



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

UMWELTPOLITIK



13. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität

Herausgeber:

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)

Referat Öffentlichkeitsarbeit

11055 Berlin

Fax: (01888) 305 2044

www.bmu.de

E-Mail: service@bmu.bund.de

Redaktion:

Prof. Dr. Anton Bayer

Monika Müller-Neumann

Satz und Layout

Ingeborg Zeitlberger

Stand: Juli 2006

1. Auflage, 350 Exemplare

13. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität

Bonn, 4. – 6. April 2006

Programm- und Organisationskomitee:

Prof. Dr. Anton Bayer (Vorsitz)
Universität Karlsruhe, Karlsruhe

Dr. Andreas Bühling
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Bonn

Dipl.-Phys. Friedrich Eberbach
Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz Rheinland-Pfalz, Mainz

Dipl.-Ing. Horst Eppinger
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Bonn

Dr. Gerhard Haase
Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel (BfEL), Kiel

Dipl.-Geol. Monika Müller-Neumann
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Bonn

Dr. Stefan Mundigl
European Commission (CEC), Luxembourg

Dipl.-Phys. Hans-Christoph Salfeld
Niedersächsisches Umweltministerium, Hannover

Dr. Thomas Steinkopff
Deutscher Wetterdienst (DWD), Offenbach

Dr. Ulrich Stoehlker
Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), Freiburg

Redaktion:

Ingeborg Zeitlberger
Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), München

INHALTSVERZEICHNIS**Ansprache zur Eröffnung des Fachgesprächs**

Regierungsdirektor Dr. A. Bühling 1
 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)

A Richtlinien und Regelungen für die Überwachung im Ereignisfall 7

Sitzungsleiterin: M. Müller-Neumann

A. Bayer, Uni Karlsruhe 9
**Die Überwachung der Umweltradioaktivität in Deutschland –
 ein kurzer historischer Abriss**

J. Bieringer, A. Bühling, G. Haase, T. Heinrich, M. Müller-Neumann, 19
 T. Steinkopff, C. Wiezorek, E. Wirth; versch. Institutionen
Das überarbeitete Intensivmessprogramm zur AVV-IMIS

**B Europäische und internationale Strategien, Planungen für den 29
 Ereignisfall, Erfahrungen aus Übungen**

Sitzungsleiter: Ch. Salfeld, St. Mundigl

T. Steinkopff, B. Fay, H. Glaab, I. Jacobsen, DWD 31
**Schnelle Lagebeurteilung mit Hilfe atmosphärischer Ausbreitungs-
 rechnungen – Warnmanagement des Deutschen Wetterdienstes
 im Rahmen nationaler und internationaler Regelungen**

W. Raskob, FZ Karlsruhe 39
**Verbesserung, Erweiterung und Integration operationeller Entscheidungs-
 hilfesysteme für das nukleare Notfallschutzmanagement (DSSNET)**

W. Raskob, FZ Karlsruhe 45
**European approach to nuclear and radiological emergency management and
 rehabilitation strategies (EURANOS)**

C. Twenhöfel, C. Salfeld, K. Hable, H. Reinen, versch. Institutionen 53
**Bilateral Information And Data Exchange In Case Of Nuclear Emergencies
 In The German-Dutch Border Region**

G. Fritsch, W. Haider, P. Hofer, J.-K. Hohenberg, V. Karg, versch. Institutionen Implementierung von Entscheidungshilfesystemen in Österreich	61
C: Quelltermabschätzung	69
Sitzungsleiter: A. Bayer	
N. Zander, H. Löffler, versch. Institutionen Abschätzung des Quellterms als Grundlage für behördliche Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung bei einem radiologisch relevanten Ereignis in einem Kernkraftwerk	71
D: Messtechnik, Schnellmethoden	75
Sitzungsleiter: G. Haase, Th. Steinkopff	
T. Steinkopff, W. Dyck, Th. Naatz, M. Rathgeber, W. Rieck, B. Wolfsheimer, versch. Institutionen Monitorverfahren zur Bestimmung der künstlichen Alpha- und Betaaktivität aerosopartikelgebundener Radionuklide im Messnetz des Deutschen Wetterdienstes	77
C. Strobl, M. Thomas, I. Krol, C. Hohmann, S. Mundigl, BfS <i>Einsatz der Aerogammaspektrometrie nach einem kerntechnischen Unfall</i>	87
A. Rupp, U. Stöhlker, F. Wissmann, versch. Institutionen Qualitätssicherungsmaßnahmen im Ortsdosisleistungsmessnetz des BfS bei der Umstellung auf die neue Dosisleistungsmessgröße I_{α}^* (10)	89
U. Stöhlker, M. Bleher, BfS Fachliche Weiterentwicklung des BfS-Radioaktivitätsmessnetzes: Nachweisbarkeit auch kleinräumig erhöhter, unfallbedingter Umweltkontamination	97
M. Bleher, U. Stöhlker, BfS <i>Störeinflüsse auf Messdaten zur Ortsdosisleistung</i>	107
G. Dersch, W. J. Krause, T. Krämer, BAfG Überwachung der Bundeswasserstraßen auf radioaktive Stoffe im Ereignisfall – Konzept und Organisation	117

S. Lommatzsch, G. Dersch, BAfG Konstruktion und Test eines Messbehälters mit automatischer Spülvorrichtung für das Radioaktivitäts-Warnstellennetz an den Bundeswasserstraßen (BWStr)	125
A. Burak, H.W. Fischer, Uni Bremen Die schnelle Bestimmung von Strontium-90 in Nahrungsmitteln und Agrarrohstoffen mit Hilfe des Dicyclohexyl-18-Krone-6	133
D. Tait, G. Haase, R. Hartmann, M. Jelinski, BfEL Schnellmethoden zur Bestimmung des I-129 in Milch, zur radiochemischen Abtrennung von Thoriumnukliden aus Pflanzen und Futtermitteln und zur Bestimmung von Strontiumradionukliden in Futter- und Nahrungsmitteln	141
W. Städe, K.-H. Hentze, U. Helwes, NLWKN Einsatz der ICP-MS zur Bestimmung von Uran-234/235/238 und Thorium-232 in Umweltmedien	151
S. Wisser, E. Frenzel, versch. Institutionen Überwachung natürlicher Radionuklide im Trinkwasser – Erste Erfahrungen mit der Gefriertrocknungsmethode	161
R. Hartmann, G. Haase, D. Tait, BfEL <i>Ringversuch Babynahrung 2005</i>	163
W. Städe, H. Jankowski, NLWKN Einsatz eines Messfahrzeuges zur Probenuntersuchung im Rahmen der Überwachung kerntechnischer Anlagen im Störfall/Unfall in Niedersachsen	171
S. Stuffer, S. Hartmann, TechniData AG Messnetz E.ON-BELLA - System zur Online-Überwachung der Radioaktivität in der Umgebung der Brennelemente-Zwischenlager bei KKI und KKG	179
J.V. Kratz, N. Erdmann, N. Trautmann, G. Huber, G. Passler, K. Wendt, J. Gutenberg-Universität Mainz Ultraspurenanalyse von Plutonium mit Laser-Resonanzionisations-Massenspektrometrie (RIMS)	183
E: Expositionsabschätzung aus Prognoserechnungen, aus Messdaten, Datenassimilation	191
Sitzungsleiter: F. Eberbach, St. Mundigl	
W. J. Krause, W. Speer, BafG <i>Longitudinale Ausbreitung radioaktiver Stoffe in Bundeswasserstraßen</i>	193

H. Walter, BfS	207
Das Potential von Ausbreitungsmodellen auf der Basis des Lagrange-Algorithmus für die Berechnung der Strahlenexposition in einem Ereignisfall	
P. Schumacher, TÜV Nord	213
SAFER 2	
Umsetzung des Leitfadens „Fachberater Katastrophenschutz“ in ein Rechenprogramm	
E. Kümmerle, M. Möllmann-Coers, E. Pomplun, R. Hille, FZ Jülich	221
Schnelles Online-System zur Prognose der Umgebungsbelastung im Störfall	
F. Eberbach, V. Meyer, H. Schnadt, versch. Institutionen	229
Dosisabschätzung in der Notfallstation	
H. Schnadt, G. Haase, W. Pfeffer, I. Strilek, versch. Institutionen	241
Der neue Maßnahmenkatalog - Ziele und Stand der Überarbeitung	
C. Kaiser, G. Pröhl, GSF	251
Ein Modell zur Nutzbarmachung von Monitoringmessungen in städtischer Umgebung zur Entscheidungshilfe mit Datenassimilation	
Harnessing monitoring measurements in urban environments for decision making after nuclear accidents	
F. Gering, BfS	259
Korrektur von Depositions-Prognosen mittels Datenassimilation	
K. König, A. Dalheimer, BfS	267
Ermittlung der inneren Strahlenexposition nach Freisetzung radioaktiver Stoffe: Messverfahren und Messkapazitäten	
L. Heide, S. Sholom, Y. Göksu, V. Volosky, V. Chumak, versch. Institutionen	269
Qualitätssicherung in der retrospektiven Dosimetrie bei Thermolumineszenz-Messungen an Ziegelsteinen	
F: Lagedarstellung, Bewertung und Maßnahmen	277
Sitzungsleiter: H. Schnadt	
St. Wilbert, BKK	279
Schutz vor CBRN-Gefahren im Bevölkerungsschutz	
K. Hable, C. Höbler, P. Bieringer, BfS	287
Möglichkeiten und Grenzen der Elektronischen Lagedarstellung	

M. Urbach, D. Koch, H. Weiß, versch. Institutionen Anforderungen der Katastrophenschutzstäbe an die im Ereignisfall zur Lagebewertung bereitzustellenden Daten und Informationen	295
D. Koch, G. Geick, H. Weiß, R. Bendzko, K. v. Perbandt, versch. Institutionen Elektronische Darstellung der radiologischen Lage bei einem kerntechnischen Unfall in Schleswig-Holstein	305
J. Pauly, EnergieSystemeNord GmbH Elektronische Lagedarstellung (ELDA) in Schleswig-Holstein – erste Erfahrungen aus Sicht der Anwender und Informationsempfänger	313
B. Corr, BKK Das deutsche Notfallvorsorge-Informationssystem II (deNIS II)	319
G. Pausch, S. Krüger, target-systemelectronic GmbH Aufspüren und Klassifizieren radioaktiver Substanzen mit miniaturisierten nuklid-identifizierenden Gammaskpektrometern	327
G. Haase, W. Pfeffer, H. Schnadt, I. Strilek, versch. Institutionen Teil 3 des Maßnahmenkatalog zur Behandlung und Entsorgung kontaminierter landwirtschaftlicher Produkte am Beispiel der Milch	335
U. Portius, BMU Umsetzung der Iodblockade der Schilddrüse bei kerntechnischen Unfällen – Konzept für die Verteilung von Kaliumiodidtabletten im Ereignisfall aus den zentralen Lagern	343
G: Überwachung bei der „Nuklearen Nachsorge“ 351	
Sitzungsleiter: U. Stöhlker	
W. Voß, BMU Die „Nukleare Nachsorge“ in Deutschland	353
H. Thielen, GRS Randbedingungen für die Bewertung von Szenarien	359
H. Walter, BfS Das Programmsystem LASAIR und seine aktuelle Optimierung für die Nuklearspezifische Gefahrenabwehr	361
C. Pistner, C. Küppers, ÖKO-Institut e.V. Nuklearer Terrorismus und die Überwachung der Umweltradioaktivität	367

VIII

T. Bielefeld, H.W. Fischer, Uni Bremen Medizinische und industrielle Strahlenquellen als radiologische Waffen	375
Th. Streil, V. Oeser, R. Rambousky, F.W. Buchholz, SARAD GmbH MYRIAM ein neuartiger Online Personal Airsampler	381
M. Iwatschenko-Borho, Thermo Electron GmbH Tragbares Hochleistungsspürsystem für radioaktive Quellen	397
W. Bürkin, R. Dielmann, Genitron Instruments GmbH Einsatz eines mobilen und autark betriebenen Messnetzes beim Zivil- und Katastrophenschutz	405
<hr/>	
Schlussworte Regierungsdirektor Dr. A. Bühling Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)	407
<hr/>	
A. Bayer, F. Eberbach, G. Haase, M. Müller-Neumann, St. Mundigl, Chr. Salfeld, H. Schnadt, Th. Steinkopff, U. Stöhlker Das 13. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität – ein Resümee	409
Häufig gebrauchte Akronyme	419
Teilnehmerverzeichnis	423
Ausstellerverzeichnis	437

Grußworte von

Herrn Regierungsdirektor Dr. Andreas Bühling
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Meine sehr verehrten Damen und Herren, liebe Kolleginnen und Kollegen,

ich freue mich, dass ich Sie im Namen von Herrn Bundesminister Gabriel zu diesem 13. Fachgespräch „Überwachung der Umweltradioaktivität“ hier in Bonn herzlich begrüßen darf. Lassen Sie sich durch die Zahl 13 nicht irritieren, sie musste ja einmal kommen und ich versichere Ihnen, sie ist kein schlechtes Omen.

Wir treffen uns hier in Bonn zum 2. Mal in Folge. Dies hat keine tiefere Bedeutung und es hat auch nichts mit der Zahl 13 zu tun; es liegt einfach daran, dass sich die Räumlichkeiten hier im Ministerium besonders für die Ausrichtung einer solchen Veranstaltung eignen und genügend Platz für eine kleine Ausstellung durch Messgerätehersteller vorhanden ist.

Diese Ausstellung hat ja auch schon eine gewisse Tradition; seit 20 Jahren findet sie mit wenigen Unterbrechungen anlässlich unseres Fachgesprächs statt und ist kaum noch wegzudenken. Bei dieser Gelegenheit begrüße ich auch die Vertreter der Firmen und heiße sie willkommen.

Ich komme noch einmal auf die Zahl 13 zurück; sie hat mich animiert, einmal zurückzublicken auf die vergangenen Fachgespräche. Einige Highlights möchte ich hier hervorheben:

13 Fachgespräche mit einem Rhythmus von 2 bis 3 Jahren, das sind über den Daumen etwa 30 Jahre. Und in der Tat, das erste Fachgespräch fand im Oktober 1975 in Hamburg statt. Es war damals noch ein bescheidenes Seminar mit dem Thema: „Zielsetzung und Methoden der Umweltüberwachung unter dem Gesichtspunkt der expandierenden Kerntechnik“. Ja, so ändern sich die Zeiten!

Bereits ein Jahr später - 1976 - hatte sich das Seminar zum Fachgespräch gemausert. Thema: „Überwachung der Umweltradioaktivität im Zusammenhang mit der StrlSchV. Es handelte sich hier um die erste zusammengefasste Strahlenschutzverordnung, nachdem es – wie vielleicht einige von Ihnen noch wissen - vorher zwei Strahlenschutzverordnungen gegeben hatte. Heute sehen wir bereits der 3. Änderung der neuen Strahlenschutzverordnung aus dem Jahr 2001 entgegen.

Ich mache einen Zeitsprung.

Am 15.-17. April 1986 – man achte auf das Datum - fand dann das 6. Fachgespräch in Karlsruhe statt mit dem Thema: „Darstellung und Erörterung spezieller Verfahren zur Überwachung der natürlichen und künstlichen Radioaktivität in der Umwelt“. Es fiel in eine Zeit, in der die Umweltüberwachung nicht allzu hoch im Kurs stand. Die noch in den 50er und 60er Jahren hohe Umweltradioaktivität auf Grund des Fallouts der Kernwaffenversuche

war auf ein akzeptiertes Maß abgeklungen und es bestand kein Anlass mehr, in die Überwachung der Umweltradioaktivität zu investieren.

Man ahnte noch nichts von dem Ereignis, das wenige Tage später die Landschaft der Kerntechnik, des Strahlenschutzes und der Umweltüberwachung grundlegend verändern sollte. Nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl am 26. April 1986 gewann die allgemeine Umweltüberwachung wieder eine ganz neue Bedeutung. Sie erlebte eine Renaissance ungeahnten Ausmaßes. Tschernobyl rüttelte die Fachwelt – und nicht nur die Fachwelt – wieder wach.

Vor dem Hintergrund der heute vorherrschenden Bestrebungen nach Reduzierung, Einsparungen und Rationalisierungen auf allen Ebenen der Umweltüberwachung geschah damals etwas Unglaubliches. Es ging plötzlich alles, wenn man nur wollte: Die vorhandenen Messnetze wurden ausgebaut, parallel dazu wurden die Messeinrichtungen in den Ländern ertüchtigt, es wurde sogar eine gesetzliche Grundlage dafür geschaffen, nämlich das Strahlenschutzvorsorgegesetz.

Und bereits ein Jahr später - 1987 - folgte das nächste Fachgespräch im Institut für Strahlenhygiene des Bundesgesundheitsamtes in Neuherberg, das selbstverständlich dem Reaktorunfall in Tschernobyl mit seinen vielfältigen Auswirkungen auf die Überwachung der Umweltradioaktivität gewidmet war. Es war wohl das größte Fachgespräch.

In einem kleinen Anhang zu diesen Ausführungen finden Sie eine Zusammenstellung aller bisherigen Fachgespräche.

Heute fast genau 20 Jahre danach, im Jahr 2006, treffen wir uns zu einem Fachgespräch, das wir dem Schwerpunktthema: „Überwachung im Ereignisfall“ gewidmet haben. Wir reihen uns ein in eine Serie von Veranstaltungen anlässlich des 20. Jahrestages von Tschernobyl, klein und bescheiden, aber fachbezogen und kompetent.

So wie in den vergangenen Jahren hauptsächlich die Überwachung des Normalbetriebs im Vordergrund gestanden hatte, wollen wir uns heute und in den kommenden zwei Tagen mit Themen befassen, die geprägt sind von den speziellen Anforderungen, die erst bei einem Ereignis zum Tragen kommen. Wir werden über Entwicklungsarbeiten praktischer und theoretischer Art hören, die in den vergangenen Jahren eingeleitet und abgeschlossen wurden, um solche Krisen zu bewältigen, wie wir sie nach Tschernobyl kennen gelernt haben.

Wir sind heute, allen Unkenrufen zum Trotz, fachlich besser, wesentlich besser gerüstet als damals:

- Es wurden Schnellmethoden entwickelt, die es erlauben, auch die Ergebnisse komplexer Analysen zeitnah zur Verfügung zu stellen.
- Wir setzen fortschrittliche Prognosesysteme ein, wir erhalten schnell und übersichtlich aufbereitet Messdaten aus allen Umweltbereichen, aus allen Gegenden Deutschlands und sogar aus vielen unserer Nachbarstaaten, um schnell und angemessen reagieren zu können.

Ein Informationsmangel besteht nicht mehr. Das Rüstzeug für die Entscheidungsträger ist vorhanden. Man könnte sagen, dass wir weitgehend gewappnet sind, um Ereignissen mit kerntechnischem Hintergrund mutig entgegensehen zu können.

Ja, und dann tauchen neue Bedrohungssituationen auf: Eine neue Klasse von Ereignissen: Terroristische Bedrohungen mit radioaktiven Stoffen. Das Schlagwort von der „Schmutzigen Bombe“ macht die Runde und wir müssen darauf reagieren. Dies sind Ereignisse, die anders ablaufen, die bewusst herbeigeführt werden, die in urbanen Umgebungen ihre größte Wirkung erzielen, und die Menschen nicht nur durch die Wirkung radioaktiver Stoffe schädigen. Dies sind Ereignisse, die verunsichern sollen, die eine nicht abzuschätzende psychologische Wirkung haben.

Aber wir fangen nicht bei Null an, auch für solche Ereignisse gibt es Vorbereitungen, um ihnen begegnen zu können und um ihre Wirkungen möglichst klein zu halten. Morgen werden wir auch dazu einige Ausführungen hören.

Aber es wird an dieser Front noch einiges zu tun geben. Das HRQ-Gesetz (HRQ = Hochradioaktive Quellen) war bereits ein solcher Schritt. Weitere werden folgen müssen.

Wie auch immer: Interessante Themen warten auf uns; scheuen Sie sich nicht Fragen zu stellen. Ein Fachgespräch lebt nicht zuletzt vom Gespräch zwischen den Vortragenden und den Zuhörern. Nutzen Sie in den Pausen die Gelegenheit zum Gespräch mit Kolleginnen und Kollegen.

In diesem Sinne wünsche ich uns allen zweieinhalb interessante und auch gesellige Tage.

Vielen Dank!

Bisherige Fachgespräche zur Überwachung der Umweltradioaktivität

1. Seminar „Überwachung der Umweltradioaktivität“

Hamburg, 20.-21. Oktober 1975

Thema: Zielsetzung und Methoden der Umweltüberwachung unter dem Gesichtspunkt der expandierenden Kerntechnik

2. Fachgespräch „Überwachung der Umweltradioaktivität mit der Strahlenschutzverordnung“

Berlin, 13. Oktober 1976

Thema: Überwachung der Umweltradioaktivität im Zusammenhang mit der StrlSchV vom 13.10.1976

3. Fachgespräch „Überwachung der Umweltradioaktivität“

Karlsruhe, 3.-5. April 1979

Thema: Praktische Probleme bei der Durchführung der Umgebungsüberwachung

4. Fachgespräch „Überwachung der Umweltradioaktivität“

München, 10.-12. März 1981

Thema: Praxis der Überwachung der allgemeinen Umweltradioaktivität (REI)

5. Fachgespräch „Überwachung der Umweltradioaktivität“

Karlsruhe, 22.-24. März 1983

Thema: Ausgewählte Verfahren zur Radioaktivitätsüberwachung

6. Fachgespräch „Überwachung der Umweltradioaktivität“

Karlsruhe 15.-17. April 1986

Thema: Darstellung und Erörterung ausgewählter und spezieller Verfahren zur Überwachung der natürlichen und künstlichen Radioaktivität in der Umwelt

7. Fachgespräch „Überwachung der Umweltradioaktivität“

Neuherberg, 16.-17. November 1987

Thema: Der Reaktorunfall in Tschernobyl; Ergebnisse; Erfahrungen; Folgerungen

8. Fachgespräch „Überwachung der Umweltradioaktivität“

Berlin, 24.-26. Oktober 1990

Thema: Technische und organisatorische Maßnahmen zur optimierten Ermittlung der Strahlenexposition in der Umgebung kerntechnischer Anlagen

9. Fachgespräch „Überwachung der Umweltradioaktivität“

München, 25.-27. April 1995

Thema: Neue Regelungen auf dem Gebiet der Radioaktivitätsüberwachung, Probenentnahme-, Mess- und Analyseverfahren für die Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen sowie Überwachung der allgemeinen Umweltradioaktivität

10. Fachgespräch „Überwachung der Umweltradioaktivität“

Hamburg, 28.-30. April 1998

Thema: Administrative und wissenschaftliche Aspekte der Umweltradioaktivität mit Schwerpunkt auf „Schutz der Meere“

11. Fachgespräch „Überwachung der Umweltradioaktivität“

Schlema, 28.-29. März 2000

Thema: Überwachung der bergbaubedingten Umweltradioaktivität

12. Fachgespräch „Überwachung der Umweltradioaktivität“

Bonn, 8.-10. April 2003

Thema: Richtlinien, Regelungen und Schutzkonzepte; Messtechnik und Analysemethoden; Qualitätssicherung und Ringversuche; Emissionen; Ausbreitung radioaktiver Stoffe und Expositionsabschätzung ; Radionuklide in terrestrischen und aquatischen Ökosystemen; natürliche Strahlenexposition und Strahlenexposition in Bergbaugebieten; Lagedarstellung und Bewertung; europäische und internationale Entwicklungen

Sitzung A

Richtlinien und Regelungen für die Überwachung im Ereignisfall

Sitzungsleiterin: M. Müller-Neumann

DIE ÜBERWACHUNG DER UMWELTRADIOAKTIVITÄT IN DEUTSCHLAND – EIN KURZER HISTORISCHER ABRISS

A. Bayer
Universität Karlsruhe

1 Entwicklung der Überwachungssysteme

Mit der ersten Testexplosion einer Atombombe im Juli 1945 auf dem Testgelände bei Alamogordo, New Mexiko, und den beiden Atombomben-Abwürfen über Hiroshima und Nagasaki im August 1945 gelangten erstmals größere Mengen an künstlichem radioaktiven Material in die Umwelt. Der Umfang freigesetzten radioaktiven Materials nahm mit weiteren Testexplosionen der USA und der ehemaligen UdSSR - anfangs reine Spaltbomben, später auch Fusionsbomben (Wasserstoffbomben) - erheblich zu. Das radioaktive Material wurde, soweit die Testexplosionen in der Atmosphäre stattfanden, in der nördlichen bzw. südlichen Hemisphäre global verteilt. Der hierdurch hervorgerufene Pegel erhöhter Radioaktivität führte - auch in Anbetracht des inzwischen vorhandenen Wissens um die Wirkung von Strahlung auf lebende Objekte - zur Forderung nach der Überwachung der radioaktiven Kontamination der Umwelt und der daraus resultierenden Strahlenexposition.

Die Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt (Umweltüberwachung) begann in Deutschland in den frühen fünfziger Jahren mit der Messung des radioaktiven Fallouts. Im April 1953 stellte man erstmals einen Anstieg der Beta-Radioaktivität in der Luft fest, die von einem amerikanischen Kernwaffenversuch im März des gleichen Jahres in Nevada herrührte. 1955 wurde der Deutsche Wetterdienst (DWD) durch Gesetz mit der Überwachung der Atmosphäre und der Niederschläge auf radioaktive Stoffe hin beauftragt [1].

Mit dem „Vertrag zur Gründung der Europäischen Atomgemeinschaft, (Euratom)“ im Jahre 1957 [2] übernahm die Bundesrepublik Deutschland u. a. die Verpflichtung zur Überwachung der Umweltradioaktivität. Artikel 35 des Euratom-Vertrages schreibt die Schaffung von Einrichtungen zur Überwachung der Radioaktivität der Luft, des Wassers und des Bodens vor; Artikel 36 verpflichtet zur regelmäßigen Berichterstattung der Überwachungsergebnisse.

Zur Umsetzung dieser Verpflichtungen wurden im Laufe des Jahres 1961 in Verwaltungsvereinbarungen zwischen dem Bund und den Ländern die Überwachungsaufgaben festgelegt. Die Überwachung der Radioaktivität der Luft, der atmosphärischen Niederschläge, der Bundeswasserstraßen und des Meeres erfolgte seither durch die Messstellen des Bundes, die Überwachung der anderen Umweltbereiche – Boden, Lebensmittel, Futtermittel usw. - durch Messstellen der Länder. Diese Aufgabenteilung fand dann - etwa 25 Jahre später - in ihren Grundzügen Eingang in das Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG) (siehe weiter unten).

Der Vertrag über das Verbot oberirdischer Kernwaffenversuche im Jahre 1963 hatte die langsame aber stetige Abnahme des Fallouts zur Folge, die nur von einzelnen Testexplosionen von Staaten, die diesen Vertrag nicht unterzeichneten, unterbrochen wurde.

Mit Beginn der großtechnischen Nutzung der Kernenergie verschob sich - vor allem seit Ende der sechziger Jahre - das Schwergewicht der Überwachung von der allgemeinen Umwelt auf die Überwachung der Umgebung kerntechnischer Anlagen (Umgebungsüberwachung) und die Überwachung der Emissionen dieser Anlagen. Diese Überwachungsaufgabe leitet sich aus den Rechtsnormen des „Atomgesetzes, (AtG)“ [3] und der zu diesem Gesetz gehörenden „Strahlenschutzverordnung, (StrlSchV)“ [4] her. Sie erfolgt nach der „Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen, (REI)“ [5, 5a] bzw. ihren Vorläufern.

Aufbauend auf den Messdaten - im Wesentlichen Emissionsdaten und meteorologische Daten - wird mit Hilfe von Modellrechnungen die Strahlenexposition ermittelt. Die dabei zur Anwendung kommenden Modelle und Parameter sind in einer Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 45 der StrlSchV (alt) beschrieben [6]; eine überarbeitete Version dieser Verwaltungsvorschrift zu § 47 der novellierten StrlSchV ist in Vorbereitung.

Für Störfallsituationen gibt es zur Ermittlung der bei einem derartigen Ereignis auftretenden Strahlenexposition ebenfalls eine Berechnungsgrundlage. Die dabei zur Anwendung kommenden Modelle und Parameter sind in einer Leitlinie zu § 28 (3) der StrlSchV (alt) beschrieben [7, 7a]; eine überarbeitete Version dieser Berechnungsgrundlage zu § 49 der novellierten StrlSchV ist ebenfalls in Vorbereitung.

Ein Störfall im Block A des Kernkraftwerks Gundremmingen im Jahre 1977 [8] war dann Anlass für die Ende der siebziger Jahre von Bayern ausgehende Einrichtung von „Kernreaktor-Fernüberwachungssystemen, (KFÜ)“ [9, 9a]. Mit diesen Systemen werden zum einen ausgewählte sicherheitsrelevante betriebstechnische Parameter des Kernkraftwerks und zum anderen die Emissionen, meteorologische Parameter und wichtige Immissionsgrößen in der Umgebung der Anlagen erfasst und die ermittelten Ergebnisse „on-line“ an die atomrechtlichen Aufsichtsbehörden (i. Allg. an die dafür zuständigen Landesministerien) weitergeleitet (KFÜ-ähnliche Teilkomponenten gab es bereits davor, wie z.B. den Messring um Fessenheim (1976)). Diese KFÜ-Systeme wurden als Instrument der Aufsicht nach dem Atomgesetz errichtet. Sie ist in den in Frage kommenden Anlagen praktisch realisiert. Bei den KFÜs sind meist Modellprogramme angekoppelt, mit deren Hilfe auf der Basis der eingehenden Messwerte Kurzzeit-Ausbreitungs- und Ablagerungsrechnungen sowie Kontaminations- und Strahlenexpositionrechnungen durchgeführt werden können.

Für den Einsatz im Rahmen des Katastrophenschutzes werden in den „Rahmenempfehlungen für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen“ [10] Messdienste für den Einsatz im Ereignisfall benannt sowie die erforderlichen Messungen und ihre Durchführung beschrieben. Die Messdienste sind ein Instrument der Fachberatung der Katastrophenschutzbehörde, sie leiten sich her vom Grundauftrag des Staates, die Folgen von Katastrophen für die Bevölkerung zu mindern.

Diese Messdienste für den Katastrophenschutz sind an allen kerntechnischen Anlagen, bei denen besondere Katastrophenschutzpläne nach den Rahmenempfehlungen existieren, eingerichtet. Bei manchen Anlagen werden Auswerteprogramme bereitgehalten, um aus diesen Messwerten auch Dosisprognosen zu erstellen.

Im Jahre 1986, also etwa ein Jahrzehnt später, waren dann der Unfall im Block 4 des Kernkraftwerks Tschernobyl, Ukraine, und die daraus resultierende großräumige Kontamination [11] Anlass, die bisherige großräumige Überwachung der

Umweltradioaktivität weitgehend zu ertüchtigen und mit Hilfe der Informationstechnik zu einem umfassenden „Integrierten Mess- und Informationssystem zur Überwachung der Umweltradioaktivität, (IMIS)“ auszubauen [12]. Dies erfolgte auf der Grundlage des Ende 1986 erlassenen „Strahlenschutzvorsorgegesetzes, (StrVG)“ [13], wodurch die aus Artikel 35 des Euratom-Vertrages folgenden Verpflichtungen nunmehr vollständig in einem deutschen Gesetz festgelegt sind. Bei der Einrichtung dieses Systems wurde auf die seit dem Euratom-Vertrag bestehenden Einrichtungen und Organisationen der bisherigen Umweltüberwachung in Bund und Ländern zurückgegriffen. Diese wurden im Sinne einer flächenrepräsentativen Überwachung erweitert, messtechnisch erheblich ausgebaut und in einem informationstechnischen Netz zusammengeführt [12, 14].

Das 1988 begonnene und 1993 in Betrieb genommene IMIS-System, in das Bundes- und Landesbehörden in nahezu gleicher Weise wie bei der Umsetzung des Euratom-Vertrages eingebunden sind, ermöglicht eine rasche on-line-Information der Strahlenschutzvorsorge-Behörden (d. h. des Bundesumweltministeriums und der Umweltministerien der Länder) über die jeweilige Kontaminationslage. Dieses System wurde weiterentwickelt (migriert) und ist seit 2005 durch ein schnelleres und benutzerfreundlicheres System ersetzt, das zudem auf aktueller Soft- und Hardware aufgebaut und dadurch zukunftsfähig ist.

Mit der Wiedervereinigung Deutschlands 1990 ergab sich für die Bundesrepublik Deutschland im Hinblick auf die Überwachung der Umweltradioaktivität eine weitere Aufgabe, diesmal durch natürliche Radionuklide hervorgerufen. In den Bergbaugebieten Sachsens, Sachsen-Anhalts und Thüringens existierte eine unbekannte Anzahl von Hinterlassenschaften der Wismut AG (z. B. Halden, Deponien von Erzaufbereitungsrückständen, insbesondere Deponien von Rückständen aus der Uranerzaufbereitung) aus der seit 1946 betriebenen Urangewinnung (eingestellt 1990) und aus dem bereits seit dem späten Mittelalter betriebenen Erzbergbau (vorwiegend Kupferschieferegewinnung im Mansfelder Gebiet) mit Auswirkungen auf die Strahlenexposition der Bevölkerung in diesen Regionen [15]. In dieser Situation war eine Überwachung der Umweltradioaktivität dringend geboten, um Höhe und Verteilung der durch diese bergbauliche Tätigkeiten und Hinterlassenschaften verursachten Umweltradioaktivität zu ermitteln und um erforderlichenfalls Maßnahmen zur Verbesserung der Situation einzuleiten. Diese zur Gewährleistung einer Strahlenschutzvorsorge notwendigen Untersuchungen wurden als Bundesaufgabe definiert und als solche in das Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG) [13] mit aufgenommen.

Die Entwicklung in den letzten Jahren war und ist bestimmt durch die Abstimmung von einzelnen Messsystemen (REI und IMIS) und notwendigen Entwicklungen, die mit der internationalen Vernetzung von Überwachungs- und Informationssystemen erforderlich wurden. Der Ansatz zu einer Abstimmung war insofern notwendig, als bei Notfall-Situationen bestimmte Messdienste Aufgaben nach verschiedenen Verpflichtungen gleichzeitig zu erfüllen haben. Außerdem erzwingen internationale Verpflichtungen gegenüber der EU und der IAEA eine internationale Abstimmung auch, was die Weitergabe der relevanten Daten über die Informationssysteme betrifft.

Abb. 1 zeigt schematisch die geschichtliche Entwicklung dieser Überwachungsaufgaben.

2 Internationale Vernetzung von Überwachungs- und Informationssystemen

Wie in Deutschland wurden auch in anderen Staaten Überwachungssysteme aufgebaut, die auf der Basis der jeweiligen Schutzphilosophie konzipiert und auf der Basis der vorhandenen Ressourcen technisch umgesetzt wurden. Eine internationale Abstimmung gab es dabei praktisch nicht.

Die Ereignisse von Tschernobyl zeigten jedoch zwingend die Notwendigkeit eines internationalen Verbundes der Überwachungs- und Informationssysteme, um bei einem derartigen Ereignis zumindest den Austausch der wichtigsten Informationen zu ermöglichen [21]. Diese Erkenntnis führte zu den Informationseinrichtungen der supra- und internationalen Organisationen EU und IAEA, denen gegenüber gesetzliche Informationsverpflichtungen durch die Mitgliedsstaaten bzw. Vertragsstaaten bestehen. Grundlagen sind zum einen die Entscheidung des Rates der EU vom 14.12.87 über die „Gemeinschaftsvereinbarungen für den beschleunigten Informationsaustausch im Falle einer radiologischen Notstandssituation“ [17] und zum anderen das am 23.05.89 als deutsches Gesetz verkündete „Übereinkommen über die frühzeitige Benachrichtigung bei nuklearen Unfällen“ [18] der IAEA vom 26.09.86. Hierzu wurde in der EU eine informationstechnische Struktur für formatisierte Meldungen erarbeitet, die die Basis für einen international einheitlichen Meldebogen (CIS-Format - Convention Information Structure), die ECURIE-Meldung, bildet.

Eine neuere Empfehlung der Europäischen Union [20] zielt darauf hin, im Rahmen der Aufgabe „... zur ständigen Überwachung des Gehalts der Luft, des Wassers und des Bodens an Radioaktivität sowie zur Überwachung der Einhaltung der Grundnormen ...“ nach Artikel 36 Euratom-Vertrag und „... zusätzlich ... auch in biologischen Proben und insbesondere in Nahrungsmitteln“ ein „engmaschiges Überwachungsnetz“ zur Gewinnung eines Überblicks und ein „weitmaschiges Überwachungsnetz“ für hochempfindliche Messungen vorzusehen.

Das engmaschige Überwachungsnetz dient der Erfassung relevanter Einträge und soll es der Kommission ermöglichen, regionale Durchschnittswerte für die Pegel der Umweltradioaktivität in bestimmten Probenmedien in der europäischen Gemeinschaft zu berechnen. Mit dem weitmaschigen Netz (sparse network) soll zum Zwecke der Verfolgung langfristiger Zeitverläufe an einigen wenigen Referenzorten der tatsächliche Pegel der Umweltradioaktivität durch hochempfindliche Messungen ermittelt werden.

Die Anforderungen der EU an das engmaschige Überwachungsnetz (dense network) werden in Deutschland im Wesentlichen durch das „Integrierte Mess- und Informationssystem zur Überwachung der Umweltradioaktivität (IMIS)“ erfüllt. Die durchzuführenden Probeentnahmen und Messungen sind der AVV-IMIS [21], insbesondere der Richtlinie zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Teil 1 (sog. „Routinemessprogramm“) [21a], zu entnehmen. Mit wenigen Ausnahmen deckt das Routinemessprogramm die Anforderungen an das dense network bei weitem ab.

Anders als beim „dense network“ werden die Anforderungen der EU an die Berichterstattung gemäß dem weitmaschigen Überwachungsnetz, dem sogenannten „sparse network“ von Überwachungsnetzen oder -einrichtungen in Deutschland nur zum Teil erfüllt; Die entsprechenden Ergänzungen sind in Vorbereitung.

Wie bereits erwähnt, dient das weitmaschige Messnetz weniger der Überwachung der Umwelt hinsichtlich unfall- oder störfallbedingten Einträgen künstlicher radioaktiver Stoffe, sondern mehr der Beobachtung langfristiger Veränderungen und Trends der Umweltradioaktivität ohne konkreten Bezug auf ein isoliertes Ereignis. Dieser Überwachungsphilosophie folgend hat die EU, damit auch geringste Veränderungen festgestellt werden können, die Anforderungen an die Messungen sehr hoch angesetzt. Die Empfindlichkeit der Nachweisverfahren soll beispielsweise so groß sein, dass die in den meisten Umweltbereichen ohnehin schon wieder sehr niedrigen Aktivitätsniveaus sicher bestimmt werden können.

Bei der Gestaltung des deutschen weitmaschigen Messnetzes wird eine Reduzierung der Nachweisgrenzen auf ein Zehntel der Nachweisgrenzen des engmaschigen Netzes (IMIS) angestrebt.

Als Datenaustauschformat bei der Datenübertragung von Umweltradioaktivitätsdaten soll zukünftig europaweit das EURDEP-Format (EURDEP = European Radiological Data Exchange Platform) herangezogen werden, das auch im Falle von nuklearen Stör- und Unfällen für den Austausch von ODL-Daten vorgesehen ist.

3 Überwachungsprogramme und beteiligte Institutionen

In der Abb. 2a sind die genannten nationalen Überwachungsprogramme und die gesetzlichen Grundlagen in vereinfachter schematischer Übersicht dargestellt; in Abb. 2b zusätzlich die Institutionen, die sich fachlich damit befassen, sowie die Informationswege zwischen diesen.

Die mit Hilfe der entsprechenden Überwachungssysteme gewonnenen Daten gehen i. Allg. zunächst zur fachlichen Bearbeitung und Beurteilung an die jeweiligen Landes- bzw. Bundesoberbehörden; dies sind bei den Ländern meistens die Landesämter für Umweltschutz, im Falle des Bundes ist es das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), dem die Leitstellen (Bundesoberbehörden aus verschiedenen Geschäftsbereichen) fachlich zuarbeiten.

Die so fachlich bearbeiteten und in anschaulicher und übersichtlicher Form dargestellten Daten werden - im Ereignisfall mit Empfehlungen versehen - an die obersten Landes- u. Bundesbehörden weitergeleitet; dies sind bei den Ländern meist das jeweilige Landesumweltministerium (im Katastrophenfall unter Einschaltung des jeweiligen Landesinnenministeriums), für den Bund ist es das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Dort erfolgt die Bewertung und die Entscheidung im Hinblick auf gegebenenfalls anzuordnende Maßnahmen oder auszusprechende Empfehlungen.

Zu diesem Informations-Netz zählen auch die Betreiber deutscher Anlagen, die bei einem Ereignis in ihren Anlagen neben den über das KFÜ automatisch gemeldeten Parametern weitere Auskünfte über den Zustand ihrer Anlage und ggf. über eine sich möglicherweise entwickelnde Freisetzung geben.

Mit eingezeichnet in Abb. 2b sind die im vorangegangenen Abschnitt beschriebenen Informationswege zur EU und zur IAEA, wobei vor allem die letztgenannte Organisation eine sehr wichtige Schaltstelle im internationalen Informations-Netzwerk darstellt.

Im Hinblick auf grenznahe Kernkraftwerke bestehen spezielle bilaterale Vereinbarungen zwischen Deutschland und der Schweiz, Frankreich, den Niederlanden und Österreich; hier erfolgt die gegenseitige Information direkt zwischen den regionalen Katastrophenschutzbehörden. Spezielle Informationswege mit osteuropäischen Staaten sind im Aufbau bzw. in der Planung.

Schließlich soll noch das CBSS-Abkommen (CBSS = Council of Baltic Sea States (Ostseerat)) erwähnt werden, in dem u. a. der regelmäßige Austausch von ODL-Messdaten vereinbart wurde.

4 Literatur

- [1] Gesetz zur Änderung des Gesetzes über den Deutschen Wetterdienst, Bundesgesetzblatt I (1955) 506.
- [2] Vertrag zur Gründung der Europäischen Atomgemeinschaft (EURATOM) vom 25. März 1957, Bundesgesetzblatt II (1957) S. 1014, S. 1679.
- [3] Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz) vom 23. Dezember 1959 (BGBl. I S. 814) in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. Juli 1985 (BGBl. I S. 1565), zuletzt geändert durch Art. 70 des Gesetzes zur Änderung verfahrensrechtlicher Vorschriften vom 21. August 2002 (BGBl. I S. 3322).
- [4] Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung - StrlSchV) vom 20. Juli 2001 (BGBl. I S. 1714, 2002 I S. 1459), geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 18. Juni 2002 (BGBl. I S. 1869). (die erste Strahlenschutzverordnung wurde am 24. Juni 1960 erlassen).
- [5] Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen, (REI) einschließlich Anhang A (Kernkraftwerke) und D (Sonderfälle), Gemeinsames Ministerialblatt 44 (1993) 502-528.
- [5a] Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen, (REI) Anhänge B (Brennelementfabriken) und C (Brennelementzwischenlager, Endlager für radioaktive Abfälle), Gemeinsames Ministerialblatt 47 (1996) 195-246.
- [6] Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu § 45, StrlSchV: (alt), Ermittlung der Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen oder Einrichtungen, Bundesanzeiger 42, Nr. 64a (1990).
- [7] Störfallberechnungsgrundlagen für die Leitlinien zur Beurteilung der Auslegung von Kernkraftwerken mit DWR gemäß § 28 Abs. 3, StrlSchV (alt), Bundesanzeiger 35, Nr. 245a (1983).
- [7a] Neufassung des Kapitels 4 „Berechnung der Strahlenexposition“ der Störfallberechnungsgrundlagen für die Leitlinien zur Beurteilung der Auslegung von Kernkraftwerken mit DWR gemäß § 28 Abs. 3, StrlSchV, Bundesanzeiger 46, Nr. 222a (1994).
- [8] Das Kernkraftwerk Gundremmingen: Die Störung, die durch die Kälte kam, Energie 29 (1) (1977) 4-5.
- [9] Das Kernreaktor-Fernüberwachungssystem in Bayern (KFÜ), Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Schriftenreihe "Kernenergie und Strahlenschutz", Heft 1 (1978).
- [9a] Das Kernreaktor-Fernüberwachungssystem in Bayern (KFÜ) - 2. Aufbauphase, Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Schriftenreihe "Kernenergie und Strahlenschutz", Heft 47 (1981).
- [10] Rahmenempfehlung für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen, Radiologische Grundlagen für Entscheidungen über Maßnahmen zum Schutz

- der Bevölkerung bei unfallbedingten Freisetzungen von Radionukliden, Gemeinsames Ministerialblatt 50 (1999) 538-588.
- [11] Auswirkungen des Reaktorunfalls in Tschernobyl auf die Bundesrepublik Deutschland, Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission, Band 7, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart (1987).
- [12] A. Bühling, G. Wehner, H. Edelhäuser, Integriertes Mess- und Informationssystem für die Überwachung der Umweltradioaktivität nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz, in: Der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.), 7. Fachgespräch "Überwachung der Umweltradioaktivität", Neuherberg (1987).
- [13] Gesetz zum vorsorgenden Schutz der Bevölkerung gegen Strahlenbelastung, (Strahlenschutzvorsorgegesetz-StrVG) vom 19. Dezember 1986, Bundesgesetzblatt I (1986) S. 2610, zuletzt geändert durch Gesetz über die Neuordnung zentraler Einrichtungen des Gesundheitswesens vom 24. Juni 1994, Bundesgesetzblatt I (1994) S. 1416.
- [14] A. Bayer, L. Hornung-Lauxmann, H. Rühle, R. Dehos, R. Obrecht, Überwachung der Umweltradioaktivität in der Bundesrepublik Deutschland nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG), in: Strahlenschutz-Kompodium der Sommerschule Strahlenschutz, 4. Auflage, H. Hofmann Verlag, Berlin (1995).
- [15] H. Biesold, A. Kindt, E. Ettenhuber, Bewertung bergbaulicher Hinterlassenschaften, Atomwirtschaft 41 (1996) 181-183.
- [16] A. Bayer, J. Burkhardt, S. Bittner, Konzepte der internationalen Zusammenarbeit bei kerntechnischen Unfällen, in: Int. Seminar „Strategie und Taktik von Polizeieinsätzen - internationaler Vergleich in der Bewältigung von Großlagen“, Münster (1992).
- [17] Entscheidung des Rates vom 14. Dezember 1987 über Gemeinschaftsvereinbarungen für den beschleunigten Informationsaustausch im Fall einer radiologischen, Notstandssituation, (87/600 Euratom), Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft, 30.12.87, Nr. L 371/76.
- [18] Gesetz zu den IAEA-Übereinkommen vom 26. September 1986 über die frühzeitige Benachrichtigung bei nuklearen Unfällen sowie über Hilfeleistungen bei nuklearen Unfällen oder radiologischen Notfällen (Gesetz zu dem IAEÜ-Benachrichtigungsübereinkommen zu dem IAEÜ-Hilfeleistungsübereinkommen), Bundesgesetzblatt Teil II, 23.05.1989, S. 434.
- [19] W. Weiss, H. Leeb, Die internationale Vernetzung von Mess- und Informationssystemen zur Überwachung der Umweltradioaktivität und zur Entscheidungsunterstützung im Ereignisfall, in: Der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.), 9. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität Neuherberg (1995).
- [20] Empfehlung der Kommission vom 8. Juni 2000 zur Anwendung des Artikels 36 Euratom-Vertrag betreffend die Überwachung des Radioaktivitätsgehalts der Umwelt zur Ermittlung der Exposition der Gesamtbevölkerung, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften 43, L 191 (2000) 37-41.
- [21] Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Integrierten Mess- und Informationssystem nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz (AVV-IMIS), Bundesanzeiger 47, Nummer 200a, (1995) 3-40.
- [21a] Richtlinie zur Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz, Teil I: Messprogramm für den Normalbetrieb (Routinemessprogramm), Gemeinsames Ministerialblatt 45 (1994) 929-959.

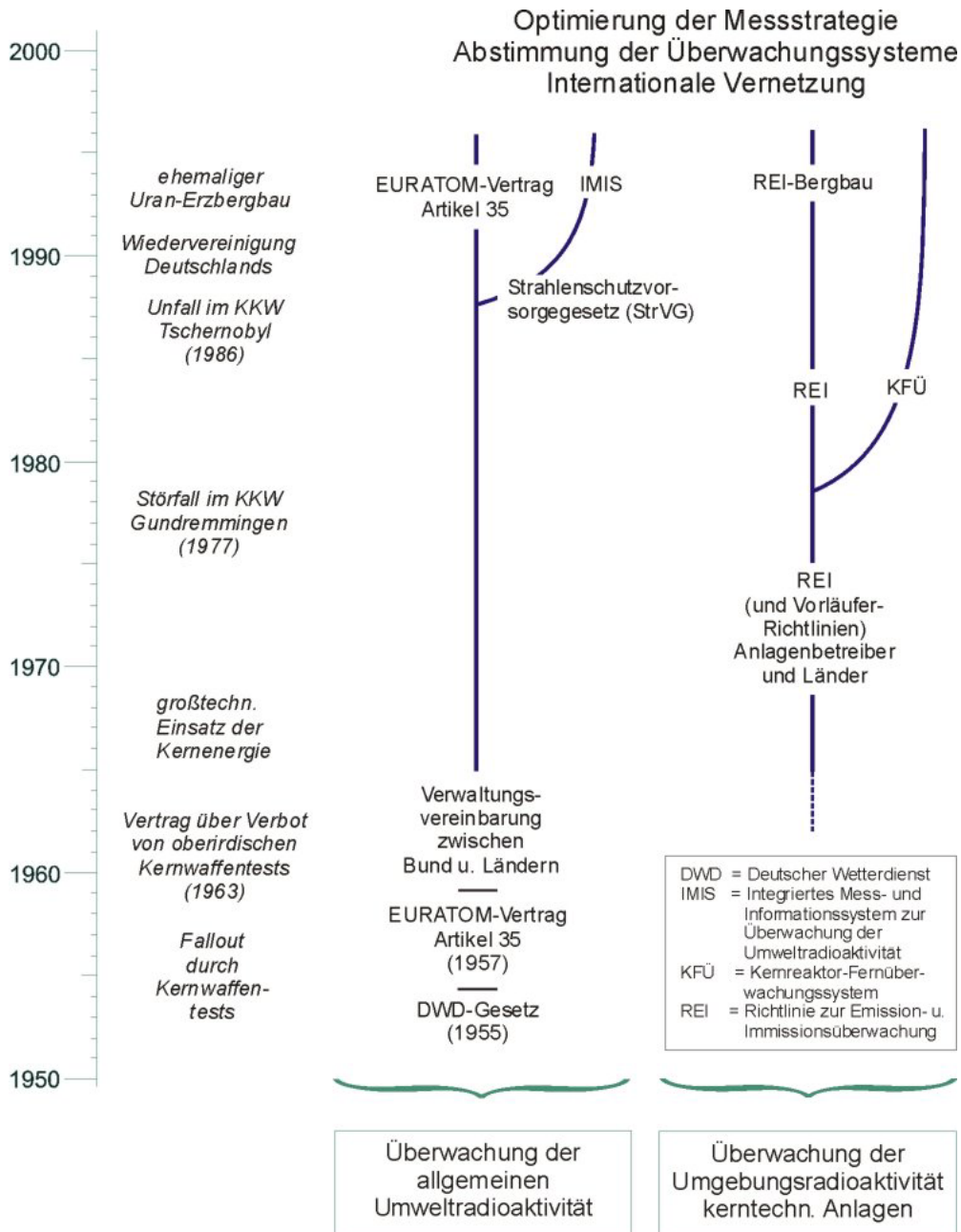


Abb. 1: Geschichte der Überwachung der Umweltradioaktivität (vereinfacht)

Überwachungsziel	Allgemeine Umwelt		Umgebung kerntechnischer Anlagen		
Gesetzliche Grundlage	StrVG, Euratom-Vertrag (Artikel 35)		AtG, StrlSchV		
Zuständigkeit	Bund	Länder			
Überwachungsprogramm	IMIS §2 StrVG §3 StrVG in Bundesauftragsverwaltung	Ländersysteme	REI Überwachung von Emission und Immission	KFÜ Überwachung von Anlage, Emission, meteorolog. Parametern und Immission	Messdienste des Katastrophenschutzes - Messtrupps - Strahlenspürtrupps - unabhängige, sachverständige Messstellen

AtG = Atomgesetz
 IMIS = Integriertes Mess- und Informationssystem zur Überwachung der Umweltradioaktivität
 KFÜ = Kernreaktor-Fernüberwachung
 REI = Richtlinie zur Emission- und Immissionüberwachung
 StrlSchV = Strahlenschutzverordnung zum Atomgesetz
 StrVG = Strahlenschutzvorsorgegesetz

Abb. 2a: Überwachungsprogramme und beteiligte Institutionen (schematisch)

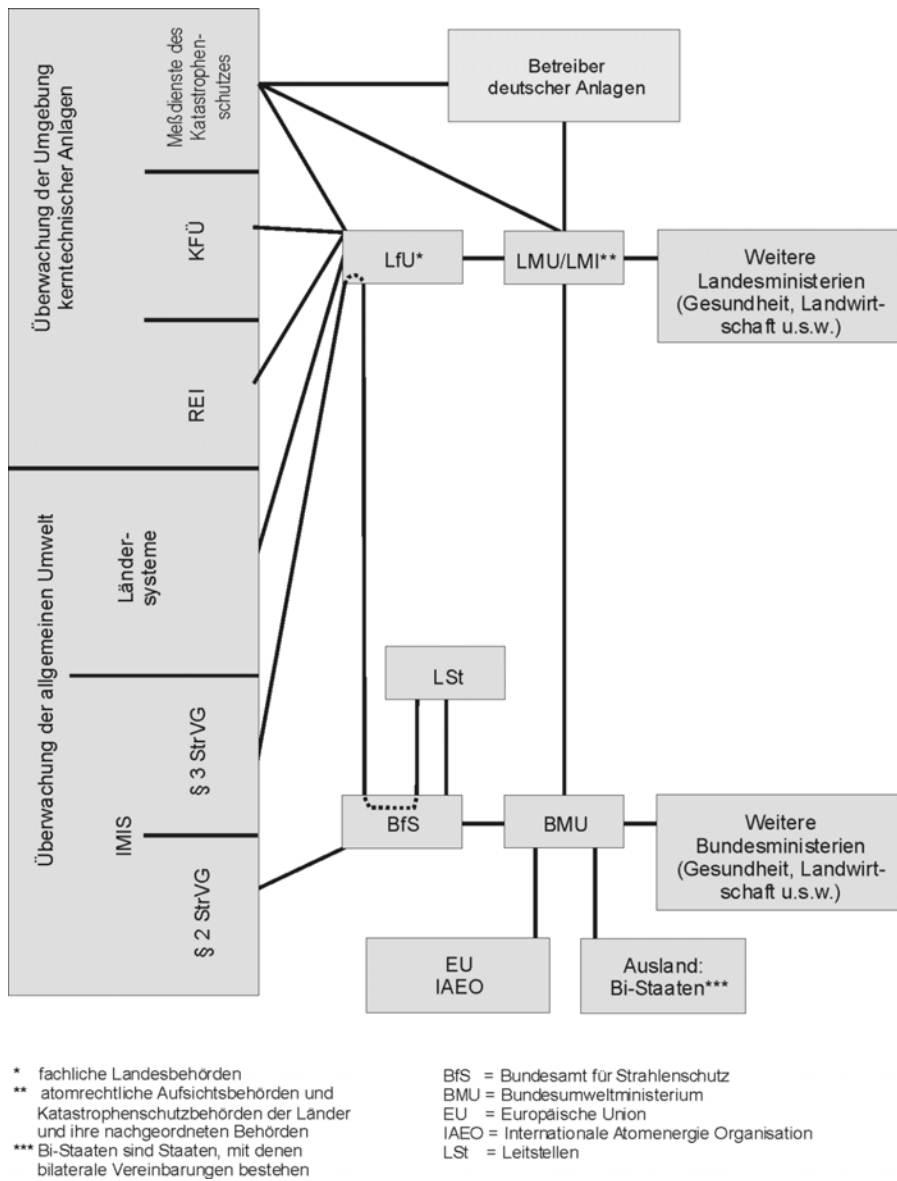


Abb. 2b: Programme zur Überwachung der Umweltradioaktivität (schematisch)

DAS ÜBERARBEITETE INTENSIVMESSPROGRAMM ZUR AVV-IMIS

THE REVISED PROGRAM FOR MEASUREMENTS IN INTENSE OPERATION MODE ACCORDING TO AVV-IMIS

J. Bieringer¹, A. Bühling², G. Haase³, T. Heinrich⁴, M. Müller-Neumann², T. Steinkopff⁵, C. Wiezorek⁶, E. Wirth¹

1 Bundesamt für Strahlenschutz

2 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

3 Bundesanstalt für Milchforschung

4 Staatliche Umweltbetriebsgesellschaft Sachsen

5 Deutscher Wetterdienst

6 CVUA Nordrhein-Westfalen

Zusammenfassung

Zur Überarbeitung des Intensivmessprogramms wurde eine Arbeitsgruppe beim BMU aus Vertretern des BMU, der Länder, der Leitstellen und des BfS eingesetzt. Das Intensivmessprogramm ist darauf ausgelegt, großräumige Kontaminationen der Umwelt in einem Ereignisfall zu erfassen. Die Ergebnisse der Messungen müssen geeignet sein

- zur schnellen Erstellung einer Übersicht über die radiologische Lage,
- zur Abschätzung der Strahlenexposition und
- als Grundlage für Empfehlungen und Maßnahmen zur Minimierung der Strahlenexposition.

Um diese Ziele zu erreichen, wurde die Struktur des Intensivmessprogramms konsequent in drei verschiedene Zeitabschnitte unterteilt, in denen unterschiedliche Expositionspfade und Maßnahmen relevant sind:

- Vor und während der Ausbreitung radioaktiver Stoffe,
- Unmittelbar nach der Ausbreitung radioaktiver Stoffe
- Nach der Ausbreitung radioaktiver Stoffe, wenn die Anfangskontaminationen der Radionuklidaktivitäten in den einzelnen Medien deutlich zurückgegangen sind.

Für jeden dieser Zeitabschnitte wurde ein eigenes Messprogramm definiert, das geeignet ist, die oben genannten Ziele zu erreichen.

Als Neuerung wurden, ähnlich wie im Routinemessprogramm, mindestens einzuhaltende Nachweisgrenzen eingeführt. Sie orientieren sich an den Eingreifrichtwerten im Maßnahmenkatalog und den Höchstwerten der EU für Nahrungs- und Futtermittel und sind so festgelegt, dass der Nachweis von mindestens 1/10 der Eingreifrichtwerte für die Ergreifung von Maßnahmen gewährleistet ist.

A working group at the Federal Ministry for Environment, Nature Conservation and Reactor Safety (BMU) was tasked to revise the program for measurements in intense operation mode. Members were representatives from BMU, states ("Länder") and BfS. The measurement

program is designed to monitor wide area environmental radioactive contamination in case of emergency. Measurements must be appropriate

- for fast assessment of the radiological situation,
- for estimating the dose to the population and
- for decisions on countermeasures to minimize the dose.

In order to meet these requirements the structure of the measurement program in intense operation mode was divided into phases when different exposition paths are relevant.

- Before and during dispersion of radioactive material
- Immediately after dispersion of radioactive material has ended
- A late phase when contamination values have decreased in different environmental media.

For each of these time intervals a measurement program was defined that is tailored to achieve the above mentioned objectives in its phase.

Minimum detectable activity concentrations were introduced similar to the measurement program in routine operation mode. They follow the intervention levels in the catalogue of countermeasures and maximum permitted values given by the EU for food and animal feed. The minimum detectable activity concentrations were defined such that the detection of 1/10 of the intervention levels for counter measures is ensured.

1 Einleitung

Das Intensivmessprogramm legt zusammen mit dem Routinemessprogramm (Anlage 1 der AVV-IMIS) die Anforderungen für Messungen nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG) [1] fest und hat zum Ziel, die radioaktive Kontamination der Umwelt im Fall von Ereignissen mit möglichen nicht unerheblichen radiologischen Auswirkungen zu erfassen.

Die Ergebnisse der Messungen müssen geeignet sein

- zur schnellen Erstellung einer Übersicht über die radiologische Lage,
- zur Abschätzung der Strahlenexposition und
- als Grundlage für Empfehlungen und Maßnahmen zur Minimierung der Strahlenexposition.

Grundsätzlich ist das Intensivmessprogramm ausgelegt, um großräumige Kontaminationen der Umwelt zu erfassen.

2 Überarbeitung

Nach der Überarbeitung des Routinemessprogramms wurde das Intensivmessprogramm entsprechend angepasst, wobei keine grundlegenden Änderungen hinsichtlich der Zielsetzung und der im Ereignisfall durchzuführenden Messungen vorgenommen wurden. Zu den wichtigsten Punkten, die überarbeitet wurden, gehören

- die Phasendefinitionen,
- die Struktur,
- die Nuklidliste
- sowie die Festlegung von Nachweisgrenzen.

2.1 Phasendefinition

Die Definition der Phasen eines Intensivbetriebs wurde dahingehend geändert, dass die Phase vor einer möglichen Freisetzung bzw. dem Eintreffen der radioaktiven Stoffe aufgenommen wurde. Das Messprogramm soll damit auch Ereignisse in ausländischen kerntechnischen Anlagen einbeziehen. Darüber hinaus sollte die Formulierung auch eine Freisetzung über den Wasserpfad beinhalten und konkrete Zeitgaben vermeiden. Daraus ergaben sich folgende Definitionen:

- Phase 1:** Vor und während der Ausbreitung radioaktiver Stoffe,
- Phase 2:** Unmittelbar nach der Ausbreitung radioaktiver Stoffe
- Phase 3:** Nach der Ausbreitung radioaktiver Stoffe, wenn die Anfangskontaminationen der Radionuklidaktivitäten in den einzelnen Medien deutlich zurückgegangen sind.

In der Praxis können sich die Phasen 1 und 2 im Ablauf wiederholen. Dies kann eintreten, wenn mehrere Emissionen nacheinander auftreten und/oder wenn der Wind während einer Freisetzung wiederholt seine Richtung ändert. Zu beachten ist auch, dass die Phase 1 regional schon abgeschlossen sein kann, während sie in anderen Gebieten noch andauert oder nicht eingetreten ist. Der Ablauf des Intensivbetriebs ist daher flexibel an die jeweilige Situation anzupassen.

Der Übergang zwischen den Phasen 2 und 3 ist fließend. Dabei nimmt die Zahl der zu untersuchenden Medien, der Proben und der nachweisbaren Radionuklide ab. In einem gewissen zeitlichen Abstand zum Ereigniszeitpunkt wird es Medien geben, die noch intensiv zu beproben sind und andere, deren Untersuchungen gemäß Intensivmessprogramm praktisch schon abgeschlossen ist.

Die Phasen müssen nicht für alle Umweltmedien gleich lang andauern, daher ist eine zentrale Steuerung notwendig. Beginn und Ende der jeweiligen Phasen werden für die einzelnen Regionen und Umweltbereiche vom BMU festgelegt.

2.2 Struktur

Neu aufgenommen wurden eigene Kapitel, in denen die Zielsetzungen der Umweltüberwachung in den einzelnen Phasen sowie der hieraus resultierende Informationsbedarf beschrieben werden. Aus diesem Informationsbedarf ergeben sich die Messprogramme für die einzelnen Phasen. Das bedeutet, dass für jede Phase sowohl Messungen nach §2 StrVG als auch nach §3 StrVG aufgeführt werden, die eine Gesamtsicht auf die zu erwartenden Informationen bzw. Messwerte ermöglichen. Innerhalb der Kapitel, welche die Messungen beschreiben, wurde zur leichteren Orientierung die gleiche Struktur wie im Routinemessprogramm verwendet.

2.3 Nuklidliste

Im Rahmen der Überarbeitung wurde die im Intensivmessprogramm relevante Nuklidliste diskutiert. Es wurde eine neu gestaltete Nuklidliste erarbeitet, in der alle Nuklide aufgeführt sind, die ggf. in einem Ereignisfall radiologisch relevant sein können. Zusätzlich wurden

natürlich vorkommende Radionuklide aufgenommen, wie z. B. Be-7 oder auch K-40, das für Plausibilitätskontrollen verwendet wird. Für diese Radionuklide sind entsprechende Analysenverfahren vorzuhalten bzw. die mess- und softwaretechnischen Voraussetzungen (z. B. Nukliddaten-Dateien) zu schaffen. Als weitere Informationen wurden die Zerfallsart, die Halbwertszeit sowie der Ursprung (natürlich, Aktivierungs-, Spaltprodukt) aufgenommen. Zusätzliche Bemerkungen und die Kennzeichnung von Berichtsnukliden im Routine- bzw. Intensivmessprogramm ergänzen die Informationen. Neu hinzugekommen sind Radionuklide, die in großem Umfang in der Medizin oder der Materialprüfung eingesetzt werden.

Tabelle 1: Auszug aus der Nuklidliste des überarbeiteten Intensivmessprogramms

Nuklid	HWZ aus [3]	Strahlenart	Ursprung			Bemerkungen	Berichtsnuklid	
			Nat.	SP	AP		RMP	IMP
H-3	12,33 a	β	x		x	Aquatischer Bereich	X	X
Be-7	53,23 d	γ	x			Luftbereich, EU	X	
K-40	1,277E+09 a	γ	x			Plausibilitätskontrolle	X	X
Cr-51	27,705 d	γ			x			
Mn-54	312,15 d	γ			x			

Nat.: natürlich, SP: Spaltprodukt, AP: Aktivierungsprodukt
RMP: Routinemessprogramm, IMP: Intensivmessprogramm

2.4 Nachweisgrenzen

Als weitere Neuerung wurden mindest einzuhaltende Nachweisgrenzen für die Messungen der Länder nach §3 StrVG eingeführt. Zuvor waren diese nur für die Messungen nach §2 StrVG angegeben worden. Die Nachweisgrenzen für die Messungen der Länder sollen den Landesmessstellen im Ereignisfall eine Hilfestellung geben, die Messzeit festzulegen. Einerseits können bei zu kurzer Messzeit - und damit zu hoher Nachweisgrenzen - Messwerte erzeugt werden, die ggf. nicht für die Einschätzung der Lage geeignet sind. Andererseits sollen unnötig lange Messzeiten vermieden werden, die den Probendurchsatz verringern. Das primäre Ziel der Messungen im §3-Bereich ist die Überprüfung, ob Eingreifrichtwerte überschritten sind.

Daher orientieren sich die mindestens einzuhaltenden Nachweisgrenzen im Intensivbetrieb an den Eingreifrichtwerten im Maßnahmenkatalog [2] und den Höchstwerten der EU für Nahrungs- und Futtermittel. Sie sind so festgelegt, dass der Nachweis von mindestens 1/10 der Eingreifrichtwerte für Maßnahmen gewährleistet ist. Zu beachten ist weiterhin, dass die Eingreifrichtwerte teilweise für Nuklidgruppen gelten, die Nachweisgrenze sich jedoch auf Einzelnuklide bezieht.

Aus dieser Forderung resultieren für gammaspektrometrisch zu untersuchende Proben Messzeiten, die einen hohen Probendurchsatz zulassen. Wenn sich dennoch aus der Probenanzahl und der Laborkapazität zu hohe Nachweisgrenzen ergeben würden, ist die Probenanzahl entsprechend zu reduzieren und die Messzeit zu erhöhen. Wann immer es die Probenanzahl und Laborkapazität erlauben, soll jedoch so nachweisempfindlich wie möglich gemessen werden, um einen Anschluss an die im Normalbetrieb ermittelten Werte herzustellen.

Beispiel: Mindestens einzuhaltende Nachweisgrenze für Cs-137 in Milch

EU – Eingreifrichtwert für Cs-137 und andere langlebige Radionuklide:	1000 Bq/l
davon sind 1/10 nachzuweisen:	100 Bq/l
Berücksichtigung weiterer Nuklide außer Cs-137:	10 Bq/l
NWG bezogen auf Co-60 statt Cs-137:	5 Bq/l

Davon abweichend ergeben sich bei den Messungen der kontinuierlich arbeitenden Bundesmessnetze die mindestens einzuhaltenden Nachweisgrenzen in einem Ereignisfall aus den jeweiligen Messintervallen.

Die in den einzelnen Phasen durchzuführenden Messungen sind ein Resultat des jeweils bestehenden Informationsbedarfs, der zur Entscheidung bzgl. des Ergreifens von Maßnahmen besteht. Die konsequente Orientierung an diesem Informationsbedarf führt –phasenabhängig – zu unterschiedlichen Schwerpunkten bei den zu untersuchenden Umweltmedien und der Beprobungs- bzw. Messfrequenz.

3 Informationsbedarf in den einzelnen Phasen

3.1 Phase 1: vor und während der Ausbreitung radioaktiver Stoffe

Vorher bezog sich die Phase 1 auf die Zeit „während und kurz nach Durchzug der radioaktiven Wolke“ und das Transportmedium Luft. Dies wurde auf die Zeit vor dem Eintreffen der radioaktiven Stoffe erweitert. Weiterhin wurde die Freisetzung bzw. der Transport der radioaktiven Stoffe über den Wasserpfad mit eingeschlossen.

Im Falle einer zu erwartenden oder bereits erfolgten atmosphärischen Freisetzung radioaktiver Stoffe liefern die Prognosemodelle des Deutschen Wetterdienstes (DWD) und die Entscheidungshilfemodelle des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS), RODOS und PARK, bereits vor der Ausbreitung der radioaktiven Stoffe auf dem Gebiet der Bundesrepublik erste Informationen über die zu erwartenden zeitlichen und regionalen Einträge radioaktiver Stoffe in die Umwelt und die daraus resultierende Strahlenexposition der Bevölkerung.

In Phase 1 sollen die Messungen bzw. Prognosen Informationen zu folgenden Fragen liefern, die für Entscheidungen über Maßnahmen [2] relevant sind:

- Welche Gebiete sind betroffen?
- Wie hoch ist die aktuelle, externe Strahlenexposition in den betroffenen Gebieten?
- Wie ist die Radionuklidzusammensetzung?

