*innen“ verständliche Datendarstellung fokussiert (www.imis.bfs.de/geoportal).

Das IMIS-GIS ist das behördeninterne Kartenwerkzeug im Notfallschutz, auf das IMIS-Nutzer*innen Zugriff haben und das unter anderem fachlich ungeprüfte und von den Behörden zunächst zu diskutierende Mess- und Prognose-Daten enthält.

Open-Source-Strategie am Beispiel von Geostyler

Eine wesentliche Neuerung für die Erstellung von aussagekräftigen Dar-

stellungen von Messdaten im IMIS-GIS ist die Einführung eines neuartigen Moduls zur Erstellung sowie zum Im- und Export von individuellen Karten-Styles. Die Darstellungsmöglichkeiten, die sich den Anwender*innen damit eröffnen, sind unter anderem für Skalierungen, Farbgebung und Symbole äußerst vielfältig. Eine solche Funktion ist technologisch nur im Web-Browser bislang einzigartig.

Am Beispiel der Entwicklung dieser Styling-Komponente offenbaren sich die Vorteile der IMIS3-Entwicklungsstrategie: Viele bestehende Open-Source-Software-Module sind nun als Basis verknüpft, Verbesserungen in den jeweiligen Open-Source-Projekten können vom Bfs zukünftig kostenlos genutzt werden.

Weiterentwicklungen des Bfs wie der Geostyler sind wiederum in die öffentlichen Projekte zurückgeführt worden und stehen somit allen Nutzer*innen, auch in anderen Behörden, dauerhaft kostenfrei zur Verfügung.

Weitere Planungen

Seit Januar 2019 läuft IMIS3 operationell zum IMIS2 im Parallelbetrieb. Es wird erfolgreich bereits in internationalen und nationalen Notfallschutzübungen als zentrales Hilfsmittel eingesetzt. IMIS2 ist nur noch als Rückfalloption vorgesehen und wird, nachdem sich IMIS 3 als robuster Nachfolger erwiesen hat, voraussichtlich Ende 2019 abgeschaltet. Der bewährte agile Prozess der IMIS3-Entwicklungsstrategie soll auch nach 2019 dauerhaft in einem sich reduzierenden Umfang zur kontinuierlichen Verbesserung und Aktualisierung fortgeführt werden.

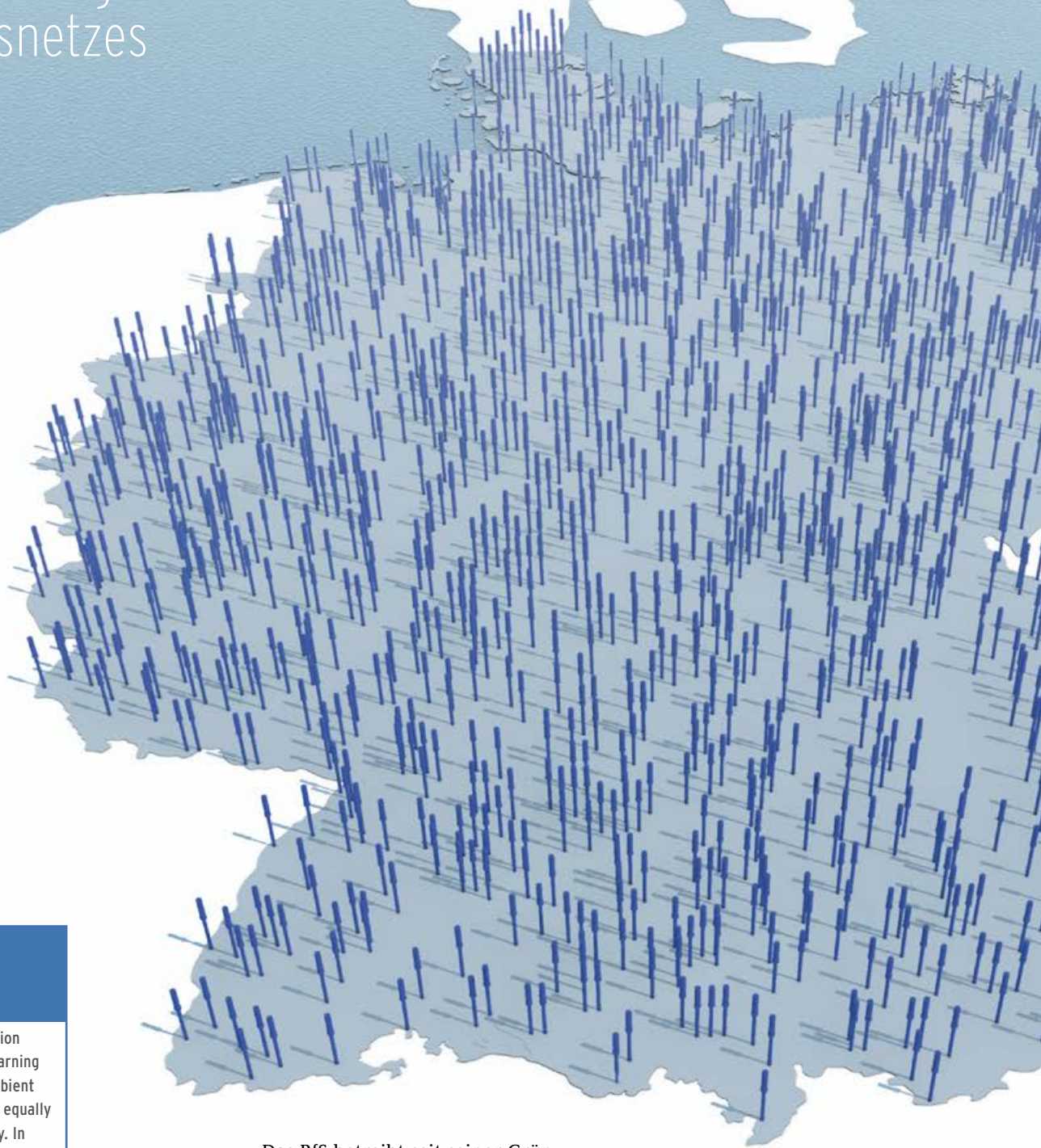
Ansprechpartner:

Christian Höbler

Koordination Notfallschutzsysteme

Tel. 03018 333-6720

Weiterentwicklung des ODL-Messnetzes



ABSTRACT

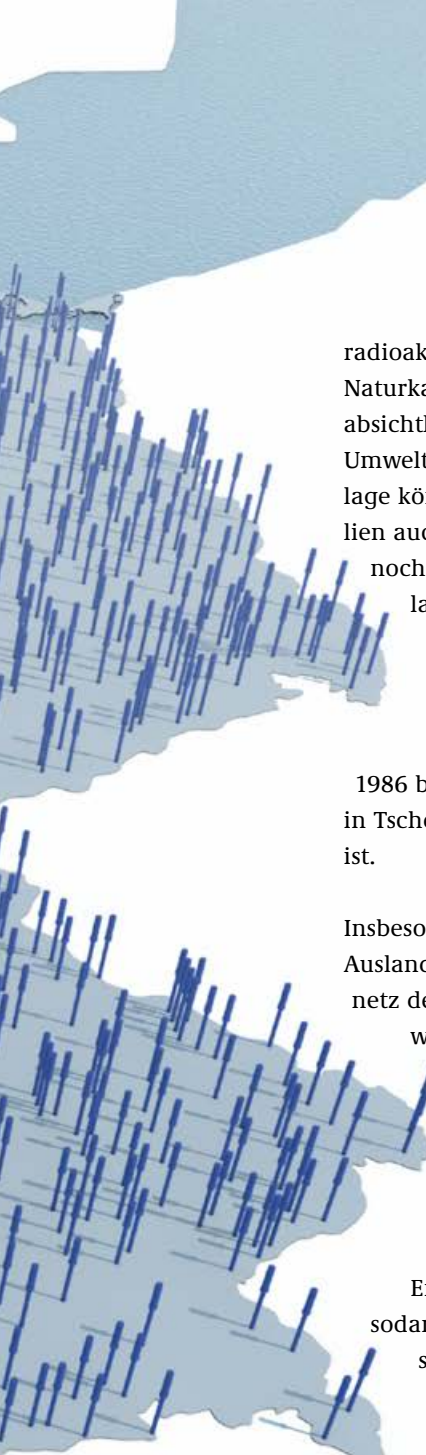
The German gamma dose rate network

The German Federal Office for Radiation Protection (BfS) operates an early warning network with approximately 1800 ambient dose equivalent rate (ADER) stations equally distributed over the German territory. In case of a nuclear emergency, increased contamination levels can be expected even in far distances of several 100 km from the accident. Purpose of the network is to continuously monitor the radioactivity in the environment to provide information about the affected areas, the level of contamination and the actual and future exposure. The data are used as basis for decisions for consistent and appropriate protective measures, before, during and after radiological emergencies.

Das BfS betreibt seit seiner Gründung ein flächendeckendes Messnetz zur Bestimmung der durch Gammastrahlung verursachten Ortsdosisleistung (ODL). Das ODL-Messnetz besteht aus circa 1.800 über das gesamte Bundesgebiet verteilten ODL-Sonden (siehe Abbildung 7 und <https://odlinfo.bfs.de/DE/index.html>).

Ursachen für Gammastrahlung

Gammastrahlung wird von radioaktiven Stoffen verursacht. Sie kommen zum einen in sehr kleinen Mengen natürlich im Boden vor oder werden durch kosmische Strahlung in der Atmosphäre gebildet. Zum anderen können



radioaktive Stoffe aber auch durch Naturkatastrophen, Unfälle oder absichtliche Verbreitung in die Umwelt gelangen. Je nach Wetterlage können radioaktive Materialien auch über große Entfernungen noch Auswirkungen auf Deutschland haben. So lassen sich im gesamten Bundesgebiet noch immer Spuren radioaktiven Cäsiums 137 (Cs-137) nachweisen, das 1986 bei der Reaktorkatastrophe in Tschernobyl freigesetzt worden ist.

Insbesondere bei Freisetzungen im Ausland kommt dem ODL-Messnetz des BfS eine wichtige Frühwarnfunktion zu. Ist ein Ereignis bekannt, ist es zudem wichtig, möglichst schnell gesicherte Erkenntnisse über die radiologische Situation zu erhalten und deren Entwicklung zu verfolgen, um sodann beurteilen zu können, ob spezielle Maßnahmen zum Gesundheitsschutz der Bevölkerung notwendig sind. Hierfür sind die über das ODL-Messnetz online und rund um die Uhr verfügbaren Daten eine wichtige Grundlage.

Modernisierung des ODL-Messnetzes

Das BfS will Fortschritte in der Messtechnik sowie moderne Datenverarbeitungs- und Datenkommunikationsmöglichkeiten in das bestehende Messnetz integrieren.

Dabei ist der internationale Austausch mit Betreibern ähnlicher Messnetze ein wichtiges Instrument, um Entwicklungen maßgeblich mitzugestalten. Die konsequente und kontinuierliche Modernisierung des Messnetzes verbessert die Qualität der Daten und eröffnet zudem neue Möglichkeiten der Datenbewertung.

Seit längerem erprobt das BfS den Einsatz sogenannter spektroskopischer Sonden. Diese Detektoren sind in der Lage, die Energieverteilung der vorhandenen Strahlung zu bestimmen. Das erlaubt Rückschlüsse darauf, welche Stoffe (radioaktive Isotope) die Strahlung verursachen, und ermöglicht somit genauere Aussagen über die Gesundheitsgefährdung. Detektoren zur Erhebung spektroskopischer Daten gibt es schon seit Langem. Allerdings wird der Einsatz dieser Technologie im Messnetz erst durch verhältnismäßig neue Entwicklungen möglich, die vor allem den Aufwand für die Wartung und den Betrieb der Sonden erheblich reduzieren.

Spektroskopische Detektoren erzeugen große Datenmengen, die übertragen, gespeichert und analysiert werden müssen. Seit 2018 sind die Entwicklungsarbeiten für den Einsatz spektroskopischer Sonden abgeschlossen. Eine große Anzahl solcher Sonden ist ins ODL-Messnetz integriert worden. Sie werden im Testbetrieb parallel zu herkömmlichen Sonden als sogenannte Twin-Sonden betrieben. In den kommenden Jahren ist der schrittweise Ausbau des Messnetzes mit dieser Technologie geplant.

Eine weitere Neuerung im ODL-Messnetz ist ein verstärktes Engagement im Bereich des mobilen Messens. Gerade die Erfahrung aus der Reaktorkatastrophe in Fukushima hat gezeigt, dass es notwendig ist, flexibel auf schwer vorhersagbare und äußerst dynamisch verlaufende Situationen reagieren zu können. Dabei ist es vor allem in der Folgephase eines solchen Ereignisses wichtig, genauere Informationen aus betroffenen Gebieten zu erhalten, um Maßnahmen zu überprüfen und dann die Strategie zum Schutz der Bevölkerung gegebenenfalls anzupassen. In dieser Phase ist es wichtig, das statische Messnetz durch mobile Komponenten zu ergänzen.

Mobile Messgeräte

Zu diesem Zweck entwickelt das BfS kompakte Messgeräte, die ODL-Daten aufnehmen, mit Koordinaten versehen und an eine zentrale Datenbank übertragen. Diese Messgeräte können in Fahrzeugen oder auch zu Fuß eingesetzt werden, um lokal mit möglichst hoher Ortsauflösung eine radiologische Situation zu erfassen.

In diesem Bereich wurden 2018 wichtige Entwicklungen beendet. Insbesondere wurde der Prototyp eines mobilen ODL-Messsystems überarbeitet und in den operativen Betrieb überführt. Ein weiterer Entwicklungsschritt war die Integration mobiler Messdaten in die vorhandene Infrastruktur zur Datenverarbeitung und -darstellung. Bei zwei Übungen konnten diese Komponenten bereits erfolgreich eingesetzt werden.

Ansprechpartner:
Dr. Ulrich Stöhlker
IMIS-Messaufgaben
Tel. 03018 333-6730

Unterstützung der Sicherheitsbehörden

Die Nuklearspezifische Gefahrenabwehr (NGA) beschäftigt sich mit Ereignissen, die einen Missbrauch von radioaktivem Material beinhalten. Es wird dabei eine kriminelle, im schlimmsten Fall eine terroristische Absicht in Betracht gezogen. Deshalb ist ein NGA-Einsatz in der Regel eine Kombination aus „polizeilicher Lage“ und „radiologischer Lage“, was erhöhte Anforderungen an Vorbereitung, Kommunikation und Zusammenarbeit stellt. Das BfS unterstützt die zuständigen Bundes- und Landesbehörden auf Anfrage im Falle des Verdachts einer Straftat im Zusammenhang mit radioaktiven Stoffen, soweit eine erhebliche Gefährdung von Leben, Gesundheit und Sachgütern zu befürchten ist. Es beteiligt sich auch international an Maßnahmen der radiologischen Gefahrenabwehr.

Aufgaben der NGA

Die NGA des BfS bietet den zuständigen Behörden die Möglichkeit, bei Vorkommnissen mit radioaktiven Stoffen schnell Unterstützung bei der Gefährdungsbewertung zu erhalten.

Im konkreten Einsatzfall berät das BfS zum Schutz der Einsatzkräfte und der Bevölkerung und unterstützt messtechnisch durch NGA-Messteams im BfS oder am Einsatzort.

Außerdem unterstützt die NGA das Bundeskriminalamt (BKA) bei Sicherheitsmaßnahmen für Großveranstaltungen oder Staatsbesuche als Teil der sogenannten CBRN-Maßnahmen (CBRN = Chemisch-Biologisch-Radiologisch-Nuklear). Das BfS berät die Polizei hinsichtlich radiologischer Gefahren und durchsucht Fahrzeuge und Räumlichkeiten nach radioaktiven Stoffen. Weiterhin werden alle, die den gesperrten Bereich betreten, auf radioaktive

Stoffe hin kontrolliert. Seit einigen Jahren gehört auch die Untersuchung von Lebensmittelproben auf radiologische Kontamination zu den Aufgaben des BfS während eines Staatsbesuches.

Häufig gibt es auch Anfragen von Strahlenschutz- oder Polizeibehörden der Länder zur Beratung oder praktischen Unterstützung in Fällen des illegalen Umganges mit radioaktiven Stoffen. Durch die Mitarbeit des BfS soll eine Gefährdung der Einsatzkräfte und der Bevölkerung durch die beteiligten radioaktiven Stoffe ausgeschlossen werden. So hat das BfS kürzlich eine Landesbehörde messtechnisch bei der Detektion und Separation von elektronischen Bauteilen unterstützt, die mit Radium-226, Thorium-232 oder Tritium belastet gewesen sind. Mit einem Landeskriminalamt ist eine illegale Entsorgung mehrerer Radiumnadeln bearbeitet worden, die eine sehr hohe Radium-Aktivität aufgewiesen haben.