Diese Anforderungen werden vor allem durch die Bundesmessnetze erfüllt. Das Gamma-Ortsdosisleistung Messnetz (ODL) des BfS gibt im 10 Minuten-Takt einen Überblick über die aktuelle, externe Strahlenexposition (Abb. 1). Durch fortlaufende Messungen ermittelt der DWD an seinen Stationen die nuklidspezifische Radioaktivitätskonzentration in Luft und Niederschlägen. Mit Hilfe dieser kontinuierlich betriebenen Messeinrichtungen können die Schwerpunkte der Beaufschlagung im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland rasch erkannt und bewertet werden. Die im 10 Minuten-Takt anfallenden Messwerte der Gamma-Ortsdosisleistung und die zweistündlich verfügbaren Messwerte der Aktivitätskonzentration in der Luft gestatten, den Eintrag radioaktiver Stoffe über den Luftpfad mit hoher zeitlicher Auflösung zu erfassen. Die Radionuklidzusammensetzung und die ODL in der hohen Atmosphäre bis zur Tropopause wird durch flugzeuggestützte Messungen des DWD ermittelt. Erste Informationen zur großräumigen Belastung der Binnengewässer mit radioaktiven Stoffen liefert das an den Bundeswasserstraßen installierte Warnstellennetz der Bundesanstalt

für Gewässerkunde (BfG). Mit Hilfe der kontinuierlich betriebenen Messeinrichtungen können die Schwerpunkte der Beaufschlagung in den einzelnen Fluss- bzw. Stromgebieten rasch erkannt und bewertet werden. Die stündlich anfallenden Messwerte der Gesamtgamma- und ggf. Gesamtbeta-Aktivitätskonzentration der fließenden Welle gestatten, den Eintrag radioaktiver Stoffe in ein Gewässer mit hoher zeitlicher Auflösung zu erfassen.

Bei Ereignissen mit luftgetragenen radioaktiven Freisetzungen ist davon auszugehen, dass der Eintrag radioaktiver Stoffe in ein Gewässer überwiegend über den Niederschlag ("Nasse Deposition") und über den Oberflächenabfluss („Run-off“) erfolgen wird. Es ist deshalb davon auszugehen, dass die einzelnen Teilbereiche eines Flusses zu verschiedenen Zeitpunkten und in unterschiedlichem Umfang betroffen sein werden.

Entsprechendes gilt für die Erkennung eines Eintrages radioaktiver Stoffe in Nord- und Ostsee einschließlich Küstengewässer durch das Messnetz des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH).

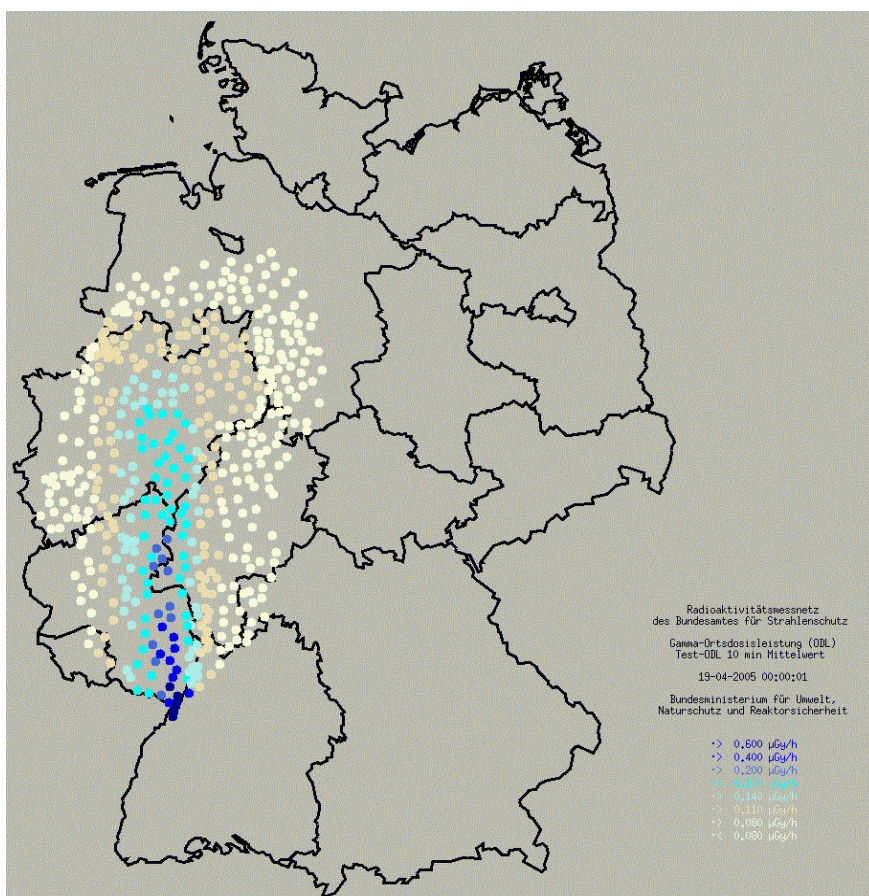


Abb. 1: ODL-Messnetz mit einem Zeittakt von 10 Minuten

Die Ergebnisse der Messnetze sind zudem wichtige Eingangsdaten zur Verbesserung der prognostischen Modellrechnungen der zu erwartenden Strahlenexposition des Menschen. Diese Daten und Prognosen dienen auch als Grundlage für Empfehlungen bzw. Überprüfung von Maßnahmen zur Reduzierung der Strahlenexposition oder einer Kontamination.

3.2 Phase 2: unmittelbar nach der Ausbreitung radioaktiver Stoffe

In dieser Phase werden in der Luft nur noch geringe Aktivitäten gemessen. Die Deposition von Radionukliden am Boden ist praktisch abgeschlossen.

In dieser Phase ist das Ziel der Messungen:

- detaillierte Informationen über die betroffenen Gebiete, die Höhe der Kontamination und die Radionuklidzusammensetzung zu erhalten,
- eine flächenrepräsentative Lagedarstellung in den einzelnen Umweltbereichen zu ermöglichen,
- kleinräumige Inhomogenitäten zu erkennen,
- einen Überblick über die Vermarktungsfähigkeit von landwirtschaftlichen Produkten zu bekommen.

Um diese Ziele zu erreichen, werden die Messnetze weiter betrieben. Die flächendeckenden Ergebnisse dieser Messungen bilden eine wichtige Entscheidungshilfe für die Veranlassung von Einzelmessungen nach §§2 und 3 StrVG. Sie sind Basis für eine gezielte, kurzfristige Probenentnahme in den betroffenen Gebieten. Dazu gehört auch die Analyse kleinräumiger Bodenkontaminationen im Fall von inhomogener Beaufschlagung. Für diese Aufgabe kommen mobile Einrichtungen (Messfahrzeuge und Hubschrauber) zum Einsatz, die lokal die ODL messen und die Kontamination des Bodens mit Hilfe der In-situ-Gammaspektrometrie ermitteln.

Eine umfassende Ermittlung der Kontamination in den Umweltbereichen nach § 3 StrVG erfolgt durch die zuständigen Messstellen der Länder. Einen Schwerpunkt bildet in dieser Phase die Beprobung und Analyse von repräsentativen Medien und von erntereifen landwirtschaftlichen und gärtnerischen Produkten, um eine Übersicht über ihre Vermarktungsfähigkeit zu bekommen.

Je nach Ereignisablauf muss das Intensivmessprogramm der jeweiligen Lage flexibel angepasst werden können. So ist bei hoher inhomogener Kontamination des Bundesgebietes und/oder bei regional intensiver Nutzung oder Bewirtschaftung das Netz der Probenentnahmeorte in den betroffenen Gebieten erforderlichenfalls örtlich zu verdichten. Die Beprobung im terrestrischen Bereich hat sich an den jahreszeitlichen Gegebenheiten zu orientieren. Die Probenentnahmefrequenz richtet sich auch nach der Höhe der Kontamination. Intensive Beprobungen und Messungen sind vor allem notwendig, wenn die Aktivität in den verschiedenen Medien im Bereich der jeweiligen abgeleiteten Aktivitätsgrenzwerte liegt.

Bei Unfällen mit hohen Einträgen radioaktiver Stoffe in Binnen- und Küstengewässer sind Art und Umfang der Kontamination auf der Grundlage des Intensivmessprogramms zu erfassen. Neben der Radioaktivität im Wasser sind in Phase 2 auch Schwebstoffe und Fische zu beproben.

Die flächendeckenden Messergebnisse werden genutzt, um die Kontaminationsprognosen von PARK und RODOS zu ersetzen bzw. modifizieren. Sie sind eine wichtige Grundlage für die Empfehlung und Überprüfung von Maßnahmen zur Verminderung der Strahlenexposition des Menschen, insbesondere über den Ingestionspfad.

3.3 Phase 3: nach der Ausbreitung radioaktiver Stoffe und nach Rückgang der hohen Anfangskontaminationen

Aufgrund der unterschiedlichen Verläufe eines Intensivbetriebs wurde auf die Nennung konkreter Zeitangabe relativ zum Freisetzungszeitpunkt verzichtet. Zu Beginn der Phase 3

sind die Höhe der Deposition und die aktuelle Kontamination in den verschiedenen Umweltbereichen aufgrund der in Phase 1 und 2 durchgeführten Messungen gut bekannt. Die Strahlenexposition des Menschen lässt sich zuverlässig abschätzen. Kurzlebige Radionuklide, die in der Frühphase wesentlich zur Dosis beitragen, wie Te-132/I-132 oder I-131 sind weitgehend zerfallen. Vorrangige Ziele der Umweltüberwachung in Phase 3 sind daher,

- Messungen in Bereichen durchzuführen, in denen noch erhöhte Aktivitätskonzentrationen auftreten können, wie z.B. in der Milch durch eine Winterfütterung mit kontaminiertem Heu,
- den Verlauf der Aktivitätskonzentration in den für die Umwelt relevanten Bereichen zu verfolgen und
- verdichtete Messungen in Regionen durchzuführen, in denen Entscheidungen über langfristige Maßnahmen anstehen.

Das Intensivmessprogramm geht in der Phase 3 schrittweise in das Routinemessprogramm über. Zu überwachen sind alle Umweltbereiche, die im Routinemessprogramm festgelegt sind. Intensiver zu beproben und zu messen sind noch solche Medien, in denen mit erhöhten Aktivitäten zu rechnen ist. Die Frequenz und die Dauer der intensiven Probenentnahme und Messungen in den verschiedenen Umweltbereichen richten sich nach der Art und Dynamik der entsprechenden Verteilungs- und Anreicherungs Vorgänge.

4 Umsetzung

Um diesen großen und mit dem Verlauf des Intensivbetriebs wechselnden Informationsbedarf decken zu können, stellen die automatischen Messnetze des Bundes nach §2 StrVG Daten in unterschiedlichen Zeittakten zur Verfügung:

- ODL (BfS): 10 min. / 2h / täglich
- Luft / Boden (In-situ) (DWD): 2 h / täglich
- Bundeswasserstraßen (BfG): 2 h / täglich
- Nord- und Ostsee (BSH): täglich

Die Länder führen in ihren ca. 50 Labors Messungen nach §3 StrVG durch. Der Probendurchsatz ist zeitweise sehr hoch, z. B.

- Nahrungs- und Futtermittel: bis 2000 Proben pro Tag.

Die komplexen Abläufe in einem Intensivbetrieb, die Vielzahl der erforderlichen Messungen (einschließlich der Probenahme), die Datenprüfung und –aufbereitung sowie die notwendigen organisatorischen Maßnahmen machen – neben der Vorhaltung der technischen Voraussetzungen – regelmäßige Übungen erforderlich.

5 Literatur

- [1] Gesetz zum vorsorgenden Schutz der Bevölkerung gegen Strahlenbelastung (Strahlenschutzvorsorgegesetz - StrVG) vom 19. Dezember 1986 (BGBl I, S. 2610)
- [2] Übersicht über Maßnahmen zur Verringerung der Strahlenexposition nach Ereignissen mit nicht unerheblichen radiologischen Auswirkungen
Der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, März 2001

- [3] PTB-Bericht PTB-Ra-16/5, 1998, „Halbwertszeiten und Photonen-Emissionswahrscheinlichkeiten von häufig verwendeten Radionukliden“, 5. erweiterte Auflage

Sitzung B

Europäische und internationale Strategien, Planungen für den Ereignisfall, Erfahrungen aus Übungen

Sitzungsleiter: Ch. Salfeld, St. Mundigl

SCHNELLE LAGEBEURTEILUNG MIT HILFE ATMOSPHÄRISCHER AUSBREITUNGSRECHNUNGEN - WARNMANAGEMENT DES DEUTSCHEN WETTERDIENSTES IM RAHMEN NATIONALER UND INTERNATIONALER REGELUNGEN

EARLY EMERGENCY RESPONSE BY MEANS OF DISPERSION PROGNOSIS –
EMERGENCY MANAGEMENT OF DEUTSCHER WETTERDIENST IN THE FRAME
OF NATIONAL AND INTERNATIONAL AGREEMENTS

T. Steinkopff, B. Fay, H. Glaab, I. Jacobsen, A. Klein, M. Mirsch
Deutscher Wetterdienst, Offenbach

Zusammenfassung

Basierend auf den Ergebnissen der numerischen Wettervorhersage wurden Verfahren entwickelt, durch die der Deutsche Wetterdienst bei Unfallereignissen mit Freisetzung von radioaktivem Inventar jederzeit in der Lage ist, meteorologische Daten und Ergebnisse von Ausbreitungsprognoserechnungen bereitzustellen. Diese Informationen sind für alle weiteren Planungen im Unfallmanagement von entscheidender Bedeutung. Im Rahmen der Katastrophenschutzgesetze der Bundesländer gibt es Vereinbarungen zur schnellen Hilfeleistung. Für das Entscheidungshilfesystem RODOS werden bei Bedarf sofort die dazu erforderlichen Ergebnisdaten aus der numerischen Wettervorhersage versandt sowie, falls notwendig, die großräumigen Ausbreitungsprognosen ergänzt. Im Rahmen von IMIS werden die Ergebnisse von Trajektorienrechnungen und LPDM-Ausbreitungsprognosen innerhalb von 10 Minuten bzw. 30 Minuten graphisch präsentiert.

Auch im Rahmen der Vereinbarungen zwischen der IAEA und der WMO nimmt der Deutsche Wetterdienst eine wichtige Schlüsselposition zur weltweiten Verteilung von Informationen im Ereignisfall ein.

Die Verpflichtungen des DWD im Rahmen des nationalen und internationalen Warnmanagements bei kerntechnischen Ereignissen werden im einzelnen dargestellt und die internen Prozessabläufe im Fall einer Alarmierung beschrieben.

Based on results of the numerical weather forecast the DWD (Deutscher Wetterdienst, German Meteorological Service) is able to immediately calculate dispersion prognosis in case of an emergency with an emission of radioactive inventory. This information is essential for the management of further countermeasures. There are agreements between the federal states of Germany and the Federal Government being established in law regulating the mutual aid. For the decision aiding system RODOS the results of the numerical weather forecast are provided and complemented by medium dispersion prognosis. In the frame of the German computer network IMIS (Integrated Measurement and Information System for the Surveillance of Radioactivity in the Environment) the results of trajectory calculations are presented graphically 10 minutes after request, those of LPDM-prognosis after 30 minutes.

In case of a nuclear emergency global distribution of information via the communication system GTS of WMO is part of international agreements between IAEA and WMO thus giving DWD a key role.

The commitments of DWD in the frame of national and international agreements to manage a nuclear emergency are presented as well as internal emergency arrangements.

1 Einbindung des DWD im Katastrophenmanagement

Angesichts der möglichen Folgen einer Naturkatastrophe oder einer zivilisatorisch bedingten Katastrophe wie zum Beispiel eines kerntechnischen Unfalls müssen die grundlegenden Informationen über das Ausmaß der Katastrophe schnellstmöglich den Entscheidungsträgern zur Verfügung stehen. Es sind Prognosen zu erstellen, Bewertungen vorzunehmen und Maßnahmen einzuleiten. Die Zusammenarbeit der Institutionen muss eingespielt, die Interpretation der Ergebnisse Routine sein. Der Ausfall eines Gliedes der Kommunikationskette hat erhebliche Folgen. Unterschiedliche Interpretationen der Ergebnissen und deren Veröffentlichung führen zu Verunsicherung der Bevölkerung. Dies zu vermeiden dienen die Bestrebungen des Integrierten Mess- und Informationssystems zur Überwachung der Umweltradioaktivität (IMIS) [1], eine abgestimmte und geprüfte einheitliche Darstellung der Ergebnisse zu präsentieren.

Bei den Folgen eines kerntechnischen Ereignisses oder einem Unfall mit radioaktivem Material wird in den meisten Fällen der Transportweg der Schadstoffwolke durch die Atmosphäre zuerst zu betrachten sein. Nach Eintritt eines Unfallereignisses ist davon auszugehen, dass weder der genaue Hergang bekannt ist, noch exakte Kenntnisse über die freigesetzten Stoffe und deren Menge vorliegen. Daher sollen aufgrund der meteorologischen Bedingungen die Ergebnisse der rechnerischen Abschätzung der Verfrachtung möglichst schnell verfügbar sein. Hiefür sind schnelle Vorwärtstrajektorienrechnungen geeignet. Auch wenn der Freisetzungsort zunächst nicht bekannt ist, aber erhöhte Messwerte vorliegen (Tschernobyl, Algeciras), geben Rückwärtstrajektorien Hinweise auf wahrscheinlichen Quellort und Emissionszeit. Informationen über die zu erwartenden kontaminierten Flächen und Schadstoffkonzentrationen werden durch komplexere Ausbreitungsmodelle bereitgestellt.

Durch das Gesetz über den Deutschen Wetterdienst [2], das Strahlenschutzvorsorgegesetz [3], und die Katastrophenschutzgesetzgebung [4] ist der DWD in der Pflicht Ausbreitungsprognosen zu erstellen und das Wettergeschehen im Detail zu beschreiben. Grundsätzlich ist der DWD operationell im Bereich der Wettervorhersage und der Bewertung gefährlicher Wetterlagen ständig gefordert und zwar mit einer kontinuierlichen Beobachtung der Lage, der Interpretation, der Prognose und im Bedarfsfall der schnellen Weiterleitung der Information.

Das Bundesministerium für Verkehr, Bauwesen und Stadtentwicklung (BMVBS) unterstützt ausdrücklich die Unerlässlichkeit des Single-Voice-Prinzips im Warnmanagement, damit die Bevölkerung eindeutig und verlässlich mit nur einer Stimme informiert wird. Im Zusammenhang mit dem Kernreaktorkatastrophe von Tschernobyl im Jahr 1986 zeigte sich als mahnendes Beispiel, wie die Bevölkerung durch eine Vielzahl sich widersprechender Lagebeurteilungen der Landes- und Bundesbehörden stark verunsichert wurde. Als Konsequenz dieser Erfahrungen wurde ein koordinierendes System, das IMIS, beschlossen. Der DWD ist seitdem in vielfacher Hinsicht im Warnmanagement bei einem kerntechnischen Ereignis eingebunden.

Nachfolgend werden die unterschiedlichen Forderungen zur Erstellung von Prognosen in einem Ereignisfall erörtert.

2 Ausbreitungsprognosen

Als operationell arbeitende technisch-wissenschaftliche Behörde ist die Zentrale des DWD rund um die Uhr in der „Vorhersage und Beratungszentrale“ (VBZ) mit Personal besetzt. Die Meteorologen sind geschult in der Beurteilung der sich ständig verändernden meteorologischen Lagen, zudem im Warnmanagement bei besonderen Gefahrenlagen: Kerntechnisches Ereignis, Großbrand, Chemieunfälle. In all diesen Fällen sind Ausbreitungsrechnungen und ergänzende meteorologische Daten wie. z.B. Ergebnisse des Niederschlagsradars gefragt.

Es bestehen Vereinbarungen mit der Feuerwehr (FeWIS, Feuerwehrinformationssystem) zur Bereitstellung von Produkten (HEARTS, Hazard Accidental Toxic Substances), mit dem Bund als Betreiber des Entscheidungshilfesystems RODOS (Real Time Online Decision Support) zur Bereitstellung von meteorologischen Feldern einschließlich der Mischungsschichthöhe und, wenn erforderlich, auch von großräumigen Ausbreitungsrechnungen, mit den Katastrophenschutzbehörden der Bundesländer und dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), sowie international mit der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) und der Internationalen Atomenergiebehörde (IAEA).

Da bei Unfällen die Schadstoffe meistens an nur einem Ort freigesetzt werden (Punktquelle), kommen für die Ausbreitungsrechnung Modelle vom Lagrangeschen Typ infrage, die zudem in der Lage sind, räumlich und zeitlich veränderliche Strömungsfelder zu berücksichtigen.

- Der mit Trajektorienrechnungen ermittelte Pfad eines Luftvolumens liefert in der Regel die erste und schnellste Information.
- Mit einem PUFF-Modell, wie es im Modellsystem HEARTS enthalten ist, kann sehr schnell und effektiv der Luftpfad einer Serie von Luftvolumina, die sich unter Wirkung der Turbulenz ausdehnen, vorhergesagt werden.
- Die vollständigste und beste Information liefert ein Lagrangesches Partikel-Dispersions-Modell (LPDM), bei dem eine Vielzahl von Einzelpartikeln freigesetzt werden, die – angetrieben von der mittleren Luftströmung sowie der Turbulenz – unterschiedlichen Luftbahnen folgen können.

Alle Ausbreitungsmodelle benötigen eine meteorologische Datenbasis, die im DWD von den numerischen Wettervorhersagemodellen GME (global) und LME (regional mit besserer räumlicher Auflösung) bereitgestellt wird. Die DWD-Ausbreitungsmodelle im Rahmen von IMIS sind in [5] ausführlicher beschrieben.

3 Ausbreitungsrechnungen im Katastrophenfall

Ausgehend von einem fiktiven Unfall eines Kernkraftwerkes in Deutschland oder dem grenznahen Ausland können koinzident unterschiedliche Institutionen Prognosen und Daten anfordern.

3.1 RODOS (Real Time On-line Decision Support)

Das Entscheidungshilfesystem RODOS wird von den Aufsichtsbehörden des Bundes betrieben. Es benötigt meteorologische Felder und Mischungsschichthöhen des Lokalmodells LM für Ausbreitungsprognosen im Nahbereich mit einem PUFF-Modell. Wenn die

Ausbreitungsrechnung für den Fernbereich fortgesetzt werden soll, werden die Ergebnisse der kleinräumigen Simulation an den DWD übermittelt, aus den PUFFs werden dann Partikelwolken generiert, die mit dem LPDM des DWD weitertransportiert werden. Dieser sich kompliziert anhörende Vorgang besteht in der Praxis aus einem Telefonanruf beim Supervisor des DWD sowie dem Start einer Prozedur zur Prognose mit anschließender Datenübertragung über ein Auswahlmenü. (Abb. 1).

Abb.1: Auswahlmenü für das Notfallmanagement des DWD

3.2 IMIS

Der BMU oder das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) lassen beim DWD gleichzeitig Ausbreitungsrechnungen durchführen. Dafür genügt ebenfalls nur ein Anruf. Über das Notfallschutzmenü werden die Rechnungen für Trajektorien und eine Ausbreitungsprognose mit dem LPDM gestartet. Die Ergebnisse stehen maximal 10 Minuten bzw. 30 Minuten später im IMIS zur Verfügung (Abb.2 Trajektorie und Abb.3 LPDM-Prognose). Die LPDM-Prognosen geben Anhaltspunkte über die zu erwartende integrale Konzentration in der bodennahen Luft und Deposition. Weiterhin werden die Daten aber auch zu einer ersten Dosisprognose genutzt. Prognosen über die Vertikalverteilung werden als Planungsgrundlage des Flugzeugeinsatzes genutzt (Abb.4)

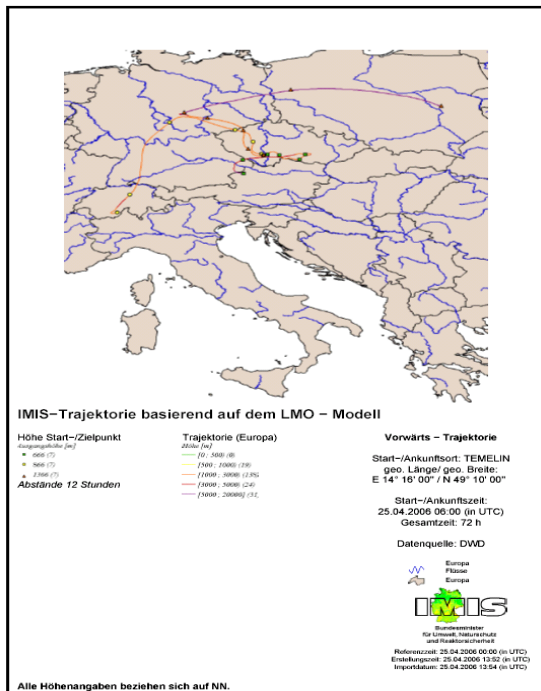


Abb.2: Trajektorienrechnung

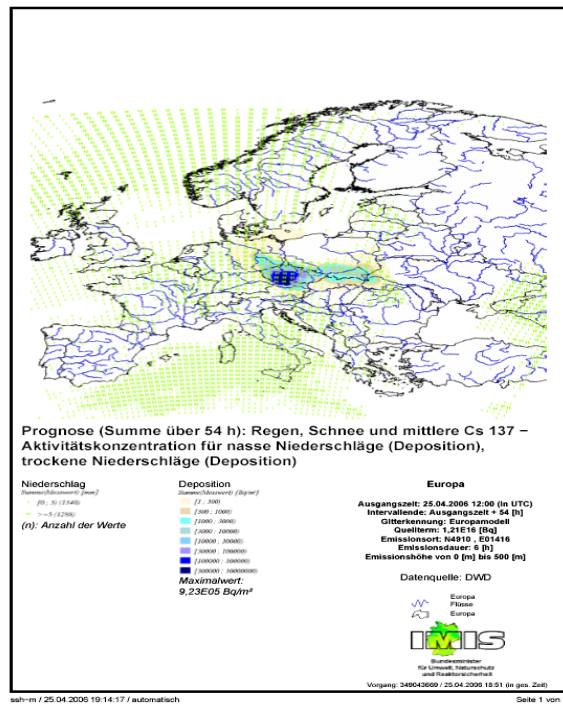


Abb.3: LPDM-Ausbreitungsprognose

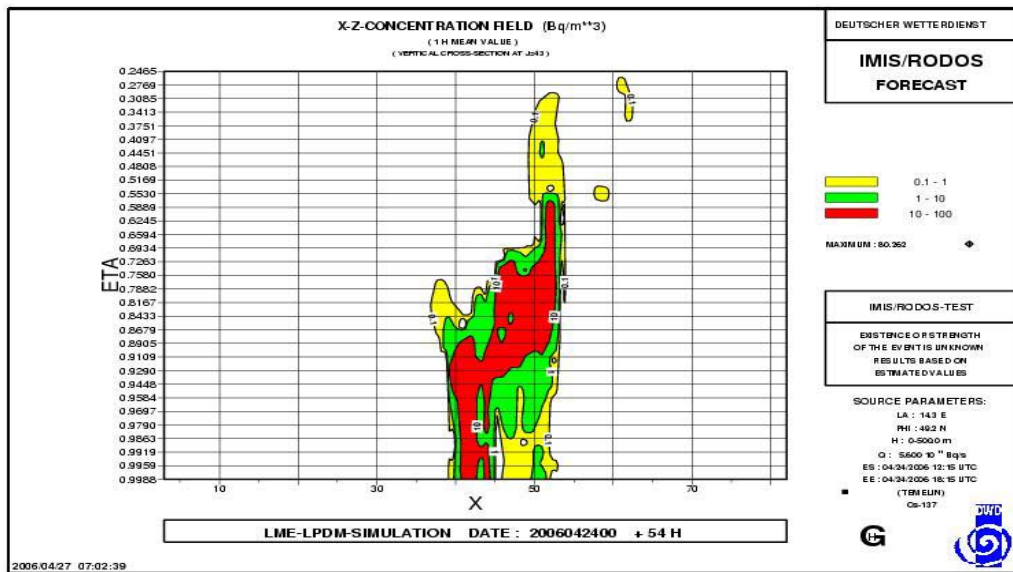


Abb.4: Vertikalschnitt zur Prognose der Aktivität in der Höhe

3.3 Katastrophenschutzregelungen der Bundesländer

Das zuständige Landesministerium bittet die Regionalzentrale (RZ) des DWD um meteorologische Beratung. Diese lässt in Offenbach durch den Meteorologen Trajektorien als Erstinformation rechnen, die als email-Anhang über die RZ an die Landesbehörde verschickt werden.

3.4 FeWIS mit HEARTS

Die Feuerwehr ist vor Ort und nutzt die Vereinbarungen mit dem DWD zur Rechnung und Bereitstellung von Ausbreitungsprognosen (HEARTS): Es erfolgt ein Anruf beim DWD. Der Meteorologe startet die Rechnung, indem er die Koordinaten des Unfallortes, die Größe des Simulationsgebietes und (so vorhanden) Informationen über die freigesetzten Stoffe eingibt. Die Prognoseergebnisse werden über eine Internetverbindung bereitgestellt (Abb.5, HEARTS).

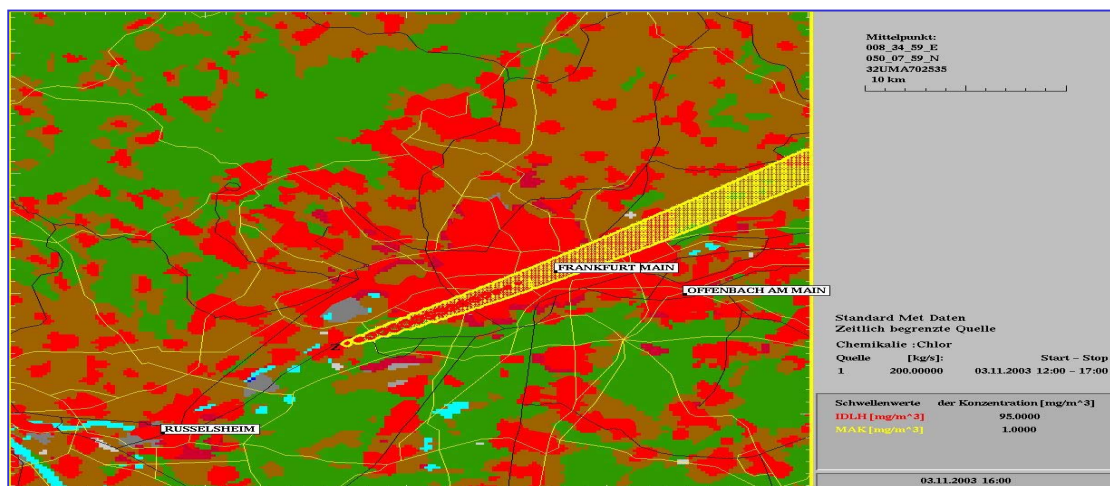


Abb.5: Ausbreitungsprognose gemäß HEARTS

3.5 Vereinbarungen mit der WMO und der IAEA (Abb.6)

Die IAEA alarmiert die Wetterdienste und diese ihre nationalen Kontaktpunkte entsprechend den Vorgaben des ‚Joint Radiation Management Plan of the International Organizations‘ sowie den ‚Regional and Global Arrangements‘ der WMO. Über ein Fax-Verteilersystem werden die nationalen Lagezentren informiert, in Deutschland angesiedelt beim Bundesministerium des Inneren. Das BMI leitet die Meldung an das fachlich zuständige Ministerium, den BMU, weiter. Gleichzeitig erhält auch der DWD in seiner Funktion als regionaler Knotenpunkt (RTH - Regional Technical HUB) im weltumspannenden Datennetz der WMO (Weltorganisation der Meteorologie) eine formalisierte email mit der Beschreibung der Lage. Diese Information wird ohne Bearbeitung oder Überprüfung über ein Verteilersystem (GTS, Global Telecommunication System) weltweit an sämtliche nationalen Wetterdienste zu deren Information verteilt. Durch einen zusätzlichen telefonischen Kontakt wird sichergestellt, dass die auf Ausbreitungsrechnung spezialisierten Regionalzentren (RSMCs - Regional Specialized Meteorological Centres) informiert sind. Diese RSMCs haben gemäß eines Alarmplans der WMO (EER, Environmental Emergency Response) die Aufgabe, Ausbreitungsprognosen vor allem für die Wetterdienste bereitzustellen, die über keine eigenen Modellsysteme verfügen. Es sind jeweils zwei RSMCs für einen Bereich zuständig. In Europa sind dies der französische Wetterdienst Meteo France mit Sitz in Toulouse und der englische Wetterdienst mit Sitz in Exeter. Die Ergebnisse werden untereinander abgestimmt, ein Kommentar erstellt und per Fax an alle Wetterdienste der

Region sowie an die IAEA übermittelt. Die IAEA übermittelt wiederum diese Ergebnisse an die nationalen Lagezentren per Fax bzw. stellt die Ergebnisse in einer Internetseite (ENAC) bereit, die nur über eine Nutzerkennung zugänglich ist.

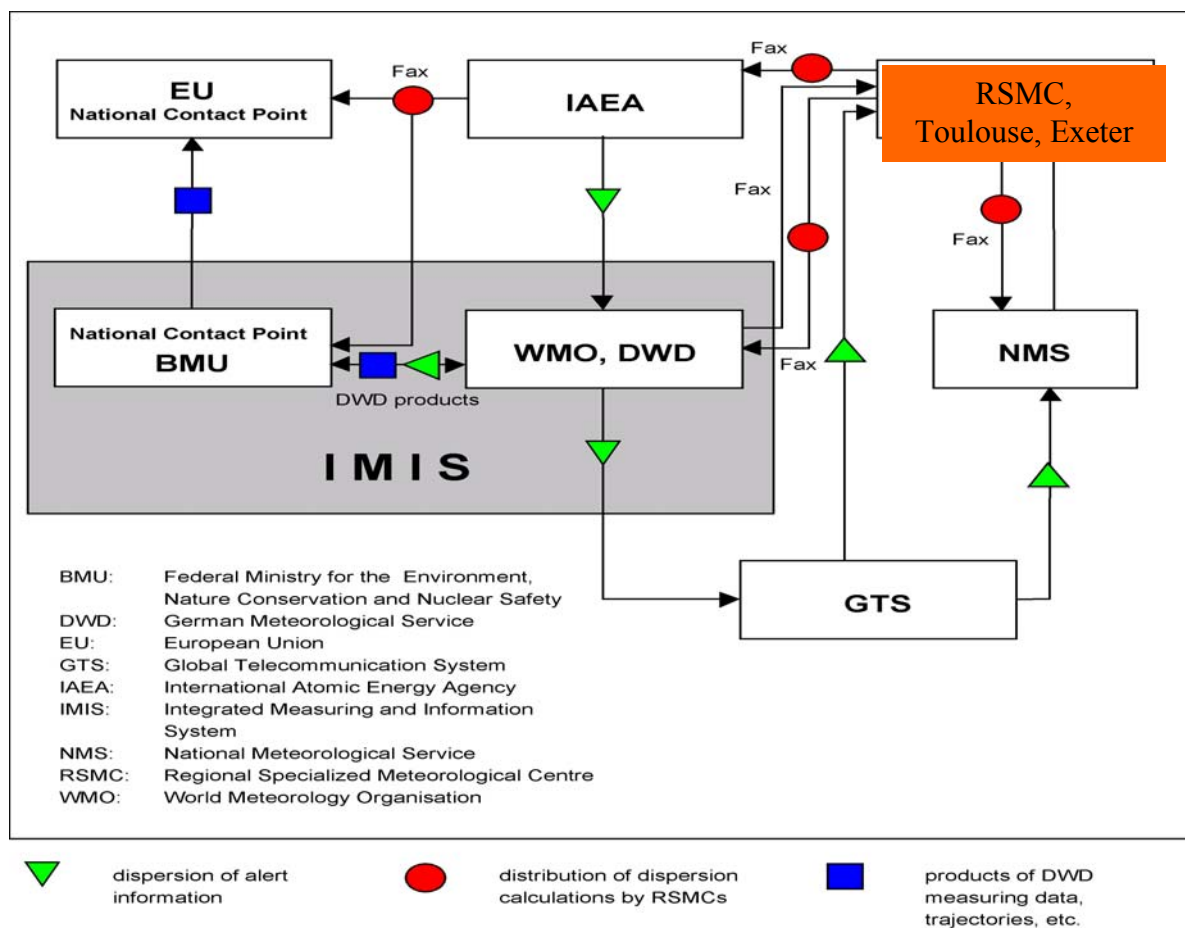


Abb.6: Informations- und Produktverteilung zwischen IAEA und nationalen wie internationalen Institutionen

Im Extremfall der Koinzidenz all dieser Anforderungen in der Frühphase einer Katastrophe sind diese Arbeiten vom Meteorologen der VBZ alleine zu bewerkstelligen. Zudem bleibt die Alarmierung des zuständigen Fachreferats, damit auch weitere messtechnische Arbeiten organisiert werden können. Dazu zählt auch die Einberufung eines Lage- und Informationszentrums, das im Fortgang einer Katastrophensituation die weiteren Arbeiten innerhalb des DWD koordiniert und in meteorologischen. und radiologischen Fragen Ansprechpartner ist.

4 Übungen und Validierungsexperimente

Frühe Entscheidungen stützen sich auf die Prognosen und damit entscheidend auf meteorologischen Sachverstand. Da die Wetterbedingungen sehr komplex sein können und

auch die Modelle im kleinräumigen Bereich einer Vielzahl von Einflüssen unterworfen sind, ist die Interpretation in orographisch stark gegliedertem Gelände schwierig.

Vierteljährliche Übungen stellen im DWD sicher, dass die Abläufe im Fall eines Alarms reibungsfrei laufen und die Produkte schnell bereitgestellt werden. Auch zwischen IAEA und DWD wurden regelmäßige monatliche Kommunikationsübungen realisiert, alle Vierteljahr unter Beteiligung von RSMCs

Bei der Erstellung von Prognosen war ein erster internationaler Vergleich zwischen Ausbreitungsprognosen untereinander und zwischen Prognose und Messergebnis bereits 1994 mit dem ETEX-Experiment durchgeführt worden [6]. Hier wurden sehr große Unterschiede zwischen den einzelnen Modellen dokumentiert, die mit der Komplexität des Wettergeschehens wuchsen.

In jüngster Zeit wurde ein EU-Projekt ("ENSEMBLE") zur zusammenfassenden Darstellung von Modellergebnissen verschiedener internationaler Dienste vorangetrieben, mit dem Ziel, im Fall eines kerntechnischen Ereignisses schnell eine einheitliche Ensemble-Vorhersagen zu erstellen [7].

Für die Zukunft kann nur sichergestellt sein, dass im Ernstfall Prognosen schnell und sicher zu Verfügung stehen und richtig bewertet werden durch:

- Nutzung der meteorologischen Expertise
- Operationellen Betrieb
- Regelmäßige Übungen unter Beteiligung von Meteorologen und Entscheidungsträgern
- Ständige Schulung der Mitarbeiter.

5 Literatur

- [1] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Integrierten Mess- und Informationssystem nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz (AVV-IMIS), Bundesanzeiger 47, Nummer 200a vom 24. Oktober 1995
- [2] Gesetz über den Deutschen Wetterdienst (DWD-Gesetz) vom 10. September 1998 (BGBl. I, S. 2871) zuletzt geändert durch Artikel 5 des Gesetzes zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes vom 3. Mai 2005 (BGBl. I, S.1224)
- [3] Gesetz zum vorsorgenden Schutz der Bevölkerung gegen Strahlenbelastung (Strahlenschutzvorsorgegesetz, StrVG) vom 19. Dezember 1986, zuletzt geändert durch Art. 43 V vom 25.11.2003
- [4] Rahmenempfehlung für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen, verabschiedet in der Innenministerkonferenz am 11.6.1999 und im Länderausschuss für Atomkernenergie - Hauptausschuss – am 6.4.1999; GMBI 1999, S.538
- [5] Fay, B., H. Glaab, I. Jacobsen and A. Klein. Air pollution forecasts of the German Weather Service for IMIS. Kerntechnik 69, no. 5-6, pp 209-213 (2004)
- [6] Mosaca S. Bianconi R., Bellasio R, Graziani G., Klug W., ATMES II - "Evaluation of Long-Range Dispersion Models using Data of the 1st ETEX release", CEC report, EUR 17756 EN (1998)
- [7] Galmarini S. et al., "Ensemble Dispersion Forecasting - Part I: Concept Approach and Indicators. Part II: Application and Evaluation", Atmospheric Environment 38, 4607-4632 (2004)

IMPROVEMENT, EXTENSION AND INTEGRATION OF OPERATIONAL DECISION SUPPORT SYSTEMS FOR NUCLEAR EMERGENCY MANAGEMENT (DSSNET)

VERBESSERUNG, ERWEITERUNG UND INTEGRATION OPERATIONELLER ENTSCHEIDUNGS-HILFESYSTEME FÜR DAS NUKLEARE NOTFALLSCHUTZMANAGEMENT (DSSNET)

W. Raskob

Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Institut für Kern- und Energietechnik
Karlsruhe

Zusammenfassung

Das im Oktober 2000 begonnene DSSNET (Verbesserung, Erweiterung und Integration operationeller Entscheidungshilfesysteme für das nukleare Notfallschutzmanagement) hatte zum Ziel, ein effektives und anerkanntes Forum zu etablieren, das zur besseren Kommunikation und zum besseren Verständnis zwischen den Institutionen beiträgt, die einerseits für das operationelle Notfallschutzmanagement zuständig sind, und die andererseits Methoden und Werkzeuge für den Notfallschutz - insbesondere Entscheidungshilfesysteme – entwickeln. Hierdurch sollten begründete und konsistente Beurteilungen zu praktischen Verbesserungen des Notfallschutzes in Europa möglich werden. 37 Institutionen aus 21 Ländern in Ost- und Westeuropa mit etwa der Hälfte verantwortlich für das operationelle Notfallschutzmanagement bildeten das Netzwerk.

Um die Kommunikation und die Interaktion zwischen den operationellen und F&E Institutionen zu stimulieren, wurden fünf problemorientierte Notfallschutzübungen durchgeführt, die die insgesamt verschiedenen Zeitphasen nach einem kerntechnischen Unfall abdeckten und deren Szenarien sich vom Nahbereich bis zu großen Entfernungen mit grenzüberschreitendem Transport von Radionukliden erstreckten.

Der Beitrag beschreibt im wesentlichen die fünf Notfallschutzübungen sowie die daraus resultierenden Schlussfolgerungen.

Summary

The DSSNET network was established in October 2000 with the overall objective to create an effective and accepted framework for better communication and understanding between the community of institutions involved in operational off-site emergency management and the many and diverse Research and Technological Development (RTD) institutes further developing methods and tools in this area, in particular decision support systems (DSS), for making well informed and consistent judgements with respect to practical improvements of emergency response in Europe. 37 institutions from 21 countries of East and West Europe have been members of the network with about half of them responsible for operational emergency management.

To stimulate the communication and feedback between the operational and the RTD community, problem-oriented emergency exercises were performed, which covered the various time phases of an accident and which extended from the near range to farther distances with frontier crossing transport of radionuclides.

This paper concentrates on the five emergency exercises conducted in the frame of the project.

1 Objectives

The overall objective of the DSSNET network, established in October 2000, can be summarised as to create an effective and accepted framework for better communication and understanding between the community of institutions involved in operational off-site emergency management and research institutions further developing methods and tools in this area. 37 institutions from 21 countries of East and West Europe were members of the network with about half of them responsible for operational emergency management. The objectives of the network were numerous and the more important ones included:

- to ensure that future RTD is more responsive to user needs,
- to inform the user community of new developments and their potential for improving emergency response
- to improve operational decision support systems from feedback of operational experience
- to identify how information and data exchange between countries can be improved,
- to promote greater coherence among operational decision support systems and to encourage shared development of new and improved decision support systems features, and
- to improve the practicability of operational decision support systems such as RODOS (Read-time On-line Decisions Support) decision support system) [1], ARGOS [2] and RECASS (RadioEcological Analysis Support System) [3].

To stimulate the communication and feedback between the operational and the RTD community, problem-oriented emergency exercises were performed, which covered the various time phases of an accident and which extended from the near range to farther distances with frontier crossing transport of radionuclides.

2 Exercises

Main purpose of the first emergency exercise was to test the on-line operation of these decision support systems during a simulated real-time emergency exercise covering the near range and the early phase of a nuclear accident. The accident scenario was designed in such a way, that all functions of the decision support systems, in particular the RODOS system, relevant in the pre-release and release phases and short after the passage of the plume have to be activated. The main task of the participants was to operate their decision support system in its various modes (automatic and/or interactive) according to the accident information given at the day of the exercise and to produce all information relevant for the national emergency

management (radiological advisers). The intention was *not* to exercise data exchange between countries nor to extensively inter-compare results obtained in the different countries.

The exercise was held on 24 April 2001 between 6:30 UTC and 14:30 UTC using the DSSNET Homepage as tool to disseminate scenario information. The sequence of events describing the accident situation, in particular prognosticated and/or assumed release data, was provided password protected in EMERCON forms on the DSSNET Homepage. As a consequence of the evaluation and as most of the participants expressed their interest to repeat this kind of exercise, FZK agreed to perform the type of the first emergency exercise once again at the beginning of 2002. The repetition was held on 27 February 2002 between 7:20 UTC and 13:30 UTC using again the DSSNET Homepage as information tool.

After the start of the MODEM project (“Monitoring data and information exchange among decision support systems”, FIS5-2001-00144), input to its work programme is needed on the data and information to be exchanged between neighbouring countries in case of a cross-border transport of radioactive material [4]. Main objective of the second emergency exercise performed on 28 May 2002 between 7.00 UTC and 13.45 UTC was therefore to use a radioactive release scenario causing cross-border problems for obtaining feedback on existing and improved data exchange procedures between neighbouring countries. Information about the exercise was provided through different channels and on different levels:

- Any information about the accident, the release and the local weather situation was provided by FZK via the DSSNET Homepage as in the first two DSSNET exercises using the EMERCON forms (“official channel”).
- In parallel, information about the local accident situation was accessible through a “direct channel”: The weather information was provided by FZK in the form of files with time series of atmospheric parameters for performing interactive dispersion calculations. The weather was identical for all participants. In addition, during the accident progression, the source term was made available by FZK at certain points in time for downloading by each participant via ftp.
- The RODOS software has been extended by tools for storing the files. In that way, each NEIGHBOURLAND player could perform own calculations based on the source term and meteorological data coming directly from ACCILAND (FZK). The availability of the files was announced by E-mail.
- In addition to the direct exchange of input files, FZK acting as ACCILAND made available the results of RODOS runs at certain points in time in the form of the Web-sites for users of Category C.

The evaluation of the exercise helped to gain more insight in the needs of improved data exchange procedures.

The 3rd DSSNET emergency exercise was held on 27 May 2003 dealing with the longer distance transport of radioactive material, going beyond the distance range of up to about 200 km as in the first two exercises. It was agreed, that the exercise will be organised in the form of a simulated real-time exercise with historic meteorological data (forecasts and site measurements) used at the day of the exercise. In this way, a meteorological situation could be selected which requests emergency response by many countries involved. The site of Mohovce was selected in the Slovak Republic; the assumed plant accident, its progression and

the source term information was elaborated in close collaboration with Slovakian organisations.

The 4th DSSNET emergency exercise concentrated on the operational applicability and the usefulness of decision support systems and their products in the intermediate and later phases of an accident, with special emphasis on the data and information exchange between the country, where the accident was assumed to happen (“Acciland”) and one neighbour country (“Neighbourland”). It should also be evaluated with respect to measure the difference between using decision support systems in the decision making process and without them, and in comparison to national support tools, if there are any in operational use. It was organised as a two days emergency exercise with senior radiological/technical advisers to decision makers involved. The teams of the operational emergency management centres provide them with data and information from their decision support systems as input to taking decisions on emergency actions and countermeasures. In that way, the performance and the technical support capabilities of the decision support systems was tested and any deficiencies or missing functions identified. The exercise took place in each of the twelve participating countries on 30/31 August 2004. It was to a large degree organised by the national technical emergency management teams operating advanced decision support systems and national support tools.

3 Results and conclusions

All five exercises were well received by the participating members. They provided valuable insight and lessons for operators and users of decision support systems, in particular the need for much more intensive training and exercising with decision support systems and their interaction with emergency management. The feedback received on operational aspects of decision support systems were largely translated into operational improvements; in particular, the source term input of RODOS was totally revised, an activity which was not initially planned under any other contract. Furthermore, the data exchange capabilities of RODOS were significantly improved by providing tools for directly exchanging between decision support systems source term and meteorological files.

The main achievements can be summarised as follows:

- All five exercises performed excellent and were considered as very useful by almost all participants. In particular, the 4th DSSNET exercise on intermediate / later phase issues and bi-lateral information exchange was considered necessary and helpful.
- The participating countries / institutions were very engaged in preparing, performing and evaluating the exercises (important: own exercise preparation with decision support systems during the 4th DSSNET exercise).
- The participating decision support systems (RODOS, ARGOS, RECASS) performed well during the exercises, particularly in comparison to national tools. The results of decision support systems were considered highly relevant in decision-making, what led to an increase of the acceptance of the decision support systems. In that way, the DSSNET activities helped strengthen the national emergency management arrangements.

- The Web-based B- and C- user interfaces of the RODOS system and their access within and from outside a country were successfully applied and highly appreciated by the users. The spectrum of results needs some extensions.
- The operational experience with the decision support systems increased significantly over the four years of the DSSNET. In almost all cases, the interaction between the decision support systems and the national weather services works well, however it is still not operational in a number of cases.
- A number of deficiencies, bugs and RTD needs were identified in the decision support systems. As a consequence, RTD activities were started and led to improvements, such as a new RODOS source term user interface, the initiation of a LINUX version of RODOS, and extensions to the MATCH code. Concerning RODOS, user interfaces and graphical presentations still need improvements.
- The data assimilation techniques introduced in RODOS PV6.0 are considered as highly important and the efforts should concentrate on their operational applicability. A number of members consider the operational applicability of the hydrological modules of RODOS as very important as well.
- Simulated monitoring data are extremely important in emergency exercises. Therefore, more user-friendly extraction tools are necessary. Operational data assimilation tools were considered as extremely important.
- The direct projection in the emergency management rooms of results from decision support systems was preferred by nearly all teams (but not always realised). Corresponding support tools should be developed.
- During the exercises, the direct exchange of information between neighbouring countries was increasingly used, what can be considered as a big step forward to a timely and consistent emergency response in Europe. In particular, the MODEM Server and the XML based data exchange were tested successfully and were broadly used, however together with all other kinds of tools: e-mail, phone, fax, ftp, EMERCON forms. There is an expressed need for bilateral and/or regional agreements, which of the now functioning tools to use and what to exchange between neighbouring countries.
- The DSSNET members consider it as vital for guaranteeing a well prepared emergency management team to perform repeatedly emergency exercises, such as those under the DSSNET. The idea of “integrated exercises” was discussed, in which series of sub-exercises referring to the same accident scenario but dealing with different time phases (pre-release, release, intermediate, different points in time at later stages) are held at different times. This would make it easier to bring the people together who are responsible in the different time phases.

Through the involvement of the three decision support systems RODOS, ARGOS and RECAST and their common participation at the emergency exercises, the process of providing common functions and tools of the systems has been started. Meanwhile, the ARGOS system integrates software modules of RODOS, and this process will continue. RECAST has developed interfaces for interpreting the source term and meteorological files provided by RODOS. Missing or incomplete input functions recognised in the three systems during the exercises were improved.

An important achievement of the DSSNET not mentioned in the initial objectives of the network was identified as a consequence of the common emergency exercises: the awareness of the operational teams that much more intensive training and exercising is required not only to make sensible use of the decision support systems, but in general to be better prepared for the case of a real accident situation either within or outside the country. The experience from the five exercises clearly shows that the practice of the emergency teams improved within the contract duration of the DSSNET.

Finally another important side effect of the DSSNET should not be forgotten: the maintenance and extension of a European wide network of institutions involved in the development and operation of decision support systems and in emergency management and response in general. Considerable knowledge and experience was exchanged through the network among the partners on a bi- or multi-lateral basis what accelerated the adaptation process between East and West European countries, in particular the new members states, at least in the area of emergency management and response.

4 References

- [1] Ehrhardt, J. and Weis, A. (eds), RODOS: Decision Support System for Off-site Nuclear Emergency Management in Europe. European Commission, Brussels, Report EUR 19144, 2000
- [2] Hoe, S., Müller, H., Gering, F., Thykier-Nielsen, S and Havskov Sorensen, J., Argos 2001 A decision support system for nuclear emergencies. In: American Nuclear Society Transactions. Winter Meeting Vol. 87, pp. 574-579, 2002
- [3] Shershakov, V.M. Borodin, R.V. and Kosykh, V.S., Radioecological Analysis Support System (RECASS) Radiation Protection Dosimetry, Vol. 50, pp. 181-184, 1993
- [4] Monitoring data and information exchange among decision support systems (MODEM), Final Report MODEM (MN)-RE(05)-01. Editor - Carlos Rojas Palma. (See also http://cordis.europa.eu/fp5-euratom/src/lib_finalreports.htm#radiology)

EUROPEAN APPROACH TO NUCLEAR AND RADIOLOGICAL EMERGENCY MANAGEMENT AND REHABILITATION STRATEGIES (EURANOS)

W. Raskob

Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Institut für Kern- und Energietechnik
Karlsruhe

Zusammenfassung

Ziel des fünfjährigen EURANOS Projekts, das im derzeitigen Rahmenprogramm der Europäischen Kommission gefördert wird, ist die Vereinheitlichung und Steigerung der Leistungsfähigkeit des anlagenexternen Notfallschutzes bei nuklearen oder radiologischen Notfällen in Europa. Hierbei werden alle Phasen, von der Vorfreisetzungsphase bis hin zum nachhaltigen Wiederaufbau kontaminierter Gebiete berücksichtigt. Insgesamt bilden dabei 17 nationale Notfallschutzzentren und 33 Forschungsinstitutionen eine Plattform, die in dieser Form bisher nicht erreicht worden ist. Sie ermöglicht die Initiierung und die Verbreitung von praxisorientierten Verbesserungen von Methoden, Prozeduren, Richtlinien und rechnergestützten Systemen zur Entscheidungsunterstützung, hier insbesondere des Entscheidungshilfesystems RODOS (Real-time On-line DecisiOn Support).

Die Arbeiten beinhalten die Entwicklung von Handbüchern zur Entscheidungsunterstützung im landwirtschaftlichen und urbanen Bereich, die Weiterentwicklung von Entscheidungshilfesystemen sowie die Entwicklung von Richtlinien und Methoden für den nachhaltigen Wiederaufbau stark kontaminierter Gebiete. Wichtig ist hierbei die entwickelten Produkte und Methoden unter operationellen Bedingungen in sogenannten Demonstrationsprojekten zu testen.

Summary

The 5-year multi-national project EURANOS, funded by the European Commission and 23 European Member States, started in April 2004. Integrating 17 national emergency management organisations with 33 research institutes, it brings together best practice, knowledge and technology to enhance the preparedness for Europe's response to any radiation emergency and long-term contamination. Key objectives of the project are to collate information on the likely effectiveness and consequences of a wide range of countermeasures, to provide guidance to emergency management organisations and decision makers on the establishment of an appropriate response strategy and to further enhance advanced decision support systems, in particular, RODOS (Real-time On-line DecisiOn Support), through feedback from their operational use.

The research activities focused on emergency actions and countermeasures, the enhancement of decision support systems for operational application and the development of strategies for the sustainable rehabilitation of contaminated territories. The demonstration activities exercise the developed methods and tools in the actual operational environment.

1 Introduction

Despite the fact that considerable achievements have been made in the past in developing new methods and information technology (IT) tools under the EC's 4th and 5th Framework Programme, many of these developments are still not fully operational or disseminated all over Europe. As a consequence, the EURANOS (European Approach to Nuclear and Radiological Emergency Management and Rehabilitation Strategies) project aims to increase the coherence and effectiveness of nuclear and radiological emergency management in Europe including the rehabilitation of contaminated areas through the establishment of an effective working platform of emergency management institutions, Research and Technological Development (RTD) institutes, end-users and other stakeholders for initiating application oriented improvements of methods, procedures, guidelines and IT tools, such as the RODOS (Read-time On-line Decisions Support) decision support system [1]. The project started in April 2004 and will last for five years.

2 Objectives

The overall goal of the project is the enhancement of the technical, methodological and strategic approaches for national and cross-border emergency management and rehabilitation in Europe. In particular, the EURANOS project will help improve the information and knowledge base as well as the socio-psychological and political situation after an accident. These objectives can only be realised when those responsible for nuclear or radiological emergency management and rehabilitation strategies within their countries and the Research Institutes developing methods, IT tools and strategies for a more coherent and efficient emergency response work closely together. In this sense, the EURANOS project, integrating 17 national emergency management organisations with 33 research institutes, brings together best practice, knowledge and technology (see Fig. 1). Countries not involved from the beginning can join the project at any time and the dissemination activities aim to attract more and more organisations/countries to participate in the project.

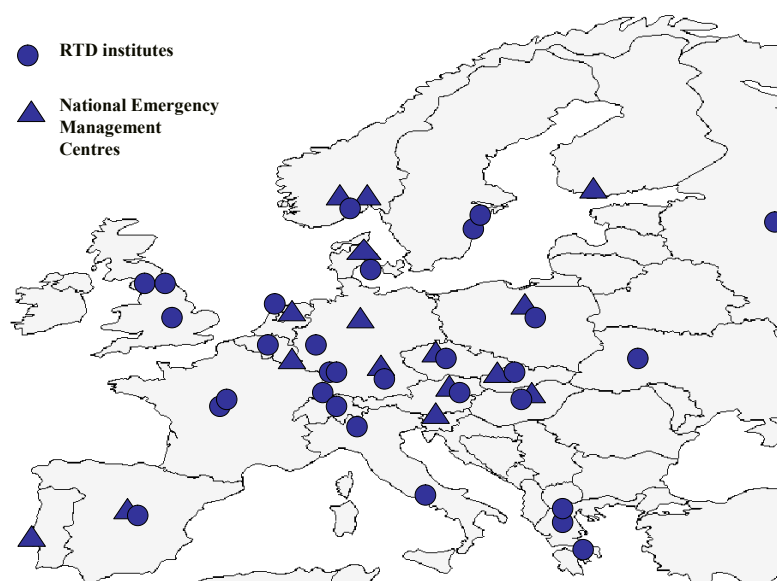


Fig. 1: European coverage of the EURANOS project

3 Structure of the Project

The working programme organises in a structured way the interaction between the operational emergency management organisations and the RTD institutes. The continuous performance of demonstration projects creates feedback on the operation and usefulness of new methods, IT tools strategies and guidance (see Fig. 2).

Demonstration activities are the core element of the project. Demonstration activities started at the beginning of the project with those methods and IT tools developed under RTD projects and thematic networks of FP5, which either ended before the start of EURANOS or which are overlapping with its first phase's work programme.

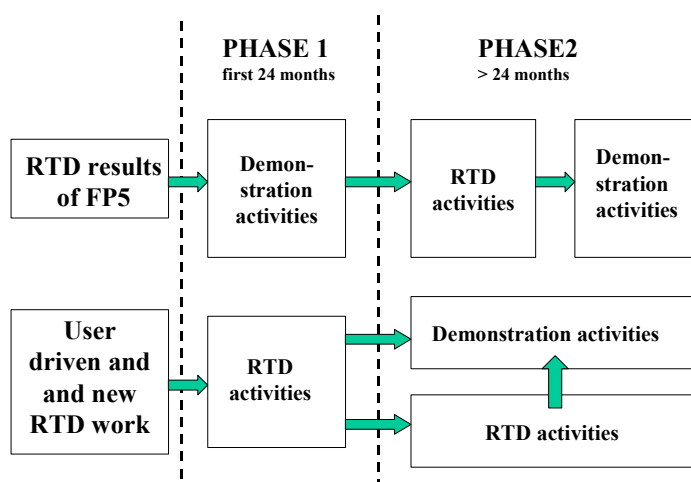


Fig. 2: Structure of the interaction between RTD and demonstration activities within Phases 1 and 2 of EURANOS

As a result of the demonstration activities within this 24 months lasting Phase 1, it is expected, that either the operational applicability of the tested products will be proven or new RTD work will be defined, which will then be integrated in the RTD work programme for the last three years. The results will then be investigated in repeated or additional demonstration activities during Phase 2.

In parallel to the demonstrations, RTD work has started in Phase 1 of EURANOS. The results of these RTD activities will be subject to demonstrations within Phase 2. The interaction with, and feedback from, the demonstration activities on RTD activities is organised through the Management Committee and particularly through the Demonstration Project Manager.

It is one of the main objectives of the RTD and demonstration activities within the Integrated Project to strongly support the broader acceptance, dissemination, harmonisation and interconnection of decision support systems with particular emphasis on the RODOS system. This will be achieved – on the one side – by continuously enhancing their functions based on the experience of the users gained with their practical applications, and – on the other side –

by promoting their wider use in Europe through the active and engaged commitment of partners from many countries.

Countermeasure compendia will be produced which contain all the available information on management options in agricultural, semi-natural, and inhabited areas, and for all phases of emergency management. Based on the compendia and stakeholder involvement in selected Member States, handbooks for the management of contaminated food production systems and inhabited areas will be developed for the use in Europe. Guidance will be provided for customisation of these handbooks in different regions of Europe. A third handbook to be developed concentrates on facilitating the practical management and optimisation of radiation measurements in an emergency.

Finally, a framework for both emergency and rehabilitation preparedness and management will be developed favouring the engagement of key end-users and stakeholders i.e. RODOS and non-RODOS based emergency centres, authorities (national, regional and local), expert bodies, administrations (national, regional and local), professional bodies, and NGOs (Non Governmental Organisations). This framework can assist national authorities in preparing arrangements for the emergency preparedness as well as for the long-term management and rehabilitation of extensive areas that may be contaminated as a result of an accident or malevolent act involving radioactive material.

The promotion and the dissemination of the project achievements will be supported by training courses for the end-users of methods, procedures, guidelines strategies, and – in particular – for operators of systems and tools of the IT based methodology. International exercises such as INEX (International Nuclear Emergency Exercises) and CONVEX (Convention Exercises) programmes will be used to further disseminate the EURANOS products which will be applied within these exercise frameworks.

4 Research projects

The EURANOS RTD activities have been subdivided into the following concurrent and closely co-ordinated categories:

- CAT1: All activities related to emergency actions and countermeasures;
- CAT2: All activities related to the further enhancement of decision support systems for operational application;
- CAT3: All activities related to rehabilitation strategies and guidance.

Research activities being conducted under CAT1 are aimed at the production of a more comprehensive series of countermeasure compendia as well as guidance in the form of handbooks to support decision makers in the selection of emergency actions and countermeasures and in the optimisation of monitoring strategies. The compendia and handbooks will be applicable to the management of contaminated food production systems and inhabited areas.

Work under CAT 2 aims at the practical application of “state of the art” decision support systems and tools, in particular the RODOS system, in operational emergency centres and its further methodological and technological improvement on the basis of the results achieved

under the work packages of CAT1 and CAT3 and the responses obtained from the end-users for ensuring its wider acceptance and dissemination in Europe. The RTD activities can be subdivided into three major topics:

1. Estimation and management of the radiological situation and countermeasures in agricultural areas
2. Estimation and management of the radiological situation and countermeasures in inhabited areas
3. Enhancement of decision support systems

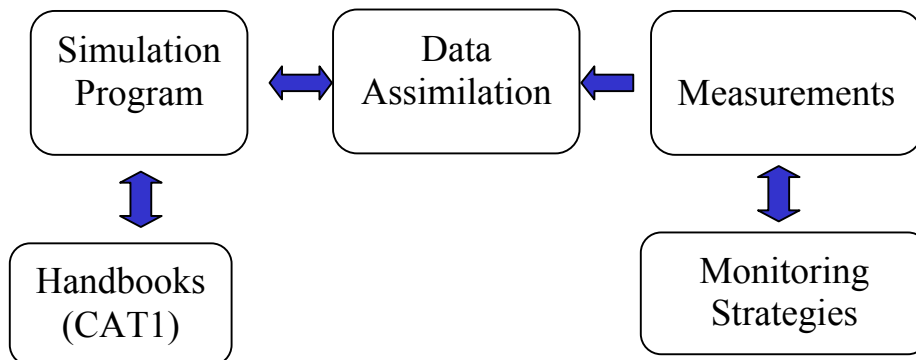


Figure 4: Holistic approach for the modelling of countermeasures in the later phase

The RTD work under the first two major topics concentrates on completing a consistent methodology for calculating the best estimate possible of current radiological situation in both contaminated agricultural and contaminated inhabited areas. This methodology includes modelling, data assimilation and monitoring strategies, with input on countermeasures from the compendia and handbooks developed under CAT1 (see Figure 4). The models and databases of these first two major activities will be integrated in the two decision support systems ARGOS [2] and RODOS. This will enhance the capabilities of the two systems aiming to support the decisions making team. This task is generally performed in three steps, with the first one analysing and predicting the current and future radiological situation (i.e., the distribution of activity over space and time and associated dose distributions) based upon monitoring data, meteorological data and models, including information on the radioactive material released to the environment. In a second step, they simulate potential countermeasures (e.g., sheltering, evacuation, issue of iodine tablets, relocation, decontamination and food-bans, restoration) for inhabited areas and food production systems. Finally, they evaluate and rank alternative countermeasure strategies by balancing their respective benefits and disadvantages (i.e. costs, residual dose, reduction of stress and anxiety, socio-psychological aspects, political acceptability, etc.) taking account of the judgements and preferences of decision makers.

A number of individual work packages comprised under the third major activity will help make the RODOS system more user friendly, practical and functional with respect to a wider range of applications. All these RTD results will be implemented in a new version of the RODOS system to be released and also demonstrated before the end of the EURANOS project.

RTD work under CAT3 aims at the development of a framework, including guidance on its application, that can inform or assist national authorities in establishing arrangements for the preparedness as well as the long term management and the sustainable rehabilitation of extensive areas that may be contaminated as a result of an accident or malevolent act involving radioactive material. Further objectives are to demonstrate the efficacy of the proposed framework, to disseminate it widely within the Union and to promote its use by those who would be responsible for the long term management and rehabilitation of potentially contaminated areas.

5 Main achievements

Within the first phase of the EURANOS project, compendia, developed within the Fifth Framework projects STRATEGY (Sustainable Restoration and long-term Management of Contaminated Rural, Urban and Industrial Ecosystems) and FARMING (Food and Agriculture Restoration Management Involving Networked Groups) (see [3] and [4]), were further developed by adding countermeasures applicable to the early post accident phase. Existing datasheets are extended to consider radionuclides of importance during the early phase (e.g. ^{131}I). Furthermore, radionuclides relevant to nuclear emergencies other than those potentially occurring at nuclear power plants (e.g. terrorist use of dirty bombs) have been identified and countermeasure datasheets adapted.

Work on the handbooks for management of food production systems and inhabited areas has started and stakeholder panels from around Europe have convened to agree on the scope, format and content of these handbooks. A first draft of the handbook for management of food production systems is available whereas the handbook for managing inhabited areas is still in the preparation phase. Both will be available for demonstration projects in the phase 2 of the EURANOS project.

The governance framework for the sustainable rehabilitation of long term contaminated territories has been tested in a pilot study implemented in the French context where authorities and experts are questioning and reconsidering their strategies and operational tools for post-accidental management. The objective of the Pilot Study is to take advantage of this situation to initiate and accompany a process of change involving local and national concerned parties with the objective to give the ability to potentially affected French territories to contribute actively to the development of strategies and guidance for the sustainable rehabilitation of living conditions in case of long term radioactive contamination.

The migration of RODOS to the operating system LINUX is completed for the system software and the core simulation modules. A mass consistent wind field model was implemented and a particle model is under development to be implemented in a RODOS version to be released by mid 2006. A prototype version of RODOS on LINUX is distributed to selected users for testing of its performance.

An explicit goal of the EURANOS project is the improvement of RODOS to an extent that it could be used by national emergency management organisations in a fully operational emergency mode, as up to now some features of the system require still too much interaction with the system administrator and the response time of the system providing first results is improvable. Furthermore, the general handling of the system has to be tailored to the

decreasing resources of national emergency management centres for personal operating IT-tools. To achieve this goal, the RODOS Users Group (RUG) has been established as a discussion and interaction forum for co-ordinating and managing activities related to the demonstration and enhancement of the RODOS system and for providing essential feedback to the developers.

The demonstrations carried out within phase 1 together with the interaction of the RUG has led to significant modifications of the work programme of the second year of the EURANOS project. In particular the user interaction with the RODOS system was criticised in the light that manpower and resources in emergency management organisation is reduced from year to year and therefore the operation of the decision support system has to be assured also with a very limited amount of trained operators and experts. In particular in the first phase of the emergency, an easy and fast access to results is essential to have enough time initiating emergency actions such as evacuation, sheltering and distribution of iodine tablets. Taking these aspects into account a newly structured user interface was developed using state of the art IT technologies with its implementation in JAVA (object oriented programming language). This new interface facilitates direct error management of the user's input and guides him through a series of easy to understand input frames. In addition, the graphical representation of results was improved.

A Web Site (<http://www.eu-neris.net>) was developed being a European portal to information and knowledge relevant for radiological and nuclear off-site emergency management and rehabilitation.

6 Conclusions

Work carried out so far has demonstrated the successful implementation of the EURANOS project with the demonstration projects as focal point for application oriented RTD activities. The demonstrations and the intensive interaction with the end-users organised in the RUG has led to significant modifications of the working programme from the beginning of the project. They initiated in particular the complete re-design of the RODOS system focusing on modern IT-technology and enhancing the system to be used as an information platform for tools related to emergency management and rehabilitation.

The review of the project at the end of phase one has identified topics, which require further modification of the work programme. This re-orientation of the work programme in Phase 2 would result in a coherent system of inter-related components comprising:

- A set of European handbooks developed in co-operation with key end-users and stakeholders integrating the existing knowledge and know-how on all the instruments (methods, tools, procedures and guidelines) necessary for emergency and rehabilitation preparedness and management. These handbooks would cover food production systems and inhabited areas.
- A robust and effective RODOS DSS for emergency and rehabilitation management structured in a way that it addresses the needs of the end-user with different interests and capabilities.

- An inclusive governance framework for both emergency and rehabilitation preparedness and management favouring the engagement of key end-users and stakeholders i.e. RODOS and non RODOS based emergency centres, authorities (national, regional and local), expert bodies, administrations (national, regional and local), professional bodies, NGOs.
- A demonstration programme and an international mechanism to regularly test the tools and governance processes developed within the RTD activities.
- A coherent and effective training and information infrastructure to ensure the transmission of the know-how to experts, professionals and authorities, and the diffusion of the relevant radiological protection culture within all segments of the society.

References

- [1] Ehrhardt, J. and Weis, A. (eds), RODOS: Decision Support System for Off-site Nuclear Emergency Management in Europe. European Commission, Brussels, Report EUR 19144, 2000
- [2] Hoe, S., Müller, H., Gering, F., Thykier-Nielsen, S and Havskov Sorensen, J., Argos 2001 A decision support system for nuclear emergencies. In: American Nuclear Society Transactions. Winter Meeting Vol. 87, 2002, pp. 574-579
- [3] Howard, B.J., Andersson, K.G., Beresford, N.A., Crout, N.M.J., Gil, J.M., Hunt, J., Liland, A., Nisbet, A., Oughton, D.H., Voigt, G., Sustainable restoration and long-term management of contaminated rural, urban and industrial ecosystems. Radioprotection -colloques 37 (C1), 2002, pp 1067–1072
- [4] Nisbet, A.F. and Mercer J.A., Overview of the wisdom stakeholder workshop on restoration management, *Radiation Protection Dosimetry*, Vol. 109, 2004, pp 101-104

BILATERAL INFORMATION AND DATA EXCHANGE IN CASE OF NUCLEAR EMERGENCIES IN THE GERMAN-DUTCH BORDER REGION

C.J.W. Twenhöfel¹, H.Ch. Salfeld², K. Hable³, H.A.J.M. Reinen¹

1 RIVM, National Institute for Public Health and the Environment, Bilthoven (NL)

2 NLWKN, Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Hannover

3 BfS, Bundesamt für Strahlenschutz, Salzgitter

Abstract

Communication and exchange of accident information and monitoring data during nuclear emergencies is of crucial importance for a coherent crisis management. Especially in the cross border region of Germany and The Netherlands the need for a reliable information and data exchange was recognized and established into a Memorandum of Understanding between our countries. A (sub) working group of the Niederländisch-Deutsche Kommission für grenznahe kerntechnische Einrichtungen (NDKK) was formed by NLWKN, BfS and RIVM. The working group reviewed the technical requirements and operational aspects of a coherent data and information exchange between national and federal emergency centers and the state authorities. The data exchange comprises various messages, documents, measurement data and prognostic results from model calculations from the technical decision support centers of NLWKN, BfS and RIVM. Integrated accident information is available on the emergency management websites ELAN (D) and CalWeb (NL). Via regular data exchange programs and exercises special attention is given to ensure long term sustainability of the technical infrastructure and operational data exchange procedures.

1 Introduction

According to a Memorandum of Understanding between Germany and the Netherlands, the NDKK has to review the existing communication methods and develop proposals to improve the bilateral communication and data exchange in case of events near the German-Dutch border and more generally for every event involving nuclear facilities. The NDKK has established a working group for reviewing and working out the proposals [1]. Members of the working group are federal and state institutions. Within their scope of duties are emergency management, data collection, communication and expert advice to stakeholders. On the Dutch side the National Institute for Public Health and the Environment (RIVM) takes part, on the German side, the Federal Office for Radiation Protection (Bundesamt für Strahlenschutz, BfS) and the Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) are involved.

After a nuclear accident at a near border installation, both Germany and the Netherlands will take protective actions. At present, the proportion and timing of countermeasures might differ in both countries due to differences in intervention levels and their implementation. In the early phase these protective actions will be based on accident (plant) information and (short range dispersion) model calculations. In an earlier study large differences were found in the

definition of intervention levels, the implementation of interventions in the dispersion and dose models as well as differences in the interpretation of model parameters [2]. These differences should be well understood by the technical support centers on both sides of the border.

2 Objectives

During a nuclear emergency with cross border consequences, a timely exchange of accident information and radiological data between Germany and the Netherlands should enable an assessment of the situation as soon and as fully as possible. It should support a, as far as possible, harmonized response at both sides of the border. Furthermore, decisions taken in both countries should be understood and imitable, not only with respect to emergency response (counter measures) but also regarding the information to the public.

Also important is a mutual understanding of each others data and information, communication protocols, instruments, assessment methods and data processing. Results should be comparable and imitable. Finally, NDKK recognizes that during exercises and regular communication the same means and ways should be used, to ensure these lines are operational during emergencies.

Special attention is given to ensure long term sustainability of the technical infrastructure and operational data exchange procedures. Furthermore international agreements on data exchange and formats are taken into account, see e.g. ref [3].

3 Implementation

3.1 Technical aspects of information exchange

The realised information and data exchange comprises various data types. In general terms the data is differentiated in notifications, messages, documents, measurement data and model results. In the later emergency management phases integrated accident information also becomes available via the Electronic Situation Display ELAN (Elektronische Lagedarstellung für den Notfallschutz) and the emergency management website, CalWeb, of the Back-Office for Radiological Information (BORI) at RIVM. During the design phase of the data exchange a great deal of attention was given to ensure an exchange of data between the involved institutes also under regular conditions. In this way testing technical arrangements can be kept to a minimum, leaving time for testing and exercising operational employment and procedures, while at the same time a comprehensive database of background measurements becomes available and familiarity with exchanged results and protocols is achieved.

In table 1 an overview of the exchanged data items from the technical support centres of NLWKN, BfS and RIVM is presented. This information is exchanged directly between the technical support centres. Notifications and messages are however not included in this table, they follow the international and European routing for emergency information.

Table 1: Technical information exchanged during emergency situations and the systems and models involved. Notifications and messages are not included in this table.

Information	Exchange Partners	System
Model results and parameters. Notably prognostic type, i.e., pre-release and release phase. Calculations underlying counter-measures	NLWKN RIVM	RODOS (D) via BfS RODOS Zentrale NPK-PUFF (NL) WinREM (NL)
Gamma Dose Rates, Local environment NPP Emsland	NLWKN BfS RIVM	NLWKN probes, (KFÜ network)
Gamma Dose Rates, National Network	BfS RIVM	IMIS (D) NMR (NL)
Alpha and Beta, Iodine measurements (ABI)	NLWKN RIVM BfS	IMIS (D) NMR (NL)
Aerosols measurements, (Nuclide specific)	BfS RIVM	IMIS (D) via DWD
Integrated technical accident information reports (documents). Focus on late phase, here after plume passage	NLWKN BfS RIVM	ELAN (D) CalWeb (NL)

3.2 Notifications and messages

Figure 1 presents a simplified schema for notifications and messages between Germany and the Netherlands. Although an exchange of information at the National level was established earlier under the Emergency Conventions of the IAEA and the European Union, the NDKK arrangement has added additional and more direct communications on (1) the National level between BMU (D) and the VROM (NL) and (2) between the local emergency response teams, i.e. Landkreis Emsland, responsible for emergency management and countermeasures related to the nuclear power plant (NPP) Emsland, and the fire department of region Twente. This direct communication line allows a prompt transfer of proposals and decisions on countermeasures and restrictions in the region. For a coherent emergency response on both sides of the border this information exchange is of crucial importance for the decision making process. Besides the formal routing via EMERCON (IAEA) and ECURIE (EU), notifications and messages between BMU and VROM are exchanged via telephone, fax. Communication between Landkreis Emsland and the regional emergency management team in Twente is realised by telephone and/or a liaison officer from Twente, located at the regional emergency center of Landkreis Emsland in Meppen.

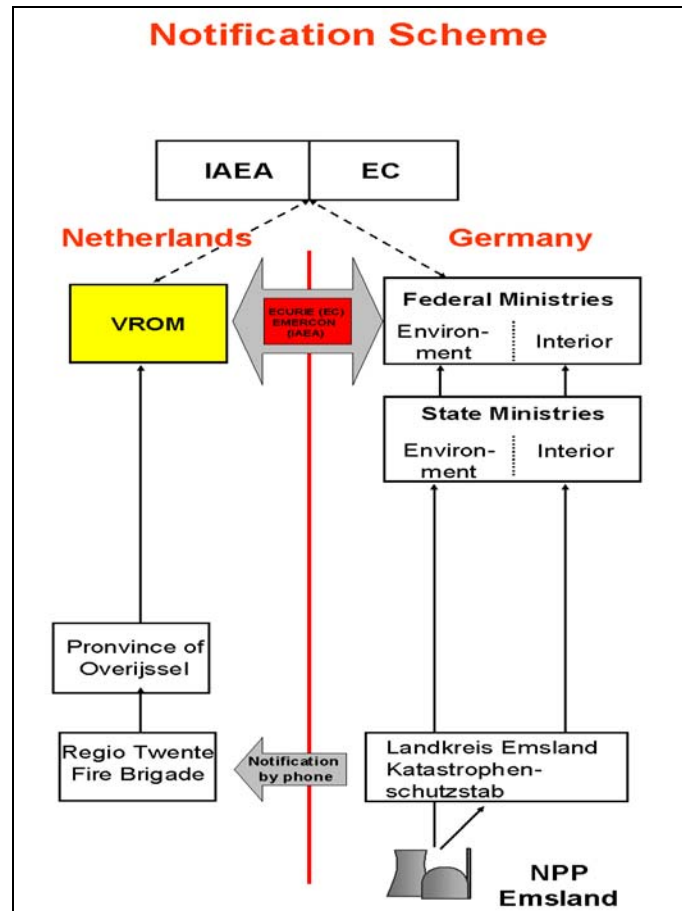


Figure 1: Simplified scheme of notifications and messages between authorities in Germany and the Netherlands. Besides an international and European data exchange arrangement, direct communication lines now exist for the national and the regional emergency response organisations.

3.3 Monitoring data exchange

Key issue in any data exchange arrangement is the availability of measurement data. In NL measurement data is delivered via the National Radioactivity Monitoring Network (NMR) [4]. In the German border region a national (via IMIS) and local radiological monitoring network around NPP Emsland (KFÜ) exists. Data from these networks are exchanged directly between BfS, the Messzentrale NLWKN and BORI at RIVM as shown in figure 2.

Properties of the exchange of monitoring data are (1) timely, i.e. undelayed access to monitoring data around nuclear facilities, (2) guaranteed availability, enforced by back-up facilities independent of the Internet connections. Technical details are shown in figure 3. The transmission scheme represents the data exchange under emergency conditions. As can be seen from the figure the BfS has a central role in the data exchange information flow. This is a logical choice since BfS is already technical equipped with the necessary servers for operation of the EURDEP and IMIS network.

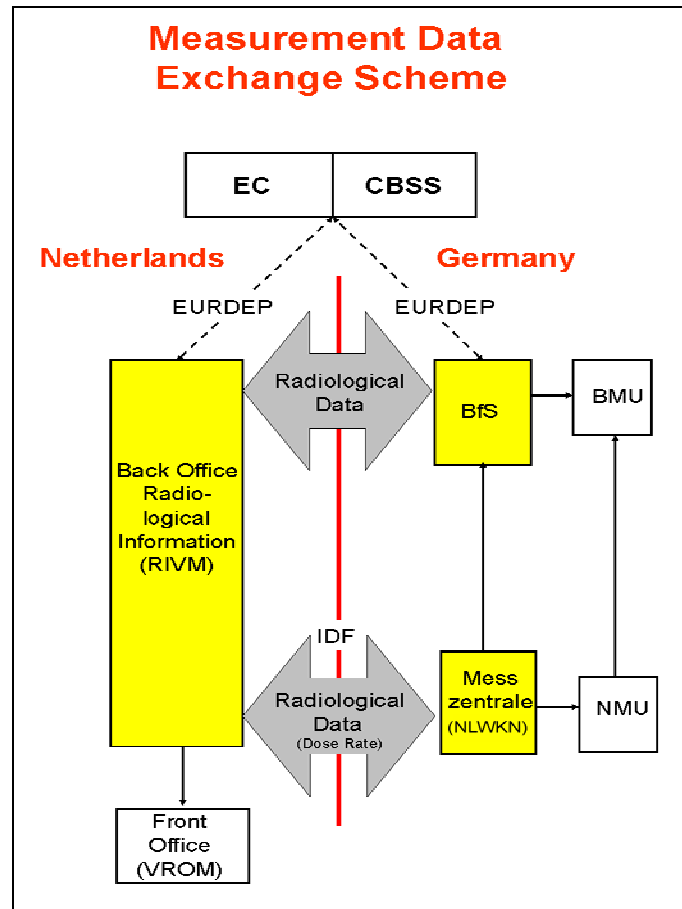


Figure 2: Principal schema of technical information and data exchange between the Messzentrale at NLWKN and the national measuring networks, IMIS and NMR, operated at BfS (D) and RIVM (NL)

Under emergency conditions the local gamma dose rate measuring stations around NPP Emsland are distributed to BfS every 10 minutes and added to IMIS data network server. From there the data is available on the IMIS server (pull) for RIVM. Data from the national IMIS network is available for RIVM every 2h. Measurement data from RIVM is transferred in EURDEP format to the EURDEP mirror server at BfS. From there it is made available to NLWKN for use in the local emergency response organisation. The EURDEP format was chosen as the primary format of our data exchange. For the local measuring data (KFÜ network) this means that format conversions from IDF file format to EURDEP are required.

Although the data connections are tested on a daily basis by the regular exchange of data, it is recognised that the transmission is fully dependant on the availability of the Internet. It is for this reason that a redundant facility was set-up to support and ensure a data exchange between NLWKN and RIVM directly. This back-up facility is realised via an ISDN telecommunication line. It delivers measurement data of the KFÜ and the local IMIS stations around NPP Emsland to RIVM and it allows direct extraction of the NMR measurement data from RIVM to NLWKN.

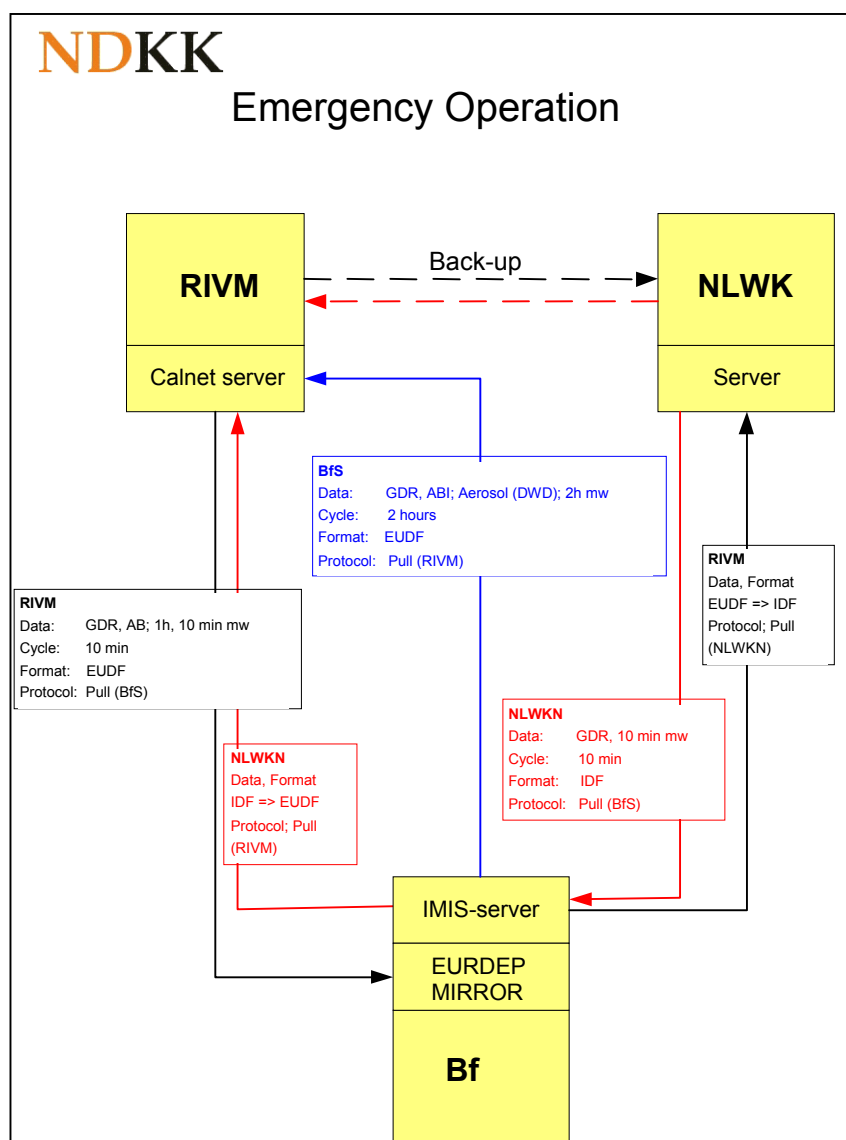


Figure 3: Technical details of the data exchange during emergency situations. Shown are the data streams, the frequency and the formats of the data. Normal use of the exchange facility is always via the IMIS and EURDEP mirror server of BfS. A redundancy line exists between RIVM and NLWKN in for the local measuring stations around the Emsland nuclear power plant and the border region in The Netherlands. During routine operation the frequency and measurement intervals of the data exchange reduced to daily and daily averages respectively.

3.4 Model results and calculation parameters

Model results, in particular the prognosis calculations based on numerical weather prediction data and dispersion and dose calculations, usually underlie a countermeasure strategy. If transboundary issues play a role of importance it is clear that these model calculations as well as the assumptions underlying the countermeasures in the border region must be shared between the two countries. In this way countermeasures can be understood, anticipated and possibly harmonised in the region of interest. In the NDKK exchange program this is realised by a so-called C-user access of RIVM to the NLWKN model results from the RODOS system

presented at a special website. Vice versa the Dutch model calculations are made available for Germany via the CalWeb emergency management system at RIVM.

Besides the exchange of model results of crucial importance is the mutual understanding of these results and thus the deviations compared to the national models used in the decision supporting systems in the home country. For this reason an extensive model comparison was carried out as part of the NDKK operational arrangements. Results indeed showed important deviation in the modelled results which should be quite well understood by both parties [2].

3.5 ELAN, CalWeb

In later emergency phases integrated information regarding, e.g. drinking water, deposition measurements and contamination levels of food- and feedstuffs and consumer products become available via the emergency systems of ELAN and CalWeb. Via user profiles mutual access to these information is arranged for all involved institutes. Apart from these late phase information the emergency websites contain dedicated sections and reference documents on NDKK arrangements and procedures, serving as “background information”.

4 Conclusion and outlook

An effective and technical operational data and information exchange supporting nuclear emergency management in the border region of Germany and The Netherlands has been set-up. Involved parties of the technical data exchange include NLWKN, BfS and RIVM. Although the nuclear power plant of Emsland has a key role the information exchange is by no means limited to emergencies involving NPP Emsland only. The merits of a bi-lateral data exchange can be summarised as follows: the bi-lateral data exchange can provide for a timely and effective, i.e. adequate, trusted and well understood information exchange between our two countries. A direct exchange of model results allows considerable insight in countermeasure strategies and may support a coherent response to emergency management in the border region. Exchange of measurement data, especially the local information close to the accident location and the monitoring stations close to the border allow for an extended use of data assimilation tools thereby significantly enhancing the predictive powers of the model calculations and timely availability of the results [5]. Apart from the direct technical enhancements the participation in each others exercise programs, the functional comparison studies and mutual communications will strongly contribute to an effective and coherent operational crisis response and emergency management network across borders.

5 References

- [1] H.Ch. Salfeld, K. Hable, Y.S. Kok, H.A.J.M. Reinen, Bilateral Communication and Information Exchange, an attempt relating to Mandate 8 of the Dutch-German Commission (NDKK), Off-site Emergency Management – Capabilities and Challenges: Salzburg, Austria (2003)

- [2] Y.S. Kok, H. Eleveld, H. Schnadt, F. Gering, J. Gregor, H. Böttger, C. Salfeld, C.J.W. Twenhöfel, H.A.J.M. Reinen, Comparative study of Dutch and German emergency management models for near border nuclear accidents, *Radiat. Prot. Dosimetry* 113 (2005) 381.
- [3] C. Höbler, K. Hable, S. Baig, M. Zähringer, International data- and information exchange for off-site emergency management – where to go? *Radiat. Prot. Dosimetry* 109 (2004) 59.
- [4] C.J.W. Twenhöfel, C. de Hoog van Beynen, A.P.P.A. van Lunenburg, G.J.E. Slagt, R.B. Tax, P.J.M. van Westerlaak, F.J. Aldenkamp, Operation of the Dutch 3rd generation national radioactivity monitoring network. Automatic Mapping Algorithms for routine and emergency monitoring data, *Spatial Interpolation Comparison 2004*. Ed. G. Dubois, Joint Research Centre, European Commission, EUR 21595 EN (2005).
- [5] H. Eleveld, C.J.W. Twenhöfel, Y. Kok, Data assimilation, sensitivity and uncertainty analyses in the Dutch nuclear emergency management system; a pilot study. Submitted to *Int. J. of Risk Assessment and Management (IJRAM)*.

IMPLEMENTIERUNG VON ENTSCHEIDUNGSHILFESYSTEMEN IN ÖSTERREICH

IMPLEMENTATION OF DECISION SUPPORT SYSTEMS IN AUSTRIA

G. Fritsch¹, W. Haider², P. Hofer², J-K. Hohenberg², V. Karg²

1 Umweltbundesamt GmbH

2 Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft

Zusammenfassung

Basierend auf den Vorgaben des österreichischen Strahlenschutzgesetzes wurden in Österreich Entscheidungshilfesysteme implementiert. Neben der Umweltüberwachung bilden die Ergebnisse der Entscheidungshilfesysteme eine wichtige Grundlage für die Empfehlungen von Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung bei radiologischen Notfällen. Im Folgenden werden die Entscheidungshilfesysteme im Überblick dargestellt. Erste Erfahrungen bei ihrem Einsatz in internationalen Übungen und Projekten werden zusammengefasst.

In accordance with the Austrian Radiation Protection Act decision support systems have to be implemented and operated in Austria. Recommendations on counter measures in case of a radiological emergency are based on the results of these decision support systems and the measurements of the environmental monitoring networks. The following article gives an overview on different Austrian decision support systems and the experiences made by their application in international exercises and projects.

1 Einleitung

Eine rechtliche Grundlage für die Implementierung und den Betrieb von Entscheidungshilfesystemen bildet die Novelle des österreichischen Strahlenschutzgesetzes aus dem Jahr 2004 [1]. Gemäß Strahlenschutzgesetz in der geltenden Fassung sind im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) Entscheidungshilfesysteme einzurichten und zu betreiben.

Die Ergebnisse der Entscheidungshilfesysteme unterstützen die Erstbewertung möglicher Auswirkungen eines radiologischen oder nuklearen Ereignisses. Aufgrund der Bewertung der Umweltüberwachung und der Ergebnisse der Entscheidungshilfesysteme hat das BMLFUW Empfehlungen für Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung zu erstellen.

Um eine frühzeitige Information der österreichischen Bevölkerung sicherzustellen und Schutzmaßnahmen wirksam einleiten zu können, ist entsprechend dem österreichischen Strahlenschutzgesetz anzustreben, dass Daten aus ausländischen Überwachungs- und Entscheidungshilfesystemen mittels Datenkopplungen mit Behörden der Nachbarstaaten zur Verfügung stehen.

2 Implementierung verschiedener Entscheidungshilfesysteme in Österreich

2.1 System zur Trajektorien- und Ausbreitungsberechnung - TAMOS

Das TAMOS-System zur Berechnung großräumiger Trajektorien, Ausbreitung und Deposition [2] wurde von der österreichischen Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) in den letzten Jahren entwickelt. Derzeit sind für die Trajektorien- und Ausbreitungsrechnung Prognosedaten von Meteo-France (ALADIN) und vom Europäischen Zentrum für Mittelfristige Wettervorhersage in Reading verfügbar.

Die ALADIN-Daten liegen in einer horizontalen Auflösung von etwa 10km mal 10km und 26 Höhenschichten bis 16km Höhe vor. Zweimal pro Tag werden die 48h-Prognosen extrahiert und dem TAMOS-System zur Verfügung gestellt. Demgegenüber haben die Prognosedaten des Europäischen Zentrums für Mittelfristige Wettervorhersage in Reading derzeit eine horizontale Auflösung von 1° x 1° (125km NS, 70km OW) und 36 Höhenschichten bis 12km Höhe. Die 84h-Prognosedaten des Europäischen Zentrums für Mittelfristige Wettervorhersage in Reading werden einmal pro Tag aktualisiert. Zur Zeit wird geplant, die horizontale Auflösung der Prognosedaten aus Reading zu erhöhen.

Das TAMOS-System ist redundant bei der ZAMG und im BMLFUW implementiert und wird für erste schnelle Abschätzungen der Trajektorien und der Ausbreitung eines Radionuklids mit einem WMO-Standardquellterm eingesetzt. Prinzipiell liefert das TAMOS-System die nötigen Inputdaten für das den österreichischen Verhältnissen angepasste ECOSYS-System, um Dosisabschätzungen durchführen zu können.

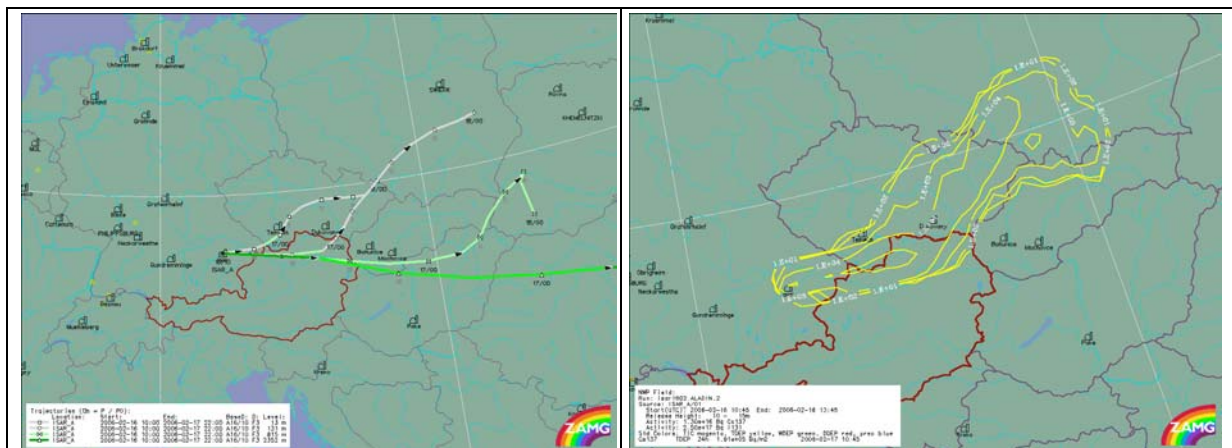


Abb.1: Mit TAMOS berechnete Trajektorien in verschiedenen Höhen und Isoliniendarstellung für die gesamte Deposition

Darüber hinaus stellt die ZAMG zweimal pro Tag via TAMOS-System die ALADIN-Prognosedaten im HIRLAM-Format für die Entscheidungshilfesysteme RODOS und Emergency Source Term Evaluation System (este) zur Verfügung.

2.2 RODOS-System

Ende 2004 wurde das RODOS-System [3] im BMLFUW auf einer HP-UX-Workstation installiert. Einige österreichspezifische Anpassungen des Systems, wie etwa die Aktualisierung der radioökologischen Regionen und Parameter, die Integration einer Quelltermdatenbank, die Integration österreichspezifischer geografischer Informationen und statistischer Daten wurden im Jahr 2005 begonnen und sind teilweise abgeschlossen.

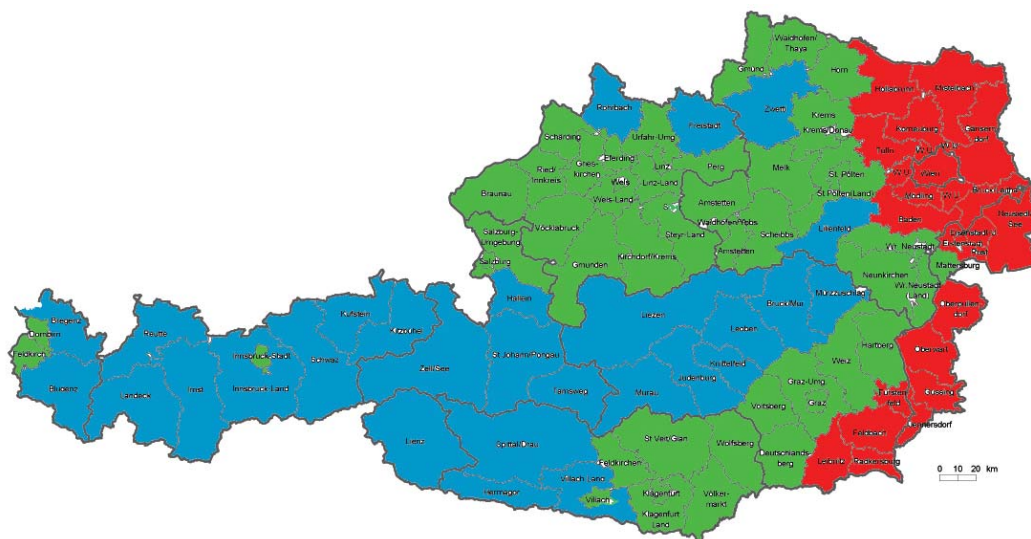


Abb. 2: Definition von drei radioökologischen Regionen in Österreich

Für alle Kernkraftwerke und Freisetzungspunkte, die im ALADIN-Modellbereich liegen, werden die ALADIN-Prognosedaten im HIRLAM-Format zweimal pro Tag für die Nahbereichsberechnungen in RODOS zur Verfügung gestellt. Ab der zweiten Jahreshälfte 2006 ist die Anbindung und Visualisierung der Ortsdosisleistungsmessdaten des Österreichischen Strahlenfrühwarnsystems und die Einbindung der Prognosedaten des Europäischen Zentrums für Mittelfristige Wettervorhersage für Ausbreitungsrechnungen im Fernbereich geplant. Ein weiterer wichtiger Schritt zur vollen Integration des RODOS-Systems in die österreichischen Notfallprozeduren ist die Installation und der Test der neuen Benutzeroberfläche von RODOS-Light und das Training der Benutzer.

Die RODOS-Ergebnisse und die Informationen aus dem Datenaustausch mit den RODOS-Zentralen in den Nachbarländern (mittels MODEM und RODOS-C-User-Zugang) bilden eine wichtige Grundlage für die Erstbewertung möglicher Auswirkungen eines radiologischen oder nuklearen Ereignisses und für Empfehlungen über Sofortmaßnahmen in der Frühphase einer radiologischen Notstandssituation.

2.3 Emergency Source Term Evaluation System - este

Basierend auf einem bilateralen Übereinkommen mit der tschechischen Nuklearaufsichtsbehörde wird seit Anfang 2005 das este-System [4], das speziell für die Kernkraftwerke Dukovany und Temelin entwickelt wurde, im BMLFUW betrieben. Bei einem Unfall in einem der beiden Kernkraftwerke werden zur Abschätzung der

Auswirkungen außerhalb der Anlage wichtige Informationen, wie z.B. der Quellterm oder die Wetterdaten vom Standort, vom este-System in Prag on-line an das este-System im BMLFUW übermittelt. Damit ist in Österreich dieselbe Entscheidungsgrundlage für ein Notfallmanagement in der Frühphase außerhalb der Anlagen wie in der tschechischen Nuklearaufsichtsbehörde gegeben.

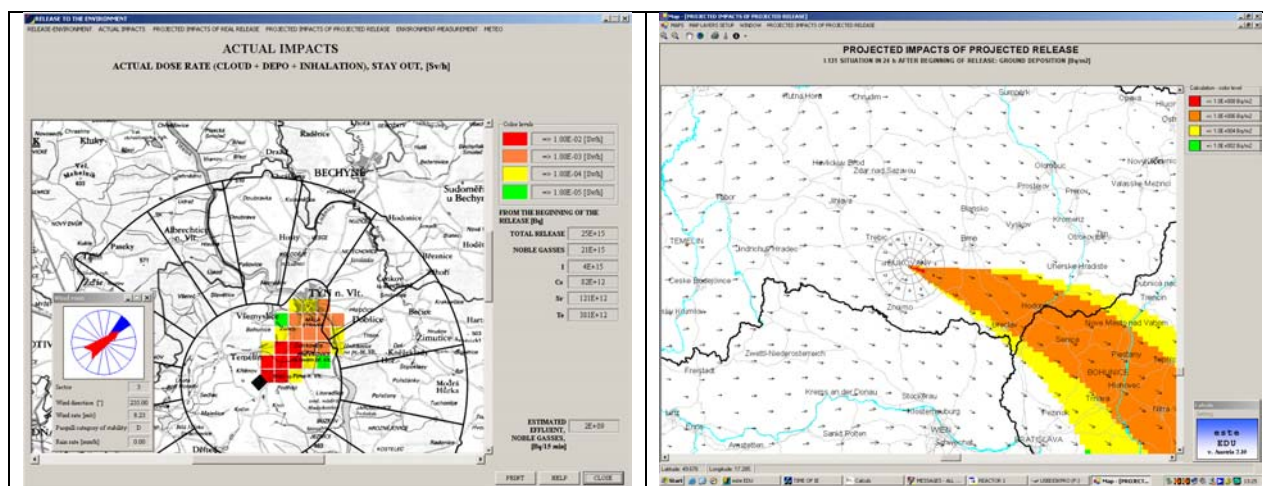


Abb. 3: este Ergebnisse für den Nahbereich und für den Fernbereich (für zwei verschiedene Ereignisse)

Aufgrund der Vereinbarung werden im Gegenzug die Ergebnisse des TAMOS-Systems im Ereignisfall vom BMLFUW an die tschechische Aufsichtsbehörde weitergeleitet. Der Datenaustausch zwischen den Aufsichtsbehörden beider Länder wird einmal pro Monat getestet. Eine gemeinsame Notfallschutzübung unter voller Einbeziehung des este-Systems ist für die zweite Jahreshälfte 2006 geplant.

3 Erfahrungen aus internationalen Notfallschutzübungen und dem EURANOS-Projekt

3.1 ConvEx-2005-Übung der IAEA

Von 11. bis 12. Mai 2005 wurde eine zweitägige internationale Notfallschutzübung im Rahmen des Übereinkommens über die frühzeitige Benachrichtigung bei einem nuklearen Unfall abgehalten [5]. Hypothetisches Unfallszenarium war ein Unfall im rumänischen KKW Cernavoda. Dabei wurde eine längere Freisetzung, die insgesamt 30 Stunden andauerte, angenommen, wobei vor allem in der ersten Stunde aufgrund eines Fehlers bei der Isolation des Sicherheitsbehälters und in den letzten 4 Stunden aufgrund einer kontrollierten Druckentlastung des Sicherheitsbehälters Radionuklide an die Atmosphäre freigesetzt wurden.

Primäres Übungsziel war der Informationsaustausch mittels internationaler Systeme zur frühzeitigen Benachrichtigung bei nuklearen oder radiologischen Zwischenfällen (ENAC und ECurie). Von den österreichischen Übungsteilnehmern wurde darüber hinaus das TAMOS-System und erstmals RODOS im Nahbereich der Anlage eingesetzt.

Zusammenfassend können über den Einsatz der beiden Entscheidungshilfesysteme folgende Schlussfolgerungen gezogen werden. Beide Systeme lieferten vergleichbare Ergebnisse – vor allem im Übergang Nahbereich – Fernbereich. Als sehr hilfreich hat sich der RODOS-C-User-Zugang zum rumänischen RODOS-System erwiesen. Dadurch wurden die Quellterme und die Freisetzungparameter sehr rasch übermittelt und es konnten die RODOS-Ergebnisse verglichen werden. Die Berücksichtigung der langen Freisetzung und die aktuelle Wettersituation während der Übung ergaben ein relativ komplexes Depositionsmuster.

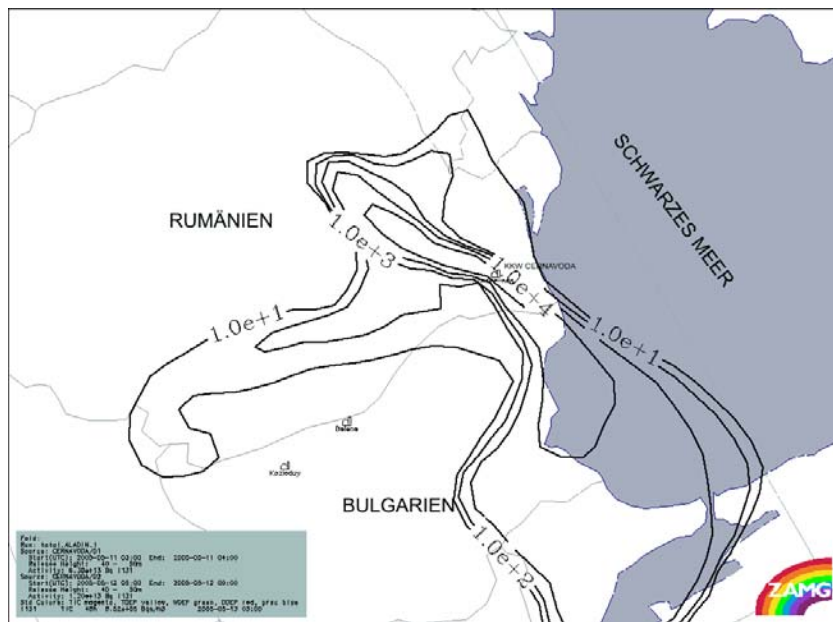


Abb. 4: TAMOS-Ergebnisse (Zeitintegrierte Luftkonzentration für I-131)

3.2 Deutsch-österreichische INEX-3 Übung

Bei der deutsch-österreichischen INEX-3-Übung am 13./14. Sept. 2005 wurde als Übungsszenarium ein radiologischer Unfall auf österreichischem Territorium mit einer Freisetzung aus einer Cs-137-Strahlenquelle angenommen. Aufgrund der Nähe des Freisetzungspunktes in der Bodenseeregion zum Nachbarland Deutschland wurden grenzüberschreitende Auswirkungen simuliert. Besonderheiten dieses Szenarios waren das Fehlen einer Vorfreisetzungsphase und die Tatsache, dass in Österreich nur eine Messstelle des Strahlenfrühwarnsystems betroffen war.

Während der Vorbereitung und der Durchführung der Notfallschutzübung wurden Entscheidungshilfesysteme in beiden Ländern mehrfach eingesetzt. In der Übungsvorbereitung wurde RODOS als gemeinsame technische Basis für die Ausarbeitung des Übungsszenarios herangezogen. Mittels RODOS wurden unter anderem Bodenkontaminationskarten, der ODL-Verlauf an einer Messstation des österreichischen Strahlenfrühwarnsystems, Dosisabschätzungen und Karten zur Kontamination verschiedener Nahrungs- und Futtermittel als Übungsunterlagen erzeugt. Während der Übung wurde TAMOS zur Trajektorienberechnung und RODOS zur Quelltermabschätzung und -korrektur eingesetzt.

Wichtiges Ziel dieser Übung war der bilaterale Informationsaustausch sowie eine Abstimmung von Schutz- und Vorsorgemaßnahmen bzw. der Information der Öffentlichkeit. Dabei hat sich der Einsatz vergleichbarer Systeme (RODOS) als Basis zur radiologischen Bewertung in beiden betroffenen Ländern als sehr hilfreich erwiesen.

3.3 Beteiligung am EURANOS-Projekt

Das BMLFUW hat sich seit April 2004 an mehreren „Demonstrationsübungen“ im Rahmen des EU-Projektes „European Approach to Nuclear and Radiological Emergency Management and Rehabilitation Strategies“ beteiligt. Ziel dieser „Demonstrationsübungen“ ist es den Einsatz des Entscheidungshilfesystems RODOS unter realistischeren Bedingungen in verschiedenen Notfallzentralen zu evaluieren. Unter anderem hatten „Demonstrationsübungen“ den Datenaustausch mit Nachbarstaaten mittels MODEM, die Bewertung der RODOS-Benutzeroberfläche und eine Evaluation der RODOS-Ergebnisse zum Inhalt.

Die Beteiligung am EURANOS-Projekt und an der im Rahmen des Projektes organisierten RODOS-Usergruppe lieferte wertvolle Erfahrungen. Besonders von Bedeutung für die österreichische RODOS-Anwendung ist die Möglichkeit eines schnellen Daten- und Ergebnisaustausches zwischen den RODOS-Zentralen, die mittels MODEM erzielt werden kann und die angestrebte Verbesserung der Benutzerfreundlichkeit durch RODOS-Light.

4 Schlussfolgerungen

Der Einsatz von Entscheidungshilfesystemen bildet eine wichtige Unterstützung bei der Bewertung der Auswirkungen eines nuklearen oder radiologischen Ereignisses, bei der Empfehlung von Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung und der Abstimmung etwaiger Maßnahmen zwischen betroffenen Nachbarländern.

Durch die Teilnahme an internationalen Übungen und am EURANOS-Projekt wurden wertvolle Erfahrungen gesammelt. Neben verschiedenen Verbesserungsmöglichkeiten zur Anwendbarkeit von Entscheidungshilfesystemen im Notfall, die in den weiteren Betrieb der Entscheidungshilfesysteme einfließen werden, wurden vor allem Möglichkeiten bezüglich eines schnellen Daten- und Ergebnisaustausches zwischen den RODOS-Zentralen benachbarter Staaten aufgezeigt.

5 Danksagung

Vielen Dank an alle Kooperationspartner in den Notfallschutzübungen und im EURANOS-Projekt für ihre gute Zusammenarbeit.

6 Literatur

- [1] Bundesgesetz über Maßnahmen zum Schutz des Lebens oder der Gesundheit von Menschen einschließlich ihrer Nachkommenschaft vor Schäden durch ionisierende

- Strahlen (Strahlenschutzgesetz – StrSchG), idF BGBl. Nr. 227/1969, BGBl. Nr. 396/1986, BGBl. Nr. 657/1996, BGBl. I Nr. 16/2000, BGBl. I Nr. 65/2002, BGBl. I Nr. 146/2002, BGBl. I Nr. 137/2004
- [2] U. Pechinger, M. Langer, K. Bäumann and E. Petz, The Austrian Emergency Response Modelling System TAMOS, *Phys. Chem. Earth (B)*, Vol. 26, No. 2, pp. 99-103, 2001
 - [3] W. Raskob et al., The RODOS system Version PV6.0, Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Institut für Kern- und Energietechnik, Accident Consequence Group, <http://www.rodos.fzk.de/RodosHomePage/RodosHomePage/Overview/>
 - [4] P. Carny, "este"-Code for source term estimation and radiological impacts assessments in case of nuclear accidents, <http://www.abmerit.sk/esteEN.htm>
 - [5] Exercise Report, ConvEx-3 (2005), International Emergency Response Exercise, IAEA, Vienna, 2005

Sitzung C

Quelltermabschätzung

Sitzungsleiter: A. Bayer

ABSCHÄTZUNG DES QUELLTERMS ALS GRUNDLAGE FÜR BEHÖRDLICHE MAßNAHMEN ZUM SCHUTZ DER BEVÖLKERUNG BEI EINEM RADIOLOGISCH RELEVANTEN EREIGNIS IN EINEM KERNKRAFTWERK

EVALUATION OF SOURCE TERM AS A BASIS FOR PROTECTIVE MEASURES FOR
THE POPULATION IN CASE OF A NUCLEAR ACCIDENT IN A NUCLEAR POWER
PLANT WITH RADIOLOGICAL CONSEQUENCES

N. Zander¹, H. Löffler²

1 Bundesamt für Strahlenschutz

2 Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit mbH

Zusammenfassung

Die Zuverlässigkeit der Lagebewertung in der Vorfreisetzungsphase hängt von der Qualität der Quelltermabschätzung ab. Als Eingangsdaten für das Entscheidungshilfesystem RODOS bilden solche Daten wie Zeitpunkt, Zusammensetzung, Ausmaß und Dauer einer möglichen Freisetzung radioaktiver Stoffe (Quellterm) eine Grundlage für die Abschätzung möglicher radiologischer Konsequenzen in der Umgebung der Anlage. Im Rahmen eines BMU/BfS-Vorhabens wurde ein Quelltermabschätzungsmodul als Eingabedatenlieferant für RODOS am Beispiel einer Referenzanlage getestet.

The reliability of the evaluation of the radiological situation in the pre-release phase (of a nuclear accident) depends strongly on the quality of the source term estimation. The decision support system RODOS requires input data about the source term including e.g. start and duration of release, nuclide composition, released activities. On the basis of this input data RODOS assesses possible radiological consequences in the vicinity of the nuclear power plant. Within the framework of a research project of the BMU/BfS a tool for source term estimation has been tested as data provider for RODOS for the example of a reference nuclear power plant.

1 Bedeutung der Quelltermabschätzung für Lagebewertung im Ereignisfall

Die präventiven Schutzmaßnahmen für die Bevölkerung, vor allem Katastrophenschutzmaßnahmen in der Umgebung einer kerntechnischen Anlage, sind in der so genannten Vorfreisetzungsphase, d.h. bevor eine Emission in die Umgebung stattgefunden hat, am effektivsten. Um adäquate Maßnahmen rechtzeitig und präventiv ergreifen zu können, benötigen die Behörden zuverlässige Informationen über den Zeitpunkt, die Zusammensetzung, das Ausmaß und die Dauer einer möglichen Freisetzung radioaktiver Stoffe (Quellterm) aus der Anlage. Als Eingangsdaten für das Entscheidungshilfesystem RODOS bilden diese Daten eine Grundlage für die Abschätzung möglicher radiologischer Konsequenzen in der Umgebung der Anlage.

Die effiziente Unterstützung der Behörden im Ereignisfall in einem Kernkraftwerk hängt entscheidend von der Zuverlässigkeit der Konsequenzenabschätzung und vom zeitlichen

Rahmen, in dem diese Ergebnisse vorliegen können, ab. Dabei spielt die frühzeitige Bereitstellung von möglichst zuverlässigen Eingabedaten bezüglich der Radionuklidfreisetzung in die Umgebung eine wesentliche Rolle. Wie bereits in dem Abschlussbericht der SSK-AG "Atmosphärische Ausbreitung bei kerntechnischen Unfällen" festgestellt wurde, „kommt der Quellstärke bei der Berechnung der nach einer Freisetzung resultierenden Konzentrations-/Depositionsverteilung besondere Bedeutung zu. Dies betrifft den Beginn und die zeitliche Entwicklung der Freisetzung, den Nuklidvektor sowie die Quellstärke. Die Quellstärke geht linear in die Berechnung der Konzentration ein: ein 50 %-iger Fehler in der Quellstärke bedeutet einen 50 %-igen Fehler in der berechneten Konzentration“.

2 Quelltermeingabe im Entscheidungshilfesystem RODOS

Das Entscheidungshilfesystem RODOS befindet sich seit 2001 im BfS mit Zugriff durch zuständige Länder- und Bundesbehörden im Betrieb. Die gegenwärtig im RODOS verwendeten Eingabedaten bezüglich des Quellterms in der Vorfreisetzungsphase stammen aus der Deutschen Risikostudie (Phase A und teilweise Phase B). Eine anlagenspezifische Quelltermeingabe kann zur Zeit nur per Handeingabe auf der Grundlage der Betreiber-Lageberichte, die in der Regel als Fax an zuständige Landesbehörden verschickt werden, vorgenommen werden.

Für die Quelltermabschätzung im Ereignisfall ist entsprechend deutschem Regelwerk der Anlagenbetreiber zuständig. Dabei soll das Quelltermabschätzungsverfahren dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen. Im Rahmen von BMU/BfS-Vorhaben werden mit fachlicher Unterstützung der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit bundeseinheitliche Vorgaben für die Quelltermmittlung im Ereignisfall unter Beachtung der internationalen Entwicklungen auf diesem Gebiet erarbeitet. Durch eine elektronische Übermittlung des Quellterms in einem mit RODOS kompatiblen Format soll eine schnelle und zuverlässige Lagebewertung seitens der zuständigen Behörden ermöglicht und Fehlerquellen und zeitliche Verzögerungen nach Möglichkeit minimiert werden. Das oberste Ziel dabei ist, die Zuverlässigkeit der Eingabedaten für das Entscheidungshilfesystem RODOS und somit der Ergebnisse für die Lagebewertung zu erhöhen und dadurch den erforderlichen Schutz der Bevölkerung optimal zu gewährleisten.

Die Quelltermabschätzung für Ereignisse in Kernkraftwerken kann in Deutschland bisher nur manuell anhand der aufbereiteten Ergebnisse von vorliegenden Unfallanalysen vorgenommen werden. Hierbei ist es jedoch schwierig, die in der Anlage während eines auslegungsüberschreitenden Ereignisablaufes jeweils herrschenden Zustände eindeutig zu identifizieren und im Hinblick auf den zu erwartenden Quellterm zuverlässig zu interpretieren. Ferner erfordert diese Vorgehensweise ein hohes Maß sowohl an anlagenspezifischen Kenntnissen als auch an Kenntnissen über mögliche Unfallabläufe, die auch unter Stressbedingungen zuverlässig verfügbar sein müssten.

3 Quelltermabschätzungsmodul STERPS als Datenlieferant für RODOS

Aus dieser kurz umrissenen Problematik ergibt sich, dass eine Erhöhung der Zuverlässigkeit anlagenspezifischer Quellterm-Eingabedaten für das Entscheidungshilfesystem RODOS ge-

boten ist. Zu diesem Zweck wurde das Quelltermabschätzungsmodul STERPS (Rapid Source Term Indicator based on Plant Status for use in Emergency ResPonSe) im Rahmen eines BMU/BfS-Vorhabens in internationaler Kooperation entwickelt. STERPS basiert auf einem „Bayesian Belief Network“. Es ermöglicht die schnelle Diagnose des Anlagenzustandes und die schnelle Prognose des weiteren Unfallablaufes einschließlich des Quellterms anhand einer begrenzten Zahl von aktuellen Anlagendaten, die auch unter Unfallbedingungen noch verfügbar sind. Das in STERPS enthaltene Netzwerk basiert auf einem universellen Anlagenmodell, das von den einzelnen EU-Partnern für ihre jeweiligen Anlagen angepasst wurde.

Als Referenzanlage für eine beispielhafte anlagenspezifische Anwendung von STERPS in Deutschland wurde eine Konvoi-Anlage ausgewählt. Dabei wurde STERPS anlagenspezifisch angepasst und in einer Notfallübung getestet. STERPS verwendet die in der PSA der Stufe 2 für die Referenzanlage ermittelten Quellterme. Jedem von STERPS bestimmten Unfallablauf wird also derjenige Quellterm zugewiesen, der auch in der PSA der Stufe 2 für denselben Ablauf festgelegt wurde. Insofern ist also die Quelltermzuordnung in STERPS von derselben Qualität wie diejenige der zugrunde liegenden PSA. Die in der PSA vorausgerechneten Quellterme wurden für STERPS erweitert, um einen genaueren Zeitablauf der Freisetzung darzustellen.

Tabelle 1: Ergebnisse der RODOS-Vergleichsrechnungen mit und ohne STERPS-Anbindung

	STERPS FKB	DRS-B FK3a
Freisetzungszeit	14:10-16:10	10:10-12:10
Freisetzungshöhe (m)	25	100
Thermische Leistung (MW)	10	0
Edelgase (Bq)	1,0 E+19	1,8 E+18
Jod (Bq)	7,1 E+17	4,2 E+17
Aerosole (Bq)	4,8 E+16	9,6 E+16
Evakuierungsbereich	ca. 27 km	ca. 6 km

Die Notfallübung mit dem System RODOS unter Anwendung des Quelltermabschätzungsmoduls STERPS fand im September 2005 in der Referenzanlage statt. Obgleich die Nutzer wenig Erfahrung mit STERPS hatten, bereitete die Handhabung während der Übung praktisch keine Schwierigkeiten. Insgesamt ist die Nutzbarkeit von STERPS unter unterstellten Unfallbedingungen und auf der Grundlage eines komplizierten Übungsszenariums als befriedigend zu bezeichnen. Die prinzipielle Anwendbarkeit dieses Quelltermabschätzungsmoduls als Daten-Lieferant für das Entscheidungshilfesystem RODOS konnte nachgewiesen werden. Im Ergebnis der Übung wurde eine Reihe von notwendigen Verbesserungen des STERPS-Moduls identifiziert. Diese sollen in einem nachfolgenden Projekt umgesetzt werden.

Die durchgeführte Übung hat gezeigt, dass STERPS-Ergebnisse insbesondere in der frühen Unfallphase von Nutzen sind, wenn sich das Anlagenpersonal noch keinen Überblick über den bisherigen und den voraussichtlichen weiteren Ereignisablauf bilden konnte. Hinsichtlich des anlagenexternen Notfallschutzes ist diese frühe Quelltermprognose besonders hilfreich.

Wesentlich für die Anwendung des Quelltermabschätzungsmoduls STERPS ist, dass dieses Modul die mit dem System RODOS kompatiblen Input-Daten liefert. Es kann somit unmittelbar für die Lagebewertung im Ereignisfall in der Vorfreisetzungphase eingesetzt werden.

Sitzung D

Messtechnik, Schnellmethoden

Sitzungsleiter: G. Haase, Th. Steinkopff

MONITORVERFAHREN ZUR BESTIMMUNG DER KÜNSTLICHEN ALPHA- UND BETA-AKTIVITÄT AEROSOPARTIKELGEBUNDENER RADIONUKLIDE IM MESSNETZ DES DEUTSCHEN WETTERDIENSTES

MONITORING ARTIFICIAL ALPHA- AND BETA ACTIVITY CONCENTRATIONS OF AEROSOLPARTICLE BOUND RADIONUCLIDES AT MEASURING SITES OF DEUTSCHER WETTERDIENST

T. Steinkopff¹, A. Dalheimer¹, W. Dyck¹, T. Naatz, M. Rathgeber¹, W. Rieck²,
B. Wolfsheimer¹

1 Deutscher Wetterdienst, Offenbach

2 Thermo Electron GmbH, Erlangen

Zusammenfassung

An den Radioaktivitätsmessstationen des Deutschen Wetterdienstes wird gemäß den Vorgaben der Messprogramme für den Normal- und den Intensivbetrieb die Aktivitätskonzentration aerosolpartikelgebundener Radionuklide kontinuierlich überwacht. In Ergänzung zu einem gammaspektrometrisch messenden Verfahren wird mit einem zweiten Monitor direkt die künstliche Alpha- und die künstliche Betaaktivität bestimmt. Dazu wird ein Verfahren eingesetzt, das die Aktivitätskonzentration der Radonfolgeprodukte kompensiert.

Das Prinzip des Verfahrens und die Anwendbarkeit an die sich ändernden Umgebungsbedingungen während der Probeentnahme und der simultan stattfindenden Messung werden erläutert. Anhand theoretischer Überlegungen und praktischer Ergebnisse werden die Vorteile und die Grenzen der Methodik diskutiert, speziell der Einfluss von erhöhter natürlicher Aktivitätskonzentration.

According to the measuring programmes for the normal operating mode and the emergency mode the activity concentration of aerosol particle bound radionuclides is continuously measured at the measuring sites of Deutscher Wetterdienst (German Meteorological Service, DWD). Beside a nuclide specific measuring monitoring system a second monitor is in operation to detect the alpha- and beta-activity. This requires the compensation of the natural radioactivity.

The basic principle of this measurement and its application towards the changing concentrations in the course of the sampling process are discussed. The limitations are scheduled, especially focused on the influence of increasing natural activity concentration.

1 Ziel der Messung

Gemäß dem Routinemessprogramm der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Integrierten Mess- und Informationssystem zur Überwachung der Umweltradioaktivität (AVV-IMIS [1]) werden aerosolpartikelgebundene Radionuklide und Radionuklide im Niederschlag kontinuierlich durch den Deutschen Wetterdienst (DWD) überwacht. Grundlage ist das Gesetz über den Deutschen Wetterdienst [2] und das Strahlenschutzvorsorgegesetz [3]. Ziel ist die frühzeitige Erkennung künstlich erzeugter Radionuklide oberhalb der Nachweisgrenzen, bezogen auf das Sammel- und das Messintervall. Im Intensivbetrieb

werden kürzere Intervalle zugrundegelegt, was zu höheren Nachweisgrenzen führt. Die Grenzen der zu bestimmenden Konzentrationen hängen von den Detektoreigenschaften und den Eigenschaften der eingesetzten Elektronik ab.

An 40 Radioaktivitätsmessstellen des DWD wird die Überwachung der Radioaktivität in der Luft rund um die Uhr realisiert [4]. An diesen Messstellen werden nuklidspezifisch messende Gamma-Schrittfilterssysteme des Typs FHT59 N1/2 (Fa. Thermo Electron) und Messverfahren zur Bestimmung der künstlichen Alpha- und der künstlichen Betaaktivität betrieben.

Es werden zwei Verfahren eingesetzt:

- Alpha-Beta-Pseudokoinzidenz (ABPD)-Verfahren mit getrennter Probeentnahme und Messung
- Monitorverfahren mit Messung der Alpha- und Betaaktivität und gleichzeitiger Alphaspektrometrie

Letzteres Verfahren wird mit einem Monitor des Typs FHT59SI realisiert und ist an bislang 12 Messstellen des DWD im Einsatz. Dieser Monitor soll zunehmend als automatisch arbeitendes System neben der Gamma-Schrittfilteranlage mindestens an grenznahen Stationen und an Stationen, die nicht rund um die Uhr besetzt sind, zum Einsatz kommen. Das Verfahren ist zur kontinuierlichen und simultanen Bestimmung der Aktivitätskonzentration aerosolpartikelgebundener künstlicher alpha- und betastrahlender Radionuklide in der bodennahen Luft ausgelegt, insbesondere als Monitorverfahren zur frühzeitigen Erkennung von Radionukliden bei störfallbedingten Freisetzungen und bei Unfällen. Mit dem Verfahren können Aktivitätskonzentrationen in der Größenordnung von einigen $100 \text{ mBq}\cdot\text{m}^{-3}$ bis zu $0,5\cdot 10^6 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ erfasst werden. Die erreichbare Nachweisgrenze liegt für die mittlere künstliche Alpha-Aktivitätskonzentration bei $0,1 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ bezogen auf ein halbstündiges Messintervall und eine mittlere Aktivitätskonzentration der Radonfolgeprodukte von $2 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$; für die mittlere künstliche Beta-Aktivitätskonzentration resultiert unter den gleichen Annahmen eine Nachweisgrenze von etwa $1 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$.

2 Konfiguration des Luftmonitors FHT59Si [5]

Auf einem Filterband werden die Aerosolpartikeln mit einem Luftstrom von $10 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ gesammelt. Gleichzeitig erfolgt die Messung der Zählraten für Alpha- und Betastrahler. Die Probeentnahmeeinrichtung besteht aus einem Probeentnahmekopf, einer Probeentnahmeleitung, einer Bestäubungseinheit mit einer Filterbandtransporteinrichtung, einem Glasfaserfilterband und einer Pumpe. Der Probeentnahmekopf, die Probeentnahmeleitung und andere luftführende Teile sind so ausgeführt, dass Ablagerungen an den Wänden, zum Beispiel durch elektrostatische Wirkungen oder Impaktion, weitgehend vermieden werden. Die Probeentnahmeleitung ist kurz und krümmungsfrei. Zur Luftförderung wird ein Seitenkanalverdichter mit einem Luftvolumenstrom von $8 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ bis $12 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ eingesetzt. Zusätzlich kommt bei Bedarf ein beheizbarer Probeentnahmekopf zum Einsatz. Dabei ist die Eintrittsgeschwindigkeit anzupassen. Die Sammlung der Aerosolpartikeln erfolgt auf einem Glasfaserfilterband, Klasse H 12 nach DIN EN 1822 [6]. Der Durchmesser des Bestäubungsflecks beträgt 50 mm. Nach einer Bestäubungszeit von 30 Minuten wird die Bestäubung für wenige Sekunden unterbrochen, um das Filterband weiterzutransportieren. Durch die Verschiebung des Filterbandes um 5 mm, entsprechend 1/10 des Bestäubungsfleckdurchmessers, entsteht eine quasi-kontinuierliche

Bestäubung. Unter diesen Bedingungen bleibt das radioaktive Gleichgewicht der kurzlebigen Radonzerfallsprodukte auf dem für die Messung zugänglichen Bereich erhalten.

3 Prinzip des Verfahrens

Die kontinuierliche Bestimmung der Aktivitätskonzentration von künstlichen an Aerosolpartikeln gebundenen radioaktiven Stoffen erfolgt bei ständiger Anwesenheit natürlicher aerosolpartikelgebundener Radionuklide. Diese bestehen im wesentlichen aus den kurzlebigen Folgeprodukten der Edelgasisotope Radon-222 und Radon-220. Die Unterscheidung zwischen den natürlichen und den künstlichen Radionukliden basiert auf folgenden Annahmen:

- Künstliche Radionuklide, insbesondere Spalt- und Aktivierungsprodukte, sind meist Beta- und Gamma-Strahler zugleich.
- Das Verhältnis der Aktivitäten der natürlichen Alpha- und Beta-Strahler auf dem Filterband ist annähernd konstant.
- Die Energie der Alphastrahlung künstlicher Alpha-Strahler ist kleiner als 6 MeV, diejenige der natürlichen Radionuklide größer als 6 MeV.

Mit Hilfe eines großflächigen Silizium-Halbleiterdetektors wird die Alpha- und die Betastrahlung simultan nachgewiesen. Die zusätzliche alphaspektrometrische Analyse erlaubt eine energieselektive, getrennte Bestimmung der Aktivitätskonzentrationen natürlicher und künstlicher Alpha-Strahler. Die künstliche Beta-Aktivitätskonzentration wird nach der Alpha/Beta-Verhältnismethode bestimmt. Durch Impulshöhendiskriminierung wird zwischen den Impulsen der Alpha- und der Betastrahler unterschieden (Abb.1).

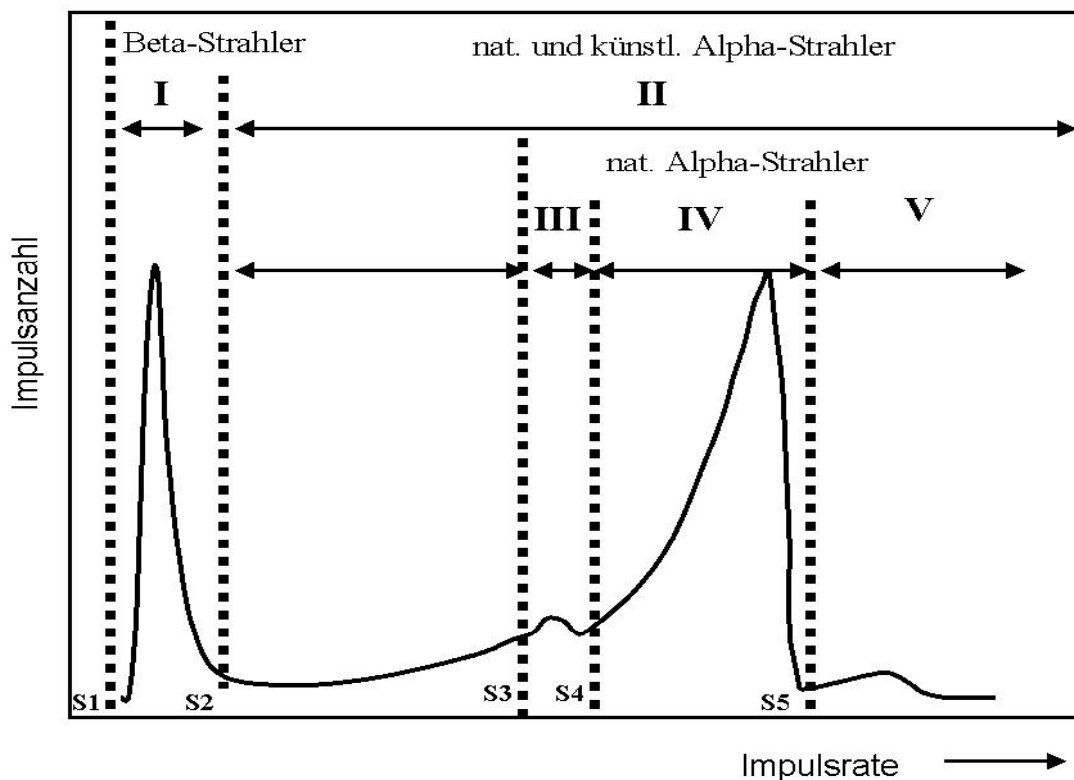


Abb.1: Einstellung der Schwellen zur Detektion der Zählraten

Für die Zählraten resultiert:

- < S₁ :elektronisches Rauschen
- > S₁ :Zählrate R₁ (Beta-Strahler und Alpha-Strahler)
- > S₂ :Zählrate R₂ (natürliche und künstliche Alpha-Strahler)
- > S₃ :Zählrate R_{α,nat} (natürliche Alpha-Strahler)

Die Zählraten der künstlichen Alpha- und Beta-Strahler wird gemäß den Gleichungen (1) und (2) aus den Zählraten der einzelnen Bereiche ermittelt.

$$R_{\alpha, \text{art}} = R_2 - R_{\alpha, \text{nat}} (1 + F_{\alpha}) \quad (1)$$

$$R_{\beta, \text{art}} = R_1 - R_{\alpha, \text{nat}} (1 + F_{\beta}) \quad (2)$$

- R_{α,art} :Zählrate für die künstliche Alpha-Aktivität in s⁻¹
- R₁ :Zählrate für die Beta-Aktivität in s⁻¹, Differenz der Impulse >S₁ und >S₂ (Bereich I)
- R₂ :Zählrate für die künstliche und die natürliche Alpha-Aktivität in s⁻¹, Impulse oberhalb Schwelle S₂ (Bereich II)
- R_{α, nat} :Zählrate für die natürliche Alpha-Aktivität in s⁻¹, Impulse oberhalb der Schwelle S₃ (Bereiche II, IV, V)
- F_α :Alpha-Kompensationsfaktor
- F_β :Beta-Kompensationsfaktor

Der Kompensationsfaktor F_α berücksichtigt den Anteil an der Differenz der Zählraten R₂ und R_{α,nat}, der durch die natürliche Alphastrahlung entsteht.

Der Kompensationsfaktor F_β berücksichtigt den Anteil der Differenz der Zählraten R₁ und R₂, der aus der natürlichen Radioaktivität entsteht (natürliche Betastrahlung proportional der natürlichen Alphastrahlung).

4 Kalibrierung und Einstellung der Kompensationsfaktoren

Zur Bestimmung des jeweiligen Nachweisvermögens für Alpha- und Beta-Strahler wird mit Am-241 und Sr-90/Y-90 mit einer Aktivität von je 3 kBq kalibriert.

Die Kompensationsfaktoren müssen so eingestellt werden, dass bei Abwesenheit von künstlichen radioaktiven Stoffen im Idealfall die Anzeige der künstlichen radioaktiven Stoffe Null ist. Eine regelmäßige Bestimmung der Kompensationsfaktoren ist notwendig, da diese von geologischen und meteorologischen Einflüssen am Standort beeinflusst werden. Die Kompensationsfaktoren werden gemäß den Gleichungen (3) und (4) berechnet.

$$F_{\alpha} = \frac{R_2}{R_{\alpha, \text{nat}}} - 1 \quad (3)$$

$$F_{\beta} = \frac{R_1}{R_{\alpha, \text{nat}}} - 1 \quad (4)$$

5 Messung

Zur Bestimmung der Alpha- und Beta-Strahler wird ein großflächiger (1700 mm²) ionenimplantierter Silizium-Detektor eingesetzt. Jeweils nach einem Transportschritt des Filterbandes werden die Aktivitätskonzentrationen für den aktuellen Zeitraum von 30 Minuten und für den gesamten Sichtbereich des Detektors, neu berechnet. Geometriefaktoren

berücksichtigen die bereits bestaubten Flächen, so dass auch die jeweils neu hinzukommenden bestaubten sichelförmigen Filterflächen mathematisch korrekt erfasst werden. Die maximale Verweildauer des Bestäubungsflecks von ca. 2000 mm² Filterbelegung unterhalb des Siliziumdetektors bei einem Filterbandtransportschritt pro 30 Minuten und einer Schrittweite von 0,5 cm beträgt 300 Minuten. Die Transportzeit für das Filterband ist sehr klein gegenüber der Bestäubungszeit von 30 Minuten, so dass der dadurch entstehende Fehler vernachlässigbar ist.

5.1 Messung der Alpha-Aktivitätskonzentration

Die mittlere Aktivitätskonzentration künstlicher Alpha-Strahler bezogen auf einen Zeitraum von 300 Minuten wird nach Gleichung (5) berechnet:

$$c_{\alpha,art} = \frac{R_2 - R_{\alpha,nat}(1 + F_{\alpha})}{\varepsilon_{\alpha} \cdot \dot{V} \cdot t_m \cdot K_G} \quad (5)$$

$c_{\alpha,art}$:Aktivitätskonzentration künstlicher Alpha-Strahler in Bq·m⁻³

ε_{α} :Nachweisvermögen für Alphastrahlung in Bq⁻¹·s⁻¹

\dot{V} :Luftvolumenstrom in m³·s⁻¹

t_m :Zeitintervall für einen Bestäubungszyklus in s

K_G :Gesamtgeometriefaktor (setzt sich aus der Summe der einzelnen Geometriefaktoren k_i zusammen, die ihrerseits von der Schrittlänge abhängen)

Die Berechnung der Standardabweichung $s(c_{\alpha,art})$ der Alpha-Aktivitätskonzentration erfolgt gemäß Gleichung (6).

$$s(c_{\alpha,art}) = \frac{1}{\varepsilon_{\alpha} \cdot \dot{V} \cdot t_m \cdot K_G} \sqrt{\frac{s^2(\varepsilon_{\alpha})}{\varepsilon_{\alpha}^2} \cdot (R_2 - R_{\alpha,nat}(1 + F_{\alpha}))^2 + \frac{R_2}{t_m} + \frac{R_{\alpha,nat}}{t_m} (F_{\alpha}^2 - 1) + s^2(F_{\alpha}) \cdot R_{\alpha,nat}^2} \quad (6)$$

$s(c_{\alpha,art})$:Standardabweichung der künstlichen Alpha-Aktivitätskonzentration in Bq·m⁻³

$s(\varepsilon_{\alpha})$:Standardabweichung des Nachweisvermögens für Alphastrahlung in Bq⁻¹·s⁻¹

$s(F_{\alpha})$:Standardabweichung von F_{α}

Für F_{α} wird eine Rechteckverteilung im Bereich ($F_{\alpha} - a$, $F_{\alpha} + a$) mit $a = 0,2 F_{\alpha}$ angenommen. Für $F_{\alpha} = 0,3$ resultiert ein Wert von $a = 0,06$. Damit ergibt sich für die Standardabweichung $s(F_{\alpha})$ ein Wert von $0,577 a = 0,035$.