Gezinkte Spielkarten

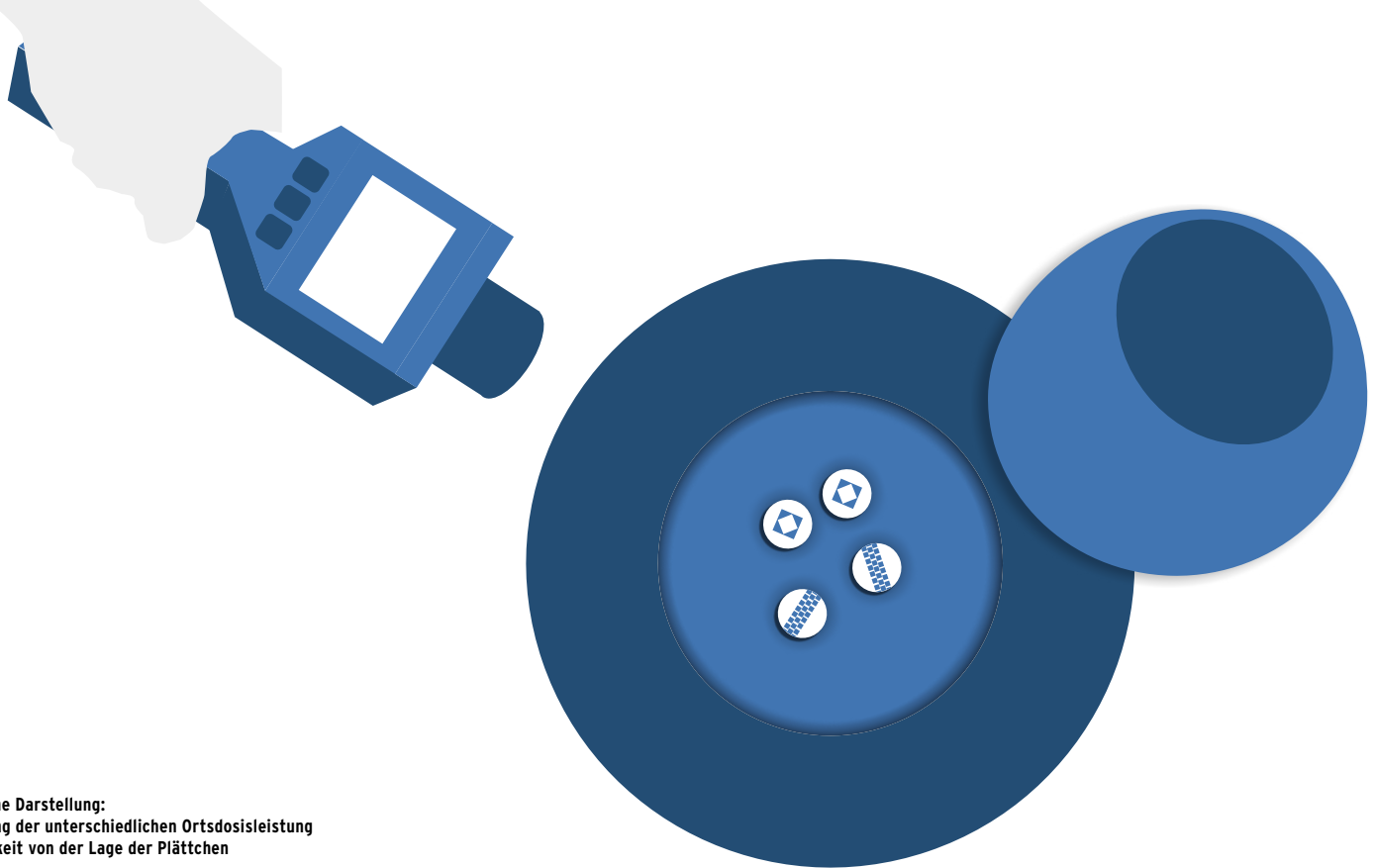
In den letzten vier Jahren war das BfS intensiv in die Ermittlungen der Landeskriminalämter Brandenburgs und Berlins im Falle von mit Iod-125 (I-125) kontaminierten Spielkarten involviert. 2014 und 2016 wurden in einer brandenburgischen Müllverbrennungsanlage kreisförmige Spielkartenchips identifiziert, die kontaminiert waren. Das BfS unterstützte unter anderem bei der Sicherstellung der Spielkartenchips sowie bei der radiologischen forensischen Analyse.

Mit I-125 markierte Spielkarten werden offenbar weltweit zur Manipulation illegaler Glücksspiele (Wettspiele wie „chơi xóc đĩa“, siehe Infokasten) eingesetzt. Die Recherche des BfS zeigt, dass seit 2006 Zwischenfälle beschrieben werden,

ABSTRACT

Supporting police investigations into the misuse of radioactive materials

The response to nuclear security events includes cases that involve the misuse of radioactive and nuclear material out of regulatory control, including misuse by terrorists. The Federal Office for Radiation Protection (BfS) offers support to the competent police and radiation protection authorities, if requested, via a permanent on-call duty which can provide advice on all aspects of radiation protection, specialized measurement equipment and trained personnel. The latest case of support was the investigation into the illegal disposal of playing card pieces contaminated with high activities of I-125 carried out by the state criminal investigation offices of Berlin and Brandenburg which were intended for illegal gambling.



Schematische Darstellung:
Untersuchung der unterschiedlichen Ortsdosisleistung
in Abhängigkeit von der Lage der Plättchen

bei denen radioaktiv kontaminierte Spielkarten sichergestellt worden sind. I-125 ist ein radioaktiver Stoff, der in der Medizin legal zur Krebsbehandlung und Diagnostik eingesetzt wird. Die Kontamination von Spielkarten ist jedoch ein illegaler Umgang, der in Deutschland strafrechtlich verfolgt wird. Außerdem stellt die große Aktivität des radioaktiven Stoffes eine ernste Gesundheitsgefährdung für Spieler*innen, Beteiligte und Unbeteiligte dar. Deshalb hat das LKA Berlin Ermittlungen eingeleitet.

Erste Ermittlungserfolge

Die radiologischen forensischen Untersuchungen, die beim BfS in Zusammenarbeit mit der Polizei durchgeführt worden sind, zeigen, dass das verwendete I-125 sehr rein ist und mit Sicherheit für medizinische Zwecke hergestellt worden ist. Die I-125-Aktivitäten liegen weit

über der Freigrenze. Die Strahlung der Rückseite der Kartenchips ist größer als an der Vorderseite. Das liegt an einer dünnen Metallfolie innerhalb der Spielkarte und ermöglicht die Unterscheidung, welche Kartenseite oben liegt – und damit den Betrug. Obwohl das LKA Berlin bereits Ermittlungserfolge vorweisen kann und weiteres Material hat sicherstellen können, bleiben die Herkunft des radioaktiven Stoffes und die Verteilungskette unbekannt. Um gegebenenfalls weitere Erkenntnisse zu erlangen, hat das BfS bereits Kontakte zu anderen betroffenen Staaten wie Polen und Rumänien hergestellt. Bei den Recherchen des BfS zeigt sich auch, dass möglicherweise bereits weitere radioaktive Stoffe wie Technetium-99m oder Palladium-103 für diese illegalen Zwecke eingesetzt werden.

Für das „chơi xúc đĩa“-Spiel werden vier runde Pappplättchen verwendet, die unmittelbar vor dem Spiel aus einer offenbar unversehrten Spielkarte ausgeschnitten oder ausgestanzt werden. Der Durchmesser dieser Pappplättchen beträgt etwa 1,5 bis zwei Zentimeter. Die Plättchen werden zwischen einer Reisschale und einem Teller eingeschlossen und geschüttelt. Danach wird gewettet, wie sie unter der Schale liegen. Liegen alle vier Plättchen mit der Vorder- oder Rückseite nach oben oder zwei nach oben und zwei nach unten, spricht man vom Chấn-Zustand (Gerade-Zustand, siehe Abb.). In den anderen zwei Fällen ist es ein Lê-Zustand (Ungerade-Zustand).

Die Spieler*innen können durch Einsatz der mit I-125 kontaminierten Plättchen und einer verdeckt eingesetzten (Mess-)Elektronik den Zustand der Plättchen unter der Schale besser als der Gegner erraten und demzufolge mehr Wetten gewinnen. Bekannt sind derartige Manipulationen sowohl mit Poker- als auch mit asiatischen Spielkarten.

Ansprechpartnerinnen:

Dr. Emily Alice Kröger

Nuklearspezifische Gefahrenabwehr

Tel. 03018 333-4141

Dr. Britta Lange

Nuklearspezifische Gefahrenabwehr

Tel. 03018 333-4142

Unterschiedliche Radonkonzentrationen stehen in den Kalibrierbehältern zur Verfügung.



Die akkreditierten Labore des BfS

ABSTRACT

Accredited laboratories of the BfS

Three BfS laboratories have been accredited according to the laboratory standard DIN EN ISO/IEC 17025 (General requirements for the competence of testing and calibration laboratories):

- Radon calibration laboratory
- Gamma spectrometry laboratory for trace analysis
- Noble gas laboratory for trace analysis

The BfS wants to prove to the public that its measurement results are reliable and therefore has its competence regularly checked and confirmed by an independent, internationally recognised body. Accreditation as a quality standard is important in the international context. There is a multitude of requirements to be fulfilled, where - besides the quality of the results - customer satisfaction is the highest goal. In particular, it must be possible at all times to trace how the respective measurement result or calibration was obtained.

Akkreditierung: Was bedeutet das für ein Labor?