5.2 Messung der Beta-Aktivitätskonzentration

Die mittlere Aktivitätskonzentration künstlicher Beta-Strahler bezogen auf einen Zeitraum von 300 Minuten wird nach Gleichung (7) berechnet:

$$c_{\beta,art} = \frac{R_1 - R_{\alpha,nat}(1 + F_{\beta})}{\varepsilon_{\beta} \cdot \dot{V} \cdot t_m \cdot K_G} \quad (7)$$

$c_{\beta,art}$:Aktivitätskonzentration künstlicher Beta-Strahler in Bq·m⁻³

ε_β :Beta-Nachweisvermögen in $\text{Bq}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

Die Berechnung der Standardabweichung $s(c_{\beta,\text{art}})$ der Aktivitätskonzentration unter ausschließlicher Berücksichtigung der Messgrößen R_1 und $R_{\alpha,\text{nat}}$ erfolgt gemäß Gleichung (8).

$$s(c_{\beta,\text{art}}) = \frac{1}{\varepsilon_\beta \cdot V \cdot t \cdot K_G} \sqrt{\frac{s^2(\varepsilon_\beta)}{\varepsilon_\beta^2} \cdot (R_1 - R_{\alpha,\text{nat}}(1 + F_\beta))^2 + \frac{R_1}{t_m} + \frac{R_{\alpha,\text{nat}}}{t_m} (F_\beta^2 - 1) + s^2(F_\beta) \cdot R_{\alpha,\text{nat}}^2} \quad (8)$$

$s(c_{\beta,\text{art}})$:Standardabweichung der Aktivitätskonzentration der künstlichen Beta-Strahler in $\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}$

$s(\varepsilon_{\beta,\text{art}})$:Standardabweichung der Beta-Nachweiswahrscheinlichkeit in $\text{Bq}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

$s(F_\beta)$:Standardabweichung von F_β

Für F_β wird eine Rechteckverteilung im Bereich $(F_\beta - a, F_\beta + a)$ mit $a = 0,2 F_\beta$ angenommen. Für $F_\beta = 4$ ergibt sich ein Wert von $a = 0,8$. Danach beträgt der Wert für die Standardabweichung $0,577 a = 0,46$.

Zur Abschätzung der Unsicherheit bei der Zählratenbestimmung werden die Gleichungen (6) und (8) betrachtet. Daraus lässt sich ableiten, dass die Unsicherheiten der Zählrate $R_{\alpha,\text{nat}}$ für die natürliche Radioaktivität und die Unsicherheit der Kompensationsfaktoren entscheidend für die Gesamtunsicherheit sind. Die Beiträge zur Unsicherheit durch die Probeentnahme, für die jeweiligen Nachweisvermögen der Messanordnung und für die Volumendurchsatzmessung sind dagegen vernachlässigbar und lassen sich mit 3 % bis 8 % abschätzen. Weitere Beiträge resultieren aus den Standardabweichungen der Mischaktivitätsnormale, die für das Kalibrierverfahren eingesetzt werden. Die Gesamtunsicherheit des Verfahrens beträgt bei optimaler Wahl des Kompensationsfaktors 10 % bis 20 %.

6 Nachweisgrenzen

Die systematischen Schwankungen des Kompensationsfaktors werden berücksichtigt. Der zählstatistische Anteil ist proportional dem Kehrwert aus der Wurzel der Messzeit, während der systematische Anteil in $s(F_\beta)$ zeitunabhängig ist. Damit ist letzterer für große Messzeiten dominant, so dass die Nachweisgrenze in guter Näherung linear proportional zur Konzentration der Radonfolgeprodukte ist.

Die Berechnung der Nachweisgrenze für die mittlere Aktivitätskonzentration künstlicher Alpha-Strahler erfolgt nach Gleichung (9).

$$g_\alpha = \frac{(k_{1-\alpha} + k_{1-\beta})}{\varepsilon_\alpha \cdot K_G \cdot \dot{V} \cdot t_m} \cdot \sqrt{\frac{\varepsilon_\alpha \cdot c_{\alpha,\text{nat}} \cdot \dot{V} \cdot \gamma_w}{t_m} \left[(1 + F_\alpha)(F_\alpha) + (\varepsilon_\alpha \cdot c_{\alpha,\text{nat}} \cdot \dot{V} \cdot \gamma_w \cdot t_m \cdot s^2(F_\alpha)) \right]} \quad (9)$$

- g_α : Nachweisgrenze für die mittlere Aktivitätskonzentration künstlicher Alpha-Strahler in $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$
- $k_{1-\alpha}$: Quantil der Standardnormalverteilung
- $k_{1-\beta}$: Quantil der Standardnormalverteilung
- γ_w : Wichtungsfaktor für den radioaktiven Zerfall auf dem Filterband in s

Die Nachweisgrenze für die mittlere Aktivitätskonzentration künstlicher Beta-Strahler wird nach Gleichung (10) berechnet:

$$g_{\beta,art} = \frac{(k_{1-\alpha} + k_{1-\beta})}{\varepsilon_\beta \cdot K_G \cdot V \cdot t_m} \cdot \sqrt{\frac{\varepsilon_\alpha \cdot c_{\alpha,nat} \cdot \dot{V} \cdot \gamma_w}{t_m} \left[(1 + F_\beta)(F_\beta) + (\varepsilon_\alpha \cdot c_{\alpha,nat} \cdot \dot{V} \cdot \gamma_w \cdot t_m \cdot s^2)(F_\beta) \right]} \quad (10)$$

- g_β : Nachweisgrenze für die mittlere Aktivitätskonzentration künstlicher Beta-Strahler in $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$

6. Einfluss der natürlichen Aktivität

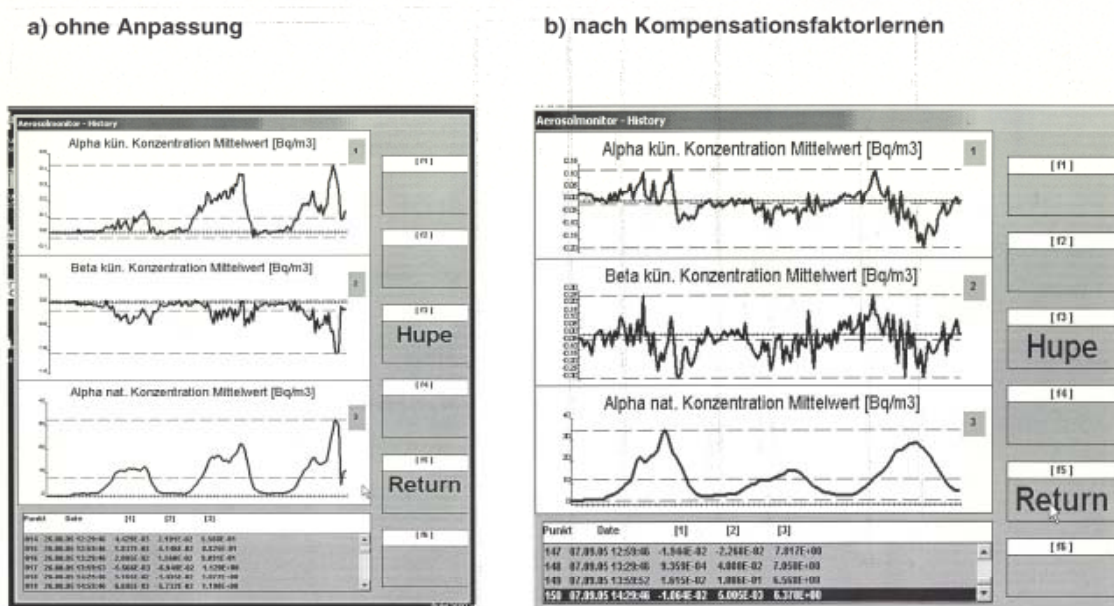


Abb.2: Auswirkung der Kompensationsfaktoren auf die Messergebnisse

Mittels der Kompensationsfaktoren werden die realen Bedingungen berücksichtigt. Abbildung 2 zeigt Messwerte für die natürliche Alphakonzentration, die künstliche Alphakonzentration und die künstliche Betakonzentration vor und nach Einstellung des Kompensationsfaktors. Bei guter, der Realität angepassten Kompensation oszillieren die Messwerte für die künstlich berechneten Aktivitätskonzentrationen um den Nullwert. Die Amplitude der Schwankungen weist sich als Nachweisgrenze des Verfahrens aus. Bei fehlender Kompensation werden fälschlich Messwerte ausgewiesen. Die Impulsraten der Radonfolgeprodukte wirken unterschiedlich auf die festgelegten Energiebereiche ein. Die Kompensationsfaktoren müssen daher regelmäßig überprüft und neu eingestellt werden, da sich die jahreszeitlichen Änderungen auch auf die Aktivität der Radonfolgeprodukte in der bodennahen Luft auswirken.

Die Messunsicherheit des Kompensationsfaktors und die Radonfolgeproduktkonzentration wirken sich direkt auch auf die Nachweisgrenze aus. Besonders aber die schnellen Konzentrationsänderungen verursachen hohe Fehler im Verfahren, da die fest eingestellten Kompensationsfaktoren dem nicht Rechnung tragen.

Die natürliche Alpha-Aktivitätskonzentration wirkt sich direkt auf die berechnete Nachweisgrenze aus (Abb.3).

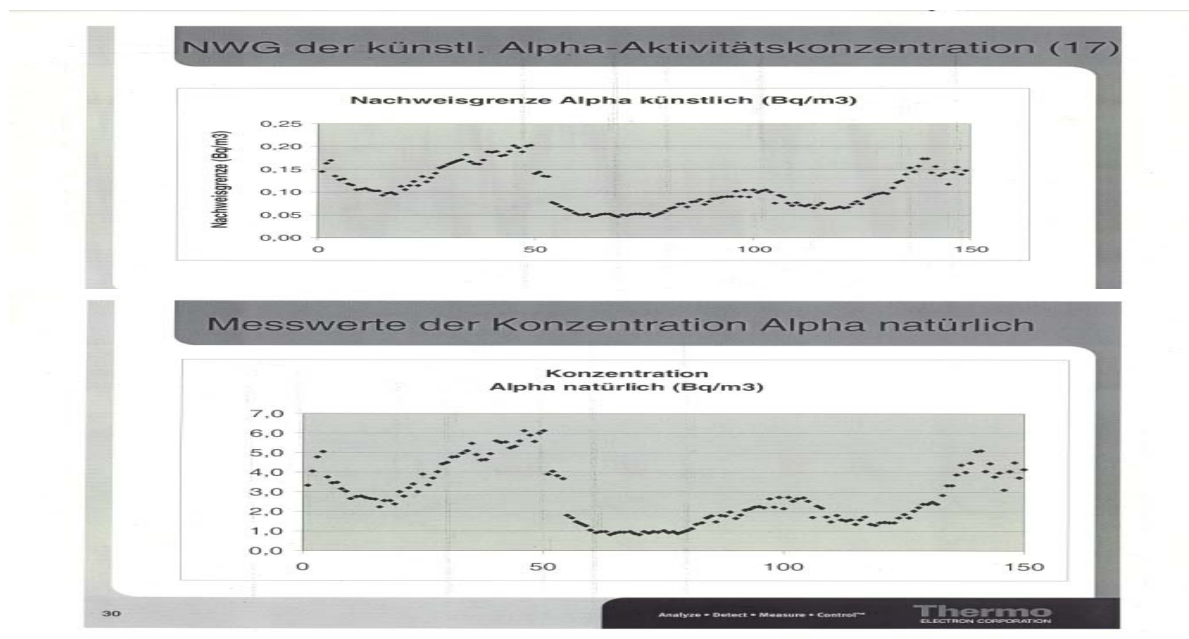


Abb.3: Abhängigkeit der Nachweisgrenze für die künstliche Alpha-Aktivitätskonzentration von der natürlichen Alpha Aktivitätskonzentration

Unter optimalen realen Umgebungsbedingungen wurden Erkennungsgrenzen für die künstliche Alpha- und Betakonzentration ermittelt, die den Vorgaben des Intensivmessprogramms entsprechen (Abb.4). Daher sind die Luftmonitore grundsätzlich für die Umgebungsüberwachung geeignet. Das Kompensationsverfahren zeigt jedoch noch erhebliche Schwächen bei hohen natürlichen Aktivitätskonzentrationen auf. Vielleicht ist hier Abhilfe zu schaffen durch die kontinuierliche Anpassung von Kompensationsfaktoren in Abhängigkeit der zeitlichen Änderung der natürlichen Aktivitätskonzentration einerseits und andererseits die zusätzliche Auswertung der Impulsraten für die Alpha- und die Betastrahler und deren Zerfallsanalyse.

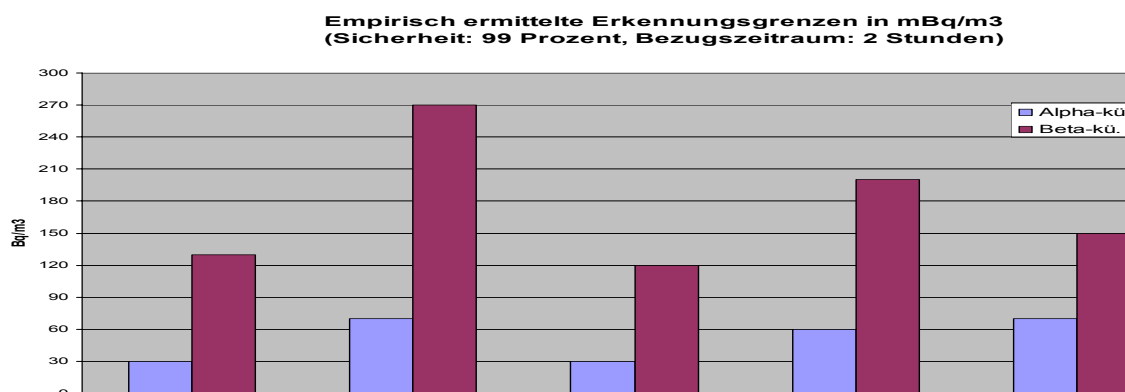


Abb.4: Erkennungsgrenzen der berechneten künstlichen Alpha- und Beta-aktivitätskonzentration für Radioaktivitätsmessstellen des DWD

7 Literatur

- [1] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Integrierten Meß- und Informationssystem nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz (AVV-IMIS), Bundesanzeiger 47, Nummer 200a vom 24. Oktober 1995
- [2] Gesetz über den Deutschen Wetterdienst (DWD-Gesetz) vom 10. September 1998 (BGBl. I, S. 2871) zuletzt geändert durch Artikel 5 des Gesetzes zur Verbesserung des vorbeugenden Hochwasserschutzes vom 3. Mai 2005 (BGBl. I, S.1224)
- [3] Gesetz zum vorsorgenden Schutz der Bevölkerung gegen Strahlenbelastung (Strahlenschutzvorsorgegesetz, StrVG) vom 19. Dezember 1986, zuletzt geändert durch Art. 43 V vom 25.11.2003
- [4] Steinkopff T., A. Dalheimer, W. Dyck, B. Fay, H. Glaab, I. Jacobsen (2000): Surveillance of Radioactivity in the Atmosphere by the Deutscher Wetterdienst (DWD) in the Framework of Nuclear Emergency Response Programmes, 10th International Congress of The International Radiation Protection, May 14-19, Hiroshima Japan. DWD Radioaktivitätsmessungen
- [5] K. Bujis, P. Burger, E. Frenzel, A. Gagel, B. Hofmann, M. Iwatschenko-Borho, R. Löw, J. P. Sevrancx, G. Wagner: Aerosolmonitor FHT59Si: On-line Monitor zur simultanen Überwachung aerosolgebundener künstlicher Alpha- und Betastrahler, Publikationsreihe Fortschritte im Strahlenschutz, Strahlenschutz für Mensch und Umwelt, 25 Jahre Fachverband für Strahlenschutz, Hrsg.: H. Jacobs, H. Bonka, Aachen, 30. September-3. Oktober 1991
- [6] Norm DIN EN 1822-1, Schwebstofffilter (HEPA und ULPA), Berlin, 1998-07

EINSATZ DER AEROGAMMASPEKTROMETRIE NACH EINEM KERNTÉCHNISCHEN UNFALL

Chr. Strobl¹, M. Thomas¹, I. Krol¹, C. Hohmann¹, St. Mundig²

1 Bundesamt für Strahlenschutz

2 CEC Luxembourg

Der Einsatz von in Hubschraubern betriebenen Gammasspektrometrie-Messsystemen ist ein wichtiges Hilfsmittel zur schnellen, großräumigen und nuklidspezifischen Messung der Umweltradioaktivität nach einer Freisetzung radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen. Weitere Aufgaben der Aerogammasspektrometrie sind das Aufspüren, Lokalisieren und Kartieren natürlicher Strahlungsanomalien infolge industrieller oder bergbaulicher Tätigkeiten sowie die Suche nach verloren gegangenen radioaktiven Quellen. Zur Umsetzung dieser Aufgaben werden vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) insgesamt vier Messsysteme bereitgestellt.

Hubschraubergestützte Messungen haben im Vergleich zu bodengestützten Direktmessungen und zur Entnahme von Bodenproben den Vorteil, dass die auf dem Boden abgelagerten Radionuklide sehr schnell und großräumig identifiziert werden können. Um dies zu verdeutlichen, wurden in einem Messgebiet auf dem Atomwaffengelände in Semipalatinsk (Kasachstan) sowohl bodengestützte als auch hubschraubergestützte Messungen durchgeführt und hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit verglichen. Diese im Rahmen der von der CTBTO im Jahr 2005 organisierten Messkampagne DE05 durchgeführten Messungen bestätigen eindeutig den Vorteil der Aerogammasspektrometrie gegenüber bodengestützten Messmethoden bei der schnellen Kartierung großräumiger Messflächen. So konnte mit den hubschraubergestützten Messungen in nur zwei Stunden eine Kartierung der räumlichen Verteilung des Radionuklids ¹³⁷Cs in einem etwa 100 km² großen Untersuchungsgebiet vorgenommen werden. In den dabei lokalisierten Bereichen erhöhter Kontamination wurden anschließend am Boden detaillierte radiologische Untersuchungen zur Ermittlung der spezifischen Aktivitäten durchgeführt. Die Qualität der Aerogammasspektrometrie wird zusätzlich anhand des Vergleichs aerogammasspektrometrischer ¹³⁷Cs-Messdaten mit den Ergebnissen von Oberflächenproben im Bayrischen Wald sehr gut belegt.

QUALITÄTSSICHERUNGSMASSNAHMEN IM ORTSDOSISLEISTUNGSMESSNETZ DES BFS BEI DER UMSTELLUNG AUF DIE NEUE DOSISLEISTUNGSMESSGRÖSSE $H^*(10)$

A.Rupp¹, U. Stöhlker¹, F. Wissmann²

1 Bundesamt für Strahlenschutz

2 Physikalisch-Technische Bundesanstalt

Zusammenfassung

Mit der Novellierung der Strahlenschutzverordnung im August 2001 wurde in Deutschland die Umgebungs-Äquivalentdosisleistung $dH^*(10)/dt$ als neue Messgröße im Strahlenschutz verbindlich festgeschrieben. Innerhalb einer 10-jährigen Übergangsfrist ist es erlaubt, mit anderen Ortsdosimetern auch weiterhin zu messen und in die Messgröße $dH^*(10)/dt$ umzurechnen. Danach ist die direkte Messung von Umgebungs-Äquivalentdosisleistung Pflicht. Entsprechend werden von der PTB neue Anforderungen an die Ortsdosimeter zur Messung der Umgebungs-Äquivalentdosisleistung definiert. Da ein Austausch aller Sonden im ODL-Messnetz des BfS zu aufwändig und teuer wäre, werden in Zusammenarbeit des BfS und der PTB die Eigenschaften der eingesetzten Sonden exemplarisch untersucht, um durch geeignete Maßnahmen den gesetzlichen Anforderungen auch nach der Übergangsfrist hinreichend gerecht zu werden. Dazu werden das Energie- und Winkelansprechvermögen sowie die Linearität der Sonden untersucht. Ergänzt werden diese Aktivitäten durch zahlreiche nationale und internationale Vergleichsmessungen.

After the amendment of the German radiation protection legislation „Strahlenschutzverordnung“ in August 2001 the ambient gamma dose rate $dH^*(10)/dt$ has been defined obligatorily as unit for the ambient gamma dose rate. Within a periode of 10 years it is permitted to use detectors originally designed for other units and to calculate ambient gamma dose rate from the data obtained. After this periode the measurements must be performed in units of ambient dose rate directly. Due to these developments the German metrological insitute PTB has defined requirements for detection systems capable to be used for the appropriate measurement of the gamma dose rate in units of $dH^*(10)/dt$. In co-operation with the PTB the federal office for radiation protection (BfS) started a series of investigations to prove that the detectors already used at the more than 2000 measurement posts in the gamma dose rate network would be compliant to the new legislation without or after the application of recalibration procedures. These investigations included measurements of enery dependency and angular distribution and were supplemented by intercomparison experiments on both national and international scale.

1. Problemstellung

Das ODL-Messnetz mit seinen ca. 2150 ODL-Messstellen war Ende der neunziger Jahre durch das BfS harmonisiert worden, so dass heute fast ausschließlich Sonden vom Typ GS05 der Fa. TechniData (vormals Hörmann) eingesetzt werden. Die Sonden wurden vom Hersteller im Auftrag des Bundesamtes für Zivilschutz (BZS) entwickelt und sind für die

Messung der Luft-Kerma ausgelegt. Mit zwei energiekompensierten Geiger-Müller-Zählrohren, dem so genannten Niederdosis-Zählrohr (ND) und dem Hochdosis-Zählrohr (HD), ist die Sonde in der Lage, von einigen 10 nGy/h bis etwa 5 Gy/h die Dosisleistung in Einheiten des Luft-Kerma zu messen. Beide eingesetzte Zählrohre kommen aus dem Haus der Fa. VacuTec und haben die Bezeichnung 70031E für ND und 70018E für HD.

Für die Messung der Ortsdosisleistung wurde durch die im Juli 2001 novellierte Strahlenschutzverordnung als Messgröße die Umgebungsäquivalent-Dosisleistung $dH^*(10)/dt$ festgelegt. Um die Umstellung auf diese Messgröße mit möglichst geringen finanziellen und organisatorischen Mitteln vollziehen zu können, wurde geprüft, inwieweit die im ODL-Messnetz des BfS eingesetzten Sonden zur Messung dieser Messgröße geeignet sind.

Zum Beginn der Untersuchung im Dezember 2003 hatte der Zählrohrhersteller bereits Zählrohre für die Messung von $dH^*(10)/dt$ im Angebot. Sie verwenden die gleiche Hochspannung und besitzen gleiche Abmessungen, so dass sie im Rahmen eines Austauschs in die vorhandenen Sondenplatinen eingesetzt werden könnten. Für solche Zählrohre wurde am Ende der Typenbezeichnung der Buchstabe A reserviert. Das marktreife ND-Zählrohr wurde allerdings erst Mitte 2005 angeboten. Neben der Modifikation beider Zählrohre durch Änderung der eingesetzten Energiefilter zur Messung von $dH^*(10)/dt$ wurde bei dem ND-Zählrohr zusätzlich der Anodendraht von 1 auf 2 mm verstärkt.

2. Umgebungsäquivalentdosisleistung $H^*(10)$ als gesetzliche Messgröße

Das in den neunziger Jahren von der internationalen Strahlenschutzkommission (International Commission on Radiological Protection, ICRP) erarbeitete Konzept des Strahlenschutzes schlug sich unter anderem in der Empfehlung der Einführung von neuen Messgrößen im Strahlenschutz nieder. Diese Empfehlungen wurden bei der Erarbeitung der Europäischen Richtlinie 96/29/Euratom [1] zu Grunde gelegt. In nationales Recht wurde die Richtlinie mit dem Inkrafttreten der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) im August 2001 umgesetzt [2]. Die u. a. für das ODL-Messnetz geltende Messgröße Umgebungs-Äquivalentdosisleistung $dH^*(10)/dt$ ist in der Anlage VI Teil A Nr. 1 und 2 zusammen mit anderen dosimetrischen Größen, Gewebe- und Strahlungs-Wichtungsfaktoren zu finden.

Der § 67 „Strahlungsmessgeräte“ der Verordnung regelt, dass diese Geräte je nach Verwendungsart entweder eichpflichtig sind oder bei nicht eichpflichtigen Messungen „den Anforderungen des Messzwecks genügen“.

Die Eichpflicht setzt voraus, dass die Messgeräte bauartzugelassen sind. Die Anforderungen hierfür werden von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt erarbeitet und in Kraft gesetzt. Die aktuellen Anforderungen PTB-A 23.3 [3] wurden von der PTB zuletzt im Mai 2005 geändert. Ab diesem Zeitpunkt gibt es ferner keine Unterschiede in den Anforderungen zwischen den ortsfesten und ortsveränderlichen Geräten.

Der § 117 (27) der StrlSchV sieht eine Übergangszeit bis zum 01.08.2011 vor, in der die in Luft-Kerma K_a oder Photonen-Äquivalentdosisleistung H^* ermittelten Messwerte noch in die neue Messgröße umgerechnet werden dürfen. D. h. der Gesetzgeber schafft damit eine

Übergangszeit, in der die vorhandene messtechnische Ausstattung weiterhin verwendet werden darf. Mit dieser Entscheidung kam man Geräteherstellern und vor allem den Gerätenutzern entgegen, da zum Zeitpunkt der Novellierung der Strahlenschutzverordnung fast keine Geräte eine Bauartzulassung nach den PTB- Anforderungen für Umgebungs-Äquivalentdosisleistung hatten [4].

Eine Bauartzulassung eines Ortsdosimeters nach den PTB-Anforderungen ist daher ein Gütesiegel und ein Hinweis für den künftigen Gerätenutzer, dass dieser Gerätetyp für die Wiedergabe der gesetzlichen Größe eingesetzt werden darf. In der Regel wird die kostenpflichtige Bauartzulassung vom Gerätehersteller beantragt und von der PTB durchgeführt.

Die Messgröße selbst wurde in mehreren Veröffentlichungen und Vorträgen diskutiert. Es ist hier z. B. auf die PTB-Dos-Berichte Nr. 23 aus dem Jahr 1994 und Nr. 45 vom Dezember 2003 zu verweisen [5, 6].

Der Betrieb des ODL-Messnetzes für die großräumige Überwachung der Umwelt-radioaktivität wird durch das Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG) und die AVV IMIS zweckgemäß geregelt und definiert. In der AVV IMIS wird im Allgemeinen gefordert, dass die eingesetzten Geräte dem Stand der Wissenschaft und Technik entsprechen. Darüber hinaus wird in der REI-Messanleitung „Grundlagen und Hinweise zur Messung von Ortsdosis und Ortsdosisleistung“ [7] der Betrieb des ODL-Messnetzes des BfS noch präzisiert, in der als Messgröße die $dH^*(10)/dt$ genannt wird. Für den Betrieb des ODL-Messnetzes wird jedoch weder die Bauartzulassung verlangt noch die Eichpflicht der Sonden auferlegt.

3. Durchgeführte Untersuchungen

3.1. Untersuchungen bei der PTB

Bei der Überprüfung der Sondereigenschaften des ODL-Messnetzes für die Weitergabe der Umgebungsäquivalent-Dosisleistung als gesetzliche Messgröße wurde zuerst entschieden, eine im ODL-Messnetz bestehende Sonde exemplarisch der Bauartprüfung (gemäß PTB-A 23.3) zu unterziehen. Diese Untersuchung wurde in Kooperation mit der PTB durchgeführt, denn zu diesem Zeitpunkt hatte der Zählrohrhersteller die Produktion der GS05-Sonden bereits eingestellt, so dass eine Bauartzulassung der Sonde durch den Hersteller nicht mehr gefordert werden konnte.

Primäres Ziel dieser Untersuchung war die Ermittlung der dosimetrischen Eigenschaften der für die Luft-Kerma gebauten Sonden. Basierend auf dem Untersuchungsergebnis sollte dann ein Konzept zur Anpassung des ODL-Messnetzes an die neue Messgröße festgelegt werden.

In der Tabelle 1 sind die wichtigsten Parameter und deren höchstzulässige Änderung des Ansprechvermögens dargestellt. Die Abweichung der Geräteanzeige eines Messgerätes darf demnach im Mindestgebrauchsbereich der Photonenenergie von 80 bis 1250 keV und bei Strahleneinfallswinkeln von $\pm 45^\circ$ zur Vorzugsrichtung höchstens $\pm 40\%$ vom Sollwert betragen. Die Kalibrierung des Messgerätes mit Cs-137 wird vorausgesetzt.

Die Abweichung der Linearität der Geräteanzeigen darf höchstens $\pm 10\%$ innerhalb der 4 Messdekaden betragen. Ein wichtiger Parameter ist neben den in der Tabelle 1 dargestellten

Einflussgrößen die apparative Nulleffektanzeige des Messgerätes, die für die Umgebungs-dosimetrie unter 50 nSv/h liegen muss.

Die im Februar 2005 bei der PTB auf der Gammabestrahlungsanlage und 420 kV – Röntgenanlage durchgeführten Untersuchungen mit einer GS05-Sonde haben ergeben, dass das Ansprechvermögen der Sonde im Energiebereich unterhalb von ca. 100 keV den PTB-Anforderungen nicht entspricht.

Tabelle 1 Anforderungen der PTB-A 23.3 vom Mai 2005

Tabelle 1: Höchstzulässige Änderung f_{\max} des Ansprechvermögens bei Einwirkung verschiedener Einflussgrößen innerhalb ihres Nenngebrauchsbereichs

Einflussgröße	Mindestnenn- gebrauchsbereich	Bezugswert der Einflussgröße	f_{\max}	Bem. Nr.
mittlere Photonenenergie \bar{E}	<u>Für $H^*(10)$:</u> 80 keV bis 1250 keV oder 20 keV bis 150 keV	\bar{E} von ^{137}Cs (662 keV) oder \bar{E} von N-150 (118 keV)	0,4	2.4.1
und	bzw. <u>für $H^*(0,07)$:</u> 10 keV bis 30 keV	bzw. \bar{E} von N-20 (16 keV)		und
Strahleneinfallrichtung	$\pm 45^\circ$	Vorzugsrichtung		2.4.2
Dosisleistung bei der Dosismessung	4 Größenordnungen	—	0,1	2.5

Bei 80 keV wird von beiden Zählrohren bei den Strahleneinfallswinkeln von $+45^\circ$, -30° und -45° der geforderte Mindestwert 0,6 aus dem Verhältnis r-Wert/r-Wert [Cs-137, 0°] unterschritten. Die Abbildung 1 zeigt das Ansprechvermögen beider Zählrohre der GS05-Sonde. Unterhalb von 80 keV sind daher die für die Luft-Kerma konzipierten Zählrohre für eine Wiedergabe der Umgebungs-Äquivalentdosisleistung nicht geeignet

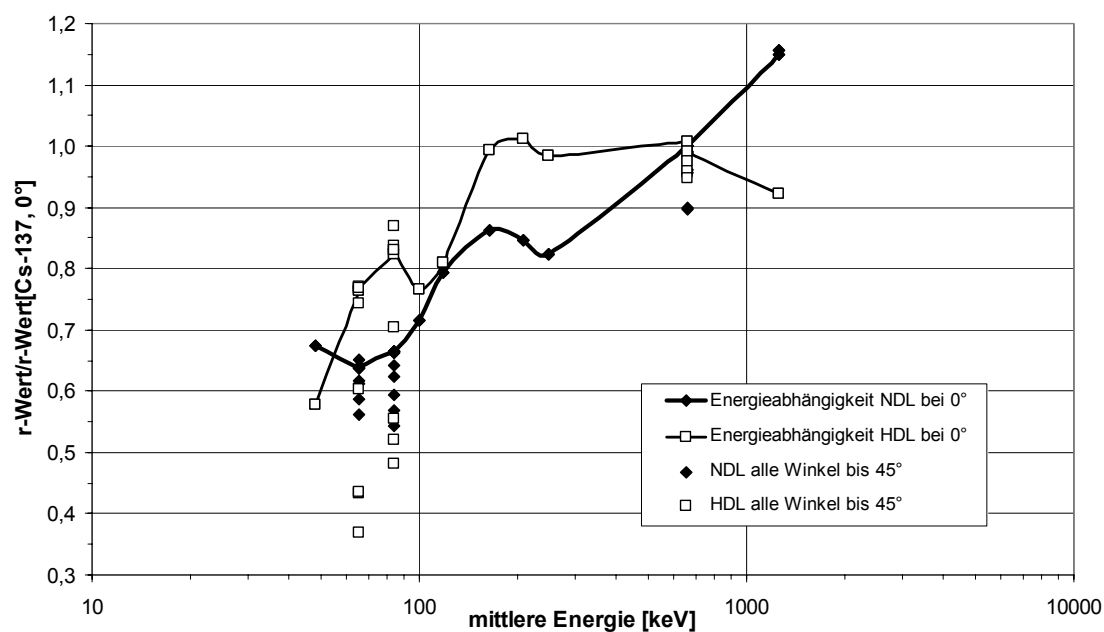


Abb. 1 Energie- und Winkelabhängigkeit des ND- und des HD-Zählrohres der GS05-Sonde

3.2. Interne Untersuchungen beim BfS

Dieses Ergebnis bedeutete, dass mittelfristig eine Umstellung auf die neuen Zählrohre des A-Typs erfolgen müsste. Folglich wurde untersucht, ob ein bestehende Sonde des Typs GS05 nach Austausch der Zählrohre und unter Verwendung von Zählrohren des A-Typs den PTB-Anforderungen genügen. Zu diesem Zweck wurden 3 Sonden umgerüstet und im Rahmen einer ersten Untersuchung bei der PTB mit Cs-137 im Bereich von ca. 100 nSv/h bis 1,3 Sv/h kalibriert. Anschließend wurde diese Untersuchung der GS05(A)-Sonde beim BfS auf einer eigenen Sekundäranlage gemäß den PTB-Anforderungen fortgesetzt. Dabei wurden die bei der PTB gewonnenen Daten für die Abhängigkeit der Zählrohrempfindlichkeit von der Dosisleistung mit Polynomen 3. Grades (ND) bzw. 2. Grades (HD) approximiert. Dies ermöglicht in erster Linie eine sehr gute Übereinstimmung mit den experimentellen Daten. Der berechnete Approximationsfehler liegt im gesamten Messbereich der beiden Zählrohre der Sonde unter 2 %. Die Linearität der Geräteanzeige liegt somit deutlich unter den geforderten ± 10 %. Dabei kann das Niederdosiszählrohr im Dosisleistungsbereich von einigen 10 nSv/h bis ca. 1 mSv/h arbeiten. Der Messbereich des Hochdosiszählrohres wäre von ca. 100 μ Sv/h bis ca. 1 Sv/h anzugeben. Der obere Messbereich des HD kann noch bis ca. 10 Sv/h erweitert werden. Die Begrenzung ist auf das maximal verfügbare Dosisleistungsfeld mit ^{137}Cs bei der PTB zurückzuführen.

Die Messdaten der Winkel- und Energieabhängigkeit der beiden Zählrohre der Sonde GS05(A) bezogen auf $dH^*(10)/dt$ sind in den Tabellen 2 und 3 zusammengefasst.

Tabelle 2 Relative Winkel- und Energieabhängigkeit des ND-Zählrohres der GS05A-Sonde (Typ 70031 A) bezogen auf 0° und ^{137}Cs

Strahlenqualität	A80	A100	A120	A150	A200	A250	A300	^{137}Cs	^{60}Co
Winkel [°]/ \bar{E} [keV]	65,2	83,4	100,0	118,4	164,5	207,3	247,5	662	1250
- 45	0,96	0,91	0,87	0,85	0,84	0,81	0,77	-	1,15
- 30	1,01	0,95	0,95	0,97	0,95	0,87	0,84	-	1,23
- 15	1,06	1,04	1,04	1,05	0,99	0,93	0,87	-	1,24
0	1,08	1,06	1,05	1,06	1,00	0,93	0,89	1,00*	1,26
+ 15	1,09	1,03	1,02	1,03	0,96	0,91	0,87	-	1,24
+ 30	1,01	0,93	0,95	0,96	0,94	0,87	0,82	-	1,20
+ 45	0,98	0,89	0,85	0,85	0,81	0,80	0,77	-	1,14

* - Bezugspunkt, - noch keine Daten

Tabelle 3 Relative Winkel- und Energieabhängigkeit des HD-Zählrohres der GS05A-Sonde (Typ 70018 A) bezogen auf 0° und ^{137}Cs

Strahlenqualität	A80	A100	A120	A150	A200	A250	A300	^{137}Cs	^{60}Co
Winkel [°]/ \bar{E} [keV]	65,2	83,4	100,0	118,4	164,5	207,3	247,5	662	1250
- 45	0,51	0,78	0,79	0,85	0,95	0,970	0,91	-	-
- 30	0,54	0,80	0,83	0,87	0,96	0,96	0,94	-	-
- 15	0,51	0,70	0,72	0,74	0,88	0,90	0,91	-	-
0	0,71	0,91	0,88	0,88	0,93	0,94	0,94	1,00*	-
+ 15	0,66	0,88	0,86	0,88	0,93	0,95	0,92	-	-
+ 30	0,61	0,84	0,86	0,88	0,96	0,96	0,94	-	-
+ 45	0,46	0,75	0,79	0,88	1,03	1,00	0,95	-	-

* - Bezugspunkt, - noch keine Daten

Aus den gewonnenen Daten ist ersichtlich, dass beide Zählrohre auch im kritischen niederenergetischen Bereich die geforderten Eigenschaften nach PTB-A 23.3 gut erfüllen. Das ND-Zählrohr kann die Messgröße sogar noch bei der mittleren Energie von 65,2 keV gut wiedergeben.

Um endgültig die Überprüfung abzuschließen, sind noch die Untersuchung der Winkelabhängigkeit für das ND-Zählrohr mit ^{137}Cs und für das HD-Zählrohr mit ^{137}Cs und ^{60}Co notwendig. Die Untersuchungen sollen im Sommer 2006 abgeschlossen werden. Aufgrund der bisherigen Erfahrungen sind jedoch in Hinsicht auf die Winkelabhängigkeit der Geiger-Müller-Zählrohre des betrachteten Typs Schwierigkeiten nicht zu erwarten.

Schließlich ist geplant, den Eigeneffekt der Sonde im Rahmen des 3. EURADOS-Vergleichs der europäischen Messnetzbetreiber im September 2006 im Untergrund-Labor der PTB in Asse zu überprüfen. Aus Erfahrung ist zwar bekannt, dass das ND-Zählrohr einen relativ hohen Eigeneffekt aufweist, dass der geforderter Maximalwert von 50 nSv/h jedoch nicht überschritten wird.

4. Schlussfolgerung

Die in Zusammenarbeit mit der PTB gewonnenen Erkenntnisse sind von entscheidender Bedeutung für den Betrieb des ODL-Messnetzes in den kommenden Jahren. Zunächst sind die Sonden der beiden Typen vollständig charakterisiert und eine Angabe der erhobenen Daten ist unter Berücksichtigung des dabei entstehenden Fehlers in der Einheit der Umgebungs-Äquivalentdosisleistung $dH^*(10)/dt$ möglich. Zusätzlich wurde ein Konzept zur Sondenrüstung auf den neuen Sondentyp erstellt. Demzufolge werden künftig bei Reparaturen die beiden für Luft-Kerma kalibrierten Zählrohre der Sonde gegen Zählrohre des A-Typs ausgetauscht. Dies betrifft jährlich ca. 70 Sonden. Da Reparaturen in Eigenregie in der Reparaturzentrale im Messnetzknotten Neuherberg durchgeführt werden, entstehen keine zusätzlichen Kosten. Als Konsequenz werden in den kommenden 6 Jahren mehr als 400 Sonden auf die neue Messgröße umgerüstet.

5. Literatur

- [1] Richtlinie 96/29/Euratom des Rates zur Feststellung der grundlegenden Sicherheitsnormen für den Schutz der Gesundheit der Arbeitskräfte und der Bevölkerung gegen die Gefahren durch die ionisierende Strahlung, vom 13. Mai 1996 (ABl. Nr. L 159 v. 29. Juni 1996 S.1)
- [2] Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV) vom 20. Juli 2001 (BGB1. I S. 1714)
- [3] PTB-A23.3 „Strahlenschutzmessgeräte: Ortsdosimeter zur Messung der Umgebungs- und Richtungs-Äquivalentdosis und der Umgebungs- und Richtungs-Äquivalentdosisleistung“
www.ptb.de/de/org/6/63/bap/ptb23_3.pdf
- [4] Liste der Bauartzulassungen von Ortsdosimetern für $H^*(10)$ und $\dot{H}^*(10)$ gemäß PTB-A23.3, Stand 21.04.2006, www.ptb.de/de/org/6/63/bap/lst23_3n.pdf
- [5] PTB-Dos-23: W. G. Alberts u.a. Neue Dosis-Messgrößen im Strahlenschutz, Braunschweig, 1994
- [6] PTB-Dos-45: P. Ambrosi (Hrsg.) Einheitliche Dosis-Messgrößen durch die Umsetzung der Richtlinie 96/29/EURATOM, Braunschweig, 2005
- [7] Messanleitungen für die Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt und zur Erfassung radioaktiver Emissionen aus kerntechnischen Anlagen. 6. Lfg. Stand 1.10.2000
„Grundlagen und Hinweise zur Messung von Ortsdosis und Ortsdosisleistung“

FACHLICHE WEITERENTWICKLUNG DES BFS-RADIOAKTIVITÄTSMESS- NETZES: NACHWEISBARKEIT AUCH KLEINRÄUMIGER ERHÖHTER, UNFALLBEDINGTER UMWELTKONTAMINATION

U. Stöhlker, M. Bleher, J. Thoma, W. Harms, R. Luff
Bundesamt für Strahlenschutz
Salzgitter

Zusammenfassung

Nicht zuletzt durch den Reaktorunfall in Tschernobyl wurde erkannt, wie wichtig automatisch arbeitende Messnetze zur Überwachung der Umweltradioaktivität sind, stellen sie doch ein wesentliches Mittel dar, um zeitnah Informationen zur Lageermittlung und –bewertung zu erhalten. Das im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland aufgebaute Radioaktivitätsmessnetz des BfS ermöglicht inzwischen in einem Ereignisfall die Erfassung der Ortsdosisleistung (ODL) im 10-Minutentakt an über 2000 Messstellen. Damit lassen sich im 10-Minutentakt zuverlässig Erhöhungen der ODL um 30 nSv/h großflächig in einem Raster von ca. 15 km erkennen und von natürlichen Ereignissen abgrenzen. Durch diese Messungen können die betroffene Gebiete früh und zuverlässig identifiziert werden.

In dem bestehenden Messsystem gilt jedoch die Einschränkung, dass technische Störungen nicht vollständig erkennbar sind und unterdrückt werden können und somit ein erhöhter Messwert an einer einzelnen Sonde nicht zwingend Folge einer radiologisch bedingten Erhöhung der Umweltradioaktivität sein muss. Daher erfolgt eine Frühwarnung erst, wenn zwei benachbarte Messstellen nahezu gleichzeitig eine Schwellenwertüberschreitung der ODL melden. Inzwischen wurde eine Modernisierung der Hardwarekomponenten für die Datenerfassung und -Übertragung eingeleitet, die künftig auch den gesicherten Nachweis einer kleinräumig erhöhten Umweltradioaktivität an nur einer Sonde ermöglichen soll. Bestandteil dieser neuen Generation an Messsystemen sind optimierte Methoden zur Erkennung technischer oder anderer umgebungsbedingter Einflüsse. Im folgenden werden die verbesserten Analyseverfahren und die sich ergebenden Konsequenzen beschrieben.

Summary

After the accident in the Chernobyl reactor it became evident, that automatic networks are necessary to get relevant information for decision makers in due time. In the last years the German gamma dose rate network has been improved to get data from more than 2000 measurement posts every 10 minutes. The increase of the external dose rate by about 30 nSv/h can be detected with a spatial resolution of 15 km. This allows the identification of affected areas effected fast and reliably.

One of the most important constraints in the existing network is that the detectors are to some extent sensitive to technical effects. To minimise false alarms the principle has been introduced that at minimum 2 neighbouring detectors must report an alarm condition within 1 hour. In the last years the development of new technical components of the data acquisition systems has been started. These new data loggers will be optimized to distinguish between

technical and radiological effects. In consequence the capability of the network has been improved to detect radiological anomalies with higher spatial resolution.

1 Einleitung

Hauptziel des ODL-Messnetzes ist der rasche und zuverlässige Nachweis einer möglichen unfallbedingten großflächigen Radionuklidkontamination. Das Messnetz verfügt „rund um die Uhr“ über eine Frühwarnfunktion: wird an einer Messstelle ein vorgegebener Schwellenwert überschritten, wird eine Eigenmeldung der Messstelle ausgelöst. Treffen innerhalb einer Stunde Eigenmeldungen von mindestens 2 „benachbarten“ Messstellen, d. h. mit einem räumlichen Abstand unterhalb 30 km ein, wird eine Frühwarnung ausgelöst – in diesem Fall muss ein Mitarbeiter der Rufbereitschaft anhand aller verfügbaren Informationen beurteilen, ob es Verdachtsmomente für eine unfallbedingte Radionuklidfreisetzung gibt. Die zur Auslösung einer Eigenmeldung basierend am 1min ODL-Daten individuell parametrisierten Schwellenwerte von etwa 70 nSv/h werden öfters durch Regenereignisse überschritten, bei denen Radonfolgeprodukte ausgewaschen werden. Derartige witterungsbedingte Frühwarnsituationen treten erfahrungsgemäß etwa 30 bis 70 mal im Jahr auf.

Regenereignisse werden inzwischen zuverlässig anhand des Niederschlagradarsystems des Deutschen Wetterdienstes (DWD) zeitlich und räumlich erfasst. Die Daten werden bereits seit einigen Jahren routinemäßig zur Prüfung verwendet um festzustellen, ob ein Anstieg der ODL durch ein Niederschlagsereignis bedingt ist. Für derartige Ereignisse typisch ist ein kurzzeitiger Anstieg der ODL, der innerhalb weniger Stunden wieder abklingt. Ein Anstieg der 10-Minuten-ODL um 50 nSv/h wird dabei häufig beobachtet; ein Anstieg oberhalb 100 nSv/h tritt hingegen eher selten auf (vgl. [1] und [2]).

Mit den insgesamt implementierten Verfahren der Prüfung der erhobenen Messwerte wurde im BfS-Radioaktivitätsmessnetz folgender Stand erreicht: Großflächige unfallbedingte Ereignisse, bei denen die ODL durch künstliche Aktivität um 100 nSv/h ansteigt, lassen sich zuverlässig früh erkennen und von natürlichen Ereignissen abgrenzen. Betroffene Gebiete lassen sich dabei in einem Raster von ca. 15 km erkennen; die Erkennungsgrenze liegt dabei im 10 Minutentakt bei etwa 30 nSv/h.

In derartigen Unfallereignissen – bei denen Umweltkontaminationen auftreten, wie sie nach dem Unfall in Tschernobyl in Deutschland beobachtet worden sind – erfüllt das Messnetz zusätzlich folgende Aufgaben:

- Die raumzeitliche Ausbreitung der Kontamination lässt sich während der Wolkendurchzugsphase quasi in Echtzeit im 10-Minuten-Takt verfolgen. Damit lassen sich in dieser Phase die Aussagen von Prognoserechnungen anhand der ODL-Messdaten bezüglich des jeweiligen Ist-Stands überprüfen.
- Mit den erhobenen Daten werden die nationalen Entscheidungshilfesysteme RODOS und IMIS/PARK mit wichtigen Eingangsdaten versorgt und ermöglichen somit insbesondere nach Ende der Wolkendurchzugsphase eine fundierte Lagebeurteilung.

2 Die Modernisierung des ODL-Messnetzes

Zur Zeit werden im ODL-Messnetz des BfS ca. 1500 Messwertsender des Typs DLM1420 der Firma Hörmann (heute TechniData) eingesetzt. Diese Messwertsender wurden ab dem Jahr 1987 in Betrieb genommen. In einer ersten Phase der Modernisierung wurden bereits 660 Messstellen auf den Nachfolgetyp DLM1450 umgerüstet. Inzwischen sind auch die restlichen Messstellen wegen des Alters von mehr als 20 Jahren zu erneuern. Da der Messwertsender des Typs DLM1450 jedoch nur über eingeschränkte kommunikationstechnische Möglichkeiten verfügt und somit eine Nutzung der nicht zuletzt aus wirtschaftlichen Gründen attraktiven Mobilfunknetze verhindert, wurde ein Linux-basierender Messwertsender (MWS3) in Eigenleistung durch das BfS konzipiert und realisiert. Zur Zeit sind seit mehreren Monaten 8 Prototypen im Einsatz, die für die Entwicklung und Endabnahme der Betriebssoftware genutzt werden. Zur Zeit werden 1400 Messwertsender des Typs MWS3 gefertigt und stehen ab dem Sommer 2006 zur Installation in den kommenden 3 bis 4 Jahren zur Verfügung.

Im Gegensatz zu den Messwertsendern wurden die ODL-Sonden in den letzten Jahren kontinuierlich erneuert. Dabei fand eine Homogenisierung der Sondentypen statt, so dass heute ausschließlich Sonden des Typs GS05 der Firma TechniData eingesetzt werden.

Grundlegende Elemente der Konzeption des Linux-basierenden Messwertsenders war der Beibehalt der Sonden des Typs GS05 und die Trennung der Zählerbausteine von der Messwertsenderplatine: die Impulsraten von Hoch- und Niederdosis-Zählrohr werden auf einer separaten Platine ermittelt. Diese Platine – im folgenden als Quasi Intelligenter Sondenadapter (QIS) bezeichnet - wird direkt auf die Platine der Sonde GS05 montiert. Durch diese Lösung ergeben sich mehrere Vorteile: Die Anbindung der Zählerbausteine erfolgt über eine standardisierte serielle Schnittstelle; so dass eine aufwendige Programmierung von Linux-Treibern entfällt. Es werden auf den bis zu mehreren 100 m langen Kabeln zwischen Sonde und Messwertsender nicht mehr die Impulse der Zählrohre, sondern ASCII-Datagramme übertragen; die Störanfälligkeit der alten Lösung gegenüber elektromagnetischer Einstrahlung wird wesentlich verbessert. Die Sonden des Typs GS05 werden zu intelligenten Sonden erweitert und künftig können auch Sonden anderer Anbieter verwandt werden, wenn diese über eine serielle Schnittstelle betrieben werden können. Die Platine des QIS bietet die Möglichkeit der Installation weiterer Auswerteelektronik und ermöglicht die Prüfung der Daten mit Hilfe speziell entwickelter Hardware.

2.1 Der Quasi-Intelligente Sondenadapter (QIS)

Der Quasi intelligente Sondenadapter besteht aus folgenden Komponenten:

- Mikrocontroller (8051 basierender Mikroprozessor)
- RS485 Schnittstelle
- Temperatursensor (-55°C bis +125°C, Auflösung 0,5°C)
- Hochspannungsüberwachung
- Echo-Detektions-Schaltung
- Koinzidenz-Schaltung ND/HD

Der eingesetzte Mikrocontroller (AT89S52) basiert auf dem Typ 8051, besitzt jedoch internen RAM (256 Bytes) und Flash-Speicher (4k). Des Weiteren kann der Mikrocontroller seriell programmiert werden und erlaubt somit ein Firmware-Update ohne Ausbau.

Zur Datenkommunikation mit dem Messwertsender wurde eine RS485 Schnittstelle gewählt, da sie bei niedriger Datenrate für eine Übertragungstrecke von bis zu 4 km spezifiziert und sehr unempfindlich gegen Störungen ist. Die Schnittstelle wird im unidirektionalen Modus betrieben, d. h. es kann entweder gesendet oder empfangen werden.

Zur Messung der Temperatur auf dem QIS wird ein Temperatursensor (DS1621) eingesetzt. Der Temperaturbaustein ist ein externes Bauteil, welches über eine I2C Schnittstelle angesprochen wird. Die Abfrage der Temperatur wird vom Mikrocontroller sekundlich durchgeführt, und der jeweils letzte Messwert wird zwischengespeichert.

Implementiert wurde ferner eine Hochspannungsüberwachung. Dieses Merkmal kann nicht mit Sonden des Typs GS05, sondern nur mit neu zu entwickelnden Sonden verwendet werden. Auf der Sonde befindet sich ein Spannungskomparator, welcher die Hochspannung überwacht. Steigt die Hochspannung über einen eingestellten Grenzwert, wird ein Signal dem Mikrocontroller zugeführt und im Rahmen der Kommunikation mit dem Messwertsender als Statusinformation übermittelt.

2.2 Erweiterungen des Quasi Intelligenten Sondenadapters

Im alten System beruhte das Konzept der Plausibilitätsprüfung der ermittelten Daten auf der Erfahrung, dass es bei technischen Störungen charakteristisch ist, dass sie in der Regel nicht zeitgleich bei benachbarten Messstellen auftreten. Aus diesem Grund wurde zur Vermeidung von Fehlalarmen die Frühwarnfunktion so gestaltet, dass für eine Alarmierung Eigenmeldungen von mindestens 2 benachbarten Messstellen mit einer Entfernung von maximal 30 km im Abstand von einer Stunde erforderlich sind.

Als Erfahrungswert der letzten Jahre gilt ferner, dass sich die Mehrzahl technischer Störungen anhand charakteristischer Muster im Zeitverlauf der Messwerte erkennen lässt. Im Rahmen der routinemäßigen Datenprüfung werden die Zeitreihen aller auffälligen Messstellen täglich einmal geprüft. Messwerte, die sich nicht durch natürliche Vorgänge deuten lassen oder die auf bekannte Störmuster hinweisen, werden als unplausibel gekennzeichnet. Gleichzeitig wurden in den letzten Jahren Prüfmethoden entwickelt, um Fehler der Messeinrichtung eindeutig nachzuweisen. Da sowohl eine Fehleranalyse als auch die Reparatur der Messeinrichtung in eigener Regie durchgeführt wird, konnten umfangreiche Erfahrungen bzgl. der für Fehlerursachen typischen Störmuster gewonnen werden. Dieses Wissen fließt einerseits in die routinemäßige Datenprüfung ein. Zusätzlich konnten zwei grundsätzliche Analyseverfahren zur Erkennung von Störungen abgeleitet werden, die im folgenden beschrieben werden.

2.3 Der Echo-Effekt

Im Rahmen der Modernisierung der messtechnischen Komponenten hat es sich gezeigt, dass technische Störungen der Geiger-Müller-Zählrohre und der nachgeschalteten Impulsformungselektronik zu Mehrfachimpulsen führen können, die in Verbindung mit einer Reihe an Effekten, wie z. B. dem Temperaturgang der Sonden stehen (vgl. Abbildung 1). Unter dem

sogenannten Echo-Ereignis versteht man, dass ein Gamma-Quant im Zählrohr zwei Impulse am Ausgang der Sondenelektronik erzeugt oder zwei kurze Entladungen im Zählrohr mit halber Amplitude stattfinden. Wie in Abbildung 1 dargestellt, folgt unmittelbar auf einen Impuls der Zählrohre ein zweiter Impuls. Im Rahmen einer sogenannten „Mehrfach-Impulsanalyse“ wurde der Effekt an mehreren Zählrohren untersucht und die Anzahl an Mehrfachimpulse in einem 2-Millisekunden-Fenster gezählt. Gemäß Abbildung 2 hat sich gezeigt, dass defekte Zählrohre eine erhöhte Echoimpulszahlrate aufweisen, die bei Umgebungsstrahlung bei einem funktionsfähigen Niederdosiszählrohr bei typisch ca. 1 Prozent liegt.

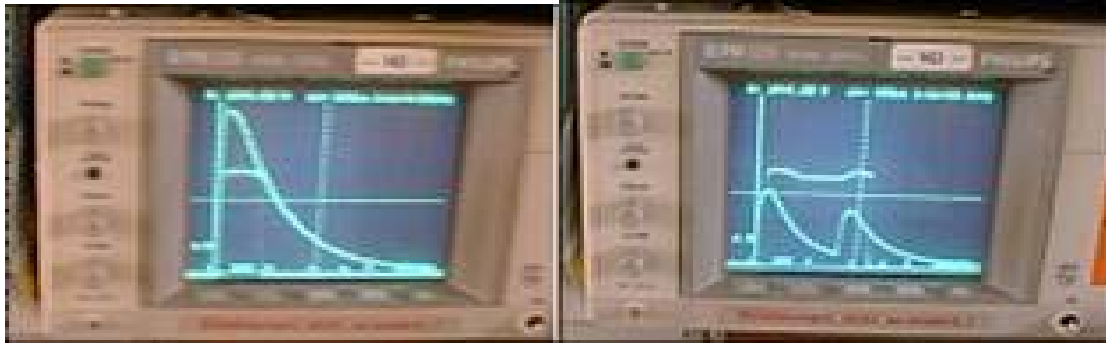


Abb. 1: Bei der defekten Sonde zeigt das Niederdosis-Zählrohr am Ausgang der Sondenelektronik zwei kurze Entladungen mit halber Amplitude während das funktionsfähige Zählrohr einen Impuls mit voller Amplitude zeigt.

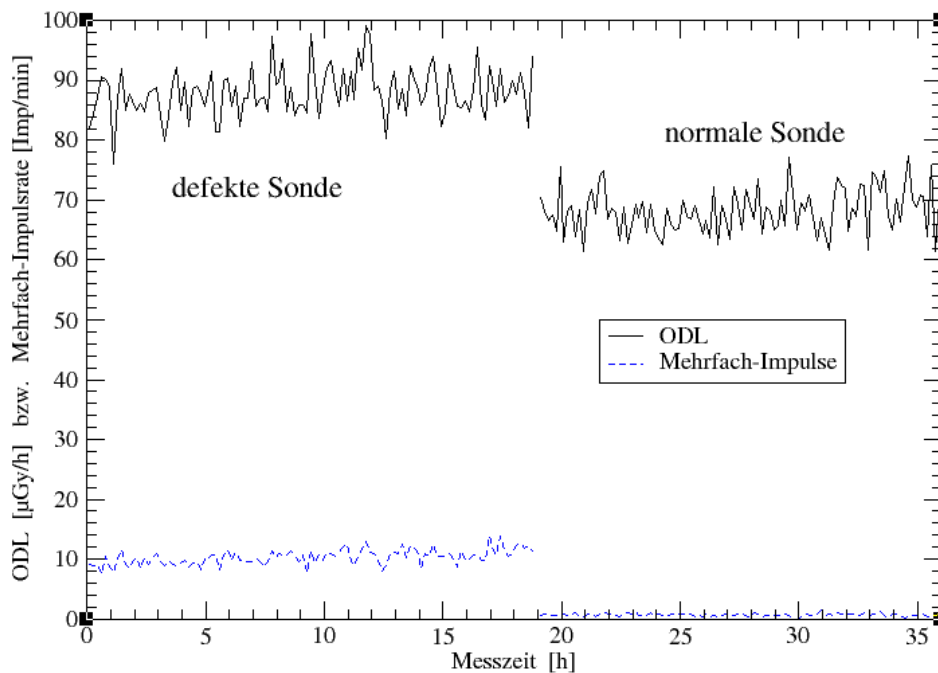


Abb. 2: Gegenüberstellung der Echozählrate bei 2 unterschiedlichen Sonden: bei der defekten Sonde zeigt das Niederdosis-Zählrohr eine erhöhte Mehrfach-Impulsrate sowie eine um etwa 10 nSv/h zu hohe ODL.

Der Echo-Effekt kann unterschiedliche Gründe haben. Zum einen kann das Altern des Zählrohrs und somit der Verbrauch des Löschgases zu einer längeren Entladungszeit führen, welche von der Elektronik in zwei Impulse aufbereitet wird. Zum anderen können Störungen im Löschgase zum Echo-Effekt mit Temperaturabhängigkeit führen. Eine erhöhte Betriebsspannung des Zählrohrs führt zum gleichen Effekt. Da diese zusätzliche Zählrate eine wichtige Informationen über den technische Status der Messstelle liefert, wurde eine Schaltung zur Ermittlung der Echo-Zählrate auf dem QIS implementiert.

2.4 Die Erkennung von Blitzen

Im ODL-Messnetz wird es seit Jahren als typisch angesehen, dass bei Sommergewittern häufig ein Ausreißer zu Beginn eines Niederschlagsereignisses auftritt. Bei Betrachtung der 10min-Daten wird erkenntlich, dass ein einzelner Messwert von ca. $1 \mu\text{Sv/h}$ auftritt, der sich von dem kontinuierlichen Verlauf der übrigen Daten deutlich abhebt. Zunächst wurde angenommen, dass die Ausreißer Folge elektromagnetischer Einstrahlung sind. Im Rahmen einer systematischen Charakterisierung der Fehlerbilder wurde der Untersuchung von Dwyer et al. [3] nachgegangen, der in mehreren Untersuchungen von Röntgenstrahlung in Begleitung von Blitzen berichtet. Es stellte sich somit die Frage, ob die beobachteten Effekte Folge von Blitz-begleitender Röntgenstrahlung sein könnten.

Hierzu ist zunächst die Energie der Photonen zu betrachten. Dwyer et al. [3] berichten, dass die Energie der blitzinduzierten Strahlung zwischen 100 und 250keV liegt. Demzufolge wäre mit den Geiger-Müller-Zählrohren des Typs GS05 die Erkennbarkeit grundsätzlich gegeben.

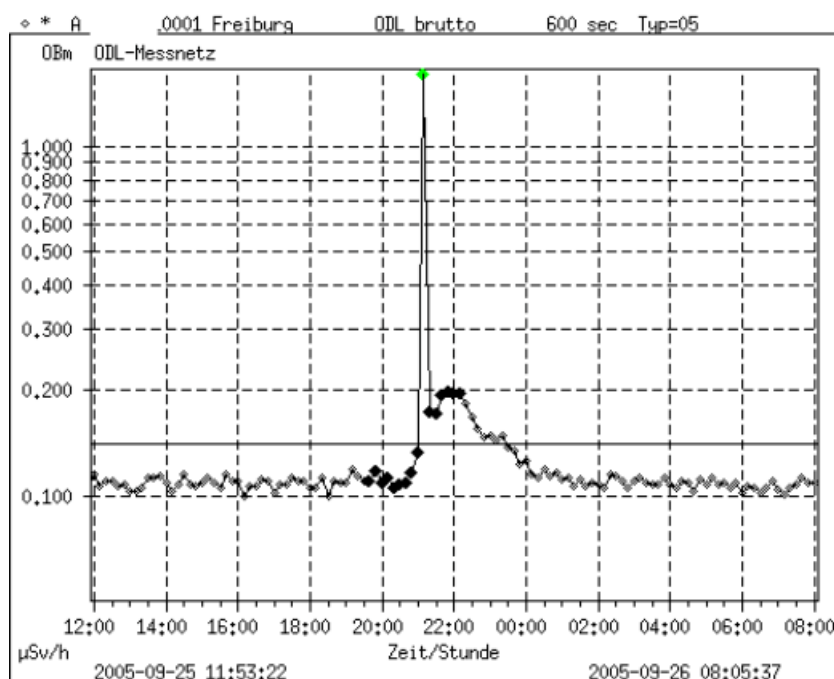


Abb. 3 Häufig auftretender Ausreißer im ODL-Messwertverlauf bei Sommergewittern

Ein weiterer Aspekt betrifft die Dauer der möglichen blitzinduzierten Ereignisse. Die Dauer der Röntgenemission wird bei den künstlich induzierten Blitz mit typisch ca. $60 - 160 \mu\text{s}$ angegeben [3]. Diese Angabe sind zu vergleichen mit den Eigenschaften der beiden

Zählrohre: die Totzeit des ND-Zählrohrs beträgt ca. 160 μs und die des HD-Zählrohrs ca. 20 μs . Vergleicht man die Dauer des Ereignisses mit der Totzeit der Zählrohe so folgt, dass mit dem ND-Zählrohr ca. 1 Impuls und mit dem HD-Zählrohr ca. 3 bis 8 Impulse nachgewiesen werden können. Demzufolge ist das ND-Zählrohr für eine Detektion zu träge, bei einer Untergrundzählrate von ca. 0.1 Impulsen pro Minute wird die Zählrate des HD-Zählrohrs jedoch statistisch signifikant erhöht.

Für eine Analyse der Daten kommt jedoch erschwerend hinzu, dass bei den Messwertsendern des Typs DLM1420 kein Zugriff auf die Zählraten besteht und lediglich die errechnete 10min-ODL verfügbar ist. Betrachtet man den Berechnungsalgorithmus der DLM1420, so wird die resultierende ODL ab einer Zählrate von 14 Impulsen pro Minute aus der Zählrate des HD-Zählrohrs errechnet und zwar unabhängig von der Höhe der Impulsrate im Niederdosiskanal. Bei der Empfindlichkeit von 0,82 $\mu\text{Sv/h}$ je Imp/min ergeben diese 14 Impulse eine ODL von 11,4 $\mu\text{Sv/h}$. Somit sind also mindestens 14 Impulse erforderlich, um einen plötzlichen Anstieg der ODL auf 10min Basis auf Werte von 1,1 $\mu\text{Sv/h}$ hervorzurufen: Dieses Ergebnis entspricht der Höhe der bekannten Ausreißer bei Gewittern.

Bei den neuen MWS DLM1450 sind 1min Impulsraten für HD/ND-Zählrohr verfügbar. Auch für diese Messwertsender konnten in den letzten Jahren entsprechende Effekte nachgewiesen werden. Bei 3 benachbarten Messstellen mit Messwertsendern des Typs DLM1450 um das KKW Grafenreinfeld wurden Daten mit signifikant erhöhten HD-Impulsraten beobachtet, womit die beschriebene Abschätzung bestätigt wird. Dabei liefert die Zählrate des HD-Kanal ein Maß für die Dauer der Blitze. Im Vergleich mit den Angaben von Dwyer [3] deutet die Auswertung unserer Daten allerdings darauf hin, dass natürliche Blitze langlebiger als die künstlich ausgelösten Blitze und Werte bis zu 1000 μsec erreichen können.

2.5 Analyse der Daten im 10-Sekunden-Takt

Um nun eindeutig unterscheiden zu können, ob der beschriebene Effekt des blitzinduzierten Anstiegs der ODL auf die Emission von Röntgenstrahlung oder einfach nur auf elektromagnetische Einstrahlung zurückzuführen ist, muss untersucht werden, ob die Zählrate in HD- und ND-Zählrohr unterschiedlich angestiegen ist. Bei einem elektromagnetisch induzierten Effekt ist davon auszugehen, dass HD- und ND-Zählrohr gleichermaßen ansprechen – bei der geschilderten Röntgenemission ist wegen der Kürze des Effekts nur der HD-Zweig betroffen. Um eine Aussage bezüglich einer statistisch signifikanten Erhöhung der Zählrate im Niederdosiskanalzweig zu erreichen, muss die Taktung der Zählratenbestimmung so gewählt werden, dass Erhöhungen auch beim ND-Zählrohr erkannt werden können. Im Grundpegelbereich beträgt im 10sec Intervall die Zählrate ca. 20 Impulse; die 2-Sigma-Schwankungsbreite liegt dabei bei 9 Impulsen. Sollte der ODL-Anstieg bedingt sein durch elektromagnetische Einstrahlung ist zu erwarten, dass HD- und ND-Zählrohr gleichmäßig um etwas mehr als 15 Impulse ansteigen. Steigt nur die HD-Zählrate, ist blitzinduzierte Röntgenemission mutmaßliche Ursache. Dies bedeutet nun, dass ab einer Taktung des Auslesens der Zählraten von 10 Sekunden eine Unterscheidung zwischen blitzinduzierten Röntgenereignissen und EMI-Effekten möglich werden sollte, da bei dieser zeitlich hochaufgelösten Erfassung der Zählrate eine statistische signifikante Erhöhung auch im ND-Zählrohr auftreten sollte.

Aufgrund dieses Sachverhalts wurde in dem QIS ein Verfahren implementiert, um kurzzeitige Anstiege der ODL zu erkennen. Dieses Verfahren soll künftig in erweitertem Umfang angewandt werden, denn die Erfahrung bei der Plausibilitätsprüfung der erhobenen Daten hat

gezeigt, dass jegliche Form einer Störungen in der Regel mit kurzzeitigen Anstiegen der Zählrate verbunden ist:

Wie die bisherige Erfahrung zeigt, haben Störimpulse in der Regel eine Dauer von wenigen Millisekunden. Im Gegensatz dazu ist für eine unfallbedingte Radionuklidkontamination zu erwarten, dass sich die ODL im Minutentakt nur langsam ändert. Durch eine Zählratenanalyse im 10 Sekunden-Takt lassen sich somit technische Störungen von erhöhter Umweltradioaktivität unterscheiden. Dazu werden die Messdaten mit einer entsprechenden Störstatus-Information versehen und im Speicher des Messwertsenders abgelegt.

Der QIS wird daher im operationellen Betrieb alle 10 Sekunden vom Linux-MWS abgefragt. Im 1-Minuten-Datagramm wird das Maximum der 6 Daten der 10-Sekunden-Intervalle und die Standardabweichung gespeichert. Kurzzeitige Erhöhungen werden erkannt und können bewertet werden. Als Alternative bzw. ergänzende Analysemethode wurde auf dem QIS neben der Taktung der Datenerhebung im 10 Sekunden Takt eine Koinzidenzschaltung implementiert. Der aufbereitete Niederdosisimpuls triggert mit seiner positiven Flanke ein Monoflop, welches für ca. 7 μ s high wird. Diese Schaltung dient der Verkürzung der Impulsdauer von ca. 85 - 105 μ s auf die Dauer des Hochdosisimpulses. Der Ausgang des Monoflops sowie der aufbereitete Hochdosisimpuls werden auf ein UND-Gatter geführt. Dessen Ausgang wird an den Mikroprozessor geführt. Tritt ein entsprechendes Ereignis auf, wird ein Interrupt im Mikrocontroller ausgelöst und ein Status-Flag gesetzt.

Der Koinzidenzschaltung liegt zugrunde, dass sich EMI-Effekte gleichermaßen auf HD- und ND-Kanal auswirken. Die Erfassung der Koinzidenzzählrate dient der Erkennung derartiger Effekte, denn radiologisch können gleiche HD- und ND-Zählraten Grundpegelbereich insbesondere bei kurzen (10-Sekunden-)Intervallen nicht begründet werden.

3 Autarke Messsonden für IMIS

In der Vergangenheit bestand jede der mehr als 2000 Messstellen des ODL-Messnetzes aus der Messsonde und dem über Kabel verbundenen Messwertsender. Jede Messstation verfügt über einen 230 V Netz- und einen eigenen Telefonanschluss.

Um sowohl die Flexibilität dieses Überwachungssystems zu erhöhen als auch Kosten bei künftigen Standortverlegungen zu reduzieren, sollten die netzabhängigen ortsgebundenen Messstellen durch mobile und autark betreibbare Sonden ergänzt werden. Hierzu wurde im Herbst 2005 eine Ausschreibung veröffentlicht.

Bei der inzwischen realisierten neuen Sondengeneration sind beide Zählrohre sowie die gesamte Messelektronik einschließlich Modem, GPS-Modul und Batterieeinheit in einem hermetisierten, wetterfesten Aluminiumgehäuse untergebracht. Wird die Sonde mit dem Takt von 4 Stunden für die Datenübermittlung betrieben, wird ein wartungsfreier Dauerbetrieb über mehr als 4 Jahre erreicht. Die Datenübertragung erfolgt über GPRS, GSM oder SMS, wobei Umschaltmechanismen implementiert sind, die eine alternative Nutzung der übrigen Dienste im Besetztfall ermöglichen. Es werden standardisierte Protokolle wie TCP/IP und FTP eingesetzt. Hilfreich besonders für mobile Einsätze ist, dass den Messwerten zusätzlich die entsprechenden GPS-Koordinaten zugeordnet werden können. Auch erfüllt dieser Sondentyp alle Frühwarnanforderungen: Bei Überschreitung der eingestellten Schwellen (statische oder dynamische) werden Spontanmeldungen verzögerungsfrei abgesetzt.

Außerdem sind sämtliche Analyseverfahren implementiert, wie sie bei den Linux-Messwertsendern unter Verwendung des QIS gegeben sind. Aufgrund der funktionalen Kompatibilität zum MWS3 kann zwischen technischen Störungen, Regen- und echten (Störfall)-Ereignissen unterschieden werden. Darüber hinaus werden zusätzliche Parameter wie Temperatur, Schock und Störimpulse analysiert, so dass das Kontroll-System der Sonde permanent den Zustand aller wesentlichen Komponenten überwacht und automatische Prüfprozeduren und Plausibilitätskontrollen durchführt.

All diese Prüfroutinen erlauben es, Fehler und typische Störmuster zu erkennen und damit echte Anstiege der Umweltradioaktivität von technischen Störungen zu unterscheiden. Automatisch validierte und plausibilitätsgeprüfte Daten können damit ohne umfangreiche manuelle Nachkontrollen weitergegeben werden.

4 Zusammenfassung

Nach Abschluss der Modernisierung der Messtechnik durch Umrüstung auf Linux-MWS und QIS bzw. durch Einsatz der neuen autarken Sonden können die bestehenden Verfahren der Plausibilitätsprüfung wesentlich vereinfacht werden, da mit den geschilderten technischen Verfahren Möglichkeiten geschaffen wurden, um Störungen einer Messstelle automatisch von radiologischen Effekten zu unterscheiden. Damit ergeben künftig mehrere Vorteile:

- Die routinemäßige Plausibilitätsprüfung wird vereinfacht und nimmt zukünftig weniger Zeit in Anspruch.
- In einem Ereignisfall kann eine Weitergabe der Daten an IMIS ohne umfangreiche manuelle Prüfprozeduren sehr viel schneller erfolgen, was insbesondere für die Übermittlung 10-Minuten-Werten im Ereignisfall von Bedeutung ist.
- Damit stehen im Ereignisfall quasi online ODL Messergebnisse zur Verfügung, die eine Übersicht über die aktuell betroffenen Gebiete und die Höhe der zusätzlichen Strahlenexposition geben, was für eine radiologische Bewertung von hoher Bedeutung ist.
- Da technische Störungen als Ursache sofort erkannt werden, kann bei der Auslösung von Frühwarnungen künftig auf die Erfüllung des Nachbarschafts- und Gleichzeitkeitsprinzip verzichtet werden.
- Damit wird die Alarmierungszeit verkürzt und auch die Erkennung von Ereignissen unterhalb des $0,1 \mu\text{Sv/h}$ -Bereichs möglich, bei der lediglich eine Messstelle betroffen ist. Für den Notfallschutz bedeutet dies, dass die Frühwarnzeiten des ODL Messnetzes kürzer werden und somit Umweltkontaminationen schneller und mit kleinerer räumlicher Ausdehnung erkannt werden können.

5 Literatur

- [1] M. Bleher, U. Stöhlker: Ortsdosisleistung und meteorologische Zusatzinformation und deren Bedeutung für den Notfallschutz. In: R. Michel, M. Täschner, A. Bayer (Hrsg.), Tagungsband zur 34. Jahrestagung des Fachverbands für Strahlenschutz e.V., FS-02-119-T (2002), p. 527.
- [2] M. Bleher, U. Stöhlker: Die Bedeutung von Ortsdosisleistungs-Messnetz und Niederschlagsradar für den Nachweis unfallbedingter Umweltradioaktivität. In: Tagungsband zum 12. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Bonn (2003), p. 565.

[3] J. R. Dwyer et al.: Measurements of x-ray emission from rocket-triggered lightning. *Geophys. Res. Lett.*, 31, L05118 (2004).

STÖREINFLÜSSE AUF MESSDATEN ZUR ORTSDOSISLEISTUNG

PERTURBATION IMPACTS ON MEASURED DATA FOR AMBIENT DOSE RATE

M. Bleher, U. Stöhlker,
Bundesamt für Strahlenschutz,
Salzgitter

Zusammenfassung

Anhand ausgewählter Beispiele aus dem BfS-Radioaktivitätsmessnetz werden die wichtigsten Störeinflüsse diskutiert, die den Zweck des Messnetzes beeinträchtigen. Dabei sollen zunächst technisch bedingte Störeinflüsse betrachtet werden, die zu einer Veränderung der Messdaten selbst führen. Regenereignisse, bei denen natürliche Aktivität ausgewaschen wird, führen zu einem kurzzeitigem Anstieg der ODL-Messdaten und beeinträchtigen damit die Erkennbarkeit von Unfallereignissen. Durch einen Abgleich der ODL-Daten mit Daten des Niederschlagsradarsystems des Deutschen Wetterdienstes lassen sich solche Regenereignisse identifizieren; eine Beobachtung des Abklingverhaltens der ODL ermöglicht die Abgrenzung von natürlichen Regenereignissen und Unfallereignissen. Hilfreich für die Erkennbarkeit durch technische Störeinflüsse verfälschter Messdaten erwies sich ein Ansatz, die bei der täglichen Routineprüfung der Messdaten aufgefallenen Störungen hinsichtlich der Art der Abweichung vom normalen Verhalten und hinsichtlich der Dauer zu klassifizieren. Es konnte gezeigt werden, dass sich künftig eine Vielzahl der Störungen durch eine automatisierbare verfeinerte Prüfung der Rohdaten der Sonden erkennen lassen. Objekte wie Gebäude und Vegetation in der unmittelbaren Sondenumgebung stören die Vergleichbarkeit der Daten und damit deren automatisierte Auswertbarkeit durch die Entscheidungshilfesysteme. Hier wurde ein einheitlicher Dokumentationsstand für jede einzelne Messstelle erreicht. Bewertungsfaktoren für jeden Standort ermöglichen künftig den Entscheidungshilfesystemen, situationsbezogen die Kontaminationsabschätzung zu verbessern sowie Unsicherheitsschätzungen für die Datenassimilation vorzunehmen.

Summary

The most important perturbation impacts are discussed for the German radioactivity monitoring network. Those impacts interfere with the objective of the monitoring network. In this paper perturbations of single monitoring stations are discussed which lead to modifications of the measured data. Rain events frequently result in short-term increase of ambient dose rate caused by wash-out of natural air activity. Such events interfere with the recognisability of accidental releases. Rain events can be identified by comparing data for ambient dose rate with data from precipitation radar system. They can be distinguished from accidental events by observation of decrease behaviour of dose rate. Conspicuous measured data detected by the daily performed data checks were classified with respect to form and duration of deviation from normal behaviour. This classification approach was very helpful for the detection of invalid data due to technical effects. It is demonstrated that improved routine check procedures with raw data of probes will help to identify most of the technical perturbations. Objects like buildings and vegetation in the vicinity of the probe disturb the interpretation of measured data and data assimilation process by decision support systems.

Standardised site documentation is achieved for each single measurement site. In the future location factors for each site will allow to improve decision support systems in the assessment of contamination and in the uncertainty treatment within data assimilation techniques.

1 Einleitung

Das aus über 2000 Messstellen bestehende Ortsdosisleistungs-Messnetz (ODL) dient neben der Routineaufgabe, die Umweltradioaktivität in normalen Situationen zu erfassen und zu dokumentieren, hauptsächlich der raschen und zuverlässigen Ermittlung einer unfallbedingten, großflächigen Radionuklidkontamination im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland. Bei Schwellwertüberschreitung einzelner Messstellen ermöglichen Spontanmeldungen eine Frühwarnfunktion. In einer Unfallsituation soll das Messnetz helfen, betroffene Gebiete zu identifizieren und die Entscheidungshilfesysteme IMIS/PARK und RODOS mit wichtigen Daten zu versorgen, die ein flächendeckendes Bild der Umweltkontamination ermöglichen.

Störeinflüsse ganz unterschiedlicher Art beeinträchtigen das Erreichen dieser Ziele. Beispielsweise erschweren durch technische Störungen verfälschte Messwerte vor allem die Frühwarnfunktion hinsichtlich kleinräumiger Ereignisse (vgl. [1]). Falls tatsächlich eine Frühwarnung ausgelöst wurde, muss es möglich sein, ein unfallbedingtes Ereignis rasch von umweltbedingten Ereignissen abgegrenzt zu können. Dazu ist es erforderlich, die umweltbedingten Störeinflüsse, die z.B. mit Niederschlägen verbunden sind, zu kennen (vgl. [2]). Außerdem ist es wichtig, standortspezifische Störeinflüsse zu kennen, die die Vergleichbarkeit von Messdaten beeinträchtigen.

2 Technisch bedingte Störeinflüsse

Technisch bedingte Störungen der Messsonde, des Datenloggers (Messwertsender) oder der externen Anschlüsse (Netzversorgung, Telefonanschluss) können zum Ausfall einzelner Messstellen führen. Störungen, die dazu führen, dass die Messstelle keine Messdaten mehr liefert, sind einfach zu erkennen. In diesem Fall muss lediglich z.B. durch Austausch defekter Teile oder Entstörung der Anschlüsse für eine Wiederherstellung der Funktion gesorgt werden.

Kritischer sind Störungen, die zu einer Veränderung der Messdaten selbst führen. Hier stellt sich dem Messnetzbetreiber eine zweifache Aufgabe: zum einen ist es wichtig, bei auffällig erhöhten Messdaten schnell und zuverlässig eine technische Störung als Ursache von einem echten „Ereignis“ abgrenzen zu können. Andererseits müssen Störungen erkennbar sein, bei denen die Messdaten zwar unauffällig sind, die im Ereignisfall aber die Erkennbarkeit von Ereignissen vereiteln.

Abb. 1 zeigt beispielhaft die Zeitreihe der ODL einer Messstelle, die verschiedenen umweltbedingten Störeinflüssen sowie unterschiedlichen technischen Störungen unterlag. Im März 2005 war die terrestrische Komponente der ODL durch die Abschirmwirkung einer ausgeprägten Schneedecke um bis etwa $0,05 \mu\text{Sv/h}$ erniedrigt. Am 29.3. zeigt die Zeitreihe einen kurzzeitigen Anstieg um etwa $0,08 \mu\text{Sv/h}$, der innerhalb von 4 Stunden wieder abklingt. Das Niederschlagsradarsystem des DWD zeigt zeitgleich ein Niederschlagsereignis an, die Reflektivitätsklasse steigt auf einen Wert oberhalb 2 an (vgl. [2]).

Ab Ende Juli 2005 verändert sich das Verhalten der Zeitreihe, die Messdaten sind auffällig regelmäßig. Eine Analyse zeigte einen technischen Defekt des Datenloggers, der dazu führte, dass täglich immer dieselben Messdaten, allerdings mit aktuellem Zeitstempel versehen, an die Messnetzzentrale übermittelt wurden. Dieser Fehler führt gewissermaßen dazu, dass die Messstelle für Ereignisse blind wird; zum damaligen Zeitpunkt war dieser sehr seltene Defekt nur zufällig erkennbar, inzwischen wurden die Prüfprozeduren so verändert, dass ein derartiger Fehler anhand der Zeitreihe automatisiert erkennbar wird.

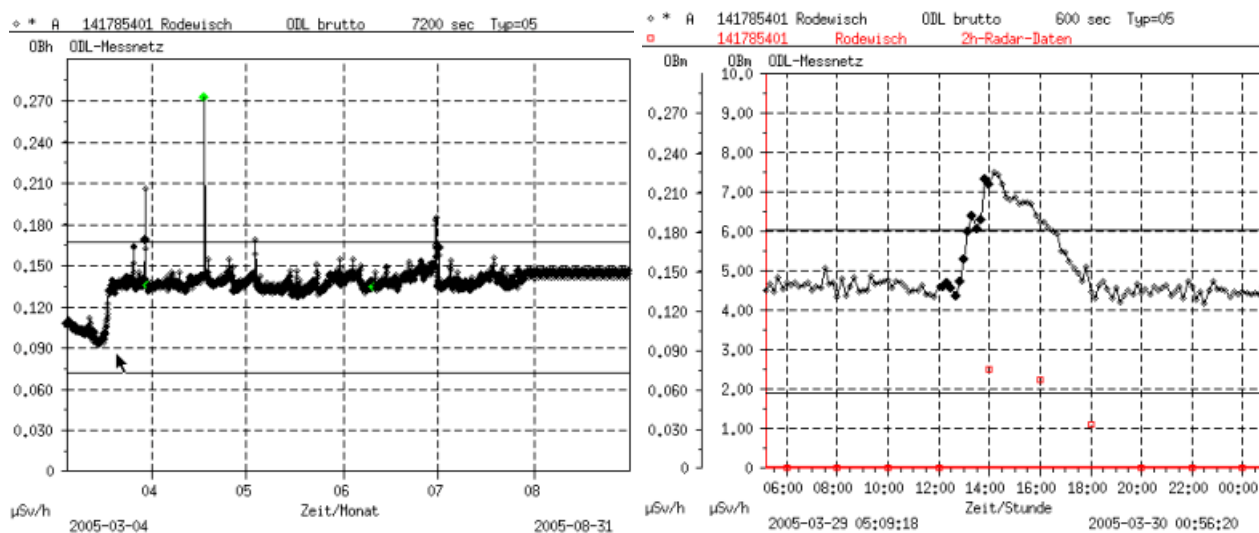


Abb. 1 Zeitreihe a) einer Zweistunden-Mittelwerte der Brutto-Ortsdosisleistung (ODL) für den Zeitraum März bis August 2005 bzw. b) zugehörige Zeitreihe der 10-Minuten-Mittelwerte der ODL und des Niederschlagsradar für den 29.3.2005

Es hat sich gezeigt, dass sich durch die tägliche Routineprüfung der Messdaten eine Vielzahl der Störungen effektiv erkennen lassen. Diese Routineprüfung ist ein mehrstufiger Prozess: zunächst erfolgt eine Vorselektion auffälliger Messdaten durch automatische Prüfprozeduren. Diese Prozeduren lassen einerseits auffällig hohe oder niedrige Messdaten erkennen, andererseits werden auch auffällige Formen der Zeitreihen z.B. in Form eines ausgeprägten Tagesgang erkannt. Durch erfahrenes Personal werden täglich die Zeitreihen der als auffällig selektierten Messstellen geprüft, dabei werden meteorologische Daten – insbesondere des DWD-Niederschlagsradars – mitberücksichtigt.

2. 1 Klassifikation der Fehlerbilder

Bei dieser Datenprüfung zeigt sich, dass immer wieder charakteristische Fehlerbild-Muster auftreten. Seit 2004 wurde die Klassifikation der anhand der Zeitreihe erkennbaren Fehlerbilder für das BfS-ODL-Messnetz verfeinert (vgl. Tabelle 1). Damit lassen sich neue Auffälligkeiten klassifizieren – in vielen Fällen lässt sich bereits anhand des Zeitreihenmusters die Art der Störung erkennen. Beispielweise ist für den Fehlertyp „Keine ND-Impulse“ charakteristisch, dass bedingt durch den Ausfall des Niederdosis-Kanals die ODL aus der Zählrate des Hochdosis-Kanals abgeleitet wird. Aufgrund dessen geringer Empfindlichkeit bildet sich ein charakteristisches „Streifenmuster“ in der Zeitreihe der 10-Minuten-Mittelwerte der ODL aus.

Eine Reihe bekannter technischer Fehlerbilder werden durch Umwelteinflüsse ausgelöst. Beispielsweise tritt das Fehlerbild „Windeffekt“ vor allem bei erhöhten Windgeschwindigkeiten an besonders windexponierten Standorten auf; Abhilfe lässt sich teilweise durch eine verbesserte mechanische Aufstellung der Sonde erzielen. Andere Fehlerbilder treten bei hohen oder tiefen Temperaturen auf bzw. sind mit auffälligen Temperaturschwankungen verbunden. Manche Fehler sind mit Problemen der Sondenelektronik verknüpft; beispielsweise ist dies beim Fehlerbild „Verdoppelungseffekt“ feststellbar (siehe Abb. 2 a). Andere Fehlerbilder lassen sich auf bekannte Zählrohrfehler zurückführen; beispielsweise lässt sich bei Sonden des Typs „Einbrüche“ eine zu niedrige Impulshöhe des Niederdosis-Kanals feststellen. Das Fehlerbild „Trend - Tagesgang“ ist auf einen charakteristischen Zählrohrfehler zurückzuführen; hier treten sogenannte Mehrfach- oder Echo-Impulse des Niederdosis-Kanals im 2-Millisekunden-Fenster auf, die vermutlich auf fehlerhafte Impulslöschung zurückzuführen sind.

Tabelle 1: Klassen bekannter Fehlerbilder, Fehlerursache, auslösender Umwelteinfluss sowie die Relevanz bezüglich der Störung der Frühwarnfunktion

Bezeichnung	Fehlerursache	Umwelteinfluss	Relevanz
Keine ND-Impulse	Sonde / MWS		Nieder
Keine HD-Impulse	Sonde / MWS		Nieder
Keine ND- und HD-Impulse	Sonde / MWS		Nieder
Windeffekt	Sonde / Mechanik	Wind	Mittel
(periodische) Einbrüche	Sonde	Temperatur	Nieder
Ausreißer	MWS	EMI	Nieder
Verdoppelungsfehler	Sonde	Feuchte	Mittel
Plötzlicher Anstieg	Sonde	Feuchte	Hoch
Tagesgang; Nachtmaximum	Sonde	Temperatur	Nieder
Trend - Tagesgang (Tagmaximum)	Sonde	Temperatur	Mittel
Tagesgang Hochdosis-Kanal	Sonde	Temperatur	Nieder

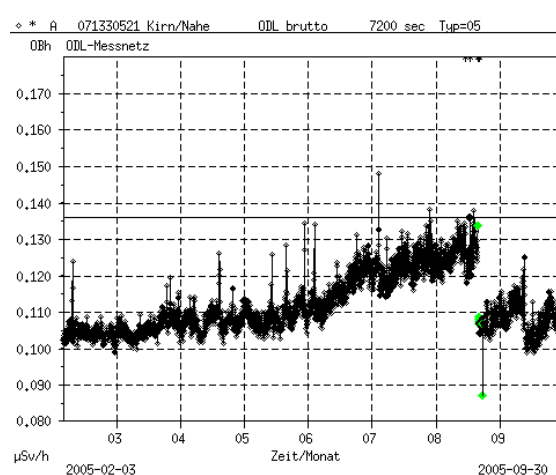
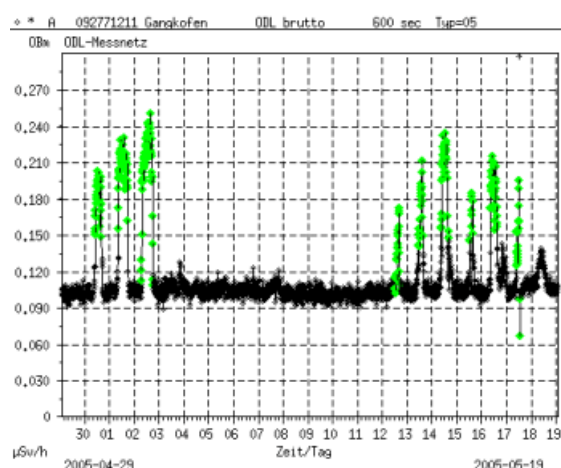


Abb. 2 Beispiele für Zeitreihen a) für die Messstelle Gangkofen mit Fehlerbild „Verdoppelungseffekt“ und b) für die Messstelle Kirn mit ausgeprägtem Sondenfehler „Trend – Tagesgang“

Einzelne Ausreißer der 10-Minuten-Zeitreihe sind immer wieder beobachtbar – manche dieser Fälle sind blitzinduziert. An manchen Messstellen treten diese Ausreißer häufig oder sogar regelmäßig auf. In der Regel liegen keine Sondenfehler vor; allerdings gibt es eine Reihe von Fällen, bei denen die Ausreißer auf Schaltvorgänge elektrischer Anlagen oder sonstige elektromagnetische Interferenzen (EMI) zurückzuführen sind. Manche Fehlerbilder sind mit Alterungsprozessen der Sonden verknüpft und treten unspezifisch in allen Sondengenerationen auf. Andere Fehlerbilder treten häufig bei eher neuen Sonden auf. Das Instrument der Fehlerbild-Klassifizierung lässt sich somit auch sehr effektiv zum Nachweis fertigungsbedingter Probleme nutzen.

Relevant bezüglich der Störung der Frühwarnfunktion sind vor allem Störungen, bei denen die Messwerte stundenlang auffällig erhöht sind. Kurzzeitige Störungen vom Typ „Ausreißer“ sind demgegenüber schon nach kurzer Zeit als solche erkennbar.

3 Umweltbedingte Störeinflüsse

An der in Abb. 1 gezeigten Messstelle wurde am 17.4.2005 um 17:20 MESZ ein kurzzeitig erhöhter ODL-Wert festgestellt; in der 10-Minutenmittelwert-Zeitreihe ist ein einzelner Ausreißer in der Höhe von $1,7 \mu\text{Sv/h}$ feststellbar. Die Ursache dieser Störung ist nicht mehr feststellbar. Im Wetteronline-Archiv ist allerdings für den Nachmittag des 17.4. in der Region, in der die Messstelle liegt, ein Gewitterereignis mit detektierten Blitzen dokumentiert. Damit spricht einiges dafür, dass es sich hierbei um eine blitzinduzierte Störung handelt (vgl. [1]).

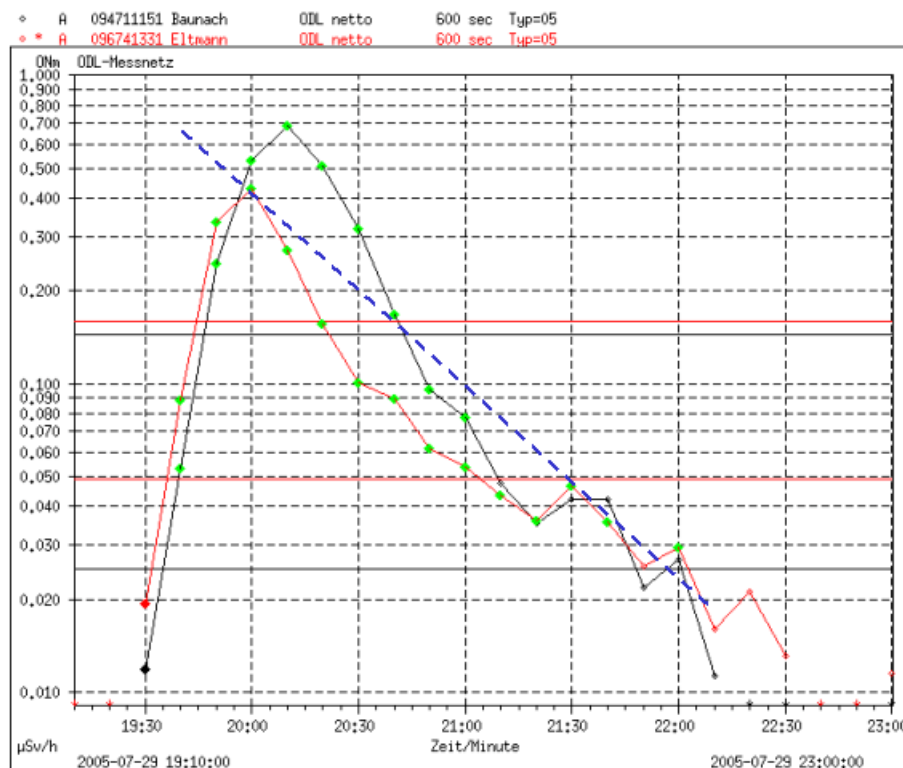


Abb. 3 Zeitreihe der Netto-Werte der 10-Minuten-ODL für zwei benachbarten Messstellen. Die gestrichelte Linie entspricht einem Ereignis, das mit einer Halbwertszeit von 30 Minuten abklingt.

Die auffälligsten Ereignisse natürlichen Ursprungs, die zu einem signifikanten Anstieg der ODL führen können, sind Regenereignisse. Dabei kann sich die ODL kurzzeitig in etwa verdoppeln. Dabei werden vor allem Radonfolgeprodukte aus dem unterem Bereich der Atmosphäre ausgewaschen, was zu einem kurzzeitigen Anstieg der terrestrischen Komponente der ODL führt. Diese Regenereignisse sind in der Regel von kurzer Dauer; meist klingt die ODL innerhalb weniger Stunden wieder ab. Ein Anstieg der ODL um bis zu $0,1 \mu\text{Sv/h}$ ist dabei häufig zu beobachten; Regenereignisse mit einem Anstieg von mehr als $0,15 \mu\text{Sv/h}$ sind dabei recht selten (vgl. [2] u. [3]).

Im Juli 2005 wurde allerdings an zwei benachbarten Messstellen in Nordbayern ein extremes Regenereignis beobachtet, bei dem die ODL kurzzeitig um $0,7$ bzw. $0,4 \mu\text{Sv/h}$ anstieg (vgl. Abb. 3). Die Höhe des Anstiegs spricht nach bisheriger Erkenntnis eher für eine technische Störung. Dass eine derartige Störung aber nahezu zeitgleich an benachbarten, 13 km entfernten Messstellen auftritt, ist sehr unwahrscheinlich. Außerdem zeigt das Niederschlagsradar des DWD zeitgleich in der fraglichen Region Nordbayern ein eindeutiges Regenereignis. Zudem klingt der ODL-Anstieg an beiden Stationen mit einer für Regenereignisse typischen Form ab; die für solche Ereignisse dominanten Radionuklide Pb-214 und Bi-214 weisen eine Halbwertszeit von 27 bzw. 20 Minuten auf.

Während es sich bei Regenereignissen um recht kurzzeitige Ereignisse handelt, kann eine mit einer Schneedecke verbundene Absenkung der ODL ein sehr langanhaltender Effekt sein. Abb. 4 zeigt die Verteilung der Zweistunden-Werte der Brutto-ODL im Jahr 2005 für vier Messstellen. Drei dieser Messstellen sind in Mittelgebirgslagen (Bayrischer Wald und Erzgebirge) aufgebaut. Die terrestrische Komponente wird dabei durch die Abschirmwirkung der Schneedecke etwa 4 Monate lang auf bis etwa 20% abgesenkt. Für die Messstellen Finsterau und Altenberg wird die rechnerische Jahreswert für die Ortsdosis durch diese Abschirmwirkung um etwa 17% reduziert.

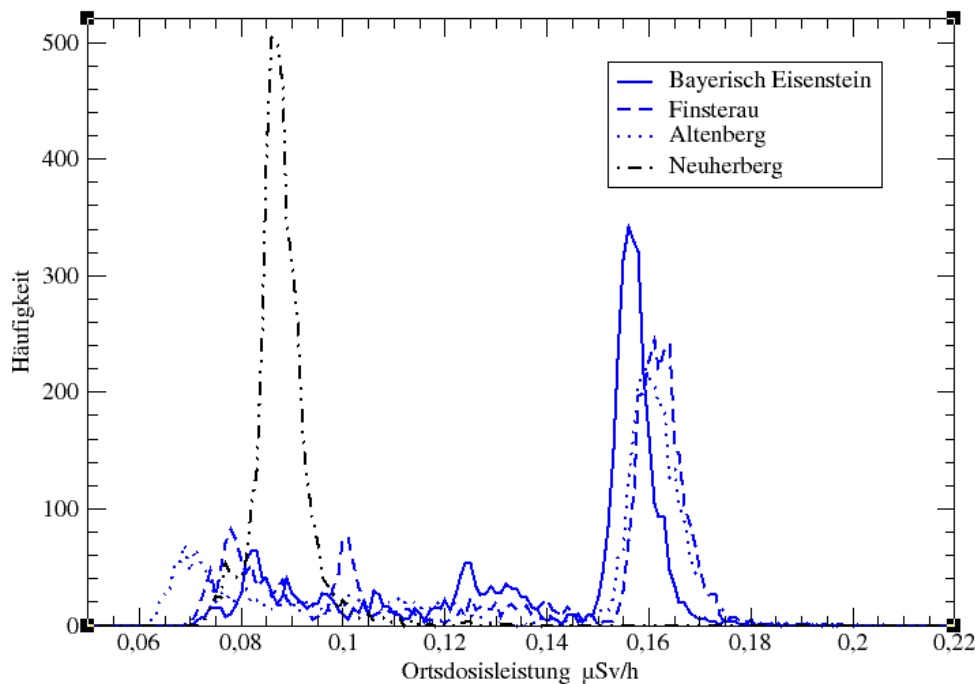


Abb. 4 Häufigkeit der Zweistundenwerte der ODL für das Jahr 2005 für eine normal gelegene und drei in Mittelgebirgslagen gelegene Messstellen.

4 Standortbedingte Störeinflüsse

Standortbedingte Störeinflüsse im weiteren Sinne stehen für solche Einflüsse auf die Messdaten, die für einen bestimmten Standort charakteristisch sind. Strenggenommen handelt es sich bei den oben beschriebenen Schneeeffekten in Mittelgebirgslagen um solche standortbedingten Einflüsse. An Messstellen in Flussauen wurde ein ähnlicher durch regelmäßige Überflutungen in unmittelbarer Sondernähe verursachter Effekt beobachtet.

Für den Fall einer unfallbedingten Freisetzung von Radionukliden hat das BfS-Messnetz die Aufgabe, betroffene Gebiete mit erhöhter Umweltkontamination anzuzeigen, in denen Maßnahmen zu ergreifen sind. Für die Vergleichbarkeit der Messdaten und deren automatisierte Verarbeitung durch die Entscheidungshilfesysteme PARK und RODOS ist eine standardisierte Aufstellung der Messstellen wichtig. Im BfS-Messnetz ist standardmäßig ein Aufbau der Sonde in 1 m Höhe über einer ausgedehnten ebenen Wiesenflächen (Referenzfläche) vorgesehen. Für solche „idealen“ Standorte lässt sich in der Nachwolkendurchzugsphase – bei bekanntem Nuklidvektor – aus der gemessenen Netto-ODL auf die vor Ort abgelagerte Aktivität von Radionukliden schließen.

Diese unmittelbare Vergleichbarkeit der Messdaten wird für reale Standorte durch störende Objekte der unmittelbaren Sondenumgebung gestört. Durch Gebäude, Mauern und Erdwälle kann beispielsweise der ODL-Beitrag von Radionuklidablagerungen auf Flächen hinter diesen Objekten nahezu vollständig abgeschirmt werden. Derartige Objekte würden somit zu einer potentiellen Unterschätzung der Umgebungskontamination führen. Ähnliches gilt für versiegelte Flächen, hier ist insbesondere bei nassen Ablagerungsverhältnissen mit einer Unterschätzung zu rechnen, weil abgelagerte Aktivität durch das Regenwasser zu einem erheblichen Teil abgewaschen werden kann. Baum- und Buschbewuchs in der Sondenumgebung führen demgegenüber durch ihre Filterwirkung insbesondere bei trockenen Ablagerungsbedingungen zu einer potentiellen Überschätzung der Kontamination (vgl. [4]).

Im BfS-Radioaktivitätsmessnetz wurde schon vor mehreren Jahren ein mehrstufiges Verfahren zur Bewertung dieser standortbedingten Störeinflüsse eingeführt. Dabei wird für jeden Standort eine Skizze der Störobjekte für die 20-m-Umgebung erstellt. Wichtige Objekte werden auch für die 20-100-m-Umgebung erfasst. Für jeden Standort werden 5 Bewertungsfaktoren abgeleitet, die die potentiellen Abweichungen der beschriebenen systematischen Einflüsse sowie die situationsabhängigen Einflüsse für trockene bzw. nasse Ablagerungsbedingungen erfassen (vgl. [5]). Da eine Unterschätzung der Kontaminationssituation bezüglich der Erkennbarkeit kritischer Gebiete als problematischer einzuschätzen ist als eine Überschätzung, wurden die Bereiche für die Bewertungsfaktoren asymmetrisch gewählt: als „repräsentativ“ wird ein Standort klassifiziert, falls alle Bewertungsfaktoren zwischen 0,64 und 2,5 liegen, als „eingeschränkt repräsentativ“ gelten Standorte, bei denen die Bewertungsfaktoren zwischen 0,5 und 4 liegen. Standorte, bei denen ein Faktor außerhalb dieses Bereichs liegen, gelten in diesem Sinne als „nicht repräsentativ“. Nach Bewertung nahezu aller Standorte des BfS-Messnetzes ergibt sich folgendes Bild: etwa 88 % können als repräsentativ gelten, weitere 8 % Standorte können als eingeschränkt und nur 3 % als nicht repräsentativ gelten.

5 Ausblick

Bezüglich der technisch bedingten Störungen der ODL-Messwerte wurde in den vergangenen Jahren eine detaillierte Erfahrungswissensbasis geschaffen. Durch die systematische Prüfung der 10-Minuten-Zeitreihe der ODL fallen einerseits mehr technisch bedingte Störungen als bei der Prüfung der Zweistunden-Zeitreihe ins Auge. Andererseits sind die Fehlerbilder damit besser klassifizierbar. Da den 10-Minutenwerten auch zum Beginn eines Ereignisfalls eine entscheidende Bedeutung zukommt, ist diese Wissensbasis auch zur Datenprüfung während eines Ereignisses von großer Wichtigkeit. Es ist zudem absehbar, dass sich im fachlich weiterentwickelten Messnetz künftig eine Vielzahl der Störungen durch eine verfeinerte Prüfung der Rohdaten der Sonden erkennen lassen [1].

Auch bezüglich der relevanten umweltbedingten Störeinflüsse liegt eine recht gute empirische Wissensbasis vor. Der Abgleich mit Daten des Niederschlagsradars des DWD ermöglicht eine rasche Prüfung, ob erhöhte ODL-Messwerte durch natürliche Niederschlagsereignisse erklärbar sind. Anhand des Abklingverhaltens der ODL kann i.d.R. innerhalb weniger Stunden geprüft werden, ob ein natürliches Ereignis vorliegt oder nicht.

Standortbedingte Störeinflüsse sind für die meisten BfS-Messstellen unproblematisch. Derzeit wird geprüft, in wie weit sich die Standortskizzen, die derzeit manuell erstellt werden und regelmäßig auf Aktualität zu prüfen sind, anhand objektiven Datenmaterials prüfen oder sogar generieren lassen. Bereits jetzt existiert zu jedem Standort eine standardisierte fotografische Dokumentation der unmittelbaren Sondenumgebung. Für Bayern sind im Internet Luftbilder im Maßstab 1:7500 verfügbar, anhand denen z.B. Gebäude, Bäume und Wasserflächen erkennbar sind. Dieses Datenmaterial könnte künftig für die Bewertung der ODL-Standorte herangezogen werden (vgl. auch [6]).

Künftig wird es zunehmend wichtig werden, derartige Analysen zu den wichtigen Störeinflüssen vergleichend mit anderen Messnetzen durchzuführen, wie dies bereits ansatzweise im Rahmen des EU-Vorhabens AIRDOS durchgeführt wurde. Auch auf nationaler Ebene ist dies wichtig, wenn z.B. das Entscheidungshilfesystem RODOS sowohl ODL-Messdaten aus dem BfS-Messnetz sowie aus den KFÜ-Netzen verwendet, obwohl letztere bei der Standortwahl teilweise auf eine Dachmontage der ODL-Sonden setzen. Hier ist es wichtig, dass Bewertungsfaktoren nach einheitlichen, harmonisierten Berechnungsgrundlagen ermittelt werden.

6 Literatur

- [1] U. Stöhlker, M. Bleher, J. Thoma, W. Harms, R. Luff: Fachliche Weiterentwicklung des ODL-Messnetzes, Nachweisbarkeit auch kleinräumiger Ereignisse. In: Tagungsband zum Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Bonn (2006).
- [2] M. Bleher, U. Stöhlker: Die Bedeutung von Ortsdosisleistungs-Messnetz und Niederschlagsradar für den Nachweis unfallbedingter Umweltradioaktivität. In: Tagungsband zum 12. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Bonn (2003), p. 565.
- [3] M. Bleher, U. Stöhlker: Ortsdosisleistung und meteorologische Zusatzinformation und deren Bedeutung für den Notfallschutz. In: R. Michel, M.

Täschner, A. Bayer (Hrsg.), Tagungsband zur 34. Jahrestagung des Fachverbands für Strahlenschutz e.V., FS-02-119-T (2002), p. 527.

[4] M. Zähringer, J. Sempau: Calibration Factors for Dose Rate Probes in Environmental Monitoring Networks Obtained from Monte-Carlo-Simulations. BfS-IAR-Bericht 2/97 (1997).

[5] M. Zähringer, M. Bleher, U. Stöhlker, F. Weiler: Repräsentativität von ortsfesten ODL-Messungen. SSK-Band 49 (2001), p. 171.

[6] J.C. Kaiser, G. Pröhl: Ein Modell zur Nutzbarmachung von Monitormessungen in städtischer Umgebung zur Entscheidungshilfe mit Datenassimilation. In: Tagungsband zum Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Bonn (2006).

ÜBERWACHUNG DER BUNDESWASSERSTRASSEN AUF RADIOAKTIVE STOFFE IM EREIGNISFALL – KONZEPT UND ORGANISATION

MONITORING OF RADIOACTIVE SUBSTANCES IN THE FEDERAL WATERWAYS IN CASES OF NUCLEAR ACCIDENTS – CONCEPT AND ORGANISATION

G. Dersch, W. J. Krause und T. Krämer
Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Koblenz

Zusammenfassung

Die großräumige Überwachung der Bundeswasserstraßen (BWStr) auf radioaktive Stoffe obliegt nach dem StrVG der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) als Bundesmessnetz. Sie ist eingebunden in das Integrierte Mess- und Informationssystem zur Überwachung der Umweltradioaktivität (IMIS).

Das Überwachungskonzept für die BWStr sieht folgende - sich ergänzende – Maßnahmen vor:

- Betrieb des Radioaktivitäts-Warnstellennetzes als Frühwarnsystem mit 40 Warnstellen und der Messnetzzentrale in der BfG: Es werden die Gesamt-Beta- und Gesamt-Gamma-Aktivitätskonzentrationen des Flusswassers kontinuierlich online überwacht. Bei Überschreiten des internen Schwellenwertes von 25 Bq/l Gesamt-Gamma-Aktivitätskonzentration erfolgen Eigenmeldungen an die Messnetzzentrale.
- Labormessungen: Automatische oder manuelle Entnahme von Wasser-, Schwebstoff- und Sedimentproben, die im Isotopenlabor der BfG mit radiometrischen und radiochemischen Methoden auf Radionuklide hin quantitativ untersucht werden.
- Erstellung von Ausbreitungsprognosen: Berechnungen von Fließzeiten und Aktivitätskonzentrationen in Abhängigkeit von der aktuellen Abflusslage der beaufschlagten BWStr.

Das Überwachungskonzept ist so gestaltet, dass sowohl die Vorgaben des Routine- als auch die des Intensivmessprogramms für das IMIS abgedeckt werden. Der laufende Routinebetrieb und IMIS-Übungen haben dieses Überwachungskonzept grundsätzlich bestätigt und tragen zur fortlaufenden Optimierung bei.

Based on the Precautionary Radiation Protection Act (Strahlenschutzvorsorgegesetz - StrVG), the Federal Institute of Hydrology (BfG) is responsible for the monitoring of radioactivity in German Federal Waterways (Bundeswasserstraßen – BWStr). This is part of the Integrated Measuring and Information System for monitoring environmental radioactivity (IMIS).

The concept for monitoring the Federal Waterways provides the following – mutually supplementing - tasks:

- Operation of a radioactivity warning network as an early-warning system with 40 warning stations and the network centre in the BfG: the total beta and total gamma activity concentrations of the river water are measured continuously. If the internal

alarm-threshold that is set at 25 Bq/l total gamma activity concentration is exceeded, the stations send calls to the network centre automatically.

- Laboratory measurements: samples from water, suspended solids and sediments are taken by automatic devices or manually. The contents of radionuclides are determined in the BfG's laboratory using radiometric and radiochemical methods.
- Predictions of the dispersion of radioactive substances in Federal Waterways: determinations of flow times and activity concentrations as a function of the actual stream flow.

The monitoring concept performs the requirements of the IMIS for the routine measuring program as well as those for the measuring program in accidental cases (intensive program). The routine operation and exercises validated this concept and help to optimize it continuously.

1 Einleitung

Seit 1986 obliegt die großräumige Überwachung der Bundeswasserstraßen (BWStr) auf radioaktive Stoffe nach §2 des StrVG der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) als Bundesmessnetz, während die Bundesländer für die übrigen Binnengewässer gemäß §3 StrVG zuständig sind. Die Binnengewässer Deutschlands bilden - einschließlich der Gräben - ein Gewässernetz von ca. 500.000 km, davon sind ca. 7.300 km BWStr. Die Überwachungsaufgaben der BfG als Bundesmessnetz umfassen - außer der Bestimmung von Radionukliden in den Kompartimenten Oberflächenwasser, Schwebstoff und Sediment - zusätzlich auch die Frühwarnung sowie die Erstellung von Ausbreitungsprognosen.

2 Allgemeine Beschreibung des Überwachungskonzeptes

Für die Überwachung der BWStr nach dem StrVG wurde von der BfG ein Konzept entwickelt, das folgenden Anforderungen genügen soll [1]:

- Erfüllung der Vorgaben des IMIS-Routine- **und** des Intensivmessprogramms
- Berücksichtigung aller Phasen des Intensivbetriebes des IMIS
 - Phase 1: Vor und während der Ausbreitung radioaktiver Stoffe
 - Phase 2: Unmittelbar nach der Ausbreitung radioaktiver Stoffe
 - Phase 3: Nach der Ausbreitung radioaktiver Stoffe, wenn die Anfangskonzentrationen in den einzelnen Medien deutlich zurückgegangen sind
- Möglichst geringer Aufwand für die Umstellung vom Normal- in den Intensivbetrieb
- Integration der bereits an BWStr vorhandenen Radioaktivitäts-Warnstellen

Das hieraus entwickelte Überwachungskonzept umfasst diese - sich gegenseitig ergänzende - Maßnahmen (Abbildung 1) [1,2]:

- Betrieb des Radioaktivitäts-Warnstellennetzes als **Frühwarnsystem** mit 40 Warnstellen an den BWStr und der Messnetzzentrale in der BfG
- **Labormessungen:** Automatische oder manuelle Entnahme von Wasser-, Schwebstoff- und Sedimentproben, die im Isotopenlabor der BfG mit radiometrischen und radiochemischen Methoden auf Radionuklide hin quantitativ untersucht werden.

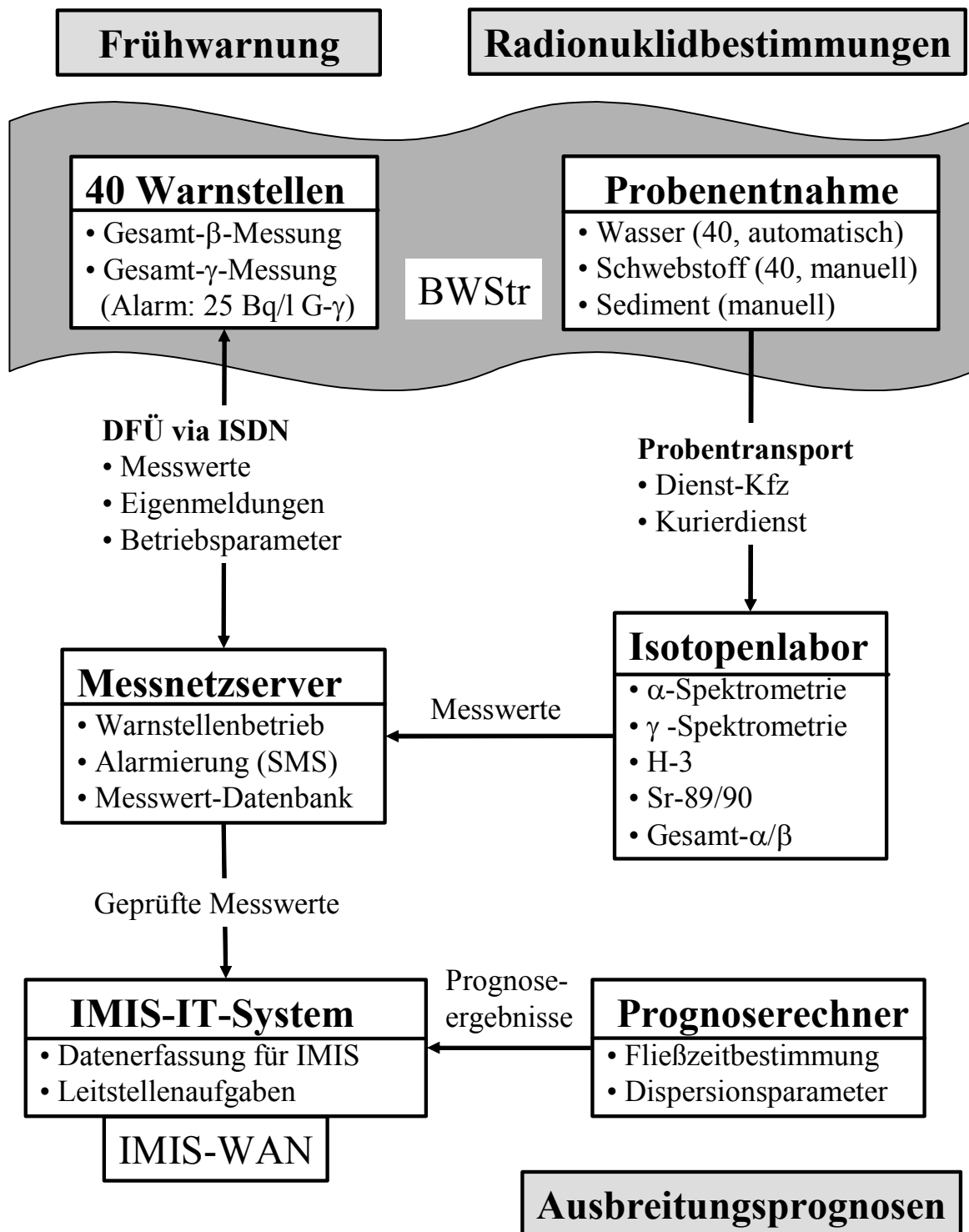


Abb. 1: Konzept und Organisation der Überwachung der Bundeswasserstraßen

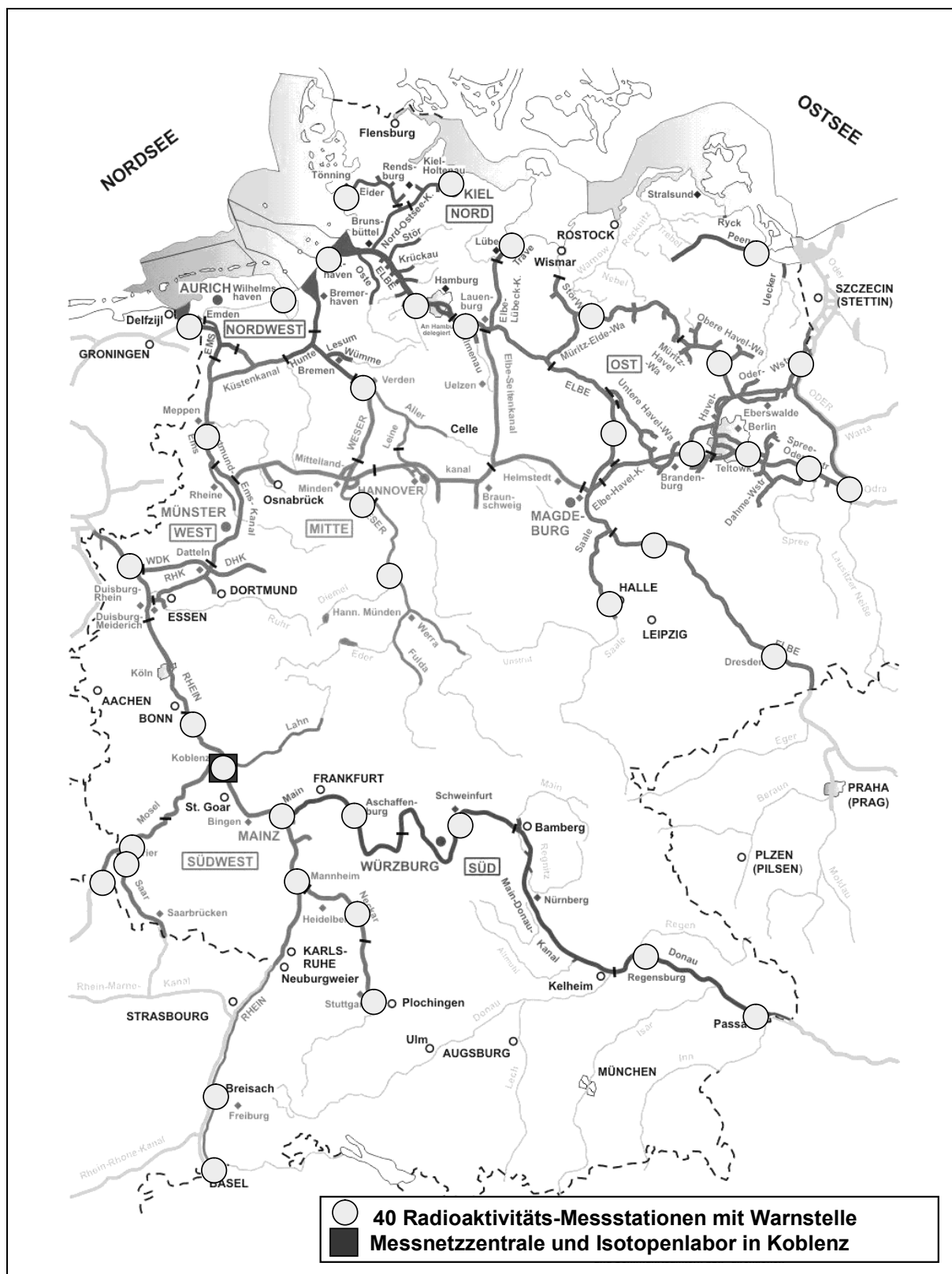


Abb. 2: Radioaktivitäts-Messstationen an den Bundeswasserstraßen

- Erstellung von **Ausbreitungsprognosen**. Die Prognosen basieren auf Berechnungen von Fließzeiten und longitudinaler Dispersion in Abhängigkeit von der aktuellen Abflusslage der beaufschlagten BWStr.

Für die Realisierung dieses Überwachungskonzeptes wurden vorhandene Einrichtungen ertüchtigt und ergänzt. Der BfG stehen heute Mess- und Probenehmernetze mit u. a. 40 ortsfesten Radioaktivitäts-Messstationen an den BWStr sowie in Koblenz eine Messnetzzentrale und ein zentrales Isotopenlabor zur Verfügung (Abbildung 2).

Bei Aufbau, Betrieb und Unterhaltung der Messstationen wird die BfG von der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) unterstützt. Außerdem wirkt die WSV bei der Entnahme der Wasser-, Schwebstoff- und Sedimentproben mit.

Die Messstationen sind ausgestattet mit den Mess- und Datengeräten der Warnstelle sowie mit Probenentnahmegerten für Wasser- und Schwebstoffe. Die Wasserproben werden automatisch als zeitproportionale Tagesmischproben (Volumen: 3 l) gezogen. Für die Gewinnung von Schwebstoffproben dienen Absetzbecken, die regelmäßig manuell entleert werden. Sedimente werden unabhängig hiervon an ausgewählten Stellen direkt von der Gewässersohle mit Sedimentgreifern entnommen.

In der Messnetzzentrale sind die wesentlichen IT-Einrichtungen installiert. Ein zentraler Messnetzserver steuert den Betrieb des Warnstellennetzes und der Messnetz-Datenbank. Hier fließen alle Messwerte, sowohl aus den Warnstellen als auch von den Labormessungen, zusammen und werden nach fachlicher Plausibilitätsprüfung an das IMIS-IT-System weitergeleitet. Die Ergebnisse der Ausbreitungsprognosen werden direkt vom Prognoserechner an das IMIS-IT-System übergeben.

3 Überwachung der Bundeswasserstraßen im Ereignisfall

3.1 Das Radioaktivitäts-Warnstellennetz als Frühwarnsystem

Als Frühwarnsystem kommen dem Warnstellennetz folgende Aufgaben zu:

- Schnelles und empfindliches Erkennen und Erfassen des Eintrages radioaktiver Stoffe in BWStr mit Eigenmeldung an die Messnetzzentrale
- Verfolgung der zeitlichen und räumlichen Ausbreitung eingetragener radioaktiver Stoffe
- Hinweise für gezielte Probenentnahmen für quantitative Radionuklidbestimmungen

Mit den Messeinrichtungen werden die Gesamt-Beta- und die Gesamt-Gamma-Aktivitätskonzentration des Flusswassers kontinuierlich online überwacht. Aufbau, Funktion und wichtige Kenndaten einer Warnstelle sind aus Abbildung 3 ersichtlich [1,2]. Das Flusswasser wird mittels Pumpe fortlaufend einer abgeschirmten Detektoranordnung, die über einen Großflächenproportionalzähler und eine NaI(Tl)-Sonde verfügt, zugeführt. Ein Datenlogger, der die Messungen und die Kommunikation steuert, speichert die Messwerte stündlich zwischen. Der Transfer dieser Messwerte wird via DFÜ/ISDN vom Messnetzserver aus initiiert.

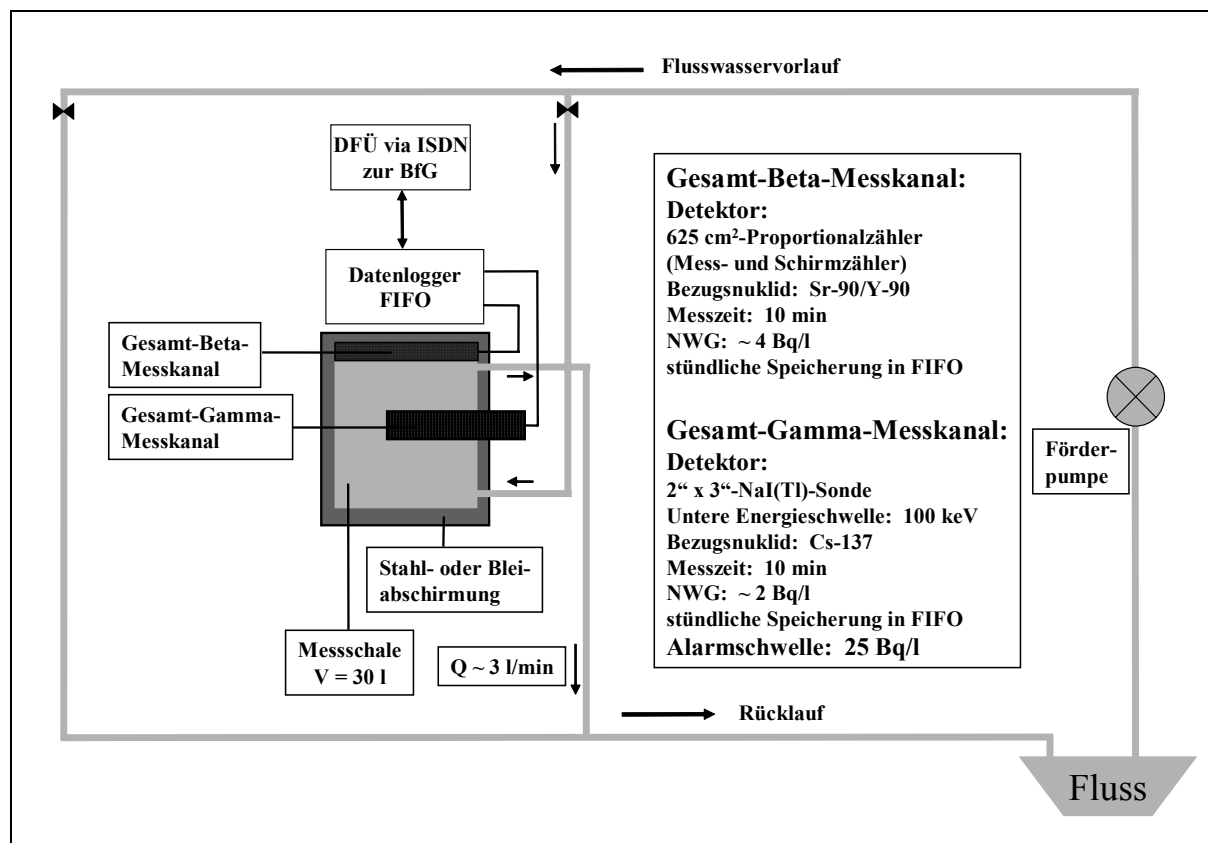


Abb. 3: Aufbau und Kenndaten einer Radioaktivitäts-Warnstelle

Für die Auslösung einer Frühwarnung – auch als Voralarm bezeichnet - ist ein Schwellenwert von 25 Bq/l für die Gesamt-Gamma-Aktivitätskonzentration festgelegt. Wird dieser überschritten, so erfolgt eine Eigenmeldung des Datenloggers an den Messnetzserver. Der Messnetzserver führt zuerst eine Plausibilitätsprüfung der Eigenmeldung anhand der mit übertragenen Betriebszustandsdaten durch. Geben diese Daten keinen Hinweis auf eine Betriebsstörung (z.B. "Sonde nicht in Messposition"), so wird ein Zeitfenster gestartet. Dieses Zeitfenster beträgt zwei Stunden und dient der Ausfilterung kurzzeitiger Aktivitätserhöhungen als Folge des witterungsbedingten Eintrages natürlicher Radionuklide (Radon-Folgeprodukte). Nach Ablauf des Zeitfensters wird von der betroffenen Warnstelle der aktuelle Messwert erneut abgefragt. Liegt dieser immer noch oberhalb des Schwellenwertes, so wird ein Voralarm ausgelöst. Die Information an das Fachpersonal erfolgt u. a. über Mobiltelefon und SMS, so dass dann die notwendigen Maßnahmen veranlasst werden können.

Der Wechsel in den Intensivbetrieb (alle Phasen) erfordert bei den Messeinrichtungen der Warnstellen keine Umstellung von Parametern. Es wird nur der Datenabruf am zentralen Messnetzserver angepasst: Die Messwerte werden dann stündlich von den Warnstellen abgerufen; die Abrufaufträge sind vorkonfiguriert und müssen lediglich gestartet werden. Nach einer Plausibilitätsprüfung werden die Messwerte dann im 2-Stundentakt an das IMIS-IT-System übertragen.

3.2 Quantitative Radionuklidbestimmungen an Wasser-, Schwebstoff- und Sedimentproben (Labormessungen)

Die Bestimmungen der Aktivitätskonzentrationen von Radionukliden sind erforderlich, um Strahlendosen für relevante Expositionspfade abzuleiten. Sie ergänzen damit die kontinuierlichen Online-Messungen der Gesamt-Beta- und Gesamt-Gamma-Aktivität, die als Monitormessungen einen Eintrag zeitnah erkennen können, aber keine Aussage über die Identität und Zusammensetzung der Radionuklide einer Kontamination geben. Damit die Messergebnisse der Labormessungen zeitgerecht vorliegen, müssen die Probenentnahmen und die Transporte zum Isotopenlabor in Koblenz auf die Erfordernisse des Ereignisfalls ausgelegt sein. Bei den anschließenden radiometrischen und –chemischen Bestimmungen finden dann vorzugsweise die in den Messanleitungen beschriebenen Schnellmethoden Anwendung.

3.2.1 Probenentnahme

In allen Phasen eines Intensivbetriebes sind Radionuklidbestimmungen an Wasserproben durchzuführen. Die Messergebnisse müssen zeitnah vorliegen und sollen den zeitlichen Verlauf des Eintrages nuklidspezifisch aufzeigen. Damit Wasserproben zur Verfügung stehen, werden diese in allen Messstationen mittels automatischer Probennehmer immer und grundsätzlich als Tagesmischproben (Volumen: 3 l) genommen. Im Normalbetrieb werden sie zu Monatsmischproben zusammengefasst. Bei Bedarf können zusätzliche Stichproben abgefüllt werden oder weitere Entnahmestellen eingerichtet werden.

Schwebstoffe werden normalerweise aus Absetzbecken als Monatsmischproben gewonnen. Im Intensivbetrieb müssen ggf. Proben mit wesentlich kürzeren Sammelzeiten genommen werden. Bei Absetzbecken ist meist eine Mindestsammelzeit von einer Woche erforderlich. Als Alternativen ist dann vorgesehen, Schwebstoffe mittels Vakuumfiltration oder mit einer Zentrifuge zu gewinnen.

Sedimente sind besonders geeignet, die langfristige Kontamination eines Gewässers mit radioaktiven Stoffen aufzuzeigen. Sie werden erst in der späteren Phase 3 in den Intensivbetrieb einbezogen. Die Entnahme der Stichproben erfolgt – wie im Normalbetrieb – an ausgewählten Stellen direkt von der Gewässersohle mit Sedimentgreifern. Erforderlichenfalls können Entnahmestellen auch hier häufiger beprobt oder zusätzliche Entnahmestellen vorgesehen werden.

3.2.2 Probentransport

Im Intensivbetrieb – besonders in den ersten Phasen – ist es erforderlich, dass die Proben für die Radionuklidbestimmungen noch am Tag ihrer Entnahme oder spätestens am Folgetag im Isotopenlabor zur Verfügung stehen. Sofern die Proben noch am gleichen Tag transportiert werden müssen, ist vorgesehen, Dienstfahrzeuge der BfG bzw. der WSV zu nutzen. Bei weiter entfernt gelegenen Messstationen - ab ca. 200 km - kommen auch Bahntransporte (IC-Kurierdienst) in Frage. Proben, die erst am Folgetag benötigt werden, können auch mit kommerziellen Kurierdiensten über Nacht befördert werden. In der Phase 3 kann es ausreichen, dass die Messstationen wie im Normalbetrieb mit Dienstfahrzeugen monatlich angefahren werden.

3.3 Ausbreitungsprognosen

Ausbreitungsprognosen dienen der Abschätzung möglicher radiologischer Auswirkungen radioaktiver Kontaminationen an flussabwärts gelegenen Orten. Fließzeiten und Konzentrationen gelöster radioaktiver Stoffe in BWStr werden anhand von Quellterm, Abfluss und dispersionspezifischen Kenndaten berechnet.

Grundlagen, Berechnungsverfahren und Dokumentation hierzu sind in einem weiteren Beitrag zu diesem Fachgespräch ausführlicher dargestellt [3].

4 Schlussfolgerungen und Ausblick

Das Überwachungskonzept für die BWStr hat sich im Routinebetrieb und bei bisherigen IMIS-Übungen zum Intensivbetrieb grundsätzlich bewährt. Es bedarf aber einer steten Anpassung an Veränderungen. Hier sind insbesondere der Personalbereich und organisatorische Änderungen (Zuständigkeiten etc.) zu nennen. Es ist geplant, in den Radioaktivitäts-Warnstellen künftig Messbehälter mit automatischer Reinigung einzubauen und den Gesamt-Gamma-Messkanal mit einer spektrometrischen Komponente zu ergänzen [4,5]. Hierdurch kann die Messqualität verbessert und der Aufwand für die Wartung der Warnstellen deutlich reduziert werden.

5 Literatur

- [1] *Mundschenk, H., W.J. Krause, G. Dersch u. P. Wengler: Überwachung der Bundeswasserstraßen auf radioaktive Stoffe im Normal- und Ereignisfall. Konzept, Methoden und Ergebnisse. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz 1994, BfG-Bericht BfG-0783, 208 Seiten*
- [2] *Dersch, G., H. Mundschenk u. P. Wengler: Ein stationäres Warnstellennetz zur kontinuierlichen Überwachung der Radioaktivität in den Bundeswasserstraßen im Normal- und im Ereignisfall. Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen (DGM) 37 (1993), S. 127 - 137*
- [3] *Krause, W. J. u. W. Speer: Longitudinale Ausbreitung radioaktiver Stoffe in Bundeswasserstraßen. 13. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Bonn 4. – 6.4.2006, dieser Tagungsband*
- [4] *Dersch, G., T. Krämer, W. Krause u. P. Wengler: Konzept einer messtechnischen Weiterentwicklung für das Radioaktivitäts-Warnstellennetz der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) an den Bundeswasserstraßen. 12. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Bonn 8. – 10.4.2003, Tagungsband S. 61 – 68*
- [5] *Lommatzsch, S. u. G. Dersch: Konstruktion und Test eines Messbehälters mit automatischer Spülvorrichtung für das Radioaktivitäts-Warnstellennetz an den Bundeswasserstraßen (BWStr). 13. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Bonn 4. – 6.4.2006, dieser Tagungsband*

KONSTRUKTION UND TEST EINES MESSBEHÄLTERS MIT AUTOMATISCHER SPÜLVORRICHTUNG FÜR DAS RADIOAKTIVITÄTS-WARNSTELLENNETZ AN DEN BUNDESWASSERSTRASSEN (BWSTR)

DESIGN AND TESTING OF A MEASURING VESSEL WITH INTEGRATED AUTOMATIC RINSING FOR USE IN THE RADIOACTIVITY-MONITORING NETWORK ON THE FEDERAL WATERWAYS IN GERMANY

S. Lommatzsch, G. Dersch
Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Koblenz

Zusammenfassung

Im Rahmen der Überwachungsaufgaben nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG) betreibt die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) an den BWStr ein Radioaktivitäts-Warnstellennetz, das als Frühwarnsystem in das Integrierte Mess- und Informationssystem zur Überwachung der Umweltradioaktivität (IMIS) eingebunden ist. Mit den Messeinrichtungen der Warnstellen werden die Gesamt-Beta- und die Gesamt-Gamma-Aktivität des Flusswassers vor Ort kontinuierlich auf Schwellenwerte hin überwacht.

Zur Verbesserung der Messqualität und Reduzierung des Wartungsaufwandes ist die Messtechnik weiterentwickelt worden. Im Rahmen eines Projektes wurde ein Messbehälter, der mit einer automatischen Spülvorrichtung versehen ist, zur Praxisreife entwickelt. Mit dieser Spülvorrichtung können Schwebstoffablagerungen im Messbehälter, die ansonsten die Messergebnisse ungünstig beeinflussen, verhindert werden. Für die Optimierung wurde ein Prototyp gefertigt, um die wesentlichen Betriebsparameter zu ermitteln. In der anschließenden Pilotphase sollen drei Messbehälter routinemäßig in ausgewählten Warnstellen installiert werden, um weitere Anpassungen vorzunehmen.

Summary

In the context of its monitoring duties pursuant to the Precautionary Radiation Protection Act (StrVG), the German Federal Institute of Hydrology (BfG) is operating a network of radioactivity-monitoring stations that is a constituent of the Integrated Measuring and Information System for Environmental Radioactivity Monitoring (IMIS). The measuring instruments in the stations monitor continuously the in-situ total-beta and total-gamma activities of the river water for exceedance of thresholds.

The measuring equipment has been further developed with the aim of improving the quality of measurements and reducing maintenance requirements. A project was established to develop a vessel for radioactivity measurement with an integrated automatic rinsing system and to test it for its applicability in routine operation. The rinsing system prevents the deposition of suspended matter in the measurement vessel that usually distorts the accuracy of the measurements. A prototype was constructed to determine and optimize the basic operational parameters. In the following pilot test-phase, three of the measuring vessels will be installed for routine operation in selected monitoring stations to identify possible needs for further adjustments.

1 Einleitung

Nach den Bestimmungen des Strahlenschutzvorsorgegesetzes (StrVG), das 1986 in Kraft getreten ist, obliegt der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) die großräumige Überwachung der Bundeswasserstraßen (BWStr) auf radioaktive Stoffe. Im Rahmen dieser Aufgaben ist die BfG in das Integrierte Mess- und Informationssystem zur Überwachung der Umweltradioaktivität (IMIS) eingebunden.