Akkreditierung bedeutet nicht nur eine Urkunde an der Wand als offizielle Anerkennung für das jeweilige Labor, sondern vor allem viel Aufwand und Disziplin im Laboralltag. Es ist eine Vielzahl von Anforderungen zu erfüllen, bei denen - neben der Qualität der Ergebnisse - die Kund*innenzufriedenheit das oberste Ziel ist. Insbesondere muss zu jedem Zeitpunkt nachvollziehbar sein, wie das jeweilige Messergebnis beziehungsweise die Kalibrierung erzielt worden ist.

Zu den Anforderungen der Norm gehören

- » ein funktionierendes Qualitätsmanagementsystem mit entsprechender Dokumentation,
- » Unparteilichkeit und Vertraulichkeit,
- » adäquat ausgebildetes und regelmäßig geschultes Personal,
- » geeignete Räumlichkeiten,
- » Einsatz von validierten Verfahren,
- » geprüfte Arbeitsanweisungen,
- » Rückführbarkeit auf ein nationales Aktivitätsnormal,
- » regelmäßige interne Prüfungen der verwendeten (Mess-)Geräte und
- » erfolgreiche Teilnahme an externen Ringvergleichen oder Leistungsprüfungen (Proficiency-Tests).

Dieses Gesamtsystem wird von der Deutschen Akkreditierungsstelle (DAkkS) in regelmäßigen Abständen nach systemischen und fachlichen Aspekten überprüft. Werden Abweichungen von den Vorgaben der Norm festgestellt, sind diese innerhalb einer vorgegebenen Frist zu beseitigen. Drei Labore des BfS haben sich nach der Labor-Norm DIN EN ISO/IEC 17025 (Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien) akkreditieren lassen:

- » Radon-Kalibrierlabor
- » Gammaskopie-Labor zur Spurenanalyse
- » Edelgaslabor zur Spurenanalyse

Was steckt dahinter?

Das BfS will auch nach außen deutlich sichtbar machen, dass seine Messergebnisse belastbar sind, und lässt daher seine Kompetenz regelmäßig durch eine unabhängige, international anerkannte Stelle überprüfen und bestätigen. Dies ist erforderlich, wenn ein Labor zum Beispiel Geräte-Kalibrierungen für Kund*innen anbietet (Kalibrier-



Nichts dem Zufall überlassen: Das BfS stellt typische Aerosolkonzentrationen in der Radon-Folgeproduktkammer ein.

labor), die dann mit diesen Geräten Messungen für andere durchführen. Auch im Bereich der Prüflabore ist eine Akkreditierung erforderlich, wenn zum Beispiel gerichtsfeste Messergebnisse benötigt werden oder das Labor als internes Referenzlabor arbeitet. Akkreditierung als Qualitätsstandard ist im internationalen Rahmen für den Datenaustausch wichtig und teilweise bereits Voraussetzung für die Teilnahme an internationalen Vergleichsmessungen.



Sabine Jungto ist Physikalisch-technische Assistentin im Radon-Kalibrierlabor des BfS und bearbeitet Aufträge der Kund*innen vom Eingang der Messgeräte im Labor bis zur Erstellung der Kalibrierscheine. Nahezu alle Radon-Messgerätetypen hat sie bereits in ihren Händen gehalten und mit ihnen gearbeitet. Sabine Jungto und ihre Kolleg*innen führen internationale Vergleichsmessungen für Radon-Messgeräte und regelmäßige Untersuchungen zur Qualitätssicherung durch, die die hohen Anforderungen der Deutschen Akkreditierungsstelle (DAkkS) für akkreditierte Labore erfüllen.



Das Radon-Kalibrierlabor: wo Radonschutz anfängt

Der Schutz vor Radon in Gebäuden und an Arbeitsplätzen ist im Strahlenschutzrecht geregelt. Eine verlässliche Aussage zur Konzentration von Radon und seiner Folgeprodukte ist nur mit einer Messung möglich. Deshalb sollen Entscheidungen über Schutzmaßnahmen auf der Basis von Messungen getroffen werden. Diese müssen mit geeigneten Messgeräten durchgeführt werden. Wo viele verschiedene Gruppen messen, muss sichergestellt werden, dass die Messergebnisse vergleichbar sind. Das gilt weltweit: Ein Meter in Spanien sollte genauso lang sein wie ein Meter in Deutschland. Auch für die Messung der Radonkonzentration braucht man daher einen Standard.

Zur Qualitätssicherung der Messgeräte für Radon und Radon-Folgeprodukte unterhält das BfS in Berlin das einzige durch die Deutsche Akkreditierungsstelle (DAkkS) akkreditierte Radon-Kalibrierlaboratorium Deutschlands. Hier werden Radon und Radon-Folgeprodukt-Messgeräte kalibriert; das heißt, der Messwert des zu prüfenden Gerätes wird mit dem eines sehr genauen Messgerätes, dem Normal, verglichen. Dabei werden der Kalibrierfaktor (die Messabweichung vom Normal) und dessen Unsicherheit bestimmt. Das im BfS-Labor verwendete Normal ist direkt auf das nationale Normal zurückgeführt – genauer geht es nicht.

Internationale Vergleichsmessungen

Auch die messtechnischen Grundlagen der verschiedenen Geräte und Verfahren werden von den Wissenschaftler*innen untersucht. Nur so ist eine Bewertung der Eigenschaften von Geräten zuverlässig möglich – und natürlich auch die Entwicklung neuer Methoden. So bietet das Radon-Kalibrierlabor seit über 15 Jahren internationale Vergleichsmessungen für passive Radonmessgeräte an und kann daher Eignungsprüfungen vornehmen.

Das BfS-Labor steht mit internationalen Kund*innen und Wissenschaftler*innen in einem regen Austausch. Im europäischen Forschungsprojekt MetroRadon zum Beispiel wollen die Wissenschaftler*innen aktuell sicherstellen, dass auch niedrige Radonkonzentrationen noch genau gemessen werden können.

Weiterführende Informationen finden sich unter <http://www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/labore/radon/radon.html>

Labore zur Spurenanalyse

Analysen mit den Methoden der Spurenanalyse werden sowohl im Rahmen nationaler gesetzlicher Aufgaben als auch zur Überwachung der Einhaltung des Kernwaffenteststoppabkommens durchgeführt. Diese Messungen mithilfe empfindlichster Methoden dienen der Ermittlung der Aktivitätskonzentrationen künstlicher Radionuklide in der bodennahen Luft, um kurz- und langfristige Änderungen auf niedrigstem Aktivitätsniveau zu verfolgen. Sie werden darüber hinaus zur Abschätzung der Strahlenbelastung des Menschen im nuklearen Ereignisfall und in den Umweltwissenschaften zum Studium atmosphärischer Transportprozesse verwendet. Werden

beispielsweise auffällige Messwerte beobachtet, wird versucht, die Quelle mithilfe der Ergebnisse von mehreren Probenentnahmepunkten und den Wetterdaten zu lokalisieren. Die Qualität und damit die Belastbarkeit der verwendeten Messergebnisse sind immer von entscheidender Bedeutung. Dazu gehören nicht nur die Messwerte selbst, sondern auch deren Messunsicherheiten. Die akkreditierten Labore zur Spurenanalyse sind Ende 2018 durch die DAkkS überprüft, die Reakkreditierung ist im Frühjahr 2019 erteilt worden.

Gammaskpektrometrie-Labor

Im Gammaskpektrometrie-Labor sind die Verfahren zur Bestimmung der Aktivität beziehungsweise Aktivitätskonzentration an Luftstaub gebundener längerlebiger Radionuklide auf Großflächenfiltern durch gammaskpektrometrische Analyse seit 2014 akkreditiert. Ziel ist die Bestimmung geringster Aktivitäten und Aktivitätskonzentrationen der verschiedenen gammastrahlenden Radionuklide, die zuvor aus der Luft auf Filtern abgeschieden worden sind. Dabei ist insbesondere der Nachweis künstlicher Radionuklide von Bedeutung, die auf eine mögliche zivile Freisetzung, auch in größerer Entfernung, hindeuten können.

Für diese empfindlichen Nachweise werden sehr große Probenmengen benötigt, die mit sogenannten Hochvolumensammlern im BfS

- » an der Messstation auf dem Schauinsland und
- » auf dem Dach der Dienststelle in Freiburg

genommen werden. Hierfür wird die Luft mit einem Durchsatz von 700 bis 900 Kubikmetern pro Stunde über großflächige Aerosolfilter angesaugt.



Flüssiger Stickstoff kühlt die zweite Anreicherungsstufe für die Edelgase auf eine Temperatur von minus 196 °C.

Die Staubpartikel mit den anhaftenden Radionukliden werden auf dem Filter abgeschieden. Die Filter werden nach Ende der Sammelzeit (in der Regel eine Woche) zu Tabletten gepresst und mit hochempfindlichen Reinst-Germanium-Detektoren über mehrere Tage hinweg gemessen, um auch kleinste Mengen von Radionukliden nachweisen zu können. In einem Ereignisfall werden die Sammelzeiträume auf Tagesproben verkürzt, um eine höhere zeitliche Auflösung zu erhalten.

Die Proben werden in Bleiabschirmungen gemessen. Diese reduzieren die überall vorhandene Umgebungsstrahlung, die die Messung stören kann.

Messverfahren Luftstaubfilter

Die Reinst-Germanium-Detektoren messen die Energie der Gammastrahlung, die von den Radionukliden ausgeht. Die Zuordnung zu den Radionukliden erfolgt anhand dieser Energien. Zur Bestimmung

der Aktivität des jeweiligen Radionuklids auf dem Filter muss die Nachweiswahrscheinlichkeit des Systems bekannt sein. Diese hängt von der Probengeometrie und Beschaffenheit ab. Für eine entsprechende Kalibrierung werden Filter verwendet, auf die eine bekannte – auf einen Referenzstandard rückführbare – Aktivität aufgebracht worden ist.

Zur internen Qualitätskontrolle werden regelmäßig Systemparameter überprüft. Zeitverläufe dieser Parameter ermöglichen es, schnell Änderungen am System zu identifizieren, die die Qualität der Ergebnisse beeinflussen könnten. Sie ermöglichen zudem eine vorausschauende Planung von Wartungsmaßnahmen. Zusätzlich wird in Ringvergleichen oder Proficiency-Tests die Qualität der Analysen an unbekanntem Proben von unabhängiger Stelle überprüft. Die Schwierigkeit der Spurenmessungen besteht darin, dass derartige Ring-

vergleiche sehr aufwendig sind und daher selten angeboten werden.

Typische Nachweisgrenzen für die Aktivitätskonzentration von Cäsium-137 liegen bei circa 0,1 Mikrobecquerel pro Kubikmeter. Dies bedeutet, dass im Luftvolumen eines großen Fußballstadions ein radioaktiver Zerfall eines künstlichen Radionuklids pro Sekunde nachgewiesen werden kann.



Martina Konrad ist Umwelttechnikerin und arbeitet im BfS seit 2005 im Edelgaslabor. Dort analysiert sie Xenon- und Krypton-Proben, betreut die Messapparaturen und ist für die Durchführung und Weiterentwicklung der Qualitätssicherung zuständig. Ferner führt sie Referenzmessungen für die CTBTO durch.



Sabine Schmid ist Chemotechnikerin und seit dem Jahr 1991 in der Spurenanalyse tätig. Sie ist für die Planung, Durchführung der Analysen und Auswertung der Messergebnisse unter Einhaltung der geforderten Qualitätsstandards im akkreditierten Edelgaslabor verantwortlich. Sie leitet das Radiochemielabor, in dem Alpha- und Betastrahler in Luftstaubproben bestimmt werden.

Edelgaslabor

Im „Edelgaslabor Spurenanalyse“ ist das Verfahren zur „Bestimmung der Aktivitätskonzentration von Kr-85 und Radioxenon (Xe-133) in Luftproben mittels gaschromatografischer Reinstdarstellung und integraler Betamessung“ akkreditiert. Das Verfahren zu diesen Analysen ist am BfS entwickelt worden und wird seit Beginn der 1970er Jahre angewendet.

Edelgase lassen sich nicht wie Luftstaub auf Filtern sammeln; sie sind extrem flüchtig und reagieren auch nur sehr schwer mit anderen Stoffen. Dies macht die Probenahme und -aufbereitung aufwendiger, bedeutet aber auch, dass der Transport in der Atmosphäre relativ ungehindert erfolgt.

Die radioaktiven Isotope der Edelgase Xenon (zum Beispiel Xenon-133) und Krypton (Krypton-85) spielen eine wichtige Rolle

- » beim Nachweis von verdeckten nuklearen Aktivitäten wie unterirdischen Kernwaffentests,
- » für den Nachweis von Freisetzungen aus ziviler Nutzung (Kernkraftwerke, Isotopenproduktionsanlagen) und
- » als Indikator für die Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen. Diese ist auch Bestandteil des Verfahrens zur Produktion von Plutonium für Kernwaffen.

Der Probenahmezeitraum beträgt in der Regel eine Woche, kann im Bedarfsfall aber auch auf einen täglichen Rhythmus verkürzt werden. Das BfS betreibt Probenahmestellen

- » in Freiburg,
- » auf dem Schauinsland und
- » bei Bremgarten gegenüber dem französischen KKW Fessenheim.

An weltweit derzeit weiteren acht Probenahmestationen werden von anderen Institutionen Proben im Auftrag des BfS genommen und

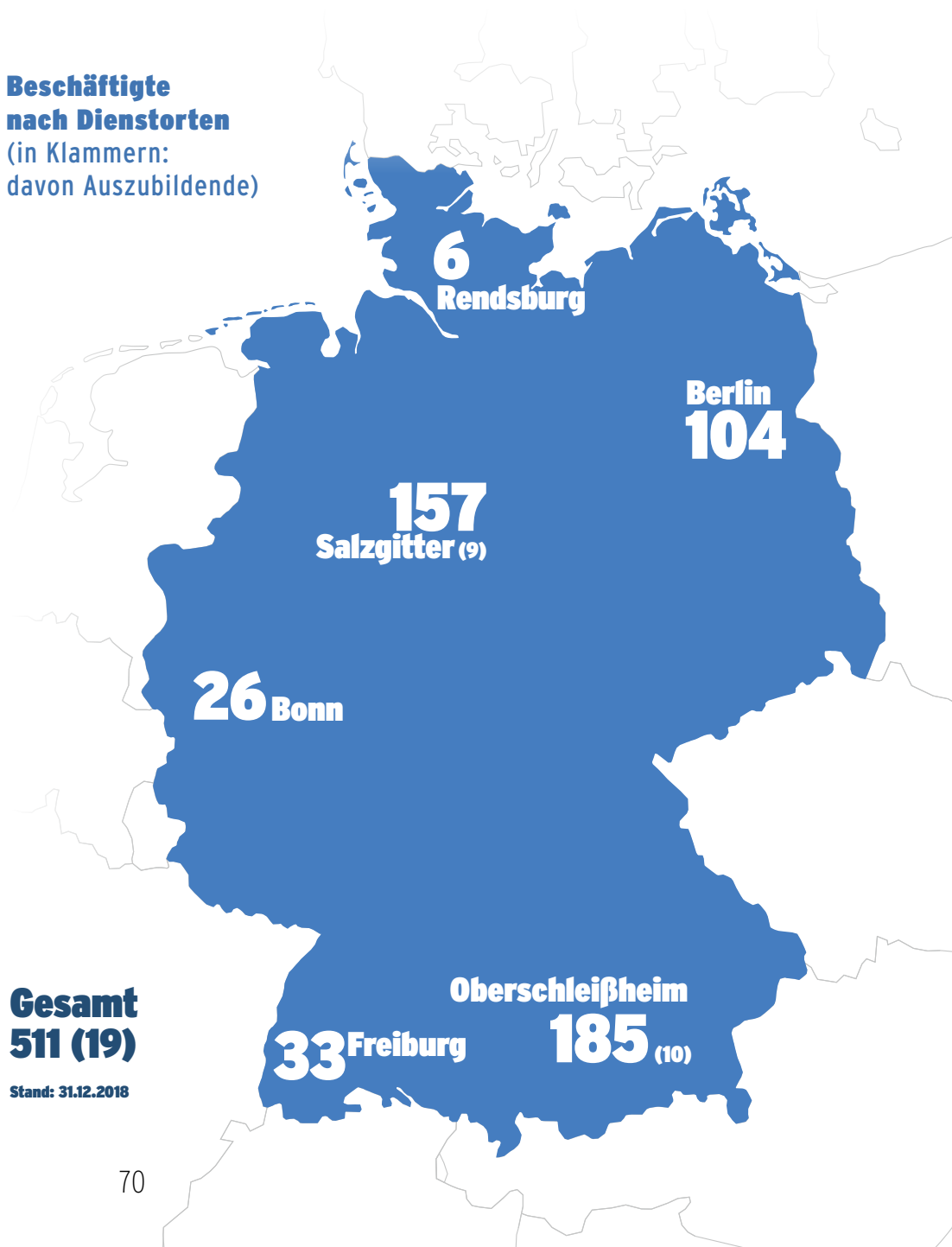
vor Ort so aufbereitet, dass sie in Druckdosen oder Gasbehältern an das Edelgaslabor verschickt werden können. Im Edelgaslabor werden etwa 1000 Proben pro Jahr analysiert.