Für die Durchführung ihrer Überwachungsaufgaben stehen der BfG heute Mess- und Probenehmernetze mit u. a. 40 ortsfesten Radioaktivitäts-Messstationen sowie eine Messnetzzentrale und ein zentrales Isotopenlabor in Koblenz zur Verfügung. In den Messstationen sind - außer der Radioaktivitäts-Warnstelle - Probenentnahmegerate für Wasser- und für Schwebstoffproben untergebracht. Die Entnahme der Sedimentproben erfolgt unabhängig hiervon: diese werden an ausgewählten Stellen direkt von der Gewässersohle entnommen [1,2].

Aufbau, Betrieb und Unterhaltung der Messstationen erfolgen im Zusammenarbeit von BfG und der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV).

Zur Verbesserung der Messqualität und der Reduzierung des Wartungsaufwandes wurde für die Radioaktivitäts-Warnstellen die Messmethodik und -technik weiter entwickelt [3]. Einerseits sollen künftig Messbehälter, die über eine automatische Spülvorrichtung verfügen, in den Warnstellen installiert werden. Hiermit sollen die Einflüsse der Schwebstoffablagerungen auf die Messergebnisse minimiert werden. Andererseits ist geplant, wegen der relativ hohen Störanfälligkeit der Proportionalzähler die Gesamt-Beta-Messung aufzugeben. Stattdessen soll dann die Gesamt-Gamma-Messung redundant ausgelegt und der zweite Gamma-Messkanal zu einem spektrometrischen Messkanal ertüchtigt werden.

2 Das Radioaktivitäts-Warnstellennetz

2.1 Aufbau einer Radioaktivitäts-Warnstelle und Beschreibung der Messmethodik

Mit den Messeinrichtungen einer Warnstelle werden die Gesamt-Beta- und die Gesamt-Gamma-Aktivität des Flusswassers kontinuierlich online gemessen und auf Schwellenwerte hin überwacht (Frühwarnung) [1,2].

Die Vorteile dieser Monitormessungen liegen in der relativ hohen Empfindlichkeit mit der mögliche Einträge radioaktiver Stoffe erkannt und zeitnah verfolgt werden können sowie in der vergleichsweise einfachen und robusten Messtechnik. Der prinzipielle Nachteil besteht darin, dass die Aktivität integral, d.h. nicht nuklidspezifisch wiedergegeben wird. Aussagen über die tatsächliche Identität der Radionuklide können also nicht abgeleitet werden.

Das Messverfahren in den Warnstellen zeichnet sich dadurch aus, dass das Flusswasser mittels Pumpe entnommen und im Bypass einer abgeschirmten Messschale zugeführt wird. Die kastenförmige, oben offene Messschale ist mit zwei Strahlungsdetektoren ausgerüstet, einem Großflächen-Proportionalzähler (kombinierter Mess- und Schirmzähler) für die Gesamt-Beta-Messung sowie einer NaI(Tl)-Sonde für die Gesamt-Gamma-Messung. Ein Datenlogger steuert die beiden Messkanäle und die Datenfernübertragung via ISDN mit dem

zentralen Messnetzserver in Koblenz. Die Zählraten werden stündlich im FIFO-Speicher des Datenloggers zwischengespeichert. Der Datenabruf vom Messnetzserver erfolgt im Normalfall täglich, kann aber - an die Situation angepasst - variabel ausgeführt werden. Anschließend werden die Zählraten automatisch in Aktivitätskonzentrationen umgerechnet, einer Plausibilitätsprüfung unterzogen, in einer Datenbank abgespeichert und als Tagesmittel- bzw. 2h-Mittelwerte (im Ereignisfall) in das IMIS-IT-System eingespeist.

Bei Überschreitungen von Schwellenwerten und bei Betriebsstörungen setzt der Datenlogger Eigenmeldungen an den Messnetzserver zur weiteren Veranlassung ab. Der eingestellte Schwellenwert für einen internen Alarm entspricht einer Gesamt-Gamma-Aktivitätskonzentration von 25 Bq/l.

2.2 Nachteile der bisher angewandten Messmethodik

Nachteilig an der Konstruktion der kastenförmigen Messschale ist die zunehmende Ablagerung der im Flusswasser mitgeführten Schwebstoffe am Boden der Messschale und auf dem Stutzen für die NaI(Tl)-Sonde (Abbildung 1). An der Schutzfolie des Proportionalzählers bleiben ebenfalls Schwebstoffe haften. Die in den Schwebstoffen ebenfalls enthaltenen Radionuklide können dann Messwerterhöhungen bewirken, die der Aktivitätskonzentration des momentan vorbei fließenden Flusswassers nicht zugeordnet werden dürfen. Um diesen Einfluss auf die Messwerte, der zu einer Überschätzung der tatsächlichen Aktivitätskonzentrationen führt, möglichst gering zu halten, müssen die Messschale und die Schutzfolie des Proportionalzählers durch den Betreuer der jeweiligen Warnstelle regelmäßig gereinigt werden: im Normalfall wöchentlich bis monatlich, im Ereignisfall u. U. täglich.



Abb. 1: Extreme Schwebstoffablagerungen in einer Messschale (Warnstelle Terborg)

3 Konstruktion des Messbehälters mit Spülvorrichtung und Prototypentests

3.1 Konstruktion des Messbehälters

Mit der Neukonstruktion des Messbehälters mit einer automatischen Spülvorrichtung sollen die vorgenannten Nachteile der Schwebstoffablagerung vermieden werden. Der Aufbau des Behälters sollte so gestaltet werden, dass die Ablagerungen minimiert und mit Hilfe der Spülvorrichtung restlos ausgespült werden können.

Aus diesen Gründen wurde für den Messbehälter eine zylindrische Form mit trichterförmigem Boden gewählt. (Abbildung 2) Die Stützen für die beiden NaI(Tl)-Sonden sind hängend im Deckel eingeschweißt, ebenso wie die Anschlussrohre für die Sprühköpfe. Wegen der "Abschattung" durch die beiden Sondenstützen im Deckel sind zwei Sprühköpfe für eine vollständige Reinigung des Behälters vorgesehen.

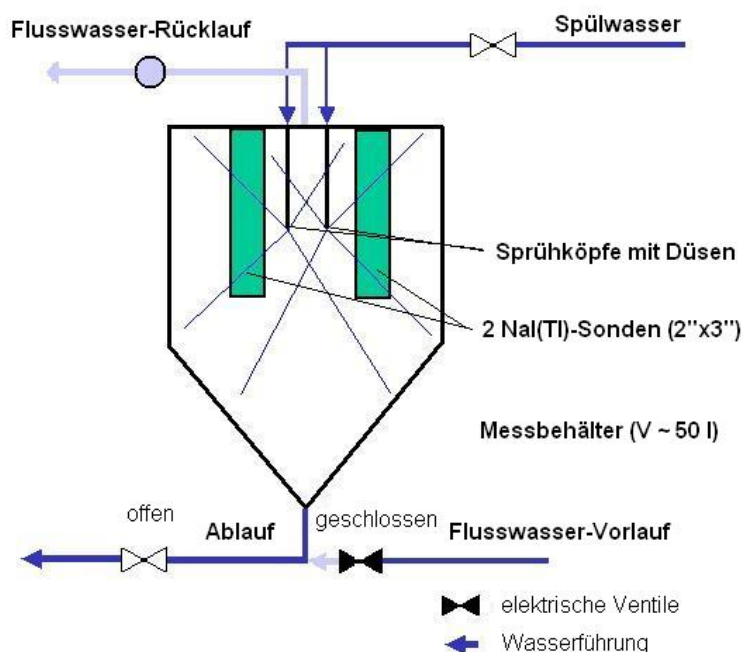


Abb. 2: Konzept des Messbehälters mit automatischer Spülvorrichtung (Spülbetrieb)

Durch den Wegfall der Gesamt-Beta-Messung kann der Messbehälter geschlossen ausgeführt werden. Es befinden sich auch keine mechanisch empfindlichen Teile mehr innerhalb des Behälters, so dass mit Drucksprühdüsen und Wasser gereinigt werden kann.

Die Qualität des zu messenden Flusswassers ist sehr unterschiedlich. Das betrifft sowohl die chemische Zusammensetzung (z.B. Salz- oder Brackwasser im Küstenbereich) als auch die mitgeführten Schwebstoffe und Organismen. Das Material des Messbehälters muss mechanisch stabil und korrosionsfest sein. Aus Erfahrung wurde nicht rostender Stahl (V2A) ausgewählt. Die bisherigen Messschalen sind teilweise aus Kunststoff (PVC/Trovidur) gefertigt. Dieses Material wurde im Laufe der Zeit brüchig und führte zu Ausfällen.

Je nach Betriebsart "Messbetrieb" oder "Spülbetrieb" müssen der Flusswasser- und der Spülwasserdurchfluss unterschiedlich geschaltet werden. Dies soll über eine speicherprogrammierbare Steuereinheit (SPS-Steuerung) und elektrisch betätigte Ventile erfolgen.

3.2 Prototypentests

Für die Prototypentests wurde ein Messbehälter mit einem Volumen von ca. 50 l aus V2A-Stahl angefertigt. Im Rahmen verschiedener Tests sollten die geeignetste Spülvorrichtung ausgewählt, die Notwendigkeit einer Innenbeschichtung geklärt und weitere Betriebsparameter ermittelt werden.

Bei den Prototypentests standen die Konzeption des Messbehälter und des Sprühsystems im Vordergrund. Bei der Steuereinheit soll später auf ein handelsübliches Produkt zurück gegriffen werden, z.B. eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS-Steuerung). Nur die Festlegung der funktionellen Abläufe waren hier Gegenstand der Prototypentests sind. Daher wurde noch keine Steuerung eingesetzt, sondern es wurden alle Ventile manuell geschaltet.

3.2.1 Spülvorrichtung

Für die Innenreinigung des Messbehälters bieten sich handelsübliche Sprühköpfe an. Diese werden in vielfältiger Weise bei der Behälterinnenreinigung, z.B. in der chemischen Industrie, eingesetzt. Sie stehen in verschiedensten Ausführungen zur Verfügung. Rotierende Sprühköpfe bieten im Vergleich zu starren Köpfen den Vorteil eines intensiven Sprühstrahls bei verhältnismäßig niedrigem Spülwasserdruck (ca. 2 bar) und geringem Wasserverbrauch. Sie können mit Leitungswasser (Trink- oder Brauchwasser) betrieben werden, d.h. der Anschluss an spezielle Hochdruckpumpen oder -reiniger ist nicht nötig. An wenigen Warnstellen muss die Reinigung mit Flusswasser erfolgen, da dort kein Leitungswasser installiert ist. Falls die Förderleistung – insbesondere der Druck - der Flusswasserpumpen nicht ausreicht, muss hier ggf. eine zusätzliche Spülwasserpumpe eingesetzt werden.

Die Tests mit unterschiedlichen Sprühköpfen ergaben, dass der rotierende Tankreinigungskopf Typ "Micro Whirly" der Fa. Lechler am besten geeignet ist. Er überzeugte vor allem der Reinigungswirkung und von den Sprüheigenschaften. Erwähnenswert bei diesen Sprühkopf ist sein vergleichsweise geringer Wasserverbrauch.

3.2.2 Innenbeschichtung

Eine Innenbeschichtung soll verhindern, dass sich Schwebstoffe und andere Organismen fest an die Innenwandung des Messbehälters anlagern und so die Sprühreinigung erschweren können.

Für die Auswahl einer geeigneten Beschichtung wurden Musterbleche mit unterschiedlichen Beschichtungen in den Messschalen verschiedener Warnstellen ausgelegt. Beurteilt wurde danach das Aussehen und mit welchem Aufwand sich die Musterbleche reinigen ließen.

Die Beschichtungstests erfolgten mit folgenden Musterblechen:

- Edelstahl (ohne Beschichtung als Referenzmaterial)

- Edelstahl mit Antifoulinglack
- Musterbleche von der Fa. Starnberger:
"Safecoat 571", Beschichtung auf Basis von Perfluoralkoxyl und Polytetrafluorethylen
"Safecoat 786", Beschichtung auf Basis eines Copolymerisats von Ethylen und Monochlortrifluorethylen (Halar®)

Diese Tests haben ergeben, dass beide Beschichtungen der Fa. Starnberger am besten geeignet sind. Ausschlaggebend dafür sind die leichte Reinigung und das geringere Anlagern von Schwebstoffen und Muscheln an der Beschichtung.

3.3 Beschreibung der Anforderungen an die Steuerungseinheit der Spülvorrichtung

Die Spülvorrichtung besteht grundsätzlich aus den Sprühköpfen in der Messschale, den Ventilen, die die Wasserzufuhr und den –abfluss des Messbehälters regeln, sowie einer programmierbaren Steuereinheit. Die Ventile sollen elektrisch geschaltet werden, da in den Warnstellen zusätzliche Aggregate, z.B. Kompressor für pneumatische Ventile, nicht installiert werden sollen.

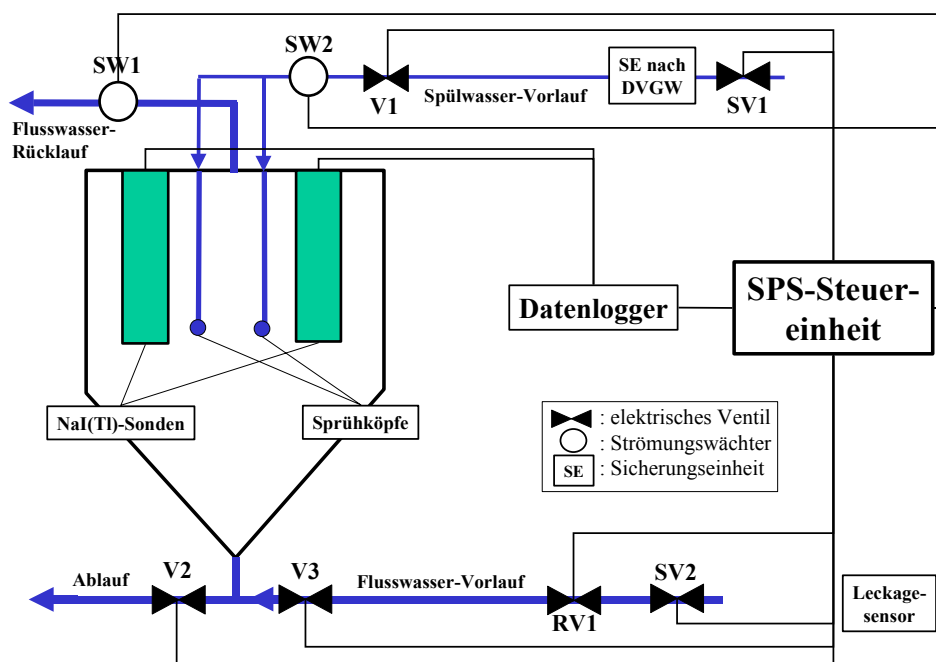


Abb. 3: Blockschaltskizze für die Spülvorrichtung

Die komplette Spülvorrichtung setzt sich aus folgenden Komponenten zusammen (Abbildung 3):

- Steuereinheit mit SPS-Steuerung; später einzubauen in einem 19-Zoll-Geräteschrank

- elektrische Ventile (V1, V2, V3, RV1) zur Regelung der Wasserzu- und -abflüsse sowie der Sicherheitsventile (SV1, SV2)
- rotierende Sprühköpfe
- Sensoren zur Überwachung (Strömungswächter SW1 und SW2, Leckagesensor)

Die Steuereinheit hat die Aufgabe die Funktionsabläufe der Spülvorrichtung zu steuern und zu überwachen. Zentrales Element der Steuerung soll eine speicherprogrammierbare Einheit (SPS-Steuerung) sein, um die nötige Flexibilität zur Anpassung der Zeitabläufe unter verschiedenen Betriebsbedingungen zu haben.

An die Steuereinheit angeschlossen sind die elektrisch betätigten Ventile V1, V2, V3, das Durchflussregelventil RV1, die Strömungswächter SW1, SW2, und der Datenlogger. Der Leckagesensor und die Sicherheitsventile SV1 und SV2 können in die Steuerung einbezogen werden oder als unabhängiges System ausgeführt werden.

Der Datenlogger kann externe Betriebszustände über potenzialfreie Kontakte erfassen und als Zustandsdaten den Messwertdatensätzen hinzufügen. Über einen Kontakt wird der Datenlogger in den Wartungsmodus geschaltet und so die Abspeicherung von Messwerten unterbunden. Dies muss dann erfolgen, wenn der Messbehälter in den Spülbetrieb geht. Der zweite Kontakt dient dazu die Ausfälle zu erfassen, die zu einer Beeinträchtigung der Messungen führen. Damit kann z.B. ein Totalausfall des Messbehälters bei defektem Ablaufventil V2 oder ein Pumpenausfall gemeldet werden. Über den dritten Kontakt können die Störungen erfasst werden, die keinen unmittelbaren Einfluss auf die Messungen haben, aber gemeldet werden sollen.

4 Pilotinstallation

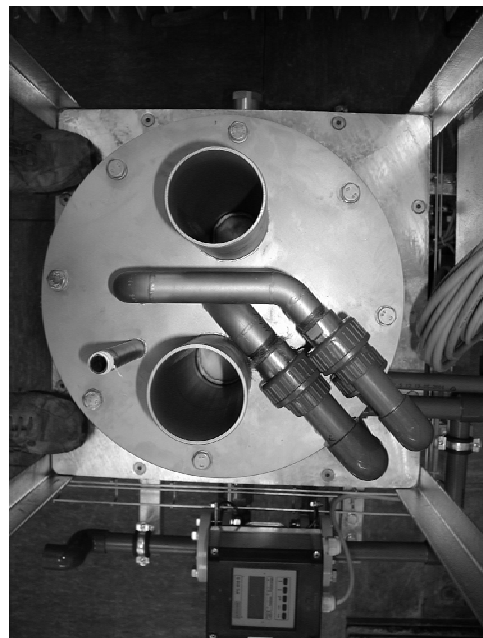


Abb.4 und 5: Ansicht des Messbehälters

Nach erfolgreichem Abschluss der Prototypentests wurden drei komplette Messbehälter, d.h. einschließlich programmierbarer Steuereinheit, für den praktischen Einsatz in ausgewählten Warnstellen beschafft (Pilotinstallation). Wesentliche Merkmale dieser Ausführung sind der kompakte Aufbau, d.h. alle Komponenten - außer SPS-Steuereinheit - sind auf einer anschlussfertigen Plattform installiert (Abbildungen 4 und 5). Das Volumen des Messbehälters beträgt hier ca. 30 l, um das Gewicht der notwendigen Abschirmung zu reduzieren. Als Innenbeschichtung wurde "Safecoat 571" der Fa. Starnberger gewählt und bei den rotierenden Sprühhöpfen der Typ "Micro Whirly" der Fa. Lechler. Die SPS-Steuereinheit mit Siemens "SIMATIC"-Zentraleinheit ist in einem 19"-Gehäuse eingebaut.

5 Schlussfolgerung

Die Entwicklung des Messbehälters mit Spülvorrichtung ist soweit abgeschlossen. Er befindet sich derzeit in der praktischen Erprobungsphase (Pilotinstallation). Anschließend sollen die Messbehälter an den Warnstellen flächendeckend eingebaut werden und die bis dato verwendeten Messschalen ersetzen.

Als nächster Schritt der Weiterentwicklung der Messmethodik ist geplant, die Gamma-Messung redundant auszulegen und zu einem spektrometrischen Messkanal zu ertüchtigen. Damit soll der Nachteil der Monitormessungen, keine Hinweise auf die Identität von Radionukliden zu liefern, ausgeglichen werden [3].

6 Literatur

- [1] Mundschenk, H., W.J. Krause, G. Dersch u. P. Wengler: *Überwachung der Bundeswasserstraßen auf radioaktive Stoffe im Normal- und Ereignisfall. Konzept, Methoden und Ergebnisse. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz 1994, BfG-Bericht BfG-0783, 208 Seiten*
- [2] Dersch, G., H. Mundschenk u. P. Wengler: *Ein stationäres Warnstellennetz zur kontinuierlichen Überwachung der Radioaktivität in den Bundeswasserstraßen im Normal- und im Ereignisfall. Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen (DGM) 37 (1993), S. 127 - 137*
- [3] Dersch, G., T. Krämer, W. Krause u. P. Wengler: *Konzept einer messtechnischen Weiterentwicklung für das Radioaktivitäts-Warnstellennetz der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) an den Bundeswasserstraßen. 12. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Bonn 8. – 10.4.2003, Tagungsband S. 61 – 68*

DIE SCHNELLE BESTIMMUNG VON STRONTIUM-90 IN NAHRUNGSMITTELN UND AGRARROHSTOFFEN MIT HILFE DES DICYCLOHEXANO-18-KRONE-6

EXPRESS DETERMINATION OF STRONTIUM-90 IN FOOD AND AGRICULTURAL RAW MATERIALS WITH THE AID OF THE DICYCLOHEXYL-18-CROWN-6

A. Burak, H. W. Fischer

Landesmessstelle für Radioaktivität/Institut für Umweltphysik
Universität Bremen

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde eine Methode für die schnelle Bestimmung von Strontium-90 in organischen Umweltproben entwickelt. Es handelt sich um eine Schnellmethode, die es erlaubt die Aktivität von Strontium-90 in der Probe innerhalb eines Zeitraums von 8-10 Stunden zu bestimmen. Das Prinzip der Methode basiert auf der chromatographischen Extraktion von Strontium aus Nitratlösungen und anschließender Messung der flüssigen oder festen Phase mittels Flüssigszintillation oder Proportionalzähler. Strontium wird aus der Probe mit Hilfe des hochselektiven Sorbents Dicyclohexano-18-Krone-6 (DCH18C6) extrahiert. Dieses ist in Tetrachloräthan auf einer porösen Matrix aus Sterindivinylbenzol fixiert. Die Methode besteht aus drei Hauptschritten. Als erster Schritt erfolgt die Nassveraschung oder Trockenveraschung der Probe. In der zweiten Stufe wird die chromatographische Säule vorbereitet und die Extraktion von Strontium durchgeführt. Danach wird das adsorbierte Strontium mit heißem Wasser aus der Säule ausgewaschen. Die hierfür optimalen experimentellen Bedingungen wurden detailliert untersucht. In der Schlussphase wird die Aktivität des extrahierten Strontium bestimmt. Hierbei wurde die Möglichkeit der Bestimmung von Sr-90 in flüssiger und fester Phase untersucht. Als Tracer für die Ausbeutebestimmung wurde Sr-85 verwendet. Daher war es nötig, den möglicherweise störenden Einfluss von Sr-85 bei Flüssigkeitsszintillationsmessungen zu untersuchen. Die Gammastrahlung des Sr-85 wurde mit einem hpGe-Gammaspektrometer (Canberra-Packard) gemessen. Flüssigkeits-Szintillationsmessungen wurden mit einem Tri-Carb 2800TR Liquid Scintillation Analyzer (Perkin Elmer) durchgeführt. Für Sr-90 in der festen Phase wurde ein Berthold LB750L/LB5310 Proportionalzähler verwendet. Mehr als 50 Proben aus Weißrussland (Gomel Gebiet), die durch die Tschernobyl-Katastrophe mit Sr-90 kontaminiert waren, wurden mit der vorgestellten Methode analysiert. Einige Ergebnisse und Vergleichswerte aus anderen Messverfahren werden präsentiert.

Summary

The present method has been developed for the rapid determination of Strontium-90 in objects in organic environmental samples. The express method determines the activity of strontium-90 in samples during 8-10 hours. The principle of the method is based on chromatographic extraction of strontium from nitrate solutions followed by the radiometric determination in the liquid or solid phase activity by a Liquid Scintillation Analyzer or proportional counter. Strontium was extracted from the environmental samples by the highly selective sorbent dicyclohexyl-18-crown-6. A highly porous matrix of styrene-divinylbenzene

copolymer is used as a substrate to support the extractant, dicyclohexyl-18-crown-6 in tetrachloroethane, which is in the liquid state deep in the pores of the matrix. The method is composed of three main stages. As the first stage the method of wet ashing or dry-ashing is used. As the second stage chromatographic column was loaded and extract elution through a chromatographic column was completed. Then strontium desorption with hot water was carried out. The optimum experimental conditions were determined. In a final stage an activity of the extracted strontium was measured. In addition, the possibility of the determination of the Sr-90 in liquid and solid phase was studied. To determine strontium losses and a chemical yield, tests were made using the radionuclide Sr-85 as a tracer. Therefore, the interfering influence of Sr-85 in LSC was studied. Sr-85 was registered by gamma spectroscopy, using a HPGe detector (Cannberra-Packard). For registration of Sr-90 in liquid phase a Liquid Scintillation Analyzer (Tri-Carb 2800TR) was used. For registration of Sr-90 in solid phase a proportional counter Berthold LB750L/LB5310 was used. About 50 organic samples from the Gomel region of Belarus around the Chernobyl NPP were selected and the content of Sr-90 was determined. The results for some samples and comparative values from other methods are presented

1 Einführung

Sr-90 ist einer der schädlichsten Bestandteile des radioaktiven Niederschlags. Es stammt zumeist aus der U-235- und Pu-239-Spaltungsreaktion atmosphärischer Kernwaffentests und aus Kernreaktorunfällen. Sr-90 hat eine Halbwertszeit von 28,6 Jahren [1] und ist wie das Tochternuklid Y-90 ($T_{1/2} = 64,4$ Stunden) ein β -Strahler, der während der oberirdischen Kernwaffenversuche in den 50-er und 60-er Jahren in größeren Mengen freigesetzt wurde. Außerdem wurden ausgedehnte Gebiete durch den Tschernobyl-Kernreaktorunfall mit Sr-90 kontaminiert. Durch Inhalation verseuchter Luft oder die Aufnahme kontaminierter Nahrungsmittel gelangt das gefährliche Radionuklid in den menschlichen Körper. Dort kann es Calcium bei der Knochenbildung ersetzen. Die Zerfalleigenschaft und die langsame Biokinetik bewirken, dass Sr-90 lange im Körper verweilt und, verstärkt durch die Bildung des Y-90, einen relativ hohen Dosiskoeffizienten aufweist. Daher ist die Bestimmung des Sr-90-Gehaltes eine wesentliche Aufgabe der Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt. Die klassischen radiochemischen Methoden für die Bestimmung des Sr-90 sind arbeitsintensiv, kompliziert und zeitaufwändig. Vor den Messungen muss man bis zur Einstellung des radioaktiven Gleichgewichts mit dem Y-90 etwa zwei Wochen warten. Außerdem können wegen zahlreicher Fällungen und Umfällungen, die Strontiumverluste bis zu 50% betragen. Daher ist die Entwicklung einer schnelleren und einfacheren Methode für die Bestimmung des Sr-90 in Umweltproben sehr aktuell.

Die vorliegende Arbeit beschreibt eine Methode für die schnelle Bestimmung des Sr-90 mit Hilfe des Kronenether Dicyclohexano-18-Krone-6. Kronenether sind zyklische Ether, deren schematischer Aufbau in der Abfolge von Ethylenoxyeinheiten an eine Krone erinnert. Kronenether mit m Ringgliedern und n Sauerstoffatomen werden als m -Krone- n bezeichnet. Eine einzigartige Eigenschaft der Kronenether ist deren Fähigkeit zur Komplexierung von Kationen. Die Komplexierung wird im Falle von Metallkationen durch die Wechselwirkung der negativ polarisierten Sauerstoffatome mit den Kationen erreicht.

Aus [2] lässt sich entnehmen, dass Dicyclohexano-18-Krone-6 Strontiumsalze aus sauren, neutralen und alkalischen Lösungen extrahiert. Dabei wird die maximale Sr-Ausbeute bei

Extraktion von Strontium aus 1-2 M HNO_3 erreicht [3]. Die wissenschaftliche Grundlage der chromatographischen Extraktion von Strontium mit Hilfe des Kronenethers DCH18C6 wurde sofort nach dem Tschernobyl-Unfall unter Leitung von B. Mjasoedov entwickelt [3,4]. Später wurde diese Methode im Institut für Physik der Akademie der Wissenschaften von Weißrussland auch auf Milch, Wasser und Boden angewendet [5]. Zur Zeit wird die Methode im Institut für Umweltphysik, Universität Bremen, verbessert und auf biologische Umweltproben übertragen.

Die Methode besteht aus drei Hauptschritten: Probenvorbereitung, Extraktion von Strontium und Aktivitätsmessung. Ein Schema der Methode wird in Abb.1 gezeigt.

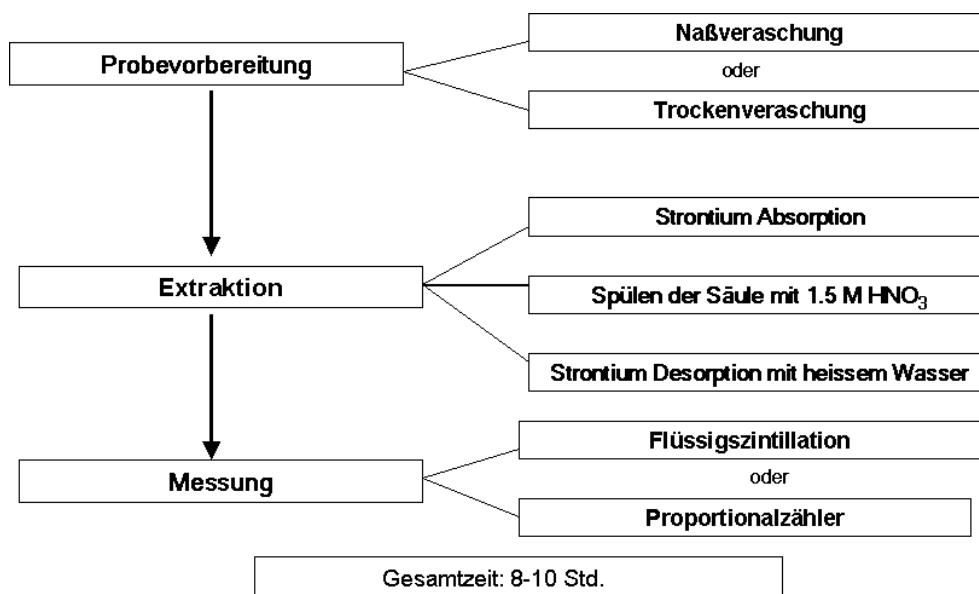


Abb.1: Kurzes Schema der Methode

2 Probenvorbereitung

Nach der Bestimmung des Feuchtgewichtes, werden die Proben zerkleinert und verbleiben bis zur Trocknung bei $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ im Trockenschrank. Nach der Abkühlung wird das Trockengewicht bestimmt. Danach werden die Proben trocken oder nass verascht.

Bei der **Trockenveraschung** werden Proben mit einer Trockenmasse zwischen 10 und 1000 g, zwei bis drei Stunden bei 500 bis $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ im Muffelofen verascht. In der vorliegenden Arbeit wurden Proben mit einer Trockenmasse von 25 g benutzt. Die abgekühlte Probe wird in ein 500 ml-Glas gebracht und es werden 50 ml 7,5 M HNO_3 hinzugegeben. Dann wird die Probe 30 min gekocht. Nach der Abkühlung werden die Phasen mit Hilfe eines Blaubandfilters abgetrennt. Der feste Niederschlag wird noch einmal 30 min mit 50 ml 7,5 M HNO_3 gekocht, gekühlt und die Lösung über ein Blaubandfilter klarfiltriert. Alle Filtrate werden vereinigt und bis zum feuchten oder trockenen Salz eingedampft. Abschließend wird das Salz mit 10-30 ml 1,5 M HNO_3 gelöst. Die Probe ist fertig zur weiteren Analyse.

Die Vorteile der **Nassveraschung** gegenüber dem trockenen Verfahren sind einerseits die niedrigere Temperatur, die die Strontiumverluste niedriger hält, und andererseits, die kürzere

Veraschungszeit. Für die Nassveraschung werden oxydierende Reagenzien wie HNO_3 , HClO_4 , H_2O_2 oder zersetzende, wie H_2SO_4 , verwendet. In der vorliegenden Arbeit wurde die Nassveraschung durch konzentrierte HNO_3 und HClO_4 realisiert. Die konzentrierte Salpetersäure reagiert mit den organischen Stoffen und wird zu Wasser, Stickstoffdioxid und Sauerstoff zersetzt. Der freigesetzte Sauerstoff hat in diesem Zustand eine sehr große Reaktionsfähigkeit und oxydiert die organischen Stoffe sehr intensiv. Die Zumischung der Perchlorsäure beschleunigt die Veraschung durch zusätzlichen aktiven Sauerstoff. Für diese Methode der Nassveraschung benutzt man am besten Probenmengen bis zu 20 g. In dieser Arbeit wurden Trockenmassen bis zu 10 g verwendet. Die Probe wird in ein 500 ml-Glas gebracht und mit 100 ml 65 %iger HNO_3 versetzt. Die Mischung wird mit einem Uhrglas abgedeckt und mindestens 20-30 min bei Raumtemperatur belassen. Danach wird die Substanz gründlich vermischt und 1-2 Stunden vorsichtig gekocht. Beim Kochen werden die Stickstoffoxyde (braunroter Rauch) aus der Lösung sehr intensiv abgeraucht. Das Kochen kann man beenden, wenn die Mischung fast klar geworden ist. Die Probe wird auf Raumtemperatur abgekühlt und 10-15 ml HClO_4 vorsichtig zugesetzt. Danach wird die Lösung nochmals gekocht. Die Nassveraschung ist beendet, wenn die Lösung völlig farblos ist. Nach dem Abkühlen wird die Lösung über ein Blaubandfilter filtriert. Dann wird die Lösung zu einem feuchten oder trockenen Salz eingedampft und mit 10-30 ml 1,5 M HNO_3 aufgenommen.

3 Strontiumextraktion durch DCH18C6

3.1 Vorbereitung des selektiven Sorbens

Das Festphasenextraktionsmittel wurde durch Einbringen des DCH18C6 aus einer Tetrachloräthanlösung in eine poröse Matrix aus Styrol-Divinylbenzol-Copolymer (SDC) hergestellt. Die benötigte Menge DCH18C6 wurde in Tetrachloräthan gelöst. In dieser Arbeit wird eine 5 %ige Lösung von DCH18C6 in Tetrachloräthan verwendet (1 g DCH18C6 per 20 ml Tetrachloräthan). Danach wird die Lösung mit SDC vermischt und in einen geeigneten Rundkolben mit aufgesetztem Rückflusskühler überführt. Per 10 g der Matrix wird mindestens 25-30 ml DCH18C6 in Tetrachloräthan benötigt. Danach wird die Mischung etwa zwei bis drei Stunden im Wasserbad bei 92 bis 95 °C erhitzt. Das abgekühlte Extraktionsmittel kann man sofort verwenden oder im geschlossenen Glasgefäß im Dunkeln längere Zeit aufbewahren.

3.2 Packung der Säulen

Das abgekühlte Extraktionsmittel wird in kleinen Mengen in eine Säule mit 10-15 ml 1 M HNO_3 eingebracht. Das Festphasenextraktionsmittel wird in der Chromatographiesäule mit einem Glasstab festgestampft. Die optimale Sorbenshöhe ist 20 cm. Der Chemikalienverbrauch pro chromatografischer Säule ist: DCH18C6 – 1g, Styrol-Divinylbenzol-Copolymer – 8g, Tetrachloräthan – 12g.

Um die Fließgeschwindigkeit der zu eluierenden Substanzen zu beschleunigen und organische Stoffe zwischen den Körnchen des Festphasenextraktionsmittels zu entfernen, muss die Chromatographiesäule mit 10ml 1,5 M HNO_3 gespült werden. Man muss überwachen, dass das Sorbens immer in der Lösung bleibt, da die Luftblasenbildung in der Chromatographiesäule die Strontiumextraktion verhindert. Danach wird die

chromatographische Säule mit dem Thermostaten verbunden. Die chromatographische Säule ist dann für die Strontiumextraktion fertig. In der vorliegenden Arbeit wurden die Säulencharakteristiken und die optimalen Bedingungen für die Extraktion untersucht. Einige Ergebnisse sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Optimale experimentelle Bedingungen.

Parameter	Wert
Konzentration des Kronenether in Tetrachloräthan, %	5
Desorptionstemperatur, °C	70-80
Chemische Ausbeute, %	92-96
Strontiumverlust, %	<10
Extraktionzyklen	6-8
Extraktionsvolumen, ml	max. 300
Extraktiongeschwindigkeit	2 ml/min

3.3 Extraktion

10-30 ml strontiumhaltige Lösung wird auf die chromatographische Säule mit einer Fließgeschwindigkeit von 2 ml/min gegeben. Danach wird die Säule mit 20-25 ml 1.5-2 M HNO₃ ausgespült. Das ist nötig, um die möglichen Störnuklide (Cs-137, K-40; Y-90) und Begleitelemente zu entfernen. Danach muss man zusätzlich 5-7 ml destilliertes Wasser bei Raumtemperatur auf die Säule geben, damit der Säureüberschuss entfernt wird. Danach wird der Thermostat eingeschaltet und die Säule auf 80-85 °C erhitzt. Zur Desorption des Strontiums wird die chromatographische Säule mit 20 - 30 ml warmem destilliertem Wasser mit einer Fließgeschwindigkeit von 2 ml/min ausgespült. Das Strontiumeluat wird in einem 50 ml-Becherglas gesammelt. Nach der Abkühlung auf Raumtemperatur ist die Probe für die weitere Messung fertig. Die Extraktionszeit ist ca. 30-45 min und hängt vom Volumen der strontiumhaltigen Lösung ab.

Der Thermostat wird abgeschaltet und die Säule durch 10 ml 1.5-2 M HNO₃ ausgespült. Danach ist die Säule zur nächsten Extraktion fertig. Eine Chromatographiesäule eignet sich für 6-8 Extraktionzyklen. Danach muss man die Säule neu laden.

4 Messungen

4.1 Aktivitätsbestimmung in flüssiger Phase

In der vorliegenden Arbeit wurde eine Untersuchung des für die Bestimmung geeigneten flüssigen Szintillators und des optimalen Verhältnisses Eluat-Flüssigszintillator durchgeführt. Dabei wurde festgestellt, dass der Flüssigszintillator Ultima Gold AB (Perkin Elmer) sehr gut geeignet ist. Das optimale Verhältnis Eluat-Flüssigszintillator ist 3,5 ml:16,5 ml. Die Zählausbeute beträgt bei diesem Verhältnis zirka 97 %.

Das Strontiumeluat wird auf einer Elektrokochplatte auf ein Volumen von 3,5 ml eingedampft. Nach der Abkühlung auf Raumtemperatur wird das Eluat mit 16,5 ml Ultima

Gold AB Szintillationscocktail (Perkin Elmer) versetzt und im Flüssig-Szintillationszähler gemessen. Die Messungen wurden in 20 ml Plastikvial durchgeführt. Die Messzeit beträgt ein bis zwei Stunden pro Probe und hängt von der Probenaktivität ab. Also beträgt der gesamte Zeitaufwand nach der Strontiumabtrennung nicht mehr als zwei bis drei Stunden. Die direkte Sr-90 Aktivitätsbestimmung ist möglich, weil die Messproben frei vom Tochternuklid Y-90 sind. Das Sr-90 in dieses Proben wurde im Energiefenster 1-220 keV gemessen (Abb.1)

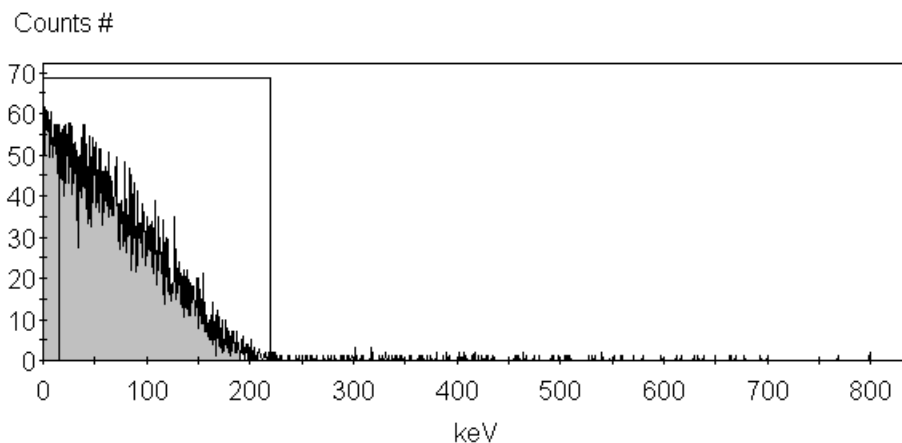


Abb.1: LSC Spektrum des Sr-90

Weiterhin wurde die Möglichkeit der Nutzung des gammastrahlenden Sr-85 als Tracer für die Bestimmung der radiochemischen Ausbeute untersucht. 3,5 ml Sr-85-Lösung mit 5, 10, 15 und 20 Bq wurde mit 16,5 ml Ultima Gold AB Szintillationscocktail (Perkin Elmer) versetzt und mit einem Tri-Carb 2800TR gemessen. Die Zählraten wurde in den Energiefenstern 0-15 und 16-220 KeV untersucht. Tabelle 2 zeigt die Werte der Proben und einer Nullprobe.

Tabelle 2: Zusätzliche Szintillationen durch die Nutzung von Sr-85 als Tracer

Aktivität, Bq	CPM, Kanäle 0-15	CPM, Kanäle 16-220
0	5.6	8.0
5	111.2	20.7
10	269.9	34.6
15	387.7	47.4
20	474.8	59.3

Dabei wurde festgestellt, dass die Nutzung von Sr-85 als Tracer zu zusätzlichen Szintillationen, besonders im Energiefenster 0-15 keV führen kann (Abb.2). Also ist die Nutzung von Sr-85 als Tracer zur Bestimmung der radiochemischen Ausbeute und des Strontiumverlustes bei Flüssigszintillationsmessungen nur bei relativ großen Sr-90-Aktivitäten akzeptabel. Dabei soll die Sr-85 Aktivität so gering wie möglich sein. Die Nutzung von Sr-85 als Tracer bei Messungen mit Hilfe eines Proportionalzählers ist

uneingeschränkt möglich. Deswegen sollte für die Messung niedriger Sr-90-Aktivitäten ein Proportionalzähler verwendet werden..

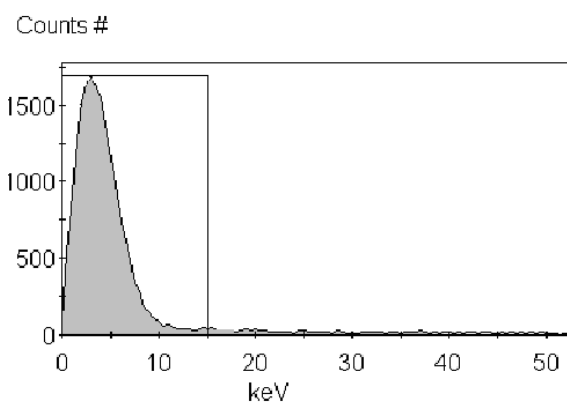


Abb.2: LSC Spektrum des Sr-85

4.2 Aktivitätsbestimmung in fester Phase

Zum Eluat wird 10 g $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ – Lösung (10mg Sr^{++} /1g Lösung), 2 Tropfen 65%ige HNO_3 und 5 ml Oxalsäure zugegeben. Im kochenden Wasserbad wird ca. 10 min erhitzt und dann mit 25%iger NH_4OH auf pH 4 eingestellt. Dabei fällt Strontiumoxalat (SrC_2O_4) aus. Nach Absetzen des Niederschlages saugt man über ein Blaubandfilter ab und trocknet den Niederschlag anschließend auf dem Filterpapier 5 min bei 105°C . Danach wird die Probe sofort im Berthold LB750L/LB5310-Proportionalzähler gemessen. Die Messzeit beträgt zwei Stunden pro Probe.

Tabelle 3: Vergleich der Messergebnisse durch die radiochemische und die Extraktionsmethode.

Art der Probe (Weißrussland, Gomel Gebiet, 2003-2004)	Extraktionsmethode, Bq/kg	Klassische radiochemische Methode, Bq/kg
Apfel	9.3 ± 0.8	8.2 ± 1.2
Zwiebel	12.5 ± 0.9	13.0 ± 3.6
Rote Beete	30.1 ± 2.5	32.7 ± 6.2
Karotte	21.7 ± 1.9	19.9 ± 4.0
Kartoffeln	8.0 ± 0.8	10.1 ± 2.9
Gras (trockene)	140.6 ± 8.2	134 ± 19.2
Weizen	33.2 ± 2.4	$27,8 \pm 4.8$
Roggen	21.4 ± 2.0	$23,2 \pm 3.5$
Bohne	2.8 ± 0.5	$2,3 \pm 0.7$

5 Ergebnisse

Die entwickelte Methode sollte für reale Umweltproben (Körnerfrüchte, Pilze, Gemüse) getestet werden. Deswegen wurden Proben aus verschiedenen Umweltbereichen aus Weißrussland, die durch die Tschernobyl-Katastrophe mit Sr-90 kontaminiert waren, analysiert. Die Proben wurden 2003-2004 gesammelt. Sr-90 wurde wie in den Abschnitten 2 und 3 beschrieben, extrahiert. Die Messungen von Sr-90 wurden in flüssiger Phase mit einem Tri-Carb 2800TR durchgeführt. Als Tracer wurde Sr-85 mit einer Aktivität von 5 Bq verwendet. Die Strontiumaktivität wurde direkt nach der Extrahierung in dem Energiefenster 15-220 keV gemessen. In einigen Proben wurde die Sr-90-Aktivität durch zwei Messverfahren bestimmt: durch die vorgestellte Methode und durch die klassische radiochemische Methode. Einige Ergebnisse sind in Tabelle 3 dargestellt.

6 Diskussion

Die vorliegende Arbeit beschreibt die Anwendung der Abtrennung von Sr-90 aus Nahrungsmitteln und Agrarrohstoffen mit Hilfe von Dicyclohexano-18-Krone-6. Die Anwendbarkeit der Methode wurde auf die meisten organischen Materialien ausgeweitet (Gemüse, Fleisch etc.) und Vergleichswerte aus anderen Messverfahren wurden präsentiert. Die Vergleichswerte (Tabelle 3) stimmen sehr gut überein. Die Methode ist bereit zur weiteren Anwendung. Die Gesamtzeit der Analyse ist 8-10 Stunden, so dass sich die Aktivität von Strontium-90 in der Probe in einem Arbeitstag bestimmen lässt. Außerdem besteht die Möglichkeit, gleichzeitig mehrere Proben zu analysieren.

In [3] wurde festgestellt, dass DCH18C6 neben Strontium, Barium extrahieren kann. Mit frischem Fallout kontaminierte Umweltproben können das betastralende Ba-140 ($T_{1/2}=12,8$ Tage) [1] enthalten. In diesem Falle muss man Barium und Strontium in einem weiteren Schritt trennen. Beispielsweise kann man die chromatographische [3] oder chemische [6] Abtrennung verwenden. Deswegen ist die entwickelte Methode für die Bestimmung des Sr-90 in frischem Fallout geeignet.

7 Literatur

- [1] G. Pfennig, H. Klewe-Nebenius, W. Seelmann-Eggebert, Karlsruher Nuklidkarte, Forschungszentrum Karlsruhe (1998).
- [2] M. Hiraoka. Crown Compounds. Their characteristics and applications. Elsevier, New York (1992).
- [3] N. Kremlyakova, A. Novikov, B. Myasoedov, Extraction Chromatographic Separation of Radionuclides of Sr, Cs, and Ba with the Use of Tvex-DCH18C6. Nucl. Chem. Letters, V. 145, N 1 (1990), p.23
- [4] N. Kremlyakova. The Determination of Radiostrontium in Environmental Objects by Extraction Chromatography Using TVEX-DCH18C6. //J.Radional. Nucl Chem. Articles, V.170 (1993), p.186-194.
- [5] S. Zablotsky, E. Rudak, L. Stopolyanskaya and J. Wiley. Improvements in the method of strontium-90 extraction from environmental samples with dicyclohexyl-18-crown-6 Kerntechnik, V.60 (1995), p.262-264

- [6] D. Tait, G. Haase, A. Wiechen, Separation of Ba and Pb from aqueous solutions of Sr with a commercially available “precipitated active manganese dioxide”, *J. Radioanal. Nucl. Chem., Letters* 186(1), (1994).

SCHNELLMETHODEN ZUR BESTIMMUNG DES I-129 IN MILCH, ZUR RADIO-CHEMISCHEN ABTRENNUNG VON THORIUMNUKLIDEN AUS PFLANZEN UND FUTTERMITTELN UND ZUR BESTIMMUNG VON STRONTIUMRADIONUKLIDEN IN FUTTER- UND NAHRUNGSMITTELN

FAST METHODS FOR THE DETERMINATION OF I-129 IN MILK, FOR THE RADIO-CHEMICAL SEPARATION OF THORIUM NUKLIDES FROM PLANTS AND FODDER, AND FOR THE DETERMINATION OF STRONTIUM RADIONUCLIDES IN FOODSTUFFS AND FODDER

D. Tait, R. Hartmann, G. Haase, , M. Jelinski
Institut für Chemie und Technologie der Milch,
Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel, Kiel

Zusammenfassung

Dieser Bericht gibt einen Überblick über den Stand der Arbeiten der Leitstelle in Kiel zur Entwicklung und Weiterentwicklung von dringend benötigten Schnellverfahren für die Bestimmung von Radionukliden in Umwelt- und Nahrungsmittelproben. Die o.g. Analyseverfahren sind für die Durchführung gesetzlicher Überwachungsaufgaben im Falle eines Störfalls mit erhöhter Freisetzung von Radioaktivität erforderlich. Diese Überwachungsaufgaben sind wichtige Maßnahmen bei der schnellen Erstellung einer Übersicht über die radiologische Lage, bei der Abschätzung der Strahlenexposition der Menschen, und bei der Schaffung einer Grundlage für Empfehlungen eventuell erforderlicher Vorsorgemaßnahmen zur Minimierung der Strahlenexposition. Die Schnellmethoden werden zur Zeit für die Aufnahme in die Messanleitungen für die Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt und zur Erfassung radioaktiver Emissionen aus kerntechnischen Anlagen (herausgegeben vom BMU) vorbereitet.

Summary

The paper reports on work of the guiding agency in Kiel on the development of urgently required fast methods for the determination of radionuclides in food and environmental samples. In the event of increased release of radioactivity, the measures mentioned in the title are demanded by German Legislation on the surveillance of the environment. The surveillance measures are important for rapidly obtaining an overview of the radiological situation, for estimating the radiation exposure of the public, and for creating a basis for recommendations on potentially necessary precautionary measures to minimize radiation exposure. The fast methods mentioned are in preparation for the compendium "Methods for surveillance of radioactivity in the environment and measuring the radioactive emissions of nuclear facilities". This compendium is edited by the Federal Ministry of the Environment, Nature Conservation and Reactor Safety.

1 Schnellmethode für die Überwachung des I-129 in Milch

Bei einem Stör- oder Unfall in einem Endlager für radioaktive Abfälle fordert die Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen (Anhang C.2, Tabelle C.2.4, Programmpunkt 4) die Messung der Aktivitätskonzentration des I-129 in Rohmilchproben. Die Proben sollen bei allen Milcherzeugern in der Umgebung bis 5 km Entfernung genommen werden. Die erforderliche Nachweisgrenze beträgt 2 Bq/l. Im bestimmungsgemäßen Betrieb sollen Stichproben mit nachfolgender Auswertung zum halbjährlichen Training bei wechselnden Erzeugern genommen werden.

Die Aktivitätskonzentration des I-129 ($t_{1/2} 1,57 \cdot 10^7$ Jahre) in Milch ist zur Zeit sehr gering und beträgt wahrscheinlich weniger als 0,1 mBq/l. Zur Bestimmung solcher geringen Konzentrationen werden relativ spezielle und aufwendige Verfahren wie Neutronenaktivierungsanalyse und Beschleuniger-Massenspektrometrie benötigt. Jedoch solche Verfahren eignen sich nicht für die schnelle Bestimmung unter den Bedingungen eines Stör- oder Unfalls. Daher hat die Leitstelle an der Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel ein schnelles Verfahren entwickelt, mit dem die erforderliche Nachweisgrenze in relativ kurzer Zeit erreicht werden.

Das Verfahren basiert auf der Messung der charakteristischen Gammalinie des Nuklids bei 39,6 keV mit einem sog. „Low-Level, Broad-Energy“-Gammaskontrometer. Dieser Detektortyp weist eine besonders hohe Ansprechwahrscheinlichkeit für Photonen im Energiebereich 6 – 100 keV auf. Zur Optimierung der Nachweisgrenze und Minimierung der Messzeit ist es wichtig vor der Messung 1) das Iod in hoher chemischen Ausbeute von der Probe und von anderen Radionukliden abzutrennen, 2) ein Messpräparat mit einer günstigen Geometrie für die Messung herzustellen. Zu diesem Zweck wurde eine früher von der Leitstelle beschriebene Abtrennung weiter entwickelt und stark verbessert.

Das Iod geht hauptsächlich als das Iodion (I⁻) in die Milch über. Deutlich weniger als 10 % des beim Melken in der Milch vorhandenen Iod ist gebunden und nicht durch Anionenaustauscher abzutrennen. Daher ist die Bestimmung der sehr flüchtigen Radioiodisotope in Milch viel einfacher, als die Bestimmung in anderen Medien wie Pflanzen oder Boden, die getrocknet und verascht werden müssen.

Unter den Voraussetzungen, dass die Milch frisch, frei von Verschmutzung und bakterieller Kontamination und der pH-Wert größer als 6,3 ist, wird das Iodion der Milch effizient mit dem festen Anionenaustauscher Dowex 1 X 8 (analytical grade, Cl⁻Form, 20 – 50 Mesh, von Boehringer Ingelheim Bioproducts Partnership, Heidelberg) gebunden. Milchreste werden zuerst durch Waschen des Harzes mit verdünnter Lauge, dann mit Wasser entfernt. Das Iod wird quantitativ durch Elution mit einer wässrigen 2 mol/l Natriumnitratlösung eluiert. Danach wird das Iod aus der Lösung auf einer sehr kleinen Menge (maximal 0,5 g) festem, mit Silberchlorid behandeltem Kieselgel sorbiert. Der Austausch des Chloridions im Silberchlorid durch Iod ist eine spezifische Reaktion des Iods. Das dadurch gebildete Silberiodid ist unlöslich und bleibt auf dem Kieselgel. Die kleine Menge Kieselgel wird dann auf einem Filter mit einem Durchmesser von etwa 2 cm als Messpräparat gesammelt. Die Emission des Iod-129 bei 39,6 keV kann daher in einer günstigen Messgeometrie direkt auf dem Gammaskontrometer gemessen werden. Die Nachweisgrenze beträgt weniger als 0,5 Bq bei einer Messzeit von einer Stunde und beim Einsatz einer Milchmenge von 1,0 Liter. Somit wird das Verfahren den Anforderungen der REI gerecht.

Die chemische Ausbeute der Abtrennung kann mit Hilfe des Tracers I-125 ($t_{1/2} = 60,14$ Tage) bestimmt werden. Die gute Auflösung des Gammasktometers ermöglicht die gleichzeitige und störungsfreie Messung der Gammalinie des I-125 bei 35,5 keV und des I-129 bei 39,6 keV in einem Messpräparat. (siehe Abb. 1). Die Werte für die chemische Ausbeute betragen mindestens 85 %. Anhang 1 fasst die Einzelheiten der radiochemischen Abtrennung des Iods aus 1 Liter Milchproben zusammen.

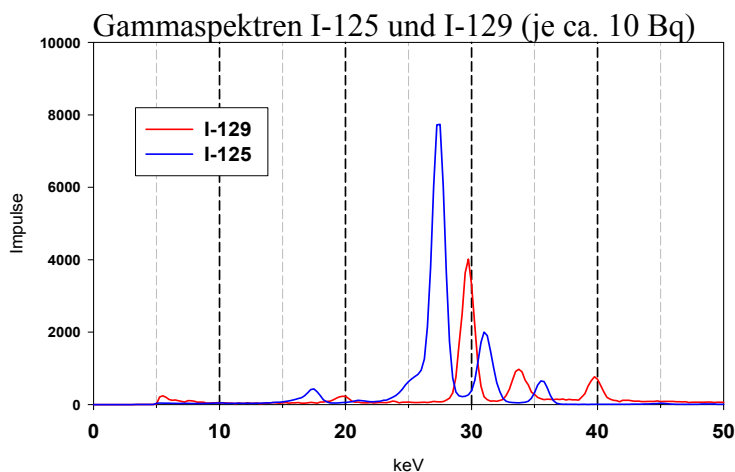


Abb.1: *Spektren der Gamma- und Röntgenemissionen des I-125-Tracers sowie des I-129 (gemessen mit einem Low-Level-Broad-Energy Gammasktometer und DSA 1000 der Fa. Canberra-Eurisys, rel. Efficiency etwa 50 %, FWHM bei 1330 keV 1,9 keV).*

2 Die radiochemische Abtrennung von Thoriunukliden aus Pflanzen und Futtermitteln

Beim Stör- oder Unfall in einer Brennelementfabrik fordert die Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen in Anhang B „Brennelementfabriken“ die Bestimmung der Aktivitätskonzentrationen der Isotopen des Thoriums in Pflanzen und Bewuchs (Weide-/Wiesenbewuchs – siehe Tabelle B3 und B4, Programmpunkte jeweils 3). Diese Maßnahme soll durch den Genehmigungsinhaber sowie eine unabhängige Messstelle durchgeführt werden. Die Proben sollen mindestens an 12 Probenahmeorten in der unmittelbaren Umgebung und ggfs. in Übereinstimmung mit den Festlegungen in den Sonderschutzplänen der Katastrophenschutzbehörden entnommen werden. Zu Trainingszwecken werden jährlich an wechselnden Probenahmeorten Stichproben mit nachfolgender Auswertung mit einer Nachweisgrenze von 5 mBq/kg Frischmasse (FM) genommen.

Die zu interessierenden Isotopen des Thoriums (Th-228, Th-230 und Th-232, siehe Tabelle 1) sind Alphastrahler und müssen vor der Alphamessung von der Probe abgetrennt werden. Die konventionellen Verfahren zur radiochemischen Abtrennung der Isotopen aus den o.g. Probenarten sind äußerst aufwendig und dauern etwa 1 – 2 Wochen. Die bereits in den Messanleitungen des BMU beschriebenen Verfahren für die Bestimmung der Thoriumisotopen in den Medien Lebensmitteln und Abwasser erweisen sich als unzuverlässig, wenn sie mit dem o.g. Medien benutzt wurden. Auch nach erheblichen Modifikationen schwankten die chemischen Ausbeuten stark und waren häufig so gering, dass

eine Alphamessung nicht möglich war. Daher wurde eine neues, schnelles und zuverlässigeres Verfahren entwickelt. Die Anwendbarkeit des neuen Verfahrens wurde bei Heuproben sowie einer Reihe von Pflanzen und Futtermitteln überprüft.

Vor der Abtrennung wird die getrocknete Probe feingemahlen (bis Teilchengröße weniger als 0,25 mm) und in einer dünnen Schicht bei 600 °C verascht. 10 g dieser Asche wird mit halbkonzentrierter Salpetersäure bei mittlerem Druck (10 bar) in einem speziellen Labor-Mikrowellenofen extrahiert. Der Säureauszug wird in zwei Lösungen geteilt um eine Doppelprobe für die anschließende radiochemische Extraktion zu erhalten. Der Säureauszug wird filtriert und danach auf einen pH-Wert von etwa 11 gebracht. Der resultierende Niederschlag wird gesammelt, in verdünnter Salpetersäure gelöst, dann die Fällung bei einem pH-Wert von etwa 4,0 wiederholt. Nach der Auflösung in halbkonzentrierter Salpetersäure (7 mol/l) und Zugabe von Kaliumiodat und Cer(IV)ammoniumnitrat als Mitfällungsreagenz wird das Thorium als Thoriumiodat gefällt. Diese Fällung ist für Metallionen im Oxidationszustand IV, wie Thorium(IV) und Cer(IV), spezifisch. Das Thorium-/Ceriodat-Gemisch wird gesammelt und das Iodation mit Wasserstoffperoxid und Salpetersäure zerstört. Nach Reduktion des Ce(IV) zu Ce(III) wird das Thorium mit Hilfe des Anionenaustauscherharzes Dowex 1 X 8 effizient abgetrennt. Das Thorium wird mit 9 mol/l Salzsäure aus dem festen Anionenaustauscher eluiert. Nach einer Feinreinigung mit einer kleinen TEVA-Säule der Fa. Eichrome Europe (Bruz, Frankreich) werden das Thorium durch Elektrodeposition auf einem Edelstahlplättchen für die Alphaspektrometrie abgeschieden. Fließschema 1 zeigt eine Übersicht der gesamten Prozedur.

Zur Überprüfung der Richtigkeit der mit diesem Verfahren erzielten Ergebnisse wurden acht Proben eines Bodens analysiert, der bereits im Rahmen eines Ringversuchs sorgfältig untersucht wurde. Die in Tabelle 2 gezeigten Analysenwerte stimmen mit den Ergebnissen im Ringversuch gut überein. Die Th-Ausbeuten, ermittelt mit Hilfe des Tracers Th-229, schwankten bei diesen acht Versuchen von 26 – 77 % mit einem Mittelwert von 49 %. Die Tabelle 3 zeigt die Ergebnisse von Analysen verschiedener Heu- und Maisproben aus unterschiedlichen Probenentnahmeorten in Deutschland. Die Aktivitätskonzentrationen liegen im Bereich etwa 40 bis mehr als 4 000 mBq / kg Trockenmasse und widerspiegeln die starke Schwankungsbreite des natürlichen Thoriums und Urans im Boden. Auch bei diesen Probenarten schwanken die durch den Tracer Th-229 bestimmten chemischen Ausbeuten zwischen etwa 20 und 80 %. Die Ursache dieser starken Schwankung wird weiterhin untersucht. Die Begründung könnte in den unterschiedlichen Standzeiten von Probenlösungen bei einigen Arbeitsschritten liegen, da längere Standzeiten die Kolloidbildung und Oberflächensorptionseffekte und dadurch den Verlust von Thoriumnukliden begünstigen würden. Jedoch die Ausbeuten waren in allen Fällen ausreichend und ermöglichten eine Messung der Probe mit gut aufgelösten Nuklidlinien in den Alphaspektren in weniger als 5 Tagen Messzeit. Die relativ gute Wiederholbarkeit der Einzelwerte bei der Mehrfachbestimmung der Th-Nuklide in allen Proben (siehe Tabelle 2 und die kleinen Streubreiten in der Tabelle 3) weist auf die Effektivität des Th-229-Zusatzes für die Bestimmung der Thoriumausbeute hin. Erwartungsgemäß unterscheiden sich die Aktivitätskonzentrationen des Th-232, Th-228 und des Th-230 in jeder Probe. Dies ergibt sich aus der unterschiedlichen Herkunft der Nuklide sowie Störungen des radioaktiven Gleichgewichts infolge der unterschiedlichen chemischen Eigenschaften der Mutternuklide (siehe Tabelle 1).

Die Abtrennung des Thoriums aus der Probenasche dauert etwa 1,5 Tage bei relativ geringem Arbeitsaufwand, so dass mehrere Proben (2 – 4) gleichzeitig behandelt werden können. Daher wird eine entsprechende Vorschrift für die Aufnahme in den Messanleitungen des BMU vorbereitet.

Tabelle 1: Quellen, Halbwertszeiten und α -Energien der zu interessierenden Thoriumnuklide

Nuklid	Quelle	Halbwertszeit (Jahre)	α -Energie (MeV)
Th-232	nat. Th	$1,4 \cdot 10^{10}$	4,01; -----
Th-228	Th-232 > Ra-228> Ac-228>	1,9	5,42; 5,34
Th-230	nat. U-238	$8,0 \cdot 10^4$	4,69; 4,62
Th-229	Tracer	$7,3 \cdot 10^3$	4,85; 4,90

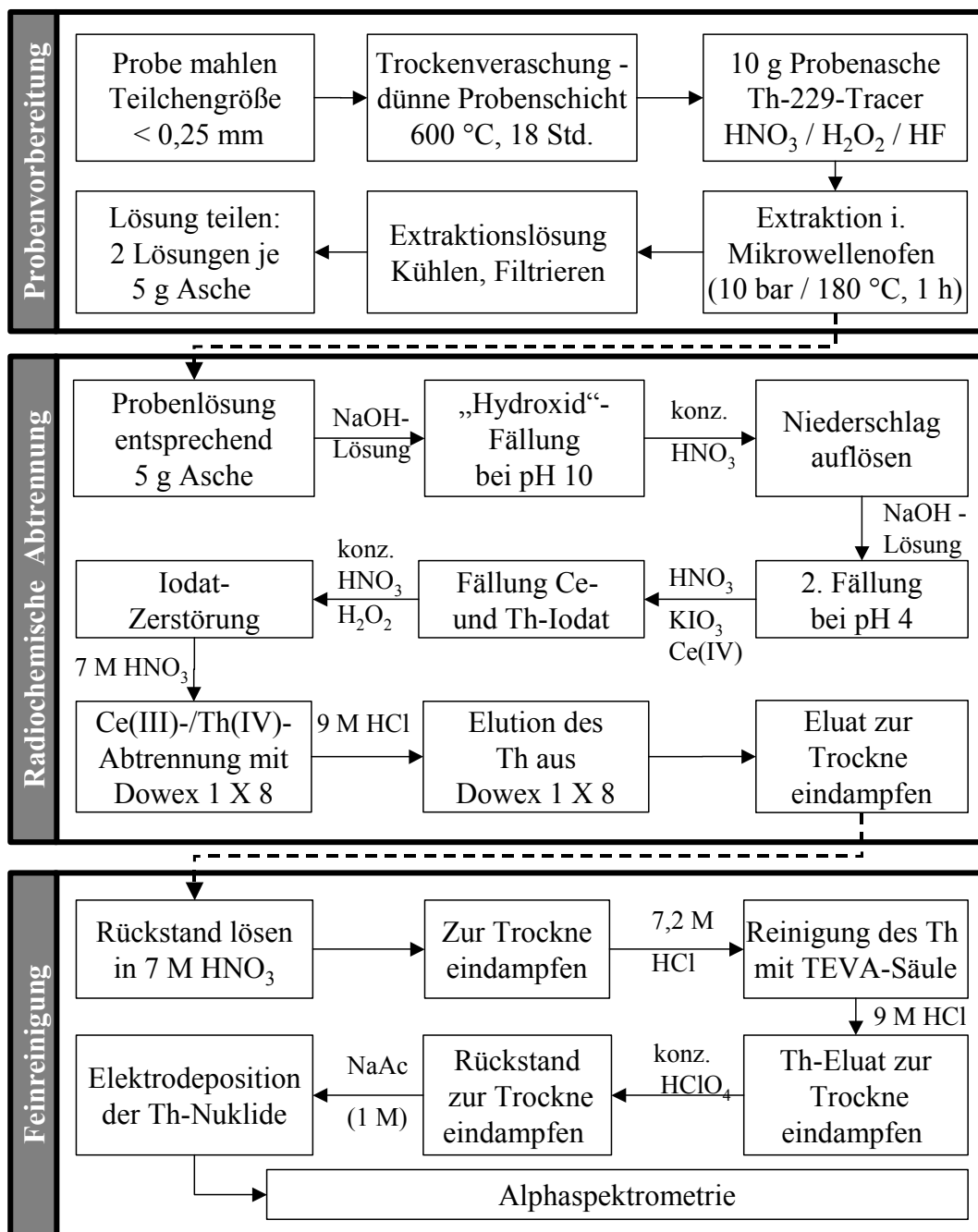


Abb. 2: Fließschema zur Thoriumanalytik

Tabelle 2: Prüfung des Verfahrens: Die Ergebnisse von acht Analysen eines Ringversuchsbodens mit diesem Verfahren und die Ergebnisse des damaligen Ringversuchs (RV 1996, Leitstelle Kiel)

Nuklid	Mittelwert der Labormittelwerte ± 2 Standardabweichungen im Ringversuch	Datensätze im Ringversuch	Mittelwert von 8 Analysen ± 2 Standardabweichungen
	Bq / kg TM		Bq / kg TM
Th-232	$23,4 \pm 3,4$	18	$20,6 \pm 1,1$
Th-228	$23,0 \pm 4,2$	8	$21,7 \pm 1,5$

Tabelle 3: Th-229 Ausbeuten sowie die Mittelwerte und Streubereiche der Einzelwerte (in Klammern) der Aktivitätskonzentrationen (mBq / kg TM) von Th-Nukliden in Heu und Mais

Ort	Schaedtbeek	Cismarfelde	Brunsbeck	Dörpstedt	Gettorf
Probenart	Heu	Heu	Heu	Mais	Mais
Anzahl der Analysen	2	4	3	2	2
mBq / kg TM ¹⁾ :					
Th-232	477 (18)	36 (2)	164 (6)	3766 (300)	576 (12)
Th-228	882 (55)	419 (28)	672 (25)	4241 (260)	1041 (8)
Th-230	518 (45)	60 (18)	184 (34)	4179 (346)	732 (2)
Th-229-Ausbeute (%)	21 – 32	19 – 79	35 - 39	41 / 48	17 / 60

3 Die Bestimmung von Strontiumradionukliden in Futter- und Nahrungsmitteln

Wegen der hohen Ausbeute bei der Kernspaltung, der Halbwertszeit von 28,5 Jahren, des effizienten Transfers in den Pflanzen und Nahrungsmitteln, sowie des calcium-ähnlichen metabolischen Verhaltens im menschlichen Körper ist das Strontium-90 eines der radiologisch wichtigsten Radionuklide, die nach einem Stör- oder Unfall bei einer kerntechnischen Anlage oder bei einer nuklearen Explosion freigesetzt werden kann. Der frische Fallout kann anfangs auch Sr-89 ($t_{1/2} = 50,5$ Tage) in viel höheren Aktivitätskonzentrationen als die des Sr-90 enthalten. Daher ist die Messung dieser Radionuklide in Pflanzen, Futtermitteln und Nahrungsmitteln eine wichtige Maßnahme in den Messprogrammen des Bundes zum vorsorgenden Schutz der Bevölkerung vor Strahlenbelastung.