Mit seiner langjährigen Erfahrung unterstützt das BfS mit diesem Labor die Vertragsorganisation zur Überwachung des Kernwaffenteststoppabkommens (CTBTO) als „Support Labor“ beim Aufbau eines Qualitätssicherungssystems für das Edelgasmessnetz der CTBTO. Insbesondere diese Aufgabe hat eine Akkreditierung erforderlich gemacht. Da es sich bei dem angewandten Verfahren um eine Eigenentwicklung handelt, ist die Validierung aufwendiger gewesen als bei Standardverfahren. Ringvergleiche und Proficiency-Tests werden von der CTBTO zwar für Xenon-133 durchgeführt, für Krypton-85 ist man hier jedoch auf Vergleichsuntersuchungen von anderen Laboratorien angewiesen. Auch sind rückführbare Gasstandards im benötigten niedrigen Aktivitätsbereich nur schwer erhältlich. Daher kommt hier der internen Qualitätskontrolle eine noch größere Bedeutung zu. Neben der regelmäßigen Überprüfung der Zählrohrparameter stellen Kontrollmessungen von Nulleffekten und Standard-Gasproben sowie Vergleichsmessungen der einzelnen Messplätze untereinander sicher, dass eventuelle Instabilitäten der Systeme schnell bemerkt und behoben werden können.

Ansprechpersonen:
Jacqueline Bieringer
 Atmosphärische Radioaktivität und Spurenanalyse
 Tel. 03018 333-6771
Sebastian Feige
 Radonmetrologie
 Tel. 03018 333-4270

BfS: ein moderner Arbeitgeber

**Beschäftigte
nach Dienstorten**
(in Klammern:
davon Auszubildende)



ABSTRACT

BfS – an employer with a variety of working fields and future-proof tasks

A total of 511 employees (including trainees) work at six locations in the BfS. We offer many interesting work areas both in the Central Office, which provides the resources required for the skilled work and drives the process of administrative modernization, as well as in our specialist fields. The current article gives insights into the division of the Central Office and an overview of who we are looking for in the context of our personnel recruitment. We introduce you to what's special about the BfS. Employees from the fields of Emergency Preparedness and Response, Environmental Radioactivity, Effects and Risks of Ionizing and Non-ionizing Radiation as well as Medical and Occupational Radiation Protection report what makes their job at BfS so important to them.

**Gesamt
511 (19)**

Stand: 31.12.2018

An insgesamt sechs Standorten arbeitet das BfS, um Mensch und Umwelt vor Strahlung zu schützen. Die wissenschaftlich-technisch anspruchsvollen Aufgaben im BfS erfordern dabei ein Zusammenspiel verschiedenster Fachrichtungen – sowohl auf fachlicher als auch auf kommunikativer Ebene. Der sich ständig weiterentwickelnde Stand von Wissenschaft und Technik ist dabei Gegenstand, Maßstab und Ansporn für die Arbeit. Die Zentralabteilung stellt die für die Facharbeit erforderlichen Ressourcen bereit, treibt den Prozess der Verwaltungsmodernisierung voran und unterstützt damit die Fachabteilungen. In der Vielfalt und Komplexität der Aufgaben spiegeln sich die beruflichen Perspektiven wider, die das BfS als Arbeitgeber ausmachen. Damit Sie einen Eindruck von den vielfältigen Möglichkeiten, im BfS fachlich zu arbeiten, bekommen, berichten Beschäftigte aus den Bereichen „Radiologischer Notfallschutz“, „Umweltradioaktivität“, „Wirkung und Risiken ionisierender und nichtionisierender Strahlung“ sowie „Medizinischer und beruflicher Strahlenschutz“ über die Bedeutung ihrer Arbeit.

Wie ist das BfS aufgestellt?

157 Beschäftigte (darunter 9 Azubis) unterstützen als administrative Dienstleister die Fachabteilungen in der Zentralabteilung mit folgenden Verwaltungsaufgaben:

- » Organisations- und Personalentwicklung sowie Personalmanagement
- » Finanzen und Einkauf
- » Koordinierung administrativer Abwicklung von Forschungsvorhaben
- » Justizariat, Datenschutz und Genehmigungsverfahren
- » Liegenschaften und innerer Dienst
- » Informationstechnik
- » Kompetenzerhalt sowie Aus- und Weiterbildung im Strahlenschutz

Wie können Sie beim BfS einsteigen?

Das BfS ist stets auf der Suche nach motivierten Absolvent*innen, Quereinsteigenden und Berufserfahrenen unter anderem aus den Bereichen Biologie, Chemie, Kommunikation und Medien, Medizin, Physik, Politik, Recht, Technik und Verwaltung sowie jungen Menschen, die die Ausbildungsberufe

- » Biologielaborant*in,
- » Verwaltungsfachangestellte*r, Fachinformatiker*in oder
- » IT-Systemelektroniker*in

erlernen und an der verantwortungsvollen Aufgabe „Strahlenschutz“ und/oder der digitalen Transformation des BfS mitarbeiten möchten.

Aktuelle Stellenausschreibungen veröffentlichen wir unter https://www.bfs.de/DE/aktuell/stellen/stellen_node.html

Warum sollten Sie sich für das BfS entscheiden?

Das BfS bietet einen modernen und sicheren Arbeitsplatz mit einer verantwortungsvollen, abwechslungsreichen Tätigkeit in einer wissenschaftlich-technischen Bundesbehörde mit wichtigen Aufgaben für die Gesellschaft. Ab Ihrem ersten Arbeitstag erhalten Sie eine gezielte und systematische Einarbeitung in Form von Einarbeitungsprogrammen und Patensystemen. Gestaltungsspielräume werden bei uns großgeschrieben. Sie bringen eigene Ideen ein, arbeiten eigenverantwortlich in einem Arbeitsumfeld, das von Teamarbeit, gegenseitiger Unterstützung und einem kooperativen Führungsstil geprägt ist. Im Rahmen der Personalentwicklung fördern wir Führungskräfte und Mitarbeitende mit arbeitsbegleitenden individuellen Fortbildungen und Coachings.

Um die beruflichen und privaten Interessen miteinander in Einklang zu bringen, gibt es neben Gleitzeitregelungen sowie der Möglichkeit, Teilzeit- und Telearbeit zu nutzen, viele individuelle Arbeitsmodelle. Außerdem haben wir Eltern-Kind-Zimmer sowie einen kostenlosen Beratungs- und Vermittlungsservice rund um die Kinderbetreuung und Betreuung pflegebedürftiger Angehöriger etabliert. Sollten Sie einmal in eine Ausnahmesituation geraten, unterstützt Sie eine kostenlose Sucht- und Sozialberatung. Wir bieten Ihnen zudem ein regelmäßiges Informationsangebot zu aktuellen Gesundheitsthemen.

Was sagen unsere Beschäftigten?



Dr. Ute Rößler

arbeitet seit Ende 2000 im BfS im Bereich der Strahlenbiologie. Neben ihren Tätigkeiten im Labor betreut sie intensiv die Auszubildenden.

„Neben den fachlich-wissenschaftlichen Tätigkeiten im Strahlenschutz werden Aufgaben erfüllt, die gesellschaftlich relevant sind. Ein Beispiel dafür ist die Ausbildung von derzeit neun Biologielaborant*innen. Nicht nur der Eigenbedarf an technischem Laborpersonal kann dadurch gedeckt werden. Viele der Absolvent*innen finden später eine Anstellung im öffentlichen Dienst, beispielsweise an Universitäten oder öffentlichen Einrichtungen, sodass wir unserer Verantwortung gerecht werden, jungen Menschen eine berufliche Zukunft zu bieten. Selbstverständlich gehört auch die Mitarbeit in Gremien wie dem IHK-Prüfungsausschuss „Biologielaborant*innen“ dazu, um im beruflichen Umfeld mitgestalten zu können. Neben der dualen Ausbildung werden zusätzlich Bachelor-, Master- und Doktorarbeiten betreut, um qualifizierten wissenschaftlichen Nachwuchs im Strahlenschutz und in der Strahlenbiologie zu fördern. Auch dieser Verantwortung sind sich die Wissenschaftler*innen der Arbeitsgruppe der Fachgebiete Strahlenbiologie und Biologische Dosimetrie bewusst. Darüber hinaus werden jährlich über diverse Plattformen internationale Kurse veranstaltet, um das strahlenbiologische Wissen an Nachwuchswissenschaftler*innen weiterzugeben. Dabei werden nicht nur theoretische Vorlesungen abgehalten, sondern auch spezielle Methoden wie der ‚Gamma-H2AX Assay‘ praktisch vermittelt.“

Gamma-H2AX Assay: Der theoretische Hintergrund dieser Methode ist einfach: Wird die DNS durch Strahlung so sehr geschädigt, dass beide Stränge durchtrennt werden, werden an dieser Stelle sofort DNS-Reparaturmechanismen eingeleitet. Ein erster Schritt dabei ist die Markierung der Bruchstelle an einem bestimmten Eiweiß. Diese Reaktion kann durch entsprechende Antikörper sichtbar gemacht werden, die später unter dem Mikroskop als leuchtende Punkte zu erkennen sind.



Dr. Marco Lechner

ist seit 2015 im BfS beschäftigt und koordiniert die Neuentwicklung der Notfallschutzsoftware IMIS.

„Ich bin mit vielen Kolleg*innen aus dem BfS, aber auch von Länderbehörden, Messlaboren und Leitstellen in Kontakt, damit das neue Notfallschutzsystem die gestellten Anforderungen erfüllt, die einzelnen Teile des IMIS richtig aufeinander abgestimmt sind und zusammenarbeiten. Zwischen durch bleibt aber auch Zeit, selbst Teile des IMIS zu programmieren oder gemeinsam programmiertechnische Fragen und Konzepte zu erörtern. Der kollegiale Umgang und die gute Arbeitsatmosphäre sind es letztendlich auch, die dazu führen, dass mir das Arbeiten am BfS besonderen Spaß macht. Die Offenheit und die Freiheiten innerhalb des eigenen Bereiches, gerade im Umfeld der Softwareentwicklung, sind einzigartig und zeichnen das BfS als besondere Behörde aus.“



Uwe-Karsten Schkade

arbeitet seit 1991 im Fachgebiet
Dosimetrie und Spektrometrie:

„Im Labor zur gammaspektrometrischen Bestimmung von Umweltproben der Leitstelle ENORM werden verschiedenste Medien auf ihren Gehalt an Radionukliden hin untersucht.

Dazu gehören unter anderem

- Feststoffe (Boden, Sedimente, Haldenmaterialien, Schlacke, NORM, Baustoffe, Lebensmittel und so weiter),
- Wasserproben (Trink- und Grundwasser, Oberflächenwasser, Sickerwasser, Abwasser, sonstige wässrige Lösungen) sowie
- Salzlösungen und Salze aus der Schachanlage ASSE II und KONRAD.

In den letzten zwei Jahren sind umfangreiche Modernisierungsmaßnahmen im Laborbereich durchgeführt worden mit dem Ziel, eine höhere Verfügbarkeit der vorhandenen Messtechnik zu gewährleisten. Dazu gehört die Anschaffung von zwei hochmodernen Probenwechslervorrichtungen für Gammaspektrometriemessplätze. Die automatischen Vorrichtungen kommen sowohl im Routinebetrieb der Leitstelle ENORM als auch im sogenannten Intensivbetrieb zum Einsatz und erlauben eine maximale Auslastung der angeschlossenen Gammaspektrometriemessplätze.“



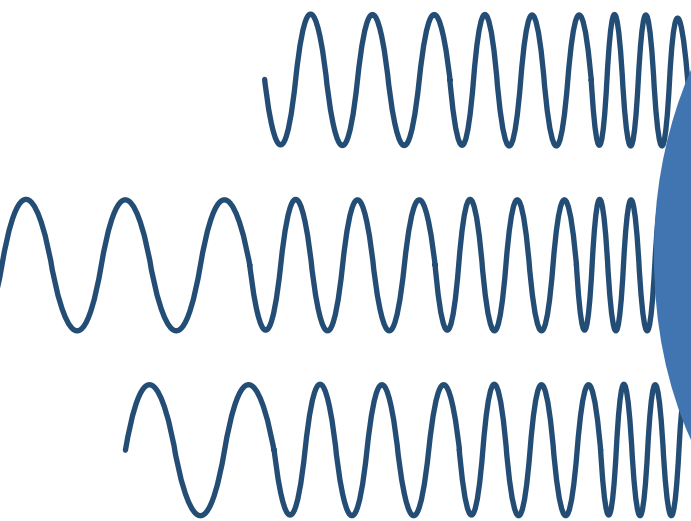
Elke Kleiner

bestimmt seit 2016 als Chemisch-technische Assistentin die Aktivität von Gammastrahlern im Körper von Personen.

„Seit 2016 arbeite ich als Chemisch-technische Assistentin im BfS in der Ganzkörpermessanlage der Inkorporationsmessstelle Neuherberg. Mit dem Ganzkörperzähler wird die Aktivität von Gammastrahlern im Körper bestimmt. Zur turnusmäßigen Untersuchung kommen interne und externe beruflich strahlenexponierte Personen zu mir in die Messstelle, teilweise aber auch besorgte Privatpersonen. Neben den Terminvereinbarungen und Messungen führe ich auch die Erstauswertung der Spektren durch. Ich versuche, die Atmosphäre während der Messungen positiv zu gestalten, damit die Personen gerne wiederkommen. Bei meiner täglichen Arbeit komme ich mit sehr vielen unterschiedlichen und interessanten Menschen zusammen. Der persönliche Kontakt zu den Messpersonen sowie der kollegiale Umgang der Mitarbeiter*innen im BfS gefallen mir sehr gut.“

Ansprechpartnerin:
Julia Bechmann
Zentralabteilung
Tel. 03018 333-1244

Das Strahlenschutzrecht



Umfassender Schutz vor schädlicher Strahlung in der Medizin, Schutz vor Radon in Wohnungen und bessere Vorsorge für den Notfall – das sind zentrale Bereiche des Strahlenschutzgesetzes und der neuen Strahlenschutzverordnung, die am 31. Dezember 2018 vollständig in Kraft getreten sind.

Die Neuregelung spiegelt die wachsende Bedeutung des Strahlenschutzes in vielen Lebensbereichen wider:

Das neue Strahlenschutzrecht schafft klare Strukturen und bildet den aktuellen Stand der Wissenschaft ab. Damit ist auch eine neue Grundlage für den Strahlenschutz und die Arbeit des Bundesamts für Strahlenschutz (BfS) geschaffen worden.

Neue Kompetenzen für das BfS

Das BfS hat zahlreiche neue Kompetenzen erhalten, beispielsweise bei der Bewertung neuer medizinischer Verfahren. Damit wird die Rolle des BfS als Schutzbehörde gestärkt. Auch im Notfallschutz hat das BfS wesentliche Zuständigkeiten erhalten. Das Gesetz enthält zahlreiche Regelungen, für die sich das BfS in der Vergangenheit stark gemacht hat.

Dazu zählen Vorgaben zum natürlich vorkommenden Edelgas Radon und zur Radioaktivität in Baustoffen.

Das Gesetz umfasst allgemeine Regelungen und gliedert sich zudem in vier Hauptteile:

Strahlenschutz bei geplanten Expositionssituationen

Ein wesentlicher Bereich ist „Strahlenschutz bei geplanten Expositionssituationen“, zu dem Regelungen

- » zur Rechtfertigung von Tätigkeitsarten,
- » zur Früherkennung von Krankheiten mittels radiologischer Verfahren,
- » zur Anwendung radioaktiver Stoffe oder ionisierender Strahlung am Menschen zum Zweck der medizinischen Forschung sowie
- » zum Register über hochradioaktive Strahlenquellen gehören.

Expositionssituationsübergreifende Vorschriften

Der Bereich „Expositionssituationsübergreifende Vorschriften“ enthält unter anderem die Vorgaben zu dem beim BfS geführten Strahlenschutzregister, mit dessen Hilfe die im Strahlenschutz Beschäftigten besser geschützt werden sollen.

EURATOM-Richtlinie in nationales Recht umgesetzt

Die Neuregelungen im Strahlenschutzgesetz gehen auf die EURATOM-Richtlinie 2013/59 zurück. Das Gesetz fasst Vorgaben aus bisherigen Verordnungen (Strahlenschutzverordnung, Röntgenverordnung) und dem Strahlenschutzvorsorgegesetz zusammen. Um die gesetzlichen Bestimmungen zu konkretisieren, sind neue Rechtsverordnungen erarbeitet worden. Herzstück dieser Modernisierung des Strahlenschutzrechts ist die Strahlenschutzverordnung. Das BfS als Strahlenschutz-Fachbehörde ist in diesen Erarbeitungsprozess eng eingebunden gewesen.

ABSTRACT

The Radiation Protection Act

Comprehensive protection against harmful radiation in medicine, protection against radon in dwellings and better provisions for an emergency - these are the central areas of the new Radiation Protection Act, which became fully effective on 31 December 2018. The reorganisation reflects the increasing significance of radiation protection in many areas of life: The Act lays down clear structures and represents the current state of science. The reorganisation is based on EU Directive 2013/59 and summarises provisions of previous regulations such as the Radiation Protection Ordinance, the X-Ray Ordinance and The Precautionary Radiation Protection Act. Thus, the new Radiation Protection Act has established a new basis for both radiation protection and the work of the Federal Office for Radiation Protection (BfS). New ordinances substantiating the legal provisions were also developed. The BfS as the specialist radiation protection authority was closely involved in the drafting process.

Strahlenschutz bei Notfallexpositionssituationen

Regelungen zum Notfallschutz und die Einrichtung eines radiologischen Lagezentrums, für dessen operationelle Umsetzung das Bundesamt für Strahlenschutz in wesentlichen Teilen zuständig ist, finden sich im Teil „Strahlenschutz bei Notfallexpositionssituationen“.