Sr-89 und Sr-90 sind reine Betastrahler und müssen vor der Messung von der Probe abgetrennt werden. Die in den „Messanleitungen für die Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt“ beschriebenen Verfahren für diese Probenarten sind für den o.g. Zweck ungeeignet. Die Abtrennungsvorgänge sind entweder relativ zeitaufwendig und arbeitsintensiv mit einer Analysedauer von Wochen, oder sie werden von anderen möglicherweise vorhandenen Radionukliden gestört. Eine schnelle und effiziente Abtrennungsvorgang, die für eine Vielzahl unterschiedlicher Probenarten anwendbar ist, wird dringend benötigt.

Daher wurde ein früher von der Leitstelle erarbeitetes Verfahren für die schnelle und effiziente Abtrennung des Strontiums aus der Milchasche weiter entwickelt und an unterschiedlichen Pflanzen-, Futtermittel- und Nahrungsmittelaschen geprüft. Die Probe wird feingemahlen (weniger als 0,25 mm Teilchengröße) und in einer dünnen Schicht bei 600 °C verascht. Die radiochemische Abtrennung basiert auf der spezifischen Extraktion des Strontiums aus einem Salpetersäureauszug der Probenasche mit einer Chloroformlösung des Kronenethers Dicyclohexyl-18-Krone-6. Nach der Rückextraktion des Sr in die wässrige Phase bei pH-Wert 5 werden Spuren von Verunreinigungen mit Hilfe einer speziellen Form des Mangandioxids entfernt. Das Messpräparat wird durch Fällung des Strontiumcarbonats hergestellt. Zur nuklidspezifischen Messung wird Flüssigkeitsszintillationspektrometrie in verschiedenen Messfenstern, wie bereits in den Messanleitungen beschrieben, durchgeführt.

Die Einzelheiten des Verfahrens sind in der vorläufigen Arbeitsvorschrift im Anhang 2 beschrieben.

Die Strontiumausbeuten wurden mit dem gammaemittierenden Tracer Sr-85 für verschiedene Probenarten geprüft (siehe Tabelle 4). Die Werte sind gut wiederholbar und deutlich größer als 75 %. Die Qualität des Meßpräparats für die Szintillationsmessung des Sr-90 ist einwandfrei. Mindestens 6 Proben können von einer Laborkraft in etwa 6 Stunden bearbeitet werden. Zur weiteren Validierung der Methode wurde Sr-90 in Proben der im Ringversuch 2006 analysierten Babynahrung bestimmt. Beim Ringversuch wurde einen Mittelwert der Labormittelwerte (ohne Ausreißer) von 73,8 Bq/kg FM mit einer Standardabweichung von 4,6 Bq/kg FM gefunden. Die Physikalische –Technische Bundesanstalt bestimmte einen Referenzwert von 74,0 mit einem Mittelwert der Abweichungen von 3,7 Bq/kg FM. Der Mittelwert von 6 Analysen der Probe mit diesem Verfahren beträgt 76,3 mit einer Standardabweichung von 3,0 Bq/kg FM. Weitere Validierungsversuche mit anderen Probenarten werden zur Zeit durchgeführt.

Tabelle 4: Mittelwerte und Schwankungsbreiten (in Klammern) der Ausbeuten nach radiochemischer Abtrennung des zugesetzten Sr-85-Tracers aus vers. Probenarten (je 5 g Asche).

Probenart	Probenanzahl	Sr-Ausbeuten (%)
Heu	6	82 (80 – 87)
Klee	2	75 (70 – 80)
Mais	2	75 (74 – 76)
Vollkornroggenschrot	2	82 (80 – 84)
Kindernahrung	5	88 (80 – 99)
Gesamtnahrung	2	82 (80 – 83)

Anhang 1: Prozedur für die Abtrennung des Iod-129 aus 1 Liter flüssiger Milch.

1. Der pH-Wert der Rohmilch (weniger als ein halber Tag alt und frei von Schmutz und Zeichen einer starken bakteriellen Belastung) prüfen und ggf den Wert von etwa 7,0 einstellen.
2. Die Milch sofort konservieren durch Zugabe von 0,5 ml einer 5 %-igen wässrigen Lösung des Natriumazids pro Liter Milch. Danach I-125 Ausbeute-Tracer (max. 10 Bq) zugeben.
3. Die Milch bei 60 °C (± 5 °C) 20 Minuten mit einem Ultraturax Laborschnellrührer bei 20 000 Umdrehungen pro Minute homogenisieren. Danach auf 20 - 25 °C abkühlen und die radiochemische Abtrennung sofort durchführen.
4. Ein Liter der konservierten und homogenisierten Milch durch 5 – 6 ml des Anionenaustauschers in einer Glassäule (Innendurchmesser etwa 8 mm, mit Reservoir) bei 4 – 6 ml /Minute eluieren. Die Milch verwerfen.
5. Das Harz mit mindestens 5 Säulenvolumen 0,1 Mol/l wässriger Natronlauge dann 10 Säulenvolumen dest. Wasser waschen. Sämtliche Eluate verwerfen.
6. Das Harz mit 100 ml einer wässriger 2 Mol/l Natriumnitratlösung eluieren. Die ersten 5 ml des Eluats verwerfen und der Rest sammeln. Das Harz verwerfen.
7. Das Eluat (etwa 90 – 95 ml Natriumnitratlösung) mindestens 2 Stunden mit 0,5 g AgCl-behandeltem Kieselgel (Kieselgel 100, WTR, Darmstadt) rühren. Das Kieselgel soll etwa 0,5 bis 1 mg Silber enthalten.
8. Das Kieselgel sammeln, mit dest. Wasser waschen, und in ein kleinen Behälter (z.B. ein Szintillationsvial) für die Gammaskopie überführen.

Anhang 2: Vorschrift für die radiochemische Abtrennung des Strontiums aus Pflanzen und Nahrungsmitteln.

1. Herstellung der Probenasche: Die Qualität der Probenasche ist für die chemische Ausbeute des Sr bei der Abtrennung entscheidend. Die folgende Prozedur hat sich bewährt: Das getrocknete Probenmaterial wird auf eine Teilchengröße kleiner als 0,25mm feingemahlen. Die feingemahlene Probe wird in geringer Schichtdicke in einer Quarzschale (z.B. etwa 45 g auf einer Fläche von etwa 350 cm²) verteilt und bei 600°C für mindestens 18 Stunden verascht. Gegebenfalls wird die Asche durchmischt und die Veraschung wiederholt.

2. Säureauszug der Asche: Die Probenasche (5 g) mit 30 ml 6 mol / l Salpetersäure 2 Minuten kochen. Das Gemisch in ein Zentrifugenglas überführen und 5 Minuten bei 3 000 Umdrehungen pro Minute zentrifugieren. Den Überstand sammeln z.B. durch Dekantieren in ein weiteres Zentrifugenglas. Die Asche aus dem ersten Zentrifugenglas mit einer zweiten 30 ml Portion Salpetersäure mit 1 mg Strontiumträger umrühren und kurz kochen. Nach dem Zentrifugieren wird der Überstand mit dem ersten Säureauszug vereint und die Lösung auf etwa 20 – 25 °C gekühlt. Falls sich Kristalle im gekühlten Säureauszug bilden, werden diese durch Filtrieren oder Zentrifugieren entfernt. (Die Kristalle enthalten kein Strontium).

3. Flüssig-Flüssig-Extraktion mit Dicyclohexyl-18-krone-6: Drei 250 ml-Scheidetrichter (1, 2 und 3) übereinander anordnen (1 oben, 2 mittig, 3 unten). Die vereinten, gekühlten Säureauszüge zu 75 ml einer 0,01mol/l DC-18-Krone-6 Lösung in Chloroform¹⁾ in Scheidetrichter 1 geben. Das Gemisch 2 Minuten schütteln. Nach der Phasentrennung das Chloroform (die untere Phase) in Scheidetrichter 2 überführen. 25ml 6 mol/l Salpetersäure zugeben und ca. 10 s schütteln. Die strontiumhaltige Chloroformlösung (untere Phase) in Scheidetrichter 3 überführen. Das Sr in die wässrige Phase durch 2 Minuten Schütteln mit 50 ml wässriger Pufferlösung (pH Wert 4,5, aus 0,05 mol / l Natriumacetat in 0,05 mol / l Essigsäure) zurückextrahieren. Die jetzt strontiumfreie Chloroformlösung zur salpetersauren Probenlösung zusammen mit 2 mg Sr-Träger in Scheidetrichter 1 zurückführen. Die obere, strontiumhaltige Pufferlösung in einem 300 ml Erlenmeyerkolben sammeln und aufbewahren. Die Extraktionsserie wird noch 2 mal wiederholt. Wie bei der zweiten Serie oben wird auch bei der dritten Extraktionsserie 2 mg Sr-Träger zur salpetersauren Probenlösung gegeben. Es wird immer dieselbe Chloroformlösung benutzt. Zu Scheidetrichter 3 werden jedoch immer frische Portionen der Pufferlösung zugegeben. Diese Portionen werden nach der Rückextraktion im 300 ml Erlenmeyerkolben oben vereint. Die 6 mol / l Salpetersäure Waschlösung in Scheidetrichter 2 wird nicht ausgewechselt.

4. Reinigung mit Mangandioxid: Der pH-Wert der vereinten Pufferlösungen wird geprüft und gegebenenfalls durch Zugabe von wässriger Natriumhydroxidlösung auf den Wert 4,5 gebracht. Danach wird 0,1 g Manganoxyd (gefällt, aktiv von Merck) zugegeben und das Gemisch 30 Minuten mit Hilfe eines Magnetrührers stark gerührt. Nach dem Zentrifugieren (5 Minuten bei 3 000 Umdrehungen pro Minute) wird der Überstand dekantiert und durch einen Kunststofffilter (z.B. aus Celluloseacetat oder -nitrat) der Porengröße 0,45 µm mit Hilfe der Hahn'schen Nutsche filtriert. Dadurch werden Reste des Mangandioxids entfernt. Bei Filtern mit einem Durchmesser von mindestens 47 mm kann auf das vorherige Zentrifugieren verzichtet werden – die Lösung kann durch solche großen Filter mit ausreichender Geschwindigkeit gesaugt werden. Das gesamte Mangandioxid wird auf das Filterplättchen gebracht und mit 15 mg Sr-Träger (5 mg Sr / ml in dest. Wasser – die Lösung muss neutral sein) und dann mit etwas Wasser gewaschen. Das Filtrat und die Waschungen sammeln und vereinen. Das Filterplättchen mit dem Mangandioxid verwerfen.

5. Carbonatfällung: Das Filtrat wird durch Zugabe von 10 mol / l Natriumhydroxid auf einen pH-Wert von ca. 12 gebracht, mit ca. 3,0 g Ammoniumcarbaminat versetzt²⁾ und einige Minuten (ohne

Abdeckung) ins siedende Wasserbad gestellt. Nach ca. 10 Minuten wird der pH-Wert überprüft und ggf. auf etwa 11,5 eingestellt. Zur Vertreibung des überschüssigen Ammoniaks und zur optimalen Koagulierung und Sedimentierung des Niederschlags wird weitere 50 Minuten im siedenden Wasserbad erhitzt. Nach dem Abkühlen wird das Strontiumcarbonat auf einem Kunststofffilter (Porengröße 0,45 µm, Durchmesser etwa 2 cm) mit Hilfe der Hahn'schen Nutsche gesammelt. Der Niederschlag auf dem Filter mit etwas dest. Wasser dann mit einer Mischung aus 3 Teilen Methanol und 2 Teilen dest. Wasser gewaschen.

Der Niederschlag kann entweder mit dem Proportionalzählrohr oder nach der Auflösung in einem Szintillationscocktail mit Hilfe eines Low-Level-Flüssigkeitsszintillationszählers gemessen werden. Im letzteren Fall wird nach der Einstellung des radioaktiven Gleichgewichts zwischen Sr-90 und dem Tochternuklid Y-90 (14 Tage) die Nettozählrate im Fenster 350 – 1000 keV gemessen. Dieses Fenster enthält keine signifikanten Beiträge vom Sr-85-Ausbeutetracer. Die Aktivität wird durch direkten Vergleich der Nettozählrate der Probe mit der Nettozählrate eines Sr-90/Y-90-Standards berechnet. Der Standard muss unter den gleichen Bedingungen (Cocktailmischung, Vial, Quenchfaktor) wie die Probe gemessen werden.

6. Auflösung in Szintillationscocktail: Der Niederschlag und der Filter werden in ein Szintillationsfläschchen aus kaliumarmem Glas überführt. 2,0 ml einer wässrigen 12,5 %-igen Toluolsulfonsäurelösung mit 10 mg Y-Träger zugeben. (Der Y-Träger vermindert Sorptionseffekte der Sr-90-Tochters Y-90 z.B. auf der Wandung des Vials). Nach der Auflösung des Niederschlags 19,0 ml Instant-Scint-Gel- Plus zugeben, die Mischung kräftig schütteln dann stehen lassen. Nach etwa 10 Minuten bildet sich eine klare, homogene und dauerhaft stabile Emulsion.

¹⁾ Das Chloroform wurde vorher mit 25 ml 6 mol / l Salpetersäure in einem Scheidetrichter ausgeschüttelt und abgetrennt.

²⁾ Die Menge des Ammoniumcarbaminats ist auf das Volumen der Lösung bezogen. 3,0 g reicht für ein Volumen von 150 ml aus.

EINSATZ DER ICP-MS ZUR BESTIMMUNG VON URAN-234/235/238 UND THORIUM-232 IN UMWELTMEDIEN

APPLICATION OF ICP-MS FOR DETERMINATION OF URAN-234/235/238 AND THORIUM-232 IN ENVIRONMENTAL MATERIALS

W. Städe, K.-H. Hentze, U. Helwes

Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN)

Zusammenfassung

Der Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) hat im Rahmen seiner Überwachung der Umweltradioaktivität auch Alphastrahler zu bestimmen. Seit dem Jahre 2005 wird ein Quadropol-ICP-MS-System mit Ionenspiegeloptik zur Bestimmung von U-234, U-235, U-238 und Th-232 in Grund- und Oberflächenwasser, kommunalem Abwasser, Boden und Klärschlamm eingesetzt. Zusätzlich können erste Ergebnisse zur Bestimmung von Th-230 in Boden vorgelegt werden.

Zur Bestimmung von Uran-234/235/238 kann das ICP-MS-Verfahren im Sinne der vorgeschriebenen Messanleitung gegenüber der Alphaspektrometrie als gleichwertig betrachtet werden. Die geforderten Nachweisgrenzen von 0,01 Bq/l für Wasser und 5 Bq/kg für Klärschlamm können eingehalten werden. Zur Ermittlung des Nuklidverhältnisses von U-238/U-235 ist das ICP-MS-Verfahren der Alphaspektrometrie eindeutig überlegen. Zur Bestimmung von Alphastrahler mit Halbwertszeiten <50.000 Jahre muss jedoch das Verfahren der Alphaspektrometrie weiterhin eingesetzt werden.

Summary

As part of its responsibility for surveillance of the environmental radioactivity the Lower Saxony Water Management, Coastal Defence and Nature Conservation Agency (NLWKN) has to determine alpha emitters. Since 2005 a quadropol ICP-MS system with reflecting ion optics is applied for the determination of U-234, U-235, U-238, and Th-232 in ground water, surface water, municipal waste water, soil and sewage sludge. First results including the determination of Th-230 in soil are presented in this report.

In respect to the determination of the uranium isotopes the ICP MS procedure is regarded as equivalent to alpha spectrometry. The required detection limits of 0,01 Bq/l for water and of 5 Bq/kg for sewage sludge can be kept. In respect to the determination of the nuclide ratio U-238/U-235 ICP-MS is clearly superior to alpha spectrometry, but alpha spectrometry still has to be applied for the determination of alpha emitters with half-lives <50,000 years.

1 Einleitung

Der Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) hat als Landesmessstelle des Landes Niedersachsen eine Vielzahl von Messprogrammen zur Radioaktivitätsüberwachung durchzuführen. Ein Teil dieser Messprogramme erfordert die Bestimmung von Alphastrahlern in Routineprogrammen und Programmen zu Störfall/Unfall bzw. im IMIS-Intensivbetrieb:

- Integriertes Mess- und Informationssystem nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz (IMIS) [1]: Trinkwasser, Oberflächenwasser, Grundwasser, Abwasser, Klärschlamm
- Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen (REI) [2], für Kernkraftwerke, Brennelementfabrik, Pilotkonditionierungsanlage: Boden, Bewuchs, Aerosole
- sonstige radioaktive Stoffe (StrlSchV), nuklearspezifische Gefahrenabwehr
- Sonderprogramme außerhalb der regulären Überwachungsprogramme wie z. B. Untersuchung des Bodens der Elbmarsch auf Grund einer angenommenen Belastung mit Kernbrennstoffpartikeln.

Obwohl die Möglichkeit der Anwendung der ICP-MS (induktiv gekoppelte Plasma-Massenspektrometrie) zur Bestimmung langlebiger Alphastrahler spätestens seit dem 12. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität [3] bekannt ist, wird die Methode bisher nur wenig eingesetzt. Bisher ist nur ein geringer Einsatz der Methode bei Ringanalysen dokumentiert. Mit den hier vorgelegten Untersuchungen wurde überprüft, in wie weit die ICP-MS die bisher im NLWKN ausschließlich eingesetzte Alphaspektrometrie bei der Bestimmung der Umweltradioaktivität ersetzen oder ergänzen kann.

Bisher wird im NLWKN die Alphaspektrometrie zur Bestimmung folgender Alphastrahler eingesetzt: U-232, U-234, U-235, U-236, U-238, Pu-238, Pu-239/240, Pu-236, Am-241, Am-243, Cm-242, Cm-243, Cm-244 und Thoriumisotope. Grundlage sind die Messanleitungen für die Überwachung der Umweltradioaktivität des BMU [4] mit einer radiochemischen Trennung mittels Ionenchromatographie. Das Verfahren ist nach DIN/ISO 17025 akkreditiert und validiert durch regelmäßige Teilnahme an Ringanalysen (BfS und IAEA).

Im Jahre 2005 wurde erstmals ICP-MS bei denjenigen Umweltmedien eingesetzt, von denen auch im Rahmen des IMIS alphaspektrometrische Untersuchungen auf U-234, U-235 und U-238 durchgeführt wurden. Zur Validierung des Verfahrens wurde im Jahr 2005 an zwei Ringanalysen teilgenommen. In zwei weiteren Versuchsreihen (Klärschlamm und Boden) wurde das Verfahren zur Bestimmung der Uranisotope und Th-232 eingesetzt. Am Beispiel von Th-230 wurde die Erweiterung der Anwendbarkeit auf die Bestimmung von Alphastrahlern mit Halbwertszeiten <100.000 Jahre überprüft.

2 Beschreibung des eingesetzten Verfahrens der ICP-MS-Analytik

2.1 Grundsätzliches zur Anwendung der ICP-MS zur Bestimmung radioaktiver Isotope

Zum Einsatz kommt ein Quadropol-ICP-MS-System mit Ionenspiegeloptik, das entsprechend DIN 17294-2, „Wasserbeschaffenheit, Bestimmung von 62 Elementen durch ICP-MS“ [5] in dem nach ISO/DIN 17025 akkreditierten Labor für Gewässeranalytik des NLWKN eingesetzt wird. Eine Akkreditierung dieses Verfahrens ist für Sommer 2006 vorgesehen.

Die Methode ist über einen großen Konzentrationsbereich sehr empfindlich. Die Bestimmungsgrenzen sind element- bzw. isotonenabhängig. Unter Berücksichtigung der spezifischen Aktivitäten müssen aus der ermittelten Massenkonzentration die Aktivitätskonzentration errechnet werden. In den folgenden Ausführungen werden die Ergebnisse grundsätzlich in Bq/l oder Bq/kg angegeben. Für Messmethoden der chemischen Analytik, denen nicht der rad. Zerfall zu Grunde liegen, sind andere Verfahren der Kalibrierung und der Festlegung der Kenngrößen festgelegt. Als Basis dient hier die nach DIN 32645 [6] definierte Bestimmungsgrenze. Die Bestimmungsgrenze wird auf der Basis einer 10-Punkte-Kalibrierung über eine Dekade (z.B. 10 – 100 pg/l) ermittelt. Um einen Vergleich der Verfahren von ICP-MS und Alphaspektrometrie zu ermöglichen, wird hier vorgeschlagen, den Wert der Bestimmungsgrenze der chemischen Analytik nach DIN 32645 dem Wert der bei der Radioaktivitätsüberwachung vorgeschriebenen Nachweisgrenze nach DIN 25482 [7] gleich zu setzen. Ein Verfahren zur vergleichenden Angabe des Gesamtfehlers (Messunsicherheit) steht noch aus.

3 Experimentelles

Wässrige Proben können zur ICP-MS-Analytik direkt eingesetzt werden. Ist die erwartete Massenkonzentration für ein Isotop zu hoch, muss verdünnt werden. Dieses kann dazu führen, dass zur Bestimmung von U-238 verdünnt werden muss. Bei der Bestimmung von U-234 muss dagegen die unverdünnte Probe untersucht (liegt ein radioaktives Gleichgewicht wie bei Natururan vor, wird für U-234 nur 0,0055 % der Massenkonzentration des U-238 erwartet). Zur Vermeidung von Matrixeffekten ist der Salzgehalt der zu untersuchenden Probenlösung auf 2 g/l beschränkt.

Der Zeitaufwand für die Analytik wird bei Wasserproben durch die Aufnahme der Kalibrierkurven und gegebenenfalls durch notwendige Verdünnungsreihen bestimmt. Der Zeitaufwand für Messung/Auswertung ist dagegen zu vernachlässigen. Ein vergleichsweise höherer Zeitaufwand ist bei der Probenvorbereitung von Feststoffproben erforderlich. Dieser Zeitaufwand ist aber mit den entsprechenden Vorbereitungsschritten für die Alphaspektrometrie vergleichbar.

3.1 Mikrowellen-Druckaufschluss zur Feststoffanalytik

Zur Vorbereitung der ICP-MS-Analytik erfolgt nach der Homogenisierung der Probe ein Mikrowellen-Druckaufschluss auf der Grundlage von DIN EN 13346-2 [7]: verwendetes Druckaufschlussystem: Mars 5 mit XP-1500 plus, Druckbehälter bis 100 bar, 12 Aufschlussgefäße auf Drehteller, 0,3 g der homogenisierten Feststoffprobe auf einer Präzisionswaage in Teflonbecher einwiegen, 6 ml konz. HNO_3 + 2 ml konz. HCl bzw. 6 ml konz. HNO_3 + 2 ml konz. HCl + 0,2 ml konz. HF zugeben, über Nacht stehen lassen und dann im Druckaufschlussystem aufschließen, in 7 min auf 90 °C erhitzen und 7 min bei 90 °C halten, in 5 min auf 170 °C erhitzen und 7 min bei 170 °C halten, in 4 min auf 210 °C erhitzen und 20 min halten. Hinweis: Der Druck ergibt sich aus der Probe und dem Säurevolumen und erreicht meist 20-30 bar. Dann mindestens 30 min abkühlen lassen. Probe aus Teflonbecher in 100-ml-Messkolben überführen und auf 100 ml auffüllen. Über Nacht absitzen lassen. Weitere Verdünnung um Faktor 5–10.

4 Ergebnisse

4.1 Statistische Kenngrößen

Eine Kalibration wird mit zertifiziertem Natururan der PTB durchgeführt. Die Berechnung der analytischen Kenngrößen aus der linearen Kalibrierfunktion erfolgt mindestens jährlich nach DIN 32645 [6]. Die für den unteren Konzentrationsbereich ermittelte Bestimmungsgrenze liegt für U-234 bei 0,008 ng/l. Arbeitstäglich erfolgt eine Kalibrierung im zu analysierenden Konzentrationsbereich. Die Tabelle 1 zeigt, welche Nachweisgrenzen in Bq/l oder Bq/kg bei der beschriebenen Verfahrensweise zu erreichen sind (Basis Bestimmungsgrenze U-234 von 0,008 ng/l). Der Bezug auf die Aktivität macht die Abhängigkeit der Nachweisgrenze von der Halbwertszeit deutlich. Die Tabelle enthält informativ auch Alphastrahler mit kürzeren Halbwertszeiten, für die das beschriebene ICP-MS-Verfahren in der Umweltanalytik zu unempfindlich ist.

Tabelle 1: Mit dem angewandten Verfahren zu erreichende Nachweisgrenzen

Nuklid	HWZ (a)	spez. Aktivität	NWG Wasser Bq/l	NWG Feststoff Bq/kg
U-234	2,4E+05	2,3E-01	1,9E-03	2,0E+00
U-235	7,0E+08	8,0E-05	6,4E-07	8,0E-04
U-236	2,3E+07	2,4E-03	1,9E-05	2,0E-02
U-238	4,5E+09	1,2E-05	1,0E-07	1,0E-04
Pu-239	2,4E+04	2,3E+00	1,8E-02	2,0E+02
Pu-240	6,6E+03	8,4E+00	6,7E-02	
Pu-242	3,8E+05	1,5E-01	1,2E-03	
Am-241	4,3E+02	1,3E+02	1,0E+00	
Am-243	7,4E+03	7,4E+00	5,9E-02	
Th-229	7,3E+03	7,9E+00	6,3E-02	
Th-230	7,5E+04	7,6E-01	6,1E-03	6,0E+00
Th-232	1,4E+10	4,1E-06	3,3E-08	4,0E-05
Np-237	2,1E+06	2,6E-02	2,1E-04	

Zur vergleichenden Darstellung können für die hier angegebenen Messwerte folgende Gesamtfehler abgeschätzt werden:

Tabelle 2: Abschätzung des relativen Gesamtfehlers der eingesetzten Verfahren in % (1σ)

	U-234	U-235	U-238	Th-230	Th-232
Alphaspekt.	10	20	10		
ICP/MS	20	10	10	20	10

4.2 Vergleich der Ergebnisse ICP-MS und Alphaspektrometrie

4.2.1 Ringanalysen zur Bestimmung von Uranisotope in Wasser

Um die angewandte Methode zu validieren, wurde an Ringversuchen des BfS mit beiden Methoden teilgenommen. Die Ergebnisse sind im untersuchten Konzentrationsbereich gleichwertig.

Tabelle 3: Ringanalysen des BfS des Jahres 2005 mit Bestimmung von Uranisotopen mit ICP-MS und Alphaspektrometrie, Angaben in Bq/l

	Abwasser	Wasser	Wasser	Trinkwasser	Trinkwasser
U-234 Sollwert	0,73	0,83	0,97	0,024	0,23
U-234 Alphaspek.	0,72	0,83	0,94	0,017	0,22
U-234 ICP-MS	0,75	0,83	0,98	0,032	0,23
U-235 Sollwert	0,034	0,038	0,042	0,0019	0,0103
U-235 Alphaspek.	0,032	0,040	0,043	0,0012	0,00971
U-235 ICP-MS	0,034	0,039	0,044	0,0013	0,0123
U-238 Sollwert	0,73	0,83	0,83	0,055	0,21
U-238 Alphaspek.	0,73	0,85	0,86	0,046	0,23
U-238 ICP-MS	0,69	0,81	0,81	0,060	0,24

4.2.2 Referenzproben Boden mit ICP/MS

Die Untersuchung von Referenzproben auf Uranisotope und Th-232 ergibt für die Anwendung von ICP-MS zufrieden stellende Ergebnisse (Th-232 nur bei IAEA).

Tabelle 4: Referenzproben (IAEA und BfS) von Boden zur Bestimmung von Uranisotopen und Th-232 mit ICP-MS, Angaben in Bq/kg T.M.

	IAEA 300	IAEA 375	IAEA 326	IAEA 327	BfS
U-234 Ref.wert	69	26	20	24	-
U-234 ICP-MS	59	30	18	26	313
U-235 Ref.wert	2,8	1,3	1,6	1,6	16,3
U-235 ICP-MS	3,0	1,0	0,8	0,9	14,2
U-238 Ref.wert	65	25	26	33	331
U-238 ICP-MS	63	21	17	20	307
Th-232 Ref.wert		17	39	37	
Th-232 ICP-MS		16	27	24	

4.3 Uranisotope in Oberflächenwasser, Grundwasser, kommunalem Abwasser und Klärschlamm

Die Untersuchungen von Proben aus dem laufenden Messprogramm nach IMIS [1] für Oberflächenwasser, Grundwasser, kommunales Abwasser und Klärschlamm mit beiden Methoden bestätigen, dass die Verfahren im Sinne der Messanleitung [4] als gleichwertig zu betrachten sind.

Tabelle 5: Bestimmung der Uranisotope mit ICP-MS und Alphaspektrometrie in IMIS-Proben (Wasser) des Jahres 2005, Angaben in Bq/l

	U-238 / U-235	ICP/MS			Alphaspektrometrie		
		U-238	U-235	U-234	U-238	U-235	U-234
Gewässer							
Sösetalsperre		9,0E-05			<5,2E-04	<6,3E-04	<5,2E-04
Sösetalsperre		1,2E-04			<1,8E-04	<2,2E-04	<1,8E-04
Sösetalsperre		9,5E-05			<1,0E-04	<1,2E-04	<1,0E-04
Sösetalsperre		5,8E-03			<1,3E-04	<1,6E-04	<1,3E-04
Sösetalsperre	134	5,0E-04	2,4E-05	<2,0E-03	<1,5E-04	<1,8E-04	<1,5E-04
Sösetalsperre		1,6E-04	9,4E-06	<2,0E-03	<1,0E-04	<1,3E-04	<1,0E-04
Aller/Grafhorst	135	2,3E-02	1,1E-03	3,9E-02	1,6E-02	<3,6E-04	2,8E-02
Aller/Grafhorst	137	2,5E-02	1,2E-03	4,5E-02	2,8E-02	9,0E-04	4,5E-02
Aller/Grafhorst	137	3,5E-02	1,6E-03	5,7E-02	3,5E-02	<5,3E-04	5,5E-02
Aller/Grafhorst	134	2,9E-02	1,4E-03	4,5E-02	3,8E-02	<7,1E-04	5,6E-02
Aller/Grafhorst	130	1,2E-02	5,8E-04	2,7E-02	2,1E-02	<6,4E-04	3,2E-02
Aller/Grafhorst	137	2,0E-02	9,3E-03	3,7E-02	2,6E-02	<6,4E-04	4,4E-02
Mittel	135						
Grundwasser							
Lamspringe	141	8,0E-03	3,6E-04		9,4E-03	<1,1E-03	2,3E-02
Lamspringe	138	1,1E-02	5,1E-04		8,7E-03	<3,8E-04	2,0E-02
Lamspringe	136	1,1E-02	5,0E-04	2,3E-02	1,2E-02	<6,4E-04	2,9E-02
Breetze	140	3,5E-03	1,6E-04	3,3E-03	5,3E-03	<6,7E-04	5,7E-03
Breetze	132	2,7E-03	1,3E-04	<2,0E-03	4,1E-03	<5,6E-04	5,1E-03
Mittel	137						
kom. Abwasser							
KA Hannover	138	1,5E-03	6,7E-05	3,6E-03			
KA Hannover	160	4,9E-04	2,0E-05	<2,0E-03			
KA Hannover	143	6,6E-04	3,0E-05	<2,0E-03			
KA Hannover	134	2,5E-03	1,2E-04	<2,0E-03			
KA Hannover	139	1,9E-03	8,8E-05	<2,0E-03	1,8E-03	<6,0E-04	1,9E-03
KA Hannover	134	1,5E-03	7,3E-05	<2,0E-03	<5,3E-04	<6,0E-04	<5,3E-04
KA Lingen	131	8,1E-04	4,0E-05	<2,0E-03	<1,2E-03	<6,0E-04	<1,2E-03
KA Lingen	125	2,8E-04	1,4E-05	<2,0E-03	<5,0E-04	<5,8E-04	<5,0E-04
KA Lingen	144	3,1E-03	1,4E-04	<2,0E-03	<5,0E-04	<6,5E-04	<5,0E-04
Mittel.	138						

Tabelle 6: Bestimmung der Uranisotope mit ICP-MS und Alphaspektrometrie in Klärschlamm des Jahres 2005, in Bq/kg T.M.

Ort	Massenverhältnis		ICP-MS			Alphaspektrometrie		
	U-238/235	U-235/234	U-238	U-235	U-234	U-238	U-235	U-234
Hannover	133	109	35	1,7	44	45	2,2	57
Hannover	136	94	32	1,5	49	27	1,0	34
Hannover	138	93	30	1,4	43	29	1,7	39
Hannover	134	125	22	1,1	24	35	<0,5	45
Lingen	134	116	13	0,61	15	8,4	0,4	9,8
Lingen	138	126	14	0,65	15	17	0,8	18
Lingen	136	98	16	0,76	22	19	1,2	21
Lingen	136	107	14	0,66	18	14	<0,2	14
Lingen	134	87	6,8	0,32	11	10	<0,1	10
Lingen	142	99	13	0,6	17	14	<0,4	14

4.4 Uranisotope und Th-232 in Klärschlamm

Insgesamt wurden die Klärschlämme von 10 Kläranlagen des Landes Niedersachsen im Jahr 2005 mit der ICP-MS-Methode untersucht.

Tabelle 7: Uranisotope und Th-232 in Klärschlamm mit ICP-MS, in Bq/kg T.M.

	U-238/235	U-235/234	U-238	U-235	U-234	Th-232
Mittelwert	135	104	30	1,4	42	7,0
Standardabweichung	5,9	17	18	0,8	27	2,9
Anzahl Proben	39	33	39	39	32	34
Erwartungswert	140	132				

4.5 U-234, U-235, U-238, Th-230 und Th-232 in Boden

Hier wurde die Einsatzmöglichkeit der Methode am Beispiel der Bestimmung des Gehaltes der Uran- und Thoriumisotope in Abhängigkeit von der Korngröße ermittelt. Als Untersuchungsobjekt dienten Sedimentproben der Schichttiefe 0 – 10 cm aus dem Deichvorland (Überschwemmungsgebiet) der Elbe im Bereich Gorleben (Elbe-Flusskilometer 494 – 496). Der Aktivitätsgehalt der untersuchten Alphastrahler sinkt bei den untersuchten Bodenproben mit zunehmender Korngröße. Bei der Fraktion 200 – 2000 µm wird aber bei den drei untersuchten Bodenproben wieder ein Anstieg der spezifischen Aktivität des Bodens registriert.

Die Erwartungswerte der Massenverhältnisse von U-238/U-235 für Natururan von 140:1 werden erreicht. Das erwartete Massenverhältnis von U-235/U-234 von 132:1 wird leicht unterschritten. Dieses deutet hier wie auch bei allen anderen unter 4.3 – 4.4 vorgestellten Ergebnissen auf eine etwa 10-prozentige Überschätzung des U-234-Gehaltes hin. Die Ursache für die systematische Abweichung wird z. Zt. noch untersucht.

Tabelle 8: Nuklidverhältnisse U-238/U-235 und U-235/U-234 im Boden des Vordeichgebietes

	Elbe km 494	Elbe km 495	Elbe km 496
U-238/U-235	138,3	138,4	132,8
Standardabweichung	0,1	0,7	0,4
U-235/U-234	117,0	119,5	119,5
Standardabweichung	4,2	6,2	4,6

Tabelle 9: Uran- und Thoriumisotope im Boden des Vordeichgebietes der Elbe in Abhängigkeit von der Korngröße, in Bq/kg T.M.

Fraktion µm	Elbe km 494			Elbe km 495			Elbe km 496		
	U-238	Th-230 *	Th-232	U-238	Th-230 *	Th-232	U-238	Th-230 *	Th-232
< 20	103	138	39	84	103	21	106	135	40
20 - 63	91	98	50	84	100	66	90	107	62
63 – 100	61	29	15	70	40	30	65	83	25
100 – 200	21	10	1,8	18	17	6,2	26	31	3,8
200 – 2000	42	17	4,1	24	20	4,2	84	100	23

Anmerkung: * Messung im High sensitivity mode

5 Schlussfolgerung

Der Einsatz der Quadropol-ICP-MS-Methode zur Bestimmung von U-238, U-235 und U-234 in Umweltmedien hat sich bewährt. Eine Absicherung der Methode erfolgte durch erfolgreiche Teilnahme an Ringanalysen. Die nach IMIS [1] geforderten Nachweisgrenzen (0,01 Bq/l bzw. 5 Bq/kg) werden eingehalten. Zur Bestimmung dieser Radionuklide kann das ICP-MS-Verfahren im Sinne der vorgeschriebenen Messanleitung als gleichwertig betrachtet werden. Zur Ermittlung des Nuklidverhältnisses U-238/U-235 und Ermittlung eines möglichen Anreicherungs- oder Abreicherungsgrades ist das ICP-MS-Verfahren der Alphaspektrometrie eindeutig überlegen.

Zur Bestimmung von Th-232 und für Th-230 (Th-230 nur in Boden) ist die Methode Erfolg versprechend. Der Einsatz zur Bestimmung weiterer Alphastrahler wird zur Anwendung für Programme bei Störfall/Unfall weiter untersucht. Gleichfalls wird an der Erniedrigung von Nachweisgrenze und Gesamtfehler der U-234- und Th-230-Bestimmung gearbeitet.

Das eingesetzte ICP-MS-Verfahren bietet den Vorteil einer kostengünstigen und schnellen Analytik der genannten Alphastrahler. Bei vergleichsweise geringem Personalaufwand ist ein hoher Probendurchsatz möglich. Zur Bestimmung von Alphastrahlern mit Halbwertszeiten <50.000 Jahre muss aber weiterhin auf Alphaspektrometrie oder empfindlichere massenspektrometrische Verfahren wie RIMS zurückgegriffen werden.

6 Literatur

- [1] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit; Durchführung des Strahlenschutzvorsorgegesetzes, Messprogramm für den Routinebetrieb (IMIS), GMBI, p. 930–959 (1994)
- [2] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit; Richtlinie für die Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen, GMBI, p. 254–335 (2006)
- [3] F. Bruchertseifer, Alternative Radionuklidbestimmungsmethoden, 12. Fachgespräch Überwachung der Umweltradioaktivität, p. 45 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin (2003)
- [4] Messanleitungen für die Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt und zur Erfassung radioaktiver Emissionen aus kerntechnischen Anlagen, Herausgeber: Der Minister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Gustav Fischer Verlag, Berlin (2006)
- [5] DIN 17294-2, Wasserbeschaffenheit, Anwendung der induktiv gekoppelten Plasma-Massenspektrometrie, Teil 2: Bestimmung von 62 Elementen, Beuth Verlag, Berlin (2004)
- [6] DIN 32645, Chemische Analytik, Erfassungs- und Bestimmungsgrenzen, Beuth Verlag, Berlin (1994)
- [7] DIN 25482, Nachweisgrenze und Erkennungsgrenze bei Kernstrahlungsmessungen, Beuth Verlag, Berlin
- [8] DIN EN 13 346-2, Charakterisierung von Schlämmen, Bestimmung von Spurenelementen und Phosphor, Extraktionsverfahren mit Königswasser, Beuth Verlag, Berlin (2001)

ÜBERWACHUNG NATÜRLICHER RADIONUKLIDE IM TRINKWASSER - ERSTE ERFAHRUNGEN MIT DER GEFRIERTROCKNUNGSMETHODE

E. Frenzel¹, S. Wisser²

1 FCI Frenzel Consulting & Instruments, Straubenhardt

2 Rhine-Main Water Research GmbH, Biebesheim

Die derzeit gültige Trinkwasserverordnung [1] gibt als Grenzwert für die Aufnahme radioaktiver Substanzen mit dem Trinkwasser eine Gesamtrichtdosis (effektive Dosis) von 0,1 mSv/a vor und begrenzt die Tritium-Konzentration auf 100 Bq/l (Indikatorparameter nach §3, Anlage 7 der TrinkwV 2001). Bei der Ermittlung der Gesamtrichtdosis sind alle künstlichen und natürlichen Radionuklide zu berücksichtigen, mit Ausnahme von H-3, K-40, Radon und dessen Zerfallsprodukten. Die Bestimmung der Gesamtrichtdosis geschieht in der Regel durch eine aufwendige und kostspielige Einzelnuklidanalyse. Zur Minimierung des Messaufwandes sind von der Europäischen Union Richtwerte für die Gesamt-Alpha- (0,1 Bq/l) und Gesamt-Beta-Aktivität (1,0 Bq/l) in einer Trinkwasserprobe vorgeschlagen worden, die für eine Screening-Messung gelten sollen [2].

In der Rhine-Main Water Research GmbH (vormals ESWE-Institut für Wasserforschung) wurde in den letzten Jahren eine alternative Methode zur Bestimmung der Gesamt-Alpha-Aktivität und der Gesamt-Beta-Aktivität in Trinkwasser eingeführt. Bei dieser Methode wird nach der Gefriertrocknung einer Trinkwasserprobe (Probenvolumen: 150 – 200 ml) eine hochempfindliche Messung mit Flüssigszintillationsspektrometrie unter Verwendung simultaner α -/ β -Trennung durchgeführt. Mit dieser innovativen Methode können bis zu 20 Proben in einem Arbeitsschritt aufbereitet werden, was zu einer erheblichen Erhöhung der Laborkapazität geführt hat. Nach der Gefriertrocknung wird der erhaltene Rückstand in Salzsäure gelöst und in einen LSC-Cocktail überführt. Während der Gefriertrocknung entweicht das störende Radon aus der Wasserprobe, so dass die Messung unmittelbar nach dem Ende der Probenaufbereitung durchgeführt werden kann.

Die Nachweisgrenzen des Verfahrens liegen für die Gesamt-Alpha-Aktivität bei weniger als 20 mBq/l und für die Gesamt-Beta-Aktivität bei kleiner 0,3 Bq/l. Die vorgestellte Methode wurde inzwischen erfolgreich in den Routinebetrieb integriert und offiziell akkreditiert (DIN/ISO 17025). Bereits seit 2003 nimmt das ehem. ESWE-Institut u.a. mit dieser neuen Methode regelmäßig mit Erfolg an den Ringversuchen des BfS teil.

Es wird neben der Vorstellung der einzelnen Arbeitsschritte bei der Probenvorbereitung auch auf die Analytische Qualitätssicherung des Messverfahrens eingegangen.

Literatur

- [1] *Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch - Trinkwasserverordnung (TrinkwV) vom 21. Mai 2001, BGBl. I S. 959*
- [2] Aurand, K.; Rühle, H.: *Radioaktive Stoffe und die Trinkwasserverordnung; Die Trinkwasserverordnung – Einführung und Erläuterungen für Wasserversorgungsunternehmen und Überwachungsbehörden*, Hrsg.: Grohmann, Hässelbarth, Schwerdtfeger, 4. Auflage, Erich Schmidt Verlag, S. 377-387

RINGVERSUCH BABYNAHRUNG 2005

INTERLABORATORY COMPARISON „INFANT FOOD 2005“

R. Hartmann, D. Tait, G. Haase

Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel,
Institut für Chemie und Technologie der Milch, Leitstelle zur Überwachung der
Umweltradioaktivität, Kiel

Zusammenfassung

Es werden die Ergebnisse der „Ringanalyse Babynahrung 2005“ präsentiert, die von der Kieler Leitstelle zur Überwachung der Umweltradioaktivität für die Bereiche Boden, Bewuchs, Pflanzen sowie Nahrungsmittelpflanzlicher und tierischer Herkunft (außer Fisch) durchgeführt wurde. Ziel war es, im Rahmen der Leitstellenaufgaben nach StrVG, §3 Abs. 1, die Qualität der radioanalytischen Labors in der BRD zu überprüfen. Zusätzlich nahmen 9 Labors aus dem europäischen Ausland teil. Dazu musste zunächst eine geeignete Matrix mit ausreichender Ascheausbeute gefunden werden, in der die zugesetzte Aktivität (Cäsium-134, Cäsium-137 und Strontium 90) homogen verteilt werden konnte. Jedem Ringversucheteilnehmer wurden ca. 3 kg kontaminierter Babybrei zugesandt.

Ein wichtiges Detail des Ringversuchs bestand darin, dass die zugesetzten Aktivitäten nahe an den EU-Höchstwerten liegen, die für das Inverkehrbringen von Lebensmitteln nach Stör- und Unfällen maßgeblich sind.

Summary

The results of the interlaboratory comparison analysis “Infant Food 2005” are presented. The comparison was conducted by the coordinating office for the surveillance of environmental radioactivity at the BfEL, Kiel. The coordinating office is responsible for the analysis of soil, vegetation, plants (indicators) and fodder as well as food of plant and animal origin (except fish). According to Act on the Precautionary Protection of the Population against Radiation (Strahlenschutzvorsorgegesetz – StrVG), one aim was to examine the quality of the radio-analytic laboratories in the FRG. Additionally 9 laboratories from neighbouring states participated. First of all, a suitable matrix with sufficient ash yield had to be found, in which the added activity (Cäsium-134, Cäsium-137 and strontium 90) could be distributed homogeneously. Approx. 3 kg of contaminated baby mash were sent to each test participant.

An important detail of the interlaboratory test was that the added activities were close to the maximum values for food claimed by the European Union in the case of a nuclear accident.

1 Einleitung

Die Leitstelle zur Überwachung der Umweltradioaktivität an der Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel (BfEL), Standort Kiel führt Ringversuche unter Beteiligung der Landesmessstellen (§3 StrVG) sowie weiterer, an der Radioaktivitätsüberwachung beteiligter

Laboratorien aus der BRD und z.T. aus dem europäischen Ausland durch. Die Durchführung der Ringversuche erfolgt mit dem Ziel, eine einheitliche Qualität der Messwerte aus der Radioaktivitätsüberwachung zu gewährleisten, die als Grundlage zur Beurteilung der Aktivitätskonzentrationen relevanter Nuklide in der menschlichen Nahrungskette dienen und im Ereignisfall Entscheidungshilfe für Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung sind.

Diese Aufgabe ist gesetzlich geregelt, wobei die Leitstelle an der BfEL Kiel für die Umweltbereiche Boden, Bewuchs, Futter, Pflanzen (Indikatoren) sowie Lebensmittel pflanzlicher und tierischer Herkunft verantwortlich ist.^[1, 2, 3]

Es nahmen 60 deutsche sowie 3 holländische und 3 schweizerische Laboratorien teil, weiterhin je 1 Labor aus Belgien, Österreich und Luxemburg.

Im August 2005 wurden die Anmeldeunterlagen versendet, die Versendung der Proben erfolgte im Oktober 2005, die letzte Ergebnismeldung ging Ende Januar 2006 ein.

2 Vorbereitung und Versand der Proben

Zunächst wurden die künstlichen Radionuklide Cäsium-134, Cäsium-137 und Strontium-90 in Trägerlösung mit Natriumazid (Konservierungsmittel) angesetzt. Die Probe wurde in gleicher Weise für jeden Teilnehmer entsprechend dem folgenden Schema hergestellt (die Zugabe der Probenbestandteile erfolgte auf einer Oberschaligen Waage mit geschätzter erweiterter Unsicherheit ($k=2$) kleiner 0,2%):

- Zugabe eines Aliquots der Aktivitätslösung mittels Dispensette (8 mL)
- Zugabe von 1000 mL heißem Wasser und 1000 mL kalter Magermilch
- Zugabe von 800 g Breipulver unter Rühren, Homogenisierung der Probe
- Entnahme einer Rückstellprobe und Lagerung bei -24°C
- Verschließen und Einschweißen der Probenflasche
- Versand per Deutscher Post an ausländische Teilnehmer, per Hermes Logistik-Gruppe im Inland, Ermittlung der Referenzwerte bei der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig.

3 Zusammensetzung der Proben

Die teilnehmenden Labors erhielten mit der Babynahrungsprobe eine Probe, die gegenüber Routineproben deutlich erhöhte Aktivitätskonzentrationen aufwies. Diese z.B. im Ereignisfall durchaus realistischen Kontaminationen stellen erhöhte Anforderungen an die „Laborhygiene“. Der unachtsame Umgang mit entsprechenden Proben und insbesondere deren Asche kann zu erheblichen Kontaminationen der Messumgebung und Laborgeräte führen, wodurch nachfolgende Messungen und Analysen stark beeinträchtigt wären.

Die dotierten Aktivitäten der künstlichen Radionuklide (74 Bq/kg für Sr-90; 200 Bq/kg für Cs-134, 179 Bq/kg für Cs-137) orientierten sich an den EU-Höchstwerten, die im Ereignisfall für die Verkehrsfähigkeit von Lebensmitteln gelten [4]. Diese betragen für Babynahrung 75 Bq/kg für Sr-90 bzw. 400 Bq für gammastrahlende Nuklide m. HWZ > 10 d (v.a. Cs-134/137)

4 Datentransformation

Im Rahmen dieses Ringversuches wurde keine Gesamtprobe hergestellt, in der die Aktivität homogen verteilt wurde. Es wurde vielmehr ein Aliquot der Aktivitäts-Stammlösung in jede der 69 Probenflaschen pipettiert, dann erfolgte die Zugabe der genannten Mengen Flüssigkeit (Milch/Wasser) und Breipulver mit anschließender sorgfältiger Homogenisierung.

Durch diese Zubereitungsmethode ergaben sich geringe Mengenunterschiede zwischen den einzelnen Ringversuchproben hinsichtlich der Milch-, Wasser- und Pulverzugabe und damit auch der Probenmenge jedes Teilnehmers. Folglich existiert auch ein für jeden Teilnehmer individueller Zielwert der Aktivitätskonzentrationen für Cs-134, Cs-137, Sr-90.

Um eine übersichtliche Auswertung zu ermöglichen, wurden alle individuellen Zielaktivitäten auf einen fiktiven, einheitlichen Zielwert transformiert. Als einheitliche Zielaktivität wurde der durch die PTB ermittelte Referenzwert festgelegt. Alle Messwerte wurden gleichermaßen transformiert, wobei der Transformationsfaktor dem Quotienten aus individueller Zielaktivität und PTB-Referenzwert entspricht. Der Schritt der Datentransformation wurde selbstverständlich nicht auf die gemeldeten Messwerte für K-40 angewendet, da dieses Nuklid nicht dotiert wurde, sondern lediglich in den Basisbestandteilen Milch, Wasser und Breipulver enthalten war.

5 Überblick der Ergebnisse

In der folgenden Tabelle und den Abbildungen sind wesentliche Ergebnisse des Ringversuchs aufgeführt. Sofern nicht explizit aufgeführt, wurde zur Berechnung der ausreißerbereinigte Datensatz verwendet.

Tab. 1: Überblick der Ringversuchergebnisse; Bezugsdatum 01.10.2005

	Cs-134	Cs-137	K-40	Sr-90
Anzahl der Datensätze	83	84	81	37
Ausreißerfreie Datensätze	83	79	79	30
PTB-Referenzwert	200,0 Bq/kg	179,0 Bq/kg	95,0 Bq/kg	74,0 Bq/kg
Mittelwert Referenzwertabweichungen	9,2 %	5,0 %	6,1 %	4,9 %
Mittelwert der Labormittelwerte	181,7 Bq/kg	170,7 Bq/kg	90,5 Bq/kg	73,8 Bq/kg
Zugehörige Standardabweichung	10,0 Bq/kg	6,5 Bq/kg	5,5 Bq/kg	4,6 Bq/kg
Mittelwert der Laborabweichungen	4,5 %	3,2 %	4,6 %	5,0 %
Wiederholstandardabweichung	2,8 Bq/kg	2,5 Bq/kg	3,6 Bq/kg	2,7 Bq/kg
Wiederholbarkeit (Wahrscheinlichkeit 95%)	7,8 Bq/kg	6,9 Bq/kg	10,0 Bq/kg	7,5 Bq/kg
Vergleichsstandardabweichung	10,3 Bq/kg	6,4 Bq/kg	5,1 Bq/kg	5,6 Bq/kg
Vergleichbarkeit (Wahrscheinlichkeit 95%)	28,7 Bq/kg	17,8 Bq/kg	14,4 Bq/kg	15,8 Bq/kg

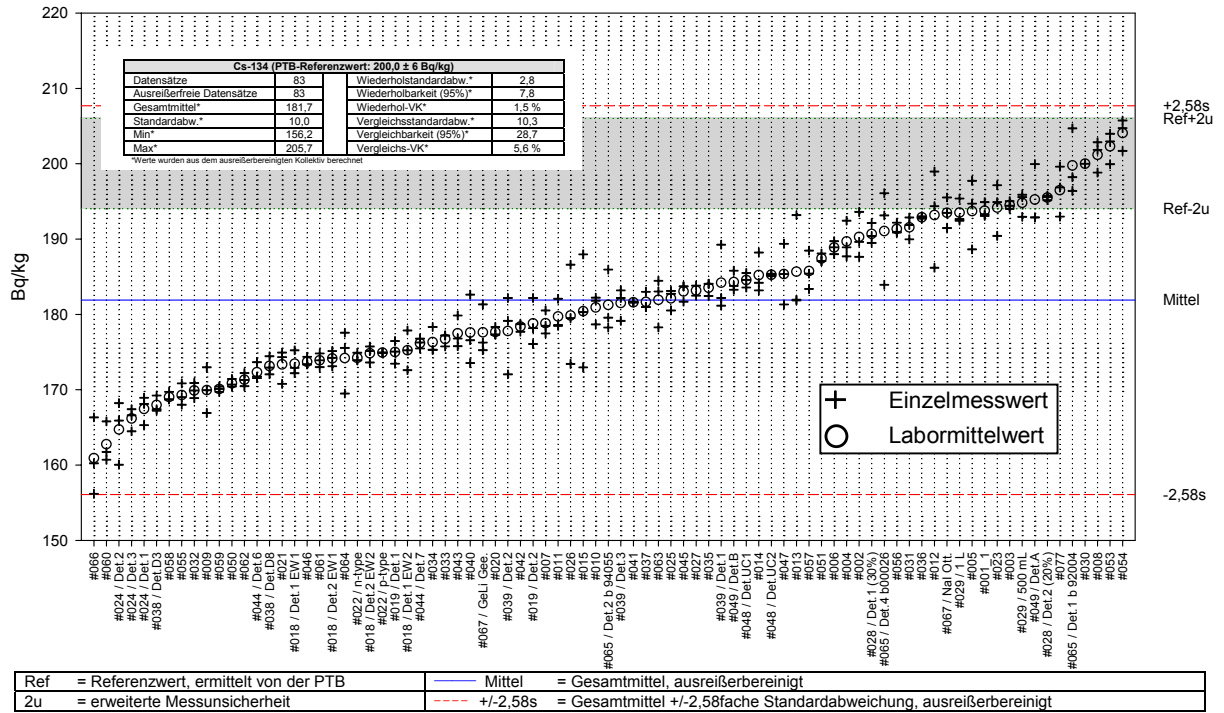


Abb. 1: Transformierte Einzelmesswerte für Cs-134, nach Labormittelwerten geordnet

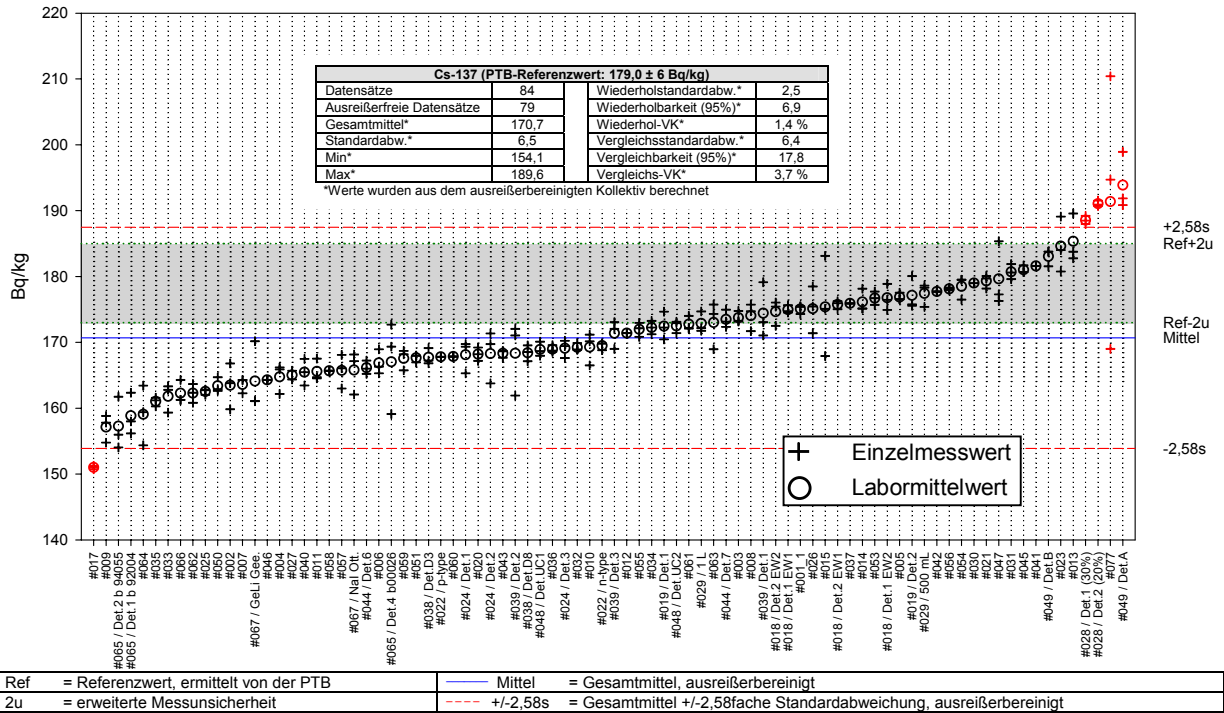


Abb. 2: Transformierte Einzelmesswerte für Cs-137, nach Labormittelwerten geordnet

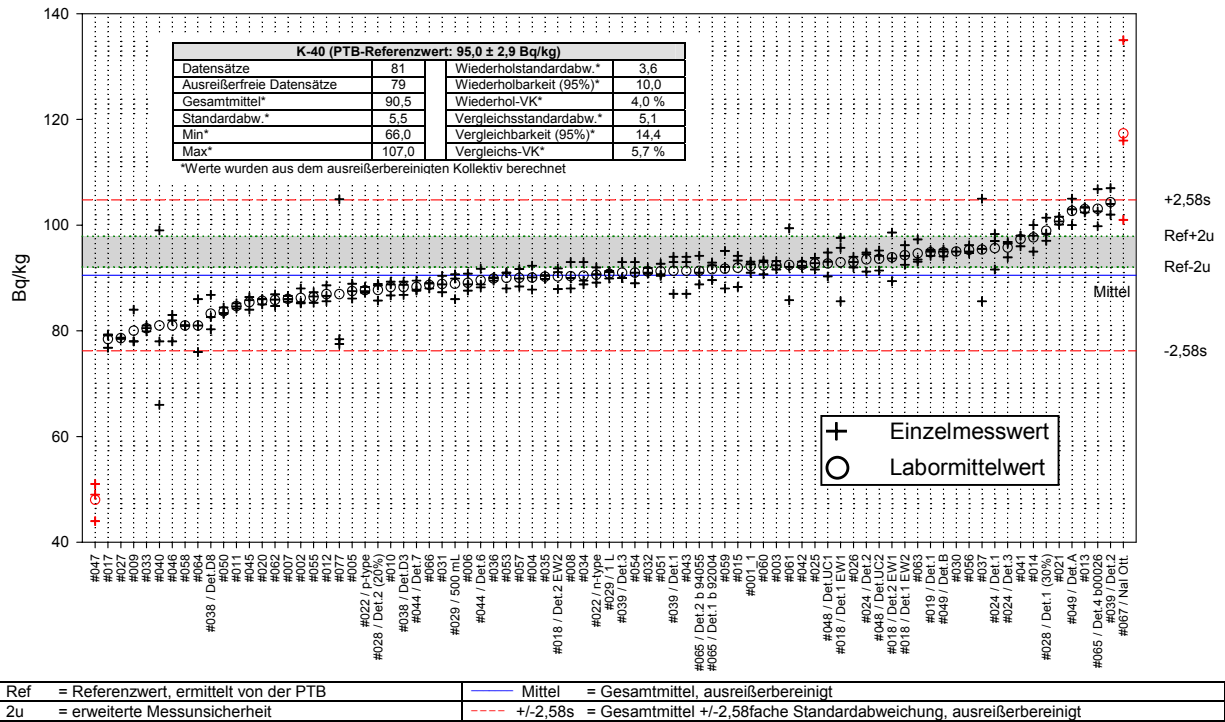


Abb. 3: Einzelmesswerte für K-40, nach Labormittelwerten geordnet

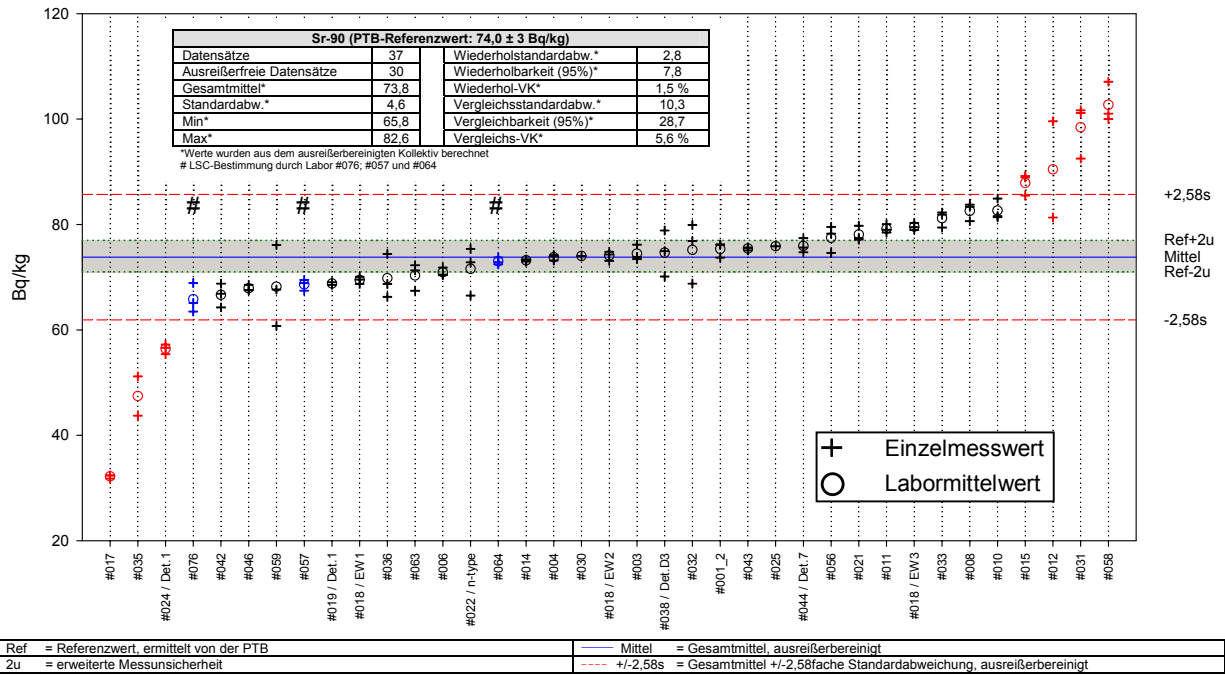


Abb. 4: Transformierte Einzelmesswerte für Sr-90, nach Labormittelwerten geordnet

6 Verteilung der Abweichungen vom Gesamtmittel bzw. Referenzwert

In den folgenden Abbildungen sind die Häufigkeiten der Abweichungen für die Labormittelwerte vom Gesamtmittel bzw. vom PTB-Referenzwert dargestellt. Die Darstellungen enthalten auch die Ausreißer.

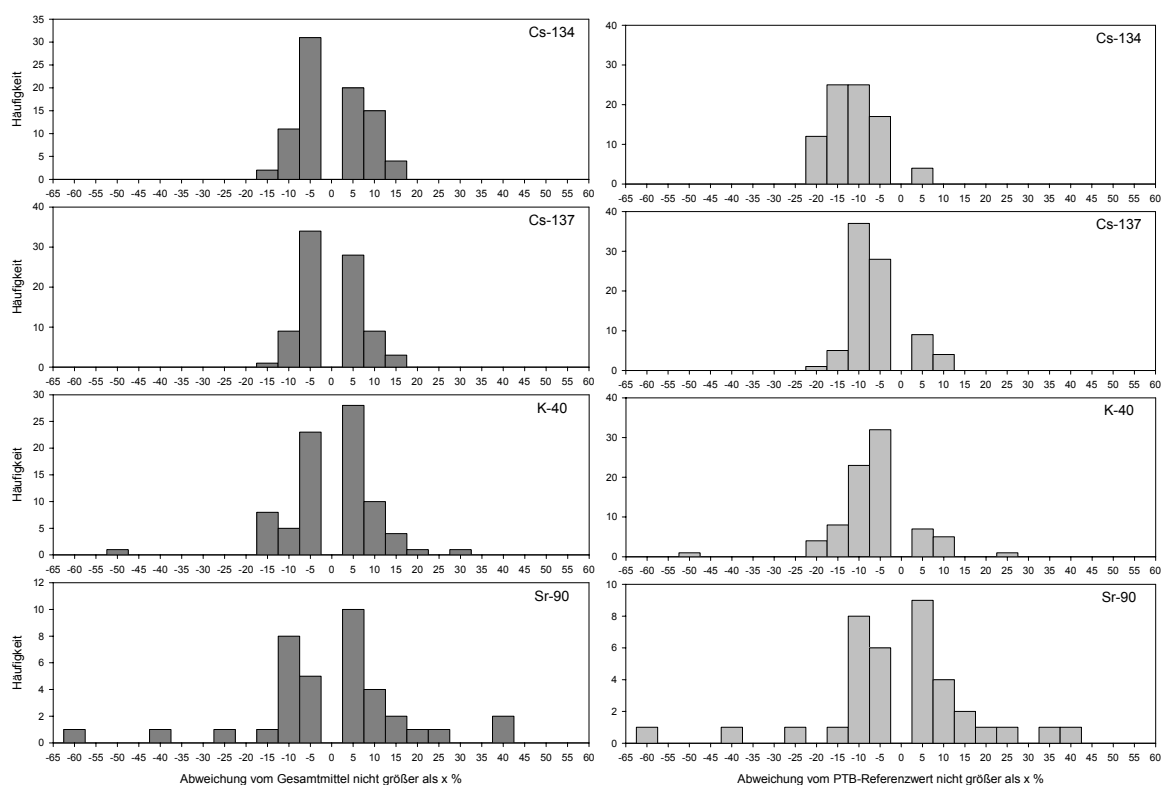


Abb. 5: Verteilung der Abweichungen: (A) Labormittelwert – Gesamtmittelwert
(B) Labormittelwert – PTB-Referenzwert

7 Diskussion der Ergebnisse

Allgemein lässt sich feststellen, dass der Ringversuch Babynahrung 2005/2006 sehr zufriedenstellende Ergebnisse hervorgebracht hat.

Die ausgesprochen guten Werte für die Wiederholbarkeit, die für alle Nuklide berechnet wurden, sprechen für eine gute Homogenisierbarkeit der Probe sowie eine gute Stabilität während der Messung.

Die Zubereitung einer individuellen Ringversuchprobe für jeden Teilnehmer unter Zugabe eines Aliquots einer gemeinsamen Stammlösung (Aktivität, Träger, Konservierungsmittel) hat sich als gut durchführbar erwiesen. Der große Vorteil dieser Methode liegt darin, dass jeder Teilnehmer eine relativ genau bekannte Aktivität erhalten hat. Im Gegensatz dazu ist bei der Aliquotierung einer dotierten Gesamtprobe je nach Matrix eine z.T. erhebliche Unsicherheit hinsichtlich der Repräsentativität der Einzelproben vorhanden. Das in diesem Ringversuch angewendete Verfahren ist jedoch keineswegs für alle Probenarten einsetzbar.

Cs-134

Für die Bestimmung des Cäsium-134 wurde die größte Differenz zwischen Gesamtmittel und Referenzwert ermittelt. Die meisten der teilnehmenden Laboratorien unterschätzen den Referenzwert um 10-15% (s. Abb. 5)

Dies deutet auf die Tatsache hin, dass nur wenige Teilnehmer eine Summationskorrektur (796 und 605 keV-Linie) für das Cs-134-Ergebnis vornehmen. Die Summations-Counts gehen den entsprechenden Photopeaks verloren und führen so zu einer Unterschätzung der Aktivitätskonzentration.

Diese Diskrepanz bei der Spektrenauswertung zeigt sich auch in der berechneten Vergleichbarkeit, die für Cs-134 von allen Gammanukliden am schlechtesten ausfällt. Dennoch ist die Wiederholbarkeit zufriedenstellend, d.h. ein Labor liefert in der Regel relativ nah zusammenliegende Werte aus den Mehrfachbestimmungen.

Cs-137

Erwartungsgemäß sind die Ringversuchparameter, die aus dem Cs-137-Datensatz berechnet wurden, am besten. Cäsium-137 ist als Gammanuklid analytisch leicht zugänglich und die Auswertung der Gammamessung wird durch das Vorhandensein nur einer Gammalinie bei ca. 662 keV und die hohe Emissionswahrscheinlichkeit von ca. 85% erleichtert.

K-40

Die Ergebnisse für K-40 sind zufriedenstellend. Zwei starke Ausreißer, deren Labormittelwerte von 117,33 Bq/kg (Labor #067) bzw. 48 Bq/kg (Labor #047) relativ stark vom Gesamtmittel abweichen, wurden aus dem Kollektiv entfernt. Das im Vergleich zu Cs-137 etwas schlechtere Ergebnis ist vermutlich auf die schlechtere Zählstatistik zurückzuführen, die folgende Ursachen hat:

- die K-40 Aktivität in der Probe ist um den um den Faktor 2 geringer
- im höherenergetischen Bereich des Gamma-Spektrums (1460 keV) ist die Detektor-Efficiency deutlich niedriger als bei 662 keV
- die Emissionswahrscheinlichkeit des für die 1460 keV-Linie aus dem K-40-Zerfall liegt unter 11% und damit weit unter der des 662 keV-Quants (85%), das beim Übergang des Ba-137m zum Ba-137 emittiert wird
- u.U. wurde für das K-40-Messergebnis nicht von jedem Teilnehmer eine Untergrundkorrektur durchgeführt.

Sr-90

Der Datensatz der Sr-90-Ergebnisse wies wie erwartet die prozentual meisten Ausreißer auf (19%). Dies liegt sicherlich an der im Gegensatz zu Gammanukliden erforderlichen radiochemischen Abtrennung des Strontiums aus der Probenasche.

Nach Eliminierung der Ausreißer wurde jedoch ein gutes Ergebnis berechnet. Die durchschnittliche Im-Labor-Variabilität zeigt mit einem Wiederholvariationskoeffizienten von nur 3,6% auch hier eine sehr gute Homogenität und Stabilität der Probe an. Die Wiederholbarkeit war sogar besser als für Kalium-40.