Strahlenschutz bei bestehenden Expositionssituationen

Vorgaben zum Umgang mit Radon und Radioaktivität in Bauprodukten sowie Vorschriften zu radioaktiven Altlasten sind im Teil „Strahlenschutz bei bestehenden Expositionssituationen“ geregelt.

Ansprechpartnerin:
Adina Inan
Rechtsangelegenheiten,
Anzeige- und Genehmigungsverfahren
Tel. 03018 333-1410

PUBLIKATIONEN IN REFERIERTEN ZEITSCHRIFTEN

B

Bossep P.
RADON PRIORITY AREAS – DEFINITION, ESTIMATION AND UNCERTAINTY.
Nuclear Technology & Radiation Protection 2018; 33(3):286-292.

Breustedt B, Giussani A, Noßke D. Internal dose assessments – Concepts, models and uncertainties. Radiat. Meas. 2018; 115:49-54.
Breustedt B, Blanchardon E, Castellani C-M, Etherington G, Franck D, Giussani A, Hofmann W, Lebacqz A-L, Li W, Noßke D, Lopez MA.
EURADOS WORK ON INTERNAL DOSIMETRY.
Ann. ICRP 2018; 47(3-4): 75-82.

C

Cinelli G, Tollefsen T, Bossep P, Gruber V, Bogucarskis K, De Felice L, De Cort M.
DIGITAL VERSION OF THE EUROPEAN ATLAS OF NATURAL RADIATION.
Journal of Environmental Radioactivity 196 2018; 240-252.

D

Dalke C, Neff F, Bains SK, Bright S, Lord D, Reitmeir P, Röbfler U, Samaga D, Unger K, Braselmann H, Wagner F, Greiter M, Gomolka M, Hornhardt S, Kunze S, Kempf SJ, Garrett L, Hölter SM, Wurst W, Rosemann M, Azimzadeh O, Tapio S, Aubele M, Theis F, Hoeschen C, Slijepcevic P, Kadhim M, Atkinson M, Zitzelsberger H, Kulka U, Graw J.
LIFETIME STUDY IN MICE AFTER ACUTE LOW-DOSE IONIZING RADIATION: A MULTI-FACTORIAL STUDY WITH SPECIAL FOCUS ON CATARACT RISK.
Radiat Environ Biophys 2018; 57:99-113.

de With G, Michalik B, Hoffmann B, Döse M.
DEVELOPMENT OF A EUROPEAN HARMONISED STANDARD TO DETERMINE THE NATURAL RADIOACTIVITY CONCENTRATION IN BUILDING MATERIALS.
Construction & Building Material 2018; 171:913-918.

E

Einbeck J, Ainsbury EA, Sales R, Barnard S, Kaestle F, Higuera M.
A STATISTICAL FRAMEWORK FOR RADIATION DOSE ESTIMATION WITH UNCERTAINTY QUANTIFICATION FROM THE -H2AX ASSAY.
PLoS One 2018; doi:10.1371/journal.pone.0207464

F

Felsberg A, Ross JO, Schlosser C, Kirchner G.
SIMULATING THE MESOSCALE TRANSPORT OF KRYPTON-85.
Journal of Environmental Radioactivity 2018; 181:85-93.

G

Gomolka M, Oestreicher U, Röbfler U, Samaga D, Endesfelder D, Lang P, Neumaier K, Belka C, Niemeyer M, Kiechle M, Hasbargen U, Hübener C, Kirlum HJ, Kulka U, Rosenberger A, Walsh L, Baatout S, Kesminiene A, Lindholm C.
AGE-DEPENDENT DIFFERENCES IN DNA DAMAGE AFTER IN VITRO CT EXPOSURE.
Int J Radiat Biol 2018; 94:272-281.

Grande S, Della Monaca S, Dinia V, Palma A, Fattibene P, Rosi A, Tabocchini MA, Duranova T, Perko T, Pözl-Viol C, Tomkiv Y, Turcanu C, Willrodt C, Grigioni M, Bouffler S.
A PUBLIC FACING SURVEY ON RADIATION RISK PERCEPTION SET UP WITHIN THE CONCERT EUROPEAN JOINT PROGRAMME: PRELIMINARY RESULTS.
Physica Medica 2018; 56:269-270.

J

Janik M, Bossep P, Kurihara O.
MACHINE LEARNING METHODS AS A TOOL TO ANALYSE INCOMPLETE OR IRREGULARLY SAMPLED RADON TIME SERIES DATA.
Sci. Total Environment 2018; 630:1155-1167.

K

Kreuzer M, Sobotzki C, Schnelzer M, Fenske N.
FACTORS MODIFYING THE RADON-RELATED LUNG CANCER RISK AT LOW EXPOSURES AND EXPOSURE RATES AMONG GERMAN URANIUM MINERS.
Radiat Res 2018, 189:165-176.

Kreuzer M, Auvinen A, Cardis E, Durante M, Harms-Ringdahl M, Jourdain JR, Madas BG, Ottolenghi A, Pazzaglia S, Prise KM, Quintens R, Sabatier L, Bouffler S.
MULTIDISCIPLINARY EUROPEAN LOW DOSE INITIATIVE (MELODI) – STRATEGIC RESEARCH AGENDA FOR LOW DOSE RADIATION RISK RESEARCH.
Radiat Environ Biophys 2018; 57:5-15.

Kulka U, Wojcik A, Di Giorgio M, Wilkins R, Suto Y, Jang S, Liu Q J, Liu J, Ainsbury E, Woda C, Roy L, Li C, Lloyd D, Carr Z.
BIODOSIMETRY AND BIODOSIMETRY NETWORKS FOR MANAGING RADIATION EMERGENCY.
Radiat Protect Dosimetry 2018; 1: 128-138.

O

Oestreicher U, Endesfelder D, Gomolka M, Kesminiene A, Lang P, Lindholm C, Röbfler U, Samaga D, Kulka U.
AUTOMATED SCORING OF DICENTRIC CHROMOSOMES DIFFERENTIATES INCREASED RADIATION SENSITIVITY OF YOUNG CHILDREN AFTER LOW DOSE CT EXPOSURE IN VITRO.
Int J Radiat Biol 2018; online.

P

Prasad M, Bossep P, Kumar AG, Mishra R, Ramola RC.
DOSE ASSESSMENT FROM THE EXPOSURE TO ATTACHED AND UNATTACHED PROGENY OF RADON AND THORON IN INDOOR ENVIRONMENT.
Acta Geophysicirca 2018; 66:1187-1194.

R

Rode M, op de Hipt F, Collins A, Zhang Y, Theuring P, Schkade UK, Diekkrüger B.
SUBSURFACE SOURCES CONTRIBUTE SUBSTANTIALLY TO FINE-GRAINED SUSPENDED SEDIMENT TRANSPORTED IN A TROPICAL WEST AFRICAN WATERSHED IN BURKINA FASO.
Land Degradation & Development 2018; doi.org/10.1002/ldr.3165

Rosenberger A, Hung RJ, Christiani DC, Caporaso NE, Liu G, Bojesen SE, Le Marchand L, Haiman CA, Albanes D, Aldrich MC, Tardon A, Fernández-Tardón G, Rennett G, Field JK, Kiemeny B, Lazarus P, Haugen A, Zienolddiny S, Lam S, Schabath MB, Andrew AS, Brunnsstöm H, Goodman GE, Doherty JA, Chen C, Teare MD, Wichmann HE, Manz J, Risch A, Muley TR, Johansson M, Brennan P, Landi MT, Amos CI, Pesch B, Johnen G, Brüning T, Bickeböller H, Gomolka M.

GENETIC MODIFIERS OF RADON-INDUCED LUNG CANCER RISK: A GENOME-WIDE INTERACTION STUDY IN FORMER URANIUM MINERS.
Int Arch Occup Environ Health 2018; 91:937-950.

W

Wielunski M, Brall T, Dommert M, Trinkl S, Rühm W, Mares V.
ELECTRONIC NEUTRON DOSIMETER IN HIGH-ENERGY NEUTRON FIELDS.
Radiation Meas. 2018; 114:12-18.

Wilfing T, Lettner H, Hubner A, Bossep P, Sattler B, Slupetzky H.
CRYOCONITES FROM ALPINE GLACIERS: RADIONUCLIDE ACCUMULATION AND AGE ESTIMATION WITH PU AND CS ISOTOPES AND 210PB.
J. Environmental Radioactivity 2018; 186:90-100.

Z

Zablotska LB, Fenske N, Schnelzer M, Zhivin S, Laurier D, Kreuzer M.
ANALYSIS OF MORTALITY IN A POOLED COHORT OF CANADIAN AND GERMAN URANIUM PROCESSING WORKERS WITH NO MINING EXPERIENCE.
Int Arch Occup Environ Health 2018; 91:91-103.