Von den 37 gemeldeten Sr-90-Ergebnissen wurden nur 3 Messergebnisse mittels Flüssigszintillationszählern (LSC) bestimmt (vgl. Abb. 4). Diese 3 Ergebnisse heben sich hinsichtlich der Richtigkeit und Verteilung nicht von den übrigen Ergebnissen ab, die mit Gasdurchflusszählrohren (v.a. der Fa. Berthold und Eurisys) ermittelt wurden.

8 Literatur

- [1] Gesetz zum vorsorgenden Schutz der Bevölkerung gegen Strahlenbelastung (Strahlenschutzvorsorgegesetz – StrVG) vom 19. Dezember 1986, BGBl. I S. 2610, zuletzt geändert am 25. November 2003, BGBl. I S. 2304
- [2] Verordnung zum Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen – StrlSchV vom 20. Juli 2001, BGBl. I S. 1714, zuletzt geändert am 12. August 2005, BGBl. I S. 2365
- [3] Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen (REI) vom 30. Juni 1993 (GMBI. 1993, Nr. 29), ergänzt um die Anhänge B und C vom 20. Dezember 1995 (GMBI. 1996, Nr.9/10)
- [4] Verordnung (Euratom) Nr. 2218/89 vom 18. Juli 1989 zur Änderung der Verordnung (Euratom) Nr. 3954/87 zur Festlegung von Höchstwerten an Radioaktivität in Nahrungsmitteln und Futtermitteln im Falle eines nuklearen Unfalls oder einer anderen radiologischen Notstandssituation. (Amtsblatt. L 211 vom 22.7.1989, S. 1)

EINSATZ EINES MESSFAHRZEUGES ZUR PROBENUNTERSUCHUNG IM RAHMEN DER ÜBERWACHUNG KERNTÉCHNISCHER ANLAGEN IM STÖRFALL/UNFALL IN NIEDERSACHSEN

VEHICLE BASED MOBILE GAMMASPECTROMETRY FOR MONITORING OF SAMPLES IN CASE OF ACCIDENTS IN NUCLEAR FACILITIES IN LOWER SAXONY

W. Städte, H. Jankowski

Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN)

Zusammenfassung

Der Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) kann als Landesmessstelle des Landes Niedersachsen im Rahmen der Überwachung der kerntechnischen Anlagen je nach Aufgabenschwerpunkt unterschiedliche Fahrzeuge zur Messung und Probenahme einsetzen. In Zusammenarbeit mit Behörden des Katastrophenschutzes kann ein Messfahrzeug mit einem Messplatz zur gammaspektrometrischen Untersuchung von Proben vor Ort eingesetzt werden. Diese Untersuchungsmöglichkeit ergänzt die In-situ-Gammaspektrometrie im Gelände. Durch den Einsatz des mobilen Messsystems zur Untersuchung vornehmlich der Primärmedien (Luft, Boden und Wasser) z.B. an den Probensammelstellen der Katastrophenschutzbehörden werden die Probentransportzeiten wesentlich verkürzt. Messwerte können den Aufsichtsbehörden und den Katastrophenschutzbehörden kurzfristig zur Verfügung gestellt werden.

Summary

The Lower Saxony Water Management, Coastal Defence and Nature Conservation Agency (NLWKN) applies four vehicles for the task of monitoring the environment of nuclear facilities in case of emergency situations. In co-operation with the authorities of emergency management a vehicle based mobile radiation laboratory with two high purity germanium detectors can be applied for measurement of samples. These measurements supplement in situ gamma spectrometry by monitoring of samples of primary materials (air, soil and waters) at facilities of the emergency management authorities. Time of submission of results can be substantially shortened.

1 Einleitung

Der Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) wurde mit der Durchführung der Fernüberwachung und der Umgebungsüberwachung der kerntechnischen Anlagen in Niedersachsen beauftragt. Darüber hinaus sind Messaufgaben im Rahmen des IMIS [1] inklusiv der In-situ-Gammaspektrometrie sowie der nuklearspezifischen Gefahrenabwehr wahrzunehmen. Die Durchführung der Aufgaben erfordern je nach Aufgabenstellung spezielle Probenahme- und Messfahrzeuge.

2. Aufgabenstellung

2.1 Mess- und Probenahmeorganisationen in Niedersachsen bei Störfall/Unfall in kerntechnischen Anlagen

Die Aufgaben der Probenahme und nachfolgender Messungen bzw. der Vorort-Messungen durch den NLWKN als Landesmessstelle ergeben sich einerseits aus der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen [2], andererseits aus Aufgaben des Katastrophenschutzes.

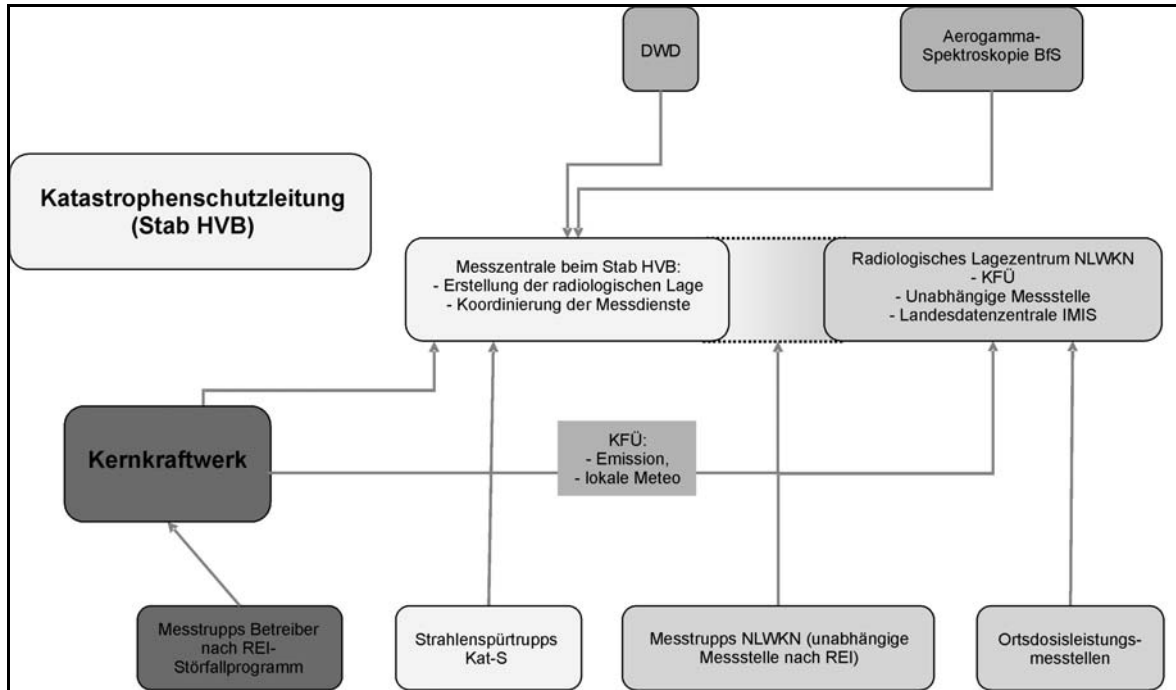
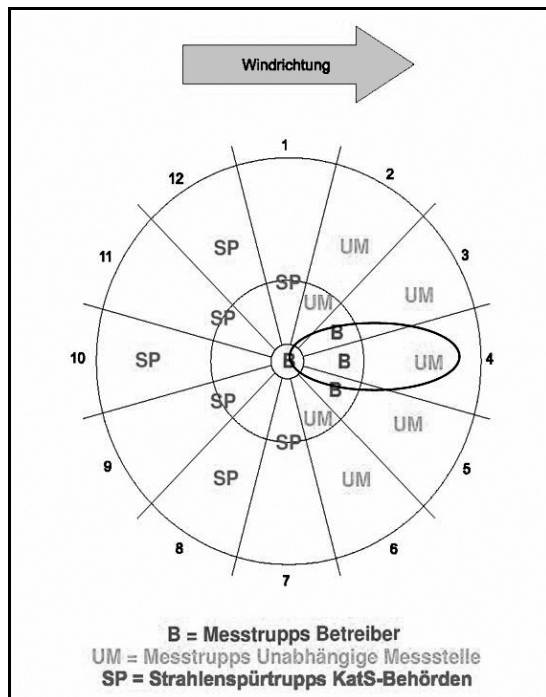


Abb. 1: Katastrophenschutzorganisation in Niedersachsen



Entsprechend der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen (REI, Störfallprogramm) [2] sind die Überwachungsaufgaben in den einzelnen Sektoren und Zonen zwischen Betreiber, unabhängiger Messstelle (hier: NLWKN) und KatS-Behörden aufgeteilt.

Im Rahmen dieser Aufgabenteilung sind Messungen durchzuführen und Proben zu nehmen, zu untersuchen oder untersuchen zu lassen [2, 3].

Abb. 2: Abgrenzung der Gebiete für Maßnahmen im Störfallprogramm nach REI

Tabelle 1: Zonen/Medien für bevorzugt durchzuführende Messungen/Probenahmen zur Überwachung der Umgebung eines Kernkraftwerkes im Störfall/Unfall

Parameter	Betreiber (REI)	Unabhängige Messstelle (REI)	Strahlenspürtrupps KatS-Behörde
Gamma-Ortsdosis	Z, M	M, A	M, A
Luft (Aerosole, Iod)	Z, M		(M, A)
Bodenoberfläche (in-situ)	Z, M	M, A	
Boden	Z, M		(M, A)
Einfache Anschlussmessungen			M, A
Bewuchs	Z, M	M, A	(M, A)

Z= Zentralzone, M= Mittelzone, A = Außenzone

2.2 Mess- und Probenahmeanleitungen zur Überwachung der Umwelt auf Radioaktivität bei Störfall/Unfall

Zur Probenahme und Messung stehen unterschiedliche Verfahren zur Auswahl. Der NLWKN setzt überwiegend die Verfahren der Messanleitung des BMU ein.

- Messanleitungen für die Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt des BMU [4]
- Empfehlungen zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Fachverband für Strahlenschutz [5]
- Mess- und Probenahmeanweisung für Ereignisse mit erheblichen Freisetzungen radioaktiver Stoffe aus Kernkraftwerken [6], z. Zt. für unabhängige Messstelle, Betreiber und KatS für Kernkraftwerke in Schleswig-Holstein eingeführt.

3. Fahrzeuge zur Radioaktivitätsüberwachung

Der Lage im Störfall/Unfall angepasst können vom Lagezentrum des NLWKN für die Störfallmessprogramme bzw. für das Intensivprogramm nach IMIS vier Mess- bzw. Probenahmefahrzeuge eingesetzt werden. Eine kurzfristige Umrüstung für Messaufgaben z.B. im Rahmen der nuklearspezifischen Gefahrenabwehr ist kurzfristig möglich.



Abb. 3: spezielle Mess- und Probenahmefahrzeuge des NLWKN zur Umgebungsüberwachung nach REI und IMIS

3.1 Messfahrzeuge für In-situ-Gammaspektrometrie

Da In-situ-Gammaspektrometrie sowohl im Rahmen der Umgebungüberwachung kerntechnischer Anlagen als auch im Rahmen des IMIS gegebenenfalls zeitgleich durchgeführt werden müssen, werden zwei ähnlich bestückte Messfahrzeuge vorgehalten. Ein Fahrzeug wurde durch eine Zusatzausrüstung für spezielle Einsätze ausgerüstet.

Transporter VW T5 (Langversion, Hochdach) sowie VW T4 (Langversion, normale Höhe), mit Allradantrieb, 4 für den Straßenverkehr zugelassene Sitzplätze, Standheizung, Klimaanlage, Sondereinbauten, Mobilfunktelefon, BOS-Funk, Navigationsgerät, netzunabhängige 230-V-Wechselstromversorgung mit separatem Bleiakku einschl. Lade-/Wechselrichtereinheit, Dosisleistungsmessgerät mit externer Szintillatorsonde. In-situ-Messsystem bestehend aus: Reinstgermaniumdetektor (p-type), 20% Effizienz, Canberra Inspector 2000 (digital), Standard-Auswerte-Notebook mit Windows XP, Funkeinheiten für den Datentransfer zum Notebook, GPS mit Genauigkeit auf < 5 m, Mobilfunktelefon für die Übertragung von Messergebnissen, Spektroskopiesoftware „Genie 2000“ in Verbindung mit „INSISPE-X“ für REI- mit Bleikollimator, allseitig 5 cm Blei, mögliche Sichtwinkel: 0° , 30° , 90° und 180° , Reinstgermaniumdetektor (extended-range-type), 30 % Effizienz, Canberra Inspector (analog), In-situ-Auswertesoftware (INSIKONT) mit der Möglichkeit der Freimessung von Flächen.

3.2 Probenahmefahrzeug

Zur Probenahme von Luft, Boden, Bewuchs- und Wasserproben kann ein wie folgt ausgerüsteter VW Transporter T5 mit Allradantrieb (Syncro) eingesetzt werden: 5 für den Straßenverkehr zugelassene Sitzplätze, Standheizung und Klimaanlage mit Aktivkohle-Luftfilter, Mobiltelefon (datenfähig), Navigationsgerät, netzunabhängige 220-V-Wechselstromversorgung mit separatem Bleiakku einschl. Lade-/ Wechselrichtereinheit, Dosisleistungsmessgerät mit externer Szintillatorsonde, Iod- und Aerosolsammler mit fester Zu- und Ableitung, feste Sondereinbauten.



Abb. 4: Probenahmefahrzeug mit Sammler für Aerosole und gasförmiges Iod sowie zur Entnahme von Bewuchs-, Boden- und Wasserproben



Abb. 5: Fest installierter Luftprobensammler im Probenahmefahrzeug

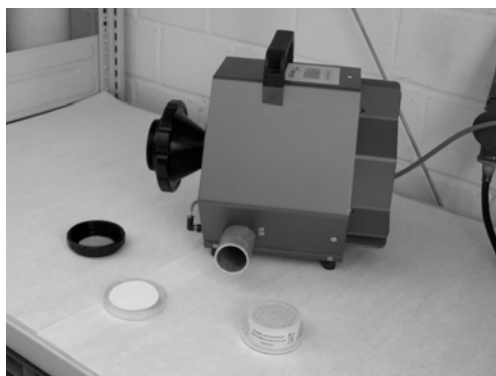


Abb. 6: Aerosol- und Iodprobensammler mit Aerosolfilter und Iodpatronen



Abb.7: Lagerung und Transport von Proben und Probenahmematerial

3.3 Messfahrzeug zur Untersuchung von Proben auf Gammastrahler im Störfall/Unfall

Das Messfahrzeug wird vom NLWKN zur schnellen gammaspektrometrischen Untersuchung von Proben vor Ort eingesetzt. Lange Transportwege der gemäß dem Messprogramm bei Störfall/Unfall nach REI zu entnehmenden Proben entfallen. Gleichzeitig kann das Fahrzeug als Radioaktivitätsmesslabor zur Unterstützung der KatS-Behörden eingesetzt werden. Das mobile Messsystem wird bevorzugt an Probensammelstellen der KatS-Behörden aufgestellt, um deren Infrastruktur zu nutzen. Ein Einsatz an anderen Stellen ist aber ebenfalls möglich.

Ausstattung des Messfahrzeuges:

Mercedes- Sprinter mit Allradantrieb, zwei für den Straßenverkehr zugelassene Sitzplätze, Klimaanlage, 220-Volt-Wechselstromeinrichtung mit Generatorversorgung bei laufendem Fahrzeugmotor oder Fremdeinspeisung. Vier hydraulischen Stützen zur Stabilisierung des Fahrzeugs im Messeinsatz, Navigationssystem, zwei datenfähige Mobiltelefone, feste Sondereinbauten, Trennwand zwischen Messraum und Probeneingang/ Probenlager, Zeltvorbau zur Erstellung eines Probeneinganges.

Gammaspektrometrie-Messplatz bestehend aus: zwei Reinstgermaniumdetektor (p-type, 20 %), liegend eingebaut mit 7-l-Dewargefäß, Gammanet (Messelektronik), Mess-PC mit Winner-6.0-Spektrometrie-Software, Labordatensystem (Datenbank-PC mit Linux-Betriebssystem und Labordatenbank), Router mit Bluetoothadapter.

Probeneingang bestehend aus Laptop mit Bluetoothanschluß und Etikettendrucker, Präzisionswaage, Kontaminationsmonitoren, Dosisleistungsmessgeräten.

Zusatz: Messgefäße, Probenahmegeräte und Messgeräte zur Unterstützung der Strahlenspürtrupps der KatS-Behörden, Schutzkleidung und Schutzausrüstung, Abschirmmaterial, Verpackungsmaterial.



Abb. 8: Messfahrzeug mit Vorzelt



Abb. 9: Probenregistrierung / Probeneingang im Vorzelt des Messfahrzeuges



Abb. 10: Separater Messraum des Messfahrzeuges

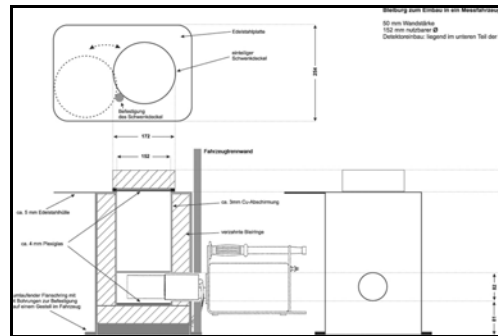


Abb. 11: Skizze des Gammamessplatzes im Messfahrzeug

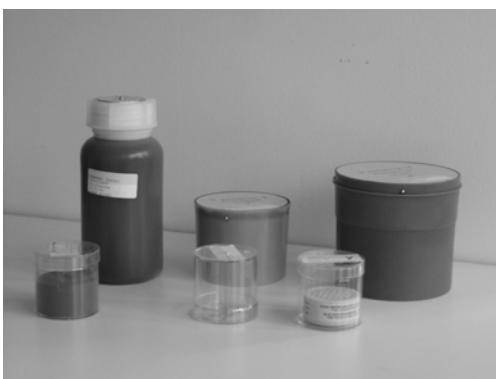


Abb. 12: Messgeometrien zur Messung von Gammastrahlern im Messfahrzeug



Abb. 13: Nachfüllsystem für Flüssigstickstoff für Germaniumdetektoren im Messfahrzeug

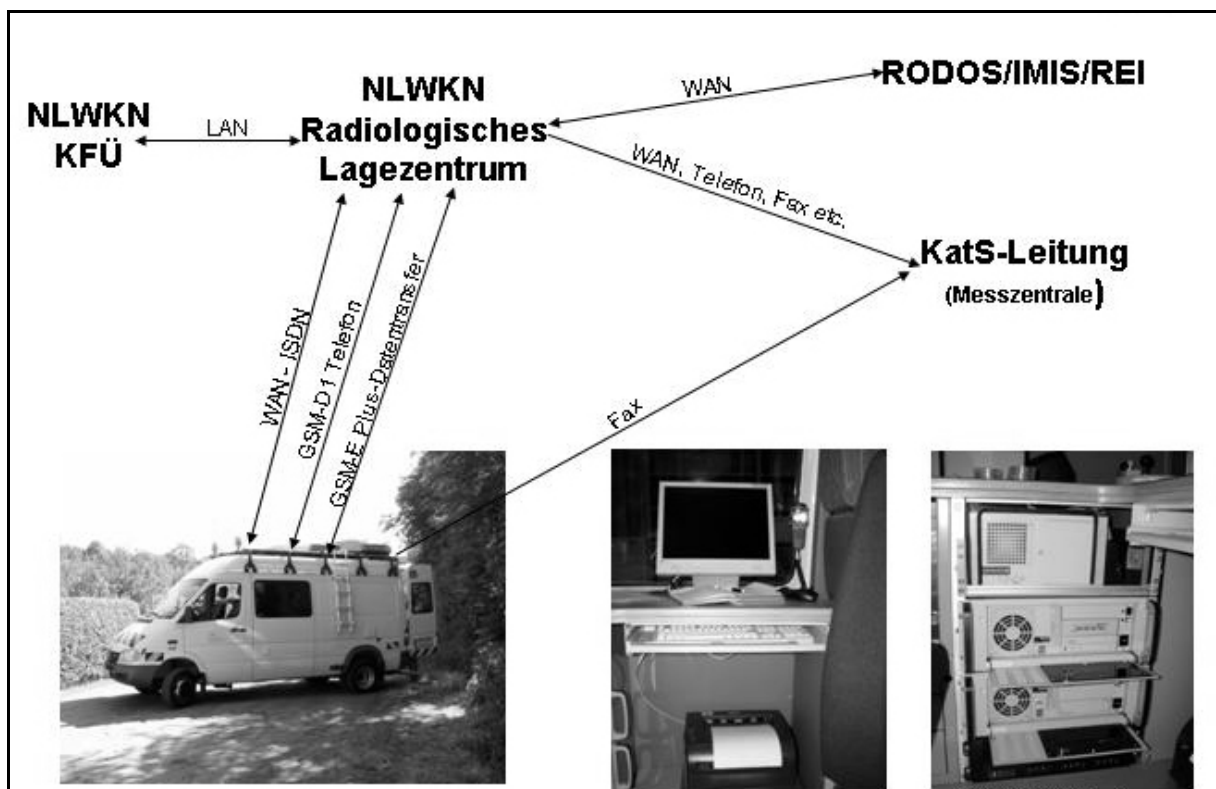


Abb. 14: Kommunikationswege zum / vom Messfahrzeug

4. Zusammenfassung

Der Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) hat in Niedersachsen zentral alle Aufgaben der unabhängigen Messstelle der Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen zu erfüllen. Im Rahmen des IMIS ist u.a. In-situ-Gammaspektrometrie durchzuführen. Für die Überwachung bei Störfall/Unfall in kerntechnischen Anlagen sowie im Routine- und Intensivprogramm nach IMIS müssen Spezialfahrzeuge eingesetzt werden.

Das Messkonzept wurde zur schnellen Untersuchung von Proben von Luft, Boden und Bewuchs und Wasser durch ein mobiles Messfahrzeug mit zwei fest installierten Reinstgermaniumdetektoren eingesetzt. Dadurch kann die Zeit für den Probentransport bei Stör- und Unfällen auf ein Minimum reduziert werden. Messdaten stehen den wasserrechtlichen und atomrechtlichen Aufsichtsbehörden und der Katastrophenschutzleitung kurzfristig zur Verfügung.

5. Literatur

- [1] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit; Durchführung des Strahlenschutzvorsorgegesetzes, Messprogramm für den Routinebetrieb (IMIS), GMBL , p. 930–959 (1994)
- [2] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit; Richtlinie für die Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen, GMBL, p. 254-335 (2006)
- [3] Rahmenempfehlung für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen, Länderausschuss für Atomkernenergie (1999)
- [4] Messanleitungen für die Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt und zur Erfassung radioaktiver Emissionen aus kerntechnischen Anlagen, Herausgeber: Der Minister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart (2006)
- [5] Empfehlungen zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Fachverband für Strahlenschutz, FS-78-15-AQKU, ISSN 1013-4506 4, Loseblattsammlung
- [6] Mess- und Probenahmeanweisung für Ereignisse mit erheblichen Freisetzungen radioaktiver Stoffe aus Kernkraftwerken (2003)

MESSNETZ E.ON-BELLA – SYSTEM ZUR ONLINE-ÜBERWACHUNG DER RADIOAKTIVITÄT IN DER UMGEBUNG DER BRENNELEMENTE-ZWISCHENLAGER VON KKI UND KKG

ONLINE AMBIENT RADIATION MONITORING SYSTEM FOR THE SPENT FUEL STORAGEES AT THE NPPS KKI AND KKG

S. Stuffer, S. Hartmann
TechniData AG, Markdorf

Zusammenfassung

Die automatischen Messsysteme zur Radioaktivitätsüberwachung an den Standorten der beiden Brennelemente-Zwischenlager der E.ON-Kernkraftwerke KKI (Isar) und KKG (Grafenrheinfeld) dienen zur kontinuierlichen Überwachung der Gamma- und Neutronen-Ortsdosisleistung in der Umgebung der Anlage. Zwei Messstationen am Zaun der Anlage sowie eine Referenzmessstation in der weiteren Umgebung liefern kontinuierlich an die Messnetzzentrale über ISDN und GSM die Daten. Zusätzlich sind auch die vorhandenen Umgebungsmessstationen des jeweiligen Kernkraftwerks in das Online-Messsystem integriert. Im Falle einer Alarmschwellenüberschreitung oder auch bei technischen Störungen wird von der Messstation automatisch eine Meldung an die Messnetzzentrale übermittelt. Diese wird direkt an die Sicherheitszentrale des Kernkraftwerks weitergeleitet, optional auch an die Fachkräfte per SMS oder Email. Im „Normalbetrieb“ werden die Daten einmal pro Stunde abgerufen. Bei Schwellwertüberschreitungen schaltet die Messnetzzentrale automatisch in den „Intensivbetrieb“ mit einer 10-minütigen Abfrage um. Mittels eines integrierten Report-Generators werden die Messdaten automatisch aufbereitet und als Berichte zyklisch ausgegeben, z.B. monatlich. Der vollautomatisierte Betrieb reduziert die Betriebskosten und erhöht die Messdatenverfügbarkeit und –Qualität.

Summary

The automatic radiation monitoring networks around the spent fuel storagees of the NPPs Isar and Grafenrheinfeld, operated by Europe's leading power utility E.ON, provide continuous supervision of the ambient gamma and neutron radiation in the vicinity of the facility. Two monitoring stations at the fence of the storage area and one remote station for reference measurement measure continuously the radiation level and transfer it to the monitoring centre by using ISDN and GSM. In addition, the existing monitoring stations of the NPP's ambient gamma dose rate supervision were integrated into the online monitoring network, too. During normal operation, measured data and status are polled once per hour. In case of threshold violation or technical defects, the station sends immediately an alarm to the monitoring centre, which is forwarded to control room of the NPP, optionally to the specialists by SMS or e-mail as well. In case of threshold violation the monitoring centre switches automatically from normal mode to intensive mode, starting automatic polling of all monitoring stations every 10 minutes. By means of an internal report generator, the system can automatically generate reports for documentation or quality assurance purposes. Automatic operation and

control of the network reduces operating costs and provides high availability and high quality of measured data.

1. Einleitung

Aufgrund der Vereinbarung zwischen der Bundesregierung und den Energieversorgungsunternehmen (EVU) bezüglich einer Standortzwischenlagerung von abgebrannten Brennelementen war die Notwendigkeit einer kontinuierlichen Überwachung der Radioaktivität in der Umgebung der Standortzwischenlager gegeben. E.ON Kernkraft, der größte private europäische Kernkraftwerksbetreiber, hat an seinen beiden süddeutschen Standorten Grafenrheinfeld und Isar neue Onlinesysteme zur Umgebungsüberwachung um die neuen Brennelement-Zwischenlager installiert. Das Messnetz der TechniData AG aus Markdorf unterstützt den Betreiber dabei, die Anforderungen des Atomgesetzes zu erfüllen und die Ortsdosisleistung in der Umgebung zu messen. Dabei ist laut Genehmigung gemäß §6 Atomgesetz (AtG) eine Überwachung der Gamma- und Neutronenstrahlung erforderlich.

2. Messdaten-Verfügbarkeit

Wie alle Betreiber deutscher Kernkraftwerke ist E.ON Kernkraft verpflichtet, die Gamma- und Neutronendosisleistung in der Umgebung seiner Zwischenlager zu erfassen. Das neue System der TechniData AG zur Umgebungsüberwachung unterstützt E.ON Kernkraft dabei. Die Messdaten werden online übertragen und stehen dem Unternehmen und den Überwachungsbehörden jederzeit zur Verfügung. Es hat mehrere Vorteile: Die automatischen Anlagen sind an den beiden Standorten redundant aufgebaut und sorgen für eine unmittelbare Verfügbarkeit der Messdaten. Außerdem senken sie die Betriebskosten, vor allem in den Bereichen der Datenübernahme, Datenauswertung, Berichtserstellung und Datenarchivierung. Die Fernkonfiguration und -diagnose der Anlagen ermöglicht zusätzliche Einsparungen. Das System ist bezüglich Messstationen, Funktionalität und Parametrierbarkeit erweiterbar, sodass es mit zukünftigen Anforderungen wachsen kann.

3. Direkter Datenaustausch

Das neue Online-System macht einen direkten Austausch von Daten mit den Messnetzen der Fachbehörden möglich. Die Messnetze des Bundesamtes für Strahlenschutz sowie des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz arbeiten auf der gleichen technischen Basis. So können bei Bedarf auch Radioaktivitätsmessstellen in der weiteren Umgebung des Zwischenlagers abgefragt werden.

4. Systemstruktur

Der Aufbau der E.ON-Messnetze ist an beiden Standorten einheitlich. Jedes Zwischenlager verfügt über Messstationen mit intelligenten TechniData-Gammasonden, die mit redundanten Detektoren ausgestattet sind, sowie analogen Neutronensonden. Eine Kontrolleinheit an den Stationen prüft die korrekte Funktion aller Komponenten, reagiert auf Überschreitungen von einstellbaren Schwellenwerten und überträgt alle Daten und Statusinformationen an die

Messnetzzentrale. Zur kontinuierlichen Überwachung der lokalen Gamma- und Neutronendosisleistung dienen zwei Messstationen am Zaun der Anlage und eine Referenzmessstelle im Umkreis von 4 km. Die Datenübertragung zur Messnetzzentrale erfolgt leitungsgebunden per ISDN bzw. drahtlos per GSM. Dort werden die eingehenden Daten automatisch ausgewertet und die zu erstellenden Monatsberichte auf Knopfdruck generiert. Dem Messsystem liegt folgende Systemstruktur zugrunde.

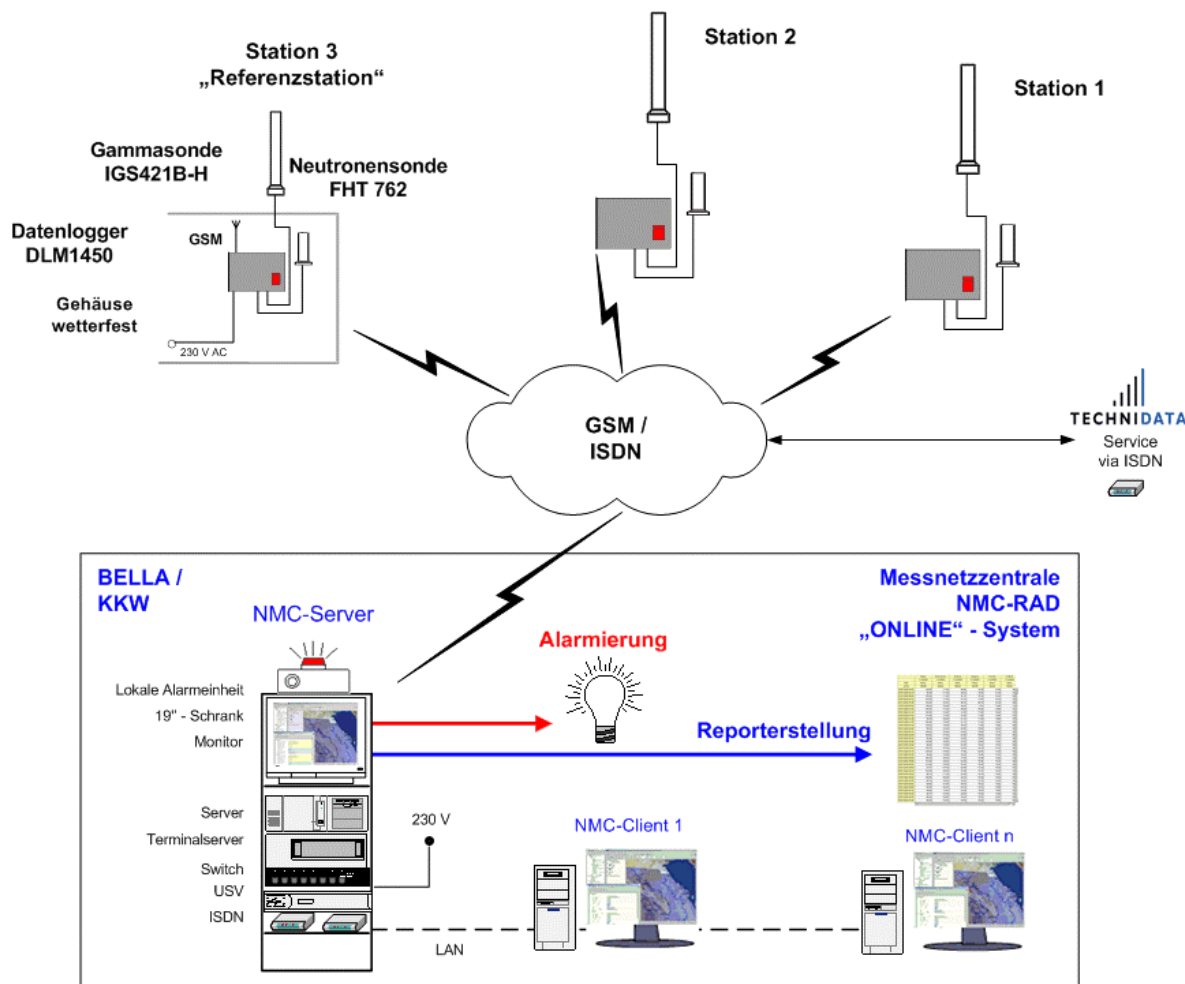


Abb. 1 Systemstruktur – Messnetz BELLA

5. Umfassende Ferndiagnose senkt Betriebskosten

Neben der automatischen Selbstüberprüfung der Messstation bieten die zahlreichen Möglichkeiten der Ferndiagnose und Fernkonfiguration eine umfassende Kontrolle des Status des Gesamtsystems und ermöglichen damit nicht nur die Sicherstellung eines zuverlässigen Betriebs, sondern auch die Senkung der Kosten für Betrieb und Service.

6. Berichte einfach generieren

Dank des Berichtsmoduls können die Anwender Auswertungen wie Tages-, Monats- oder Jahresberichte automatisch oder per Knopfdruck erstellen. Auch eine Berechnung von

statistischen Werten oder der Export von Grafiken und Tabellen ist mit dem frei konfigurierbaren Modul möglich. Bei der Weiterverarbeitung der Berichte kann auf den gesamten Funktionsumfang der Standardsoftware MS-Excel zurückgegriffen werden.

7. Leistungsfähige Messnetzzentrale

In der Messnetzzentrale verarbeitet die Software NMC von TechniData die von den Messstationen erhaltenen Informationen und visualisiert beziehungsweise archiviert sie. Die eingesetzte Lösung basiert auf einem Client-Server-Konzept und arbeitet plattformunabhängig mit Java- und Corba-Technologie. Die in zahlreichen radiologischen Messnetzen eingesetzte Software ermöglicht benutzerdefinierte Datenabrufe, Datenpräsentationen und Datenexporte. Die oben erwähnten Funktionen wie Ferndiagnose und Fernkonfiguration ermöglichen einen direkten Zugriff auf den Status und die technischen Parameter der Messstationen im Feld – bequem von den Arbeitsplätzen aus (Clients). Die benutzerfreundliche Software NMC ermöglicht eine einfache Integration zusätzlicher Messstationen und Messparameter sowie die kontinuierliche Pflege der Stammdaten im System selbst.

8. Zusammenfassung

Der Rückgang personeller Ressourcen in den Unternehmen und der wachsende Kostendruck im internationalen Wettbewerb zwingen die Unternehmen, zunehmend effiziente und automatisierte Lösungen dort einzusetzen, wo dies unter Berücksichtigung technischer Bedingungen und vorhandener Strukturen möglich ist. TechniData ENVINET liefert automatische Radioaktivitätsüberwachungssysteme, die sich - basierend auf Standardprodukten - bereits nach wenigen Jahren amortisiert haben, und die Unternehmen und Behörden in ihren Prozessen im Bereich der Umweltüberwachung effektiv und innovativ unter Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben unterstützen.

9. Über TechniData AG

Die TechniData AG ist führender Anbieter für Compliance-Management-Lösungen in den Bereichen Umwelt-, Gesundheits- und Arbeitsschutz. Die Spezialisten vom Bodensee entwickeln, implementieren und betreiben innovative Software-Lösungen, mit denen Unternehmen die Nachhaltigkeit ihrer Geschäftsprozesse rechtssicher gestalten und optimieren können.

TechniData entwickelt seit 20 Jahren Umwelt- und Sicherheitslösungen und ist exklusiver Entwicklungspartner für Compliance-Lösungen der SAP. Mit Niederlassungen im In- und Ausland erwirtschaftete TechniData im Geschäftsjahr 2004 einen Umsatz von 37,2 Millionen Euro. Mehr als 600 Kunden in über 20 Ländern setzen auf die Kompetenz des Software- und Umweltspezialisten. Das Unternehmen hält strategische Beteiligungen an den Firmen TechniData America (Delaware/USA), TechniData IT-Service GmbH (Markdorf), GWU mbH (Siegen) und Sybit GmbH (Radolfzell). Die TechniData-Gruppe beschäftigt insgesamt 300 Mitarbeiter.

ULTRASPURENANALYSE VON PLUTONIUM MIT LASER-RESONANZ- IONISATIONS-MASSENSPEKTROMETRIE (RIMS)

ULTRA TRACE ANALYSIS OF PLUTONIUM WITH LASER-RESONANCE- IONISATION MASS SPECTROMETRY

J.V. Kratz¹, N. Erdmann¹, N. Trautmann¹, G. Huber², G. Passler², K. Wendt²

1 Institut für Kernchemie, Universität Mainz

2 Institut für Physik, Universität Mainz

Zusammenfassung

RIMS ist sehr gut geeignet für die Ultrapurenanalyse langlebiger Radionuklide aufgrund ihrer ausgezeichneten Element- und Isotopenselektivität und ihrer hohen Empfindlichkeit. Für die Analyse von Plutonium und anderer Actiniden wurde ein zuverlässiges, leicht handhabbares, von einem Nd:YAG-Laser gepumptes Titan-Saphir-Lasersystem entwickelt und mit einem Flugzeit-Massenspektrometer gekoppelt. Spektroskopische Untersuchungen ergaben ein effektives, dreistufiges Anregungs- und Ionisationsschema für Plutonium mit den Wellenlängen $\lambda_1=420,76$ nm, $\lambda_2=847,28$ nm und $\lambda_3=767,53$ nm. Die Isotopieverschiebungen in diesem Schema für die Plutoniumisotope ^{238}Pu bis ^{244}Pu wurden bestimmt. Eine Gesamteffizienz der RIMS-Apparatur von 10^{-5} wird routinemäßig erreicht und führt zu einer Nachweisgrenze von 2×10^6 Atomen Plutonium für ein einzelnes Isotop. Die Anwendung der RIMS für die Ultrapurenanalyse von Plutonium und die Messung von Isotopenverhältnissen wird beschrieben und typische Anwendungen auf Umweltproben werden vorgestellt.

RIMS is very well suited for the ultra trace analysis of long lived radionuclides due to its excellent element- and isotope selectivity and its high sensitivity. For the analysis of plutonium and other actinides, a reliable, easy to handle Titanium:Sapphire laser system pumped by a Nd:YAG laser was developed and coupled with a time-of-flight mass spectrometer. Spectroscopic investigations resulted in an effective three-step excitation and ionisation scheme for plutonium with the wave lengths $\lambda_1=420.76$ nm, $\lambda_2=847.28$ nm, and $\lambda_3=767.53$ nm. The isotope shifts in this scheme for the plutonium isotopes ^{238}Pu through ^{244}Pu were determined. An overall efficiency of the RIMS apparatus of 10^{-5} is routinely achieved and leads to a detection limit of 2×10^6 atoms of plutonium for a single isotope. The application of RIMS for the ultra trace analysis of plutonium and the determination of isotope ratios is described and typical applications on environmental samples are presented.

1 Einleitung

Plutonium wurde und wird in die Umwelt abgegeben als Folge von oberirdischen Kernwaffentests, sowie durch Unfälle und Emissionen von kerntechnischen Anlagen. Die Isotopen-Zusammensetzung einer Plutonium-Kontamination spiegelt direkt ihren Ursprung durch die Produktionsmethode und ihre Parameter wider [1,2]. Deswegen ist eine schnelle, empfindliche und isotopenselektive Plutonium-Nachweismethode für „nuclear safeguards“ und

forensische Analysen, für Risikoabschätzungen im Falle nuklearer Unfälle, für das Studium des Migrationsverhaltens im Zusammenhang mit der Endlagerung nuklearer Abfälle und für die "low-level" Überwachung der Umwelt erforderlich.

α -Spektroskopie als Standardmethode des Plutonium-Nachweises ist wenig geeignet für die isotopenselektive Bestimmung. Die Nachweisgrenze und Messzeit hängen von der Halbwertszeit des zu untersuchenden Isotops ab. So resultiert eine Nachweisgrenze von 4×10^8 Atomen ^{239}Pu bei einer Messzeit von 1000 min [3]. Mit dieser Methode ist es sehr schwierig, zwischen ^{239}Pu und ^{240}Pu zu unterscheiden wegen ihrer sehr ähnlichen α -Energien (^{239}Pu : 5,157 MeV, ^{240}Pu : 5,168 MeV), und ^{241}Pu als β -Strahler kann so überhaupt nicht bestimmt werden. Konventionelle massenspektrometrische Methoden wie TIMS [4] oder ICP-MS [5-8] sind unabhängig von Zerfallstyp und Halbwertszeit des Isotops, aber ihr Ionisationsprozess ist unspezifisch bezüglich verschiedener Elemente, wodurch isobare Interferenzen auftreten können. Im Falle des Plutoniums werden letztere häufig durch ^{238}U verursacht, das immer in hohem Überschuss in Umweltproben vorkommt, oder durch ^{241}Am , ein Zerfallsprodukt des ^{241}Pu . Die Verwendung von Kopplungsmethoden ist eine Möglichkeit, diese isobaren Interferenzen zu vermeiden, z.B. ist die Trennung verschiedener Elemente mit Hilfe chromatographischer Verfahren oder der Kapillarelektrophorese vor dem massenspektrometrischen Nachweis eine Möglichkeit, sie macht diese Methoden aber recht komplex. Mit Multikollektor Sektorfeld-ICP-MS sind kürzlich der Plutoniumgehalt und Isotopenverhältnisse im Ultraspurenbereich bis herab zu 10^7 - 10^8 Atomen bestimmt worden [9-12]. Beschleuniger-Massenspektrometrie (AMS), die extrem hohe Isotopen-Selektivitäten von bis zu 10^{15} und Nachweisgrenzen von bis herab zu 10^4 Atomen [13] liefert, wurde kürzlich ebenfalls auf Plutonium angewandt [14-16]. Jedoch ist der Nachteil dieser Methode ihr hoher experimenteller Aufwand.

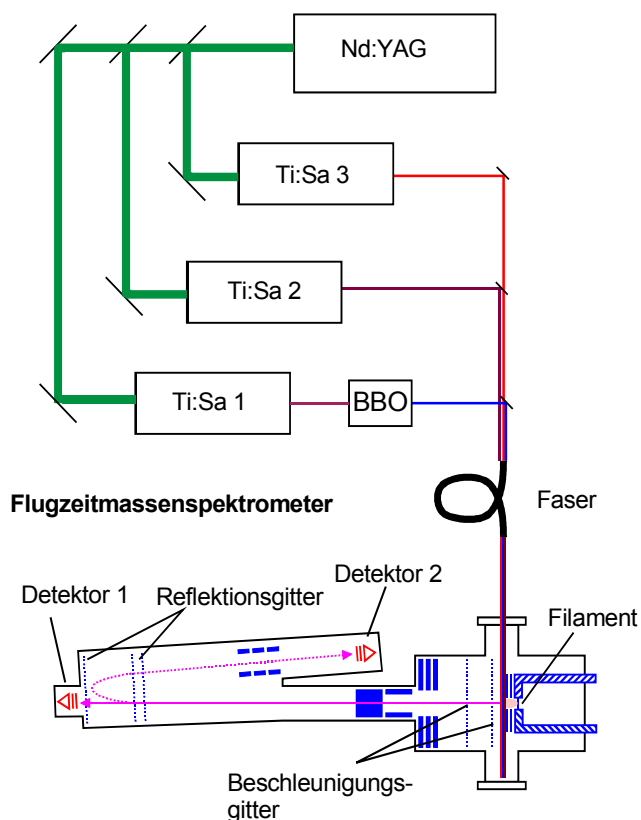
Mit ihrem element- und isotopenselektiven Ionisationsprozess ist die Resonanz-Ionisations-Massenspektrometrie (RIMS) vor fast 30 Jahren entwickelt worden [17,18] und wird inzwischen als ausgezeichnete Methode für die isotopenselektive Ultraspurenanalyse langlebiger radiotoxischer Elemente eingesetzt [19-22]. Mit einem von einem Kupferdampf-Laser gepumpten Farbstoff-Lasersystem wurde RIMS zur Ultraspurenanalyse von Plutonium und anderer Radioisotope eingesetzt [23-25], sowie für spektroskopische Untersuchungen von schwereren Actiniden [26,27]. Da das Kupferdampf-Lasersystem hohen Aufwand in der Unterhaltung erforderte und sehr kostenintensiv war, erwies es sich als weniger geeignet für Routineanalysen. Deshalb wurde ein neues Festkörper-Lasersystem [28] aufgebaut, das in diesem Beitrag bezüglich spektroskopischer Untersuchungen von Plutonium beschrieben wird, wodurch die Anwendung der RIMS auf die isotopenselektive Analyse von Plutonium in Umweltproben wesentlich vereinfacht wurde.

2 Resonanzionisations-Massenspektrometrie

Für die Ultraspurenanalyse von Plutonium mit RIMS sind drei Schritte erforderlich. Im ersten Schritt wird Plutonium chemisch mit einer einfachen Prozedur isoliert und thermisch ins Vakuum verdampft. Danach wird das atomare Plutonium mehrstufig resonant mit Laserlicht angeregt, wodurch hochliegende Zustände bevölkert werden, die anschließend ionisiert werden. Die mehrstufige, resonante Anregung bewirkt eine ausgezeichnete Element-Selektivität. Isobare Interferenzen während der Ionisationsprozesses werden so vollständig unterdrückt. Isotopen-Selektivität wird durch die Analyse der Ionen in einem Flugzeit-

Massenspektrometer erreicht, das gleichzeitig eine effiziente Untergrund-Unterdrückung bewirkt. Für Plutonium mit seinem Ionisationspotenzial von 6,0261(1) eV [26] liefert ein Anregungs- und Ionisationsschema, das drei Photonen verwendet, eine ausreichende Element-Selektivität. Hierzu ist ein RIMS-System mit gepulsten Lasern moderater spektraler Linienbreite tauglich, was den Einsatz eines Flugzeit-Massenspektrometers möglich macht, wobei der Laserpuls das Startsignal und das einlaufende Photoion das Stoppsignal liefert. Dies hat den Vorteil, dass alle Isotope simultan nachgewiesen werden.

Der komplette RIMS-Apparat ist in Abb. 1 dargestellt. Das Laserlicht für die resonante Anregung des Plutoniums wird von einem Nd:YAG gepumpten Titan-Saphir (Ti:Sa) Lasersystem geliefert, das in [28] im Detail beschrieben ist. Um das Plutonium in drei Schritten mit Laserlicht von drei Ti:Sa-Lasern zu ionisieren, wird das Licht für den ersten Anregungsschritt mit einem β -Barium-Borat-Kristall frequenzverdoppelt. Die drei Laserstrahlen werden durch eine $\Phi=200\ \mu\text{m}$ optische Faser geleitet, um einen guten örtlichen Überlapp zu erzielen, und werden in die Wechselwirkungszone innerhalb des Flugzeit-Massenspektrometers eingestrahlt, wobei eine Transmission von 60% erreicht wird.



Für eine effiziente Ionisation des Plutoniums in der Quellenregion des Flugzeit-Massenspektrometers wird ein Sandwich-Filament mit Tantal als Unterlage verwendet, auf das $\text{Pu}(\text{OH})_4$ elektrolytisch abgeschieden wird und anschließend mit einer $1\ \mu\text{m}$ dicken, metallischen Titan-Schicht als reduzierendes Material durch Sputtern abgedeckt wird. Das Filament wird durch Widerstandsheizung auf 1150 bis 1400 K aufgeheizt. Unter diesen Bedingungen wird das $\text{Pu}(\text{OH})_4$ zu Plutoniumoxid konvertiert, das durch die Titanschicht diffundiert, wobei es zu atomarem Pu reduziert wird und so von der Oberfläche abdampft. Durch die relativ niedrigen Temperaturen wird eine thermische Ionisation vermieden. Unter der Annahme einer Boltzmann-Verteilung bleiben ca. 80% der Plutoniumatome bei der Abdampftemperatur im Grundzustand. Während der Messzeit von typischerweise 1 h wird die Temperatur langsam von 1150 auf 1400 K erhöht, bis es vollständig

verdampft ist. Die Atome werden resonant ionisiert während sie das Laserlicht durchqueren, im Flugzeitspektrometer mit einer Massenauflösung von $m/\Delta m_{\text{FWHM}} = 600$ nach Massen getrennt und von einem Multi-Kanalplatten-Detektor nachgewiesen. Für alle im Folgenden beschriebenen Experimente wurde das Massenspektrometer im Reflektron-Modus betrieben.

3 Spektroskopische Untersuchungen an Plutonium

Die isotopenselektive Ultrapurenanalyse von Plutonium durch RIMS erfordert ein effizientes Anregungs- und Ionisations-Schema. Ferner müssen die genauen Übergangswellenlängen für alle interessierenden Isotope sowie das Sättigungsverhalten aller Anregungsschritte bestimmt werden. Die Wellenlängen des Anregungsschemas mit $\lambda_1=586,492$ nm, $\lambda_2=665,568$ nm und $\lambda_3=577,279$ nm, die mit dem Kupferdampf/Farbstoff-Lasersystem [23] verwendet worden waren, liegen außerhalb des verfügbaren Bereichs der Ti:Sa-Laser, wodurch ein neues Anregungs- und Ionisations-Schema gefunden werden musste. Ausgehend von dem Plutonium-Grundzustand $5f^6 7s^2 \ ^7F_0$, $J=0$, wurde frequenzverdoppeltes Laserlicht einer Wellenlänge $\lambda_1=420,76$ nm = 23766 cm^{-1} verwendet, womit der Zustand $5f^6 7s 7p \ ^7D_1$, $J=1$ populiert wurde. Anschließend wird Licht einer Wellenlänge $\lambda_2=847,28$ nm = 11803 cm^{-1} eingestrahlt zur Anregung eines Zustands mit $J=2$. Von hier aus wird ein hochliegender Rydberg-Zustand mit $\lambda_3=767,53$ nm = 13029 cm^{-1} angeregt. Dieser Zustand befindet sich nur 7 cm^{-1} unterhalb des Ionisationspotenzials $\text{IP}=6,0261(1)$ eV = 48604 cm^{-1} , so dass ein elektrisches Feld von ca. $1,3$ Vcm^{-1} ausreicht, das hochangeregte Plutonium im elektrischen Feld zu ionisieren.

Um präzise Isotopenverhältnis-Messungen durchführen zu können, wurden die genauen Wellenlängen dieses Anregungsschemas für alle Plutoniumisotope bestimmt, d.h. für ^{238}Pu bis ^{242}Pu und für ^{244}Pu . Die Ergebnisse sind in Abb. 2 für alle drei Anregungsschritte dargestellt. Die Isotopieverschiebungen im ersten und zweiten Anregungsschritt implizieren, dass für korrekte

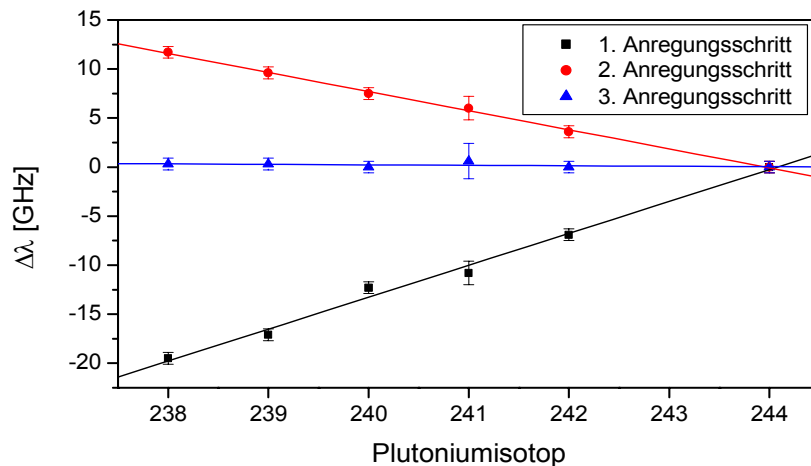


Abb. 2: Isotopieverschiebungen im 1., 2., und 3. Anregungsschritt für die Plutoniumisotope ^{238}Pu bis ^{244}Pu in GHz. Eine Verschiebung um 20 GHz entspricht ca. $0,65$ cm^{-1} . Die Laser-Linienbreite beträgt ca. 3 GHz.

Messungen von Isotopenverhältnissen die Wellenlängen des ersten und zweiten Lasers an die genauen Übergangs-Wellenlängen der interessierenden Isotope angepasst werden müssen, wohingegen die Wellenlänge für den dritten Schritt bei $767,53$ nm festgehalten werden kann. Weiterhin ist die genaue Kenntnis des Sättigungsverhaltens der drei Anregungsschritte von Wichtigkeit, um den Einfluss veränderter Laserleistungen auf die Ionisations-Effizienz abschätzen zu können, siehe [28].

4 Charakterisierung des RIMS-Aufbaus für die Ultrapurenalyse

Die Gesamteffizienz des Systems wurde in einer Reihe von Messungen ermittelt, in der ^{240}Pu -Filamente mit 10^{10} Atomen, entsprechend 33 mBq, hergestellt wurden, deren genauer ^{240}Pu -Gehalt vor den RIMS-Messungen α -spektrometrisch bestimmt wurde. Während der RIMS-Messung von jeweils ca. 1 h wurde die entsprechende Wellenlänge für ^{240}Pu bei maximaler Laserleistung eingestellt und alle Ionen der Masse 240 registriert, um die Effizienz des Aufbaus zu bestimmen. Die Effizienz ist definiert als $\varepsilon_{\text{RIMS}}=N/F$, wobei N die Zahl der Ionen, die bei einer spezifischen Massenzahl gezählt wurden, bedeutet und F die Zahl der entsprechenden Atome darstellt, die auf dem Filament abgeschieden waren. Die Effizienz variiert nur geringfügig um $\varepsilon_{\text{RIMS}}=1 \times 10^{-5}$. Das ergibt eine Nachweisgrenze von 2×10^6 Atome Plutonium für ein einzelnes Isotop. Die RIMS-Effizienz ist unabhängig vom Isotop, und für das Isotop von größter Umweltrelevanz, ^{239}Pu , ist die Nachweisgrenze zwei Größenordnungen niedriger als die der α -Spektroskopie [3].

Für die Messung von Umweltproben wird dem Analyten eine bekannte Menge des Isotops ^{244}Pu vor der chemischen Aufarbeitung zugesetzt, um Variationen in der RIMS-Effizienz sowie Variationen in der chemischen Ausbeute korrigieren zu können. Auf diese Weise müssen nur Isotopenverhältnisse und keine Absolutwerte ermittelt werden, um den Plutoniumgehalt einer Probe zu bestimmen. Um die Leistungsfähigkeit der RIMS bei der Bestimmung von Isotopenverhältnissen zu verifizieren, wurde der Gehalt eines zertifizierten Standards vom National Institute for Standards and Technology (NIST) – SRM996 plutonium reference material - bestimmt. Abb. 3 zeigt das Massenspektrum einer Probe mit 10^{12} Atomen ^{244}Pu . Während der Messung wurden Laser 1 und 2 alternierend auf die entsprechenden Übergangs-Wellenlängen von ^{238}Pu bis ^{244}Pu eingestellt. Alle Plutoniumisotope von 238 bis 244 konnten nachgewiesen werden über einen dynamischen Bereich von vier Größenordnungen.

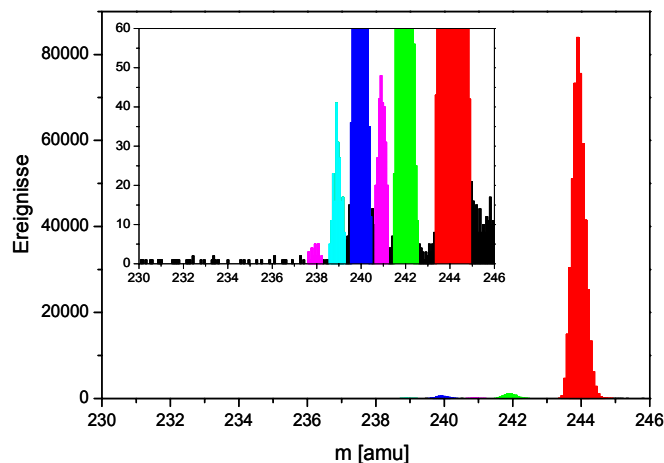


Abb. 3: Massenspektrum des NIST-Standards SRM996 mit ca. 10^{12} Atomen ^{244}Pu , das alle Pu-Isotope zeigt, die in der Probe vorhanden sind. Der Einsatz ist eine Vergrößerung des Spektrums um den Faktor 1500.

Die gemessenen Verhältnisse relativ zu ^{244}Pu sind in Tabelle 1 dargestellt und stimmen sehr gut überein mit den zertifizierten Werten.

Tabelle 1: Gemessene und zertifizierte Isotopenverhältnisse des SRM996-Standards relativ zu ^{244}Pu . Es sind 3σ -Fehler angegeben.

Isotop	^{238}Pu	^{239}Pu	^{240}Pu	^{241}Pu	^{242}Pu
Gemessen	0,00004(3)	0,00039(9)	0,0065(4)	0,00054(10)	0,0137(5)
Zertifiziert	0,00004(1)	0,00035(2)	0,0069(1)	0,00037(2)	0,0135(1)

Eine leichte Abweichung in Richtung auf einen zu hohen Wert deutet sich für das Isotop mit der ungeraden Massenzahl 241 an. Eine geringfügig höhere RIS-Effizienz für ungerade Massenzahlen ist für andere Elemente berichtet worden und wurde der HFS-Struktur und Effekten der Bahndrehimpulse verschiedener HFS-Komponenten, die vom breitbandigen Laser erfasst werden, zugeschrieben [28].

5 Anwendungen

Aus einer großen Zahl von Anwendungen der RIMS zur isotopenselektiven Bestimmung von Plutonium stellen wir im Folgenden zwei Beispiele vor. Es handelt sich zum Ersten um eine Plutoniumprobe, die ein ehemaliger Mitarbeiter der Wiederaufarbeitungsanlage in Karlsruhe (WAK) entwendet und in die Wohnung seiner Freundin verbracht hatte. In Staub, der mit einem Staubsauger vom Bett der Freundin gesammelt wurde, wurde nach Aufschluss, chemischer Abtrennung des Plutoniums und Filamentherstellung durch RIMS das in Abb. 4 gezeigte Massenspektrum erhalten. Es ist typisch für die Isotopenverteilung von Brennelementen mittleren Abbrandes mit 1,1% ^{238}Pu , 61,6% ^{239}Pu , 27,9% ^{240}Pu , 4,8% ^{241}Pu und 4,7% ^{242}Pu .

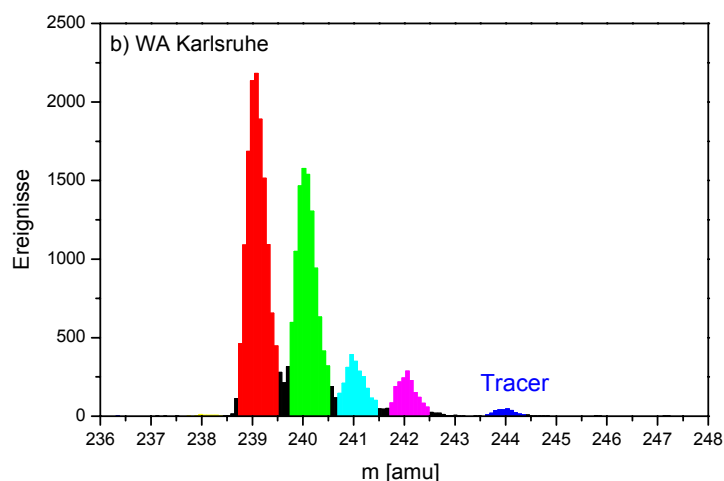


Abb. 4: Massenspektrum einer entwendeten Plutoniumcharge aus der WA Karlsruhe mit der typischen Signatur für Plutonium aus einem Kernkraftwerk

Zum Zweiten handelt es sich um 21 Hausstaub-Proben, mit deren Analyse auf Plutonium das Institut für Kernchemie beauftragt worden war. Die Proben wurden unter notarieller Aufsicht in der Elbmarsch und an anonymen Orten in größerer Entfernung von der Elbmarsch genommen und sollten Aufschluss darüber geben, ob der bekannte Leukämie-Cluster in der Elbmarsch durch Plutonium-Emissionen aus dem Kernkraftwerk Krümmel und dem

Forschungsreaktor der GKSS hervorgerufen sein kann, wie von Kernkraftgegnern seit langem behauptet wird. Nach dem Peroxidaufschluss von jeweils 1 g Hausstaub, Abtrennung des Plutoniums und Filamentherstellung, wurden in allen Proben typischerweise einige 10^8 Atome Plutonium/g Hausstaub mit RIMS nachgewiesen mit einem Massenspektrum, wie es in Abb. 5 dargestellt ist. Das Verhältnis $^{240}\text{Pu} : ^{239}\text{Pu}$ lag konstant bei 0,18(2) und stimmt sehr gut mit dem für Fallout-Plutonium aus den überirdischen Kernwaffentests der 50er und 60er Jahre bekannten Verhältnis von 0,16 überein. Die Abwesenheit von ^{241}Pu und ^{242}Pu und die relative Konstanz des Plutoniumgehalts unabhängig vom Ort der Probenahme führt zu der eindeutigen Aussage, dass das Plutonium nicht aus den Reaktoren in der Elbmarsch stammen kann, sondern dem globalen Fallout von Kernwaffentests zuzuschreiben ist.

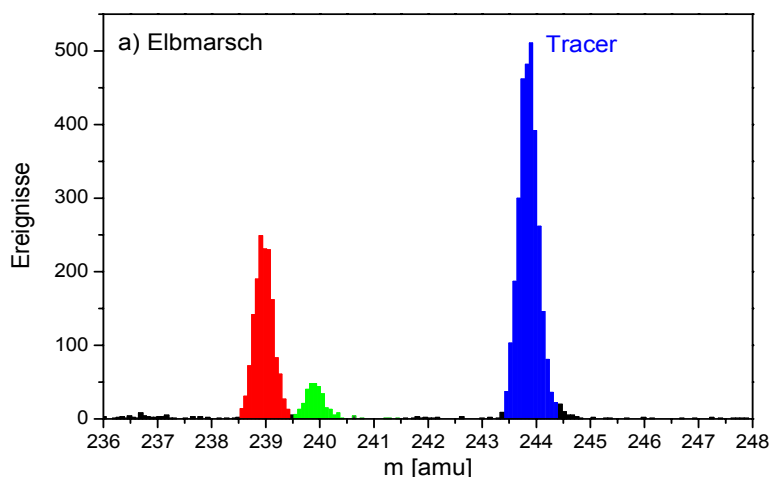


Abb. 5: Typisches Massenspektrum einer Hausstaubprobe aus Schleswig-Holstein. Das $^{240}\text{Pu} : ^{239}\text{Pu}$ -Verhältnis stimmt mit dem für den globalen Fallout aus den überirdischen Kernwaffentests der 50er und 60er Jahre überein. Der Vergleich mit dem Massenspektrum in Abb. 4 schließt Reaktorplutonium als Quelle aus

6 Schlussfolgerungen

Ein Nd:YAG-gepumptes Titan-Saphir-Lasersystem ist aufgebaut und charakterisiert worden und für spektroskopische Untersuchungen an Plutonium eingesetzt worden. Ein effizientes dreistufiges Anregungs- und Ionisationsschema für Plutonium wurde etabliert, und die Isotopverschiebungen für die Isotope ^{238}Pu bis ^{244}Pu sowie das Sättigungsverhalten in allen drei Anregungsschritten sind gemessen worden. Es konnte gezeigt werden, dass Isotopenverhältnisse zuverlässig und reproduzierbar über vier Konzentrationsgrößenordnungen bestimmt werden können bei einer Nachweisgrenze für ein einzelnes Plutoniumisotop von $\geq 10^6$ Atomen. Dies zeigt, dass die RIMS für die isotopenselektive Ultrapurenanalyse von Plutonium bestens geeignet ist.

8 Literatur

- [1] W.C. Hanson (ed.), Transuranic Elements in the Environment, Technical Information Center/U.S. Department of Energy, DOE/TIC-22800 (1980).
- [2] P.J. Kershaw, D.C. Denoon, D.S. Woodhead, J. Environ. Radioact. 44 (1999) 191.

- [3] P. Peuser, H. Gabelmann, M. Lerch, B. Sohnius, N. Trautmann, M. Weber, G. Herrmann, H.O. Denschlag, W. Ruster, J. Bonn, IAEA-SM 252 (40) (1981) 257.
- [4] M.H. Dai, K.O. Buessler, J.M. Kelley, J.E. Andrews, S. Pike, J.F. Wacker, *Radioactivity* 53 (2001) 9.
- [5] S.H. Lee, J. Gastaud, J.J. La Rosa, L. Liong Wee Kwong, P.P. Povinec, E. Wyse, L.K. Fifield, P.A. Hausladen, L.M. Di Tada, G.M. Santos, *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 248 (2001) 757.
- [6] J.S. Becker, H.-J. Dietze, in: R.A. Meyers (Ed.), *Encyclopedia of Analytical Chemistry*, Wiley, New York (2002) 1294.
- [7] J.S. Becker, H.-J. Dietze, *J. Anal. At. Spectrom.* 14 (1999) 1493.
- [8] G. Huber, G. Passler, K. Wendt, J.V. Kratz, N. Trautmann, in: M.F. L'Annunziata (Ed.) *Handbook of Radioactivity Analysis*, Academic Press, San Diego (2003) 799.
- [9] J.S. Becker, *Spectrochim. Acta B* 58 (2003) 1757.
- [10] S.F. Boulyga, D. Desideri, M.A. Meli, C. Testa, J.S. Becker, *Int. J. Mass Spectrom.* 226 (2003) 329.
- [11] M.E. Ketterer, K.M. Hafer, C.L. Link, D. Kolwaite, J. Wilson, J.W. Mietelski, *J. Anal. At. Spectrom.* 19 (2004) 241.
- [12] M.V. Zoriy, C. Pickhardt, P. Ostapczuk, R. Hille, J.S. Becker, *Int. J. Mass Spectrom.* 232 (2004) 217.
- [13] C. Tuniz, J.R. Bird, D. Fink, G.F. Herzog (Eds.), *Accelerator Mass Spectrometry*, CRC Press LLC, Boca Raton (1998).
- [14] L.K. Fifield, *Rep. Prog. Phys.* 62 (1999) 1223.
- [15] L.K. Fifield, *Nucl. Instrum. Methods in Phys. Res.* 172B (2000) 134.
- [16] L.K. Fifield, H.-A. Synal, M. Suter, *Nucl. Instrum. In Phys. Res. B* 223-224 (2004) 802.
- [17] R.V. Ambartzumian, V.S. Letokhov, *Appl. Opt.* 11 (1972) 354.
- [18] G.S. Hurst, M.H. Nayfey, J.P. Young, *Phys. Rev. A* 15 (1977) 2283.
- [19] D.L. Donohue, J.P. Young, *Anal. Chem.* 55 (1983) 378.
- [20] K. Wendt, N. Trautmann, B. Bushaw, *Nucl. Instrum. in Phys. Res. B* 172 (2000) 162.
- [21] N. Trautmann, G. Passler, K.D.A. Wendt, *Anal. Bioanal. Chem.* 318 (2004) 348.
- [22] K. Wendt, N. Trautmann, *Int. J. Mass Spectrom.* 242 (2005) 161.
- [23] W. Ruster, F. Ames, H.-J. Kluge, E.W. Otten, D. Rehklaue, F. Scheerer, G. Herrmann, C. Mühleck, J. Riegel, H. Rimke, P. Sattelberger, N. Trautmann, *Nucl. Instrum. Methods in Phys. Res. A* 281 (1989) 547.
- [24] G. Passler, N. Erdmann, H.-U. Hasse, G. Herrmann, G. Huber, S. Köhler, J.V. Kratz, A. Mansel, M. Nunnemann, N. Trautmann, A. Waldek, *Kerntechnik* 62 (1997) 85.
- [25] M. Nunnemann, N. Erdmann, H.-U. Hasse, G. Huber, J.V. Kratz, P. Kunz, A. Mansel, G. Passler, O. Stelzer, N. Trautmann, A. Waldek, *J. Alloys Compd.* 271-273 (1998) 45.
- [26] S. Köhler, R. Deißberger, K. Eberhardt, N. Erdmann, G. Herrmann, G. Huber, J.V. Kratz, M. Nunnemann, G. Passler, P.M. Rao, J. Riegel, N. Trautmann, K. Wendt, *Spectrochim. Acta B* 52 (1997) 717.
- [27] N. Erdmann, M. Nunnemann, K. Eberhardt, G. Herrmann, G. Huber, S. Köhler, J.V. Kratz, G. Passler, J.R. Peterson, N. Trautmann, A. Waldek, *J. Alloys. Compd.* 271-273 (1998) 837.
- [28] C. Grüning, G. Huber, P. Klopp, J.V. Kratz, P. Kunz, G. Passler, N. Trautmann, A. Waldek, K. Wendt, *Int. J. Mass Spectrom.* 235 (2004) 171.

Sitzung E

**Expositionsabschätzung aus Prognoserechnungen,
aus Messdaten, Datenassimilation**

Sitzungsleiter: F. Eberbach, St. Mundigl

LONGITUDINALE AUSBREITUNG RADIOAKTIVER STOFFE IN BUNDESWASSERSTRASSEN

LONGITUDINAL DISPERSION OF RADIOACTIVE SUBSTANCES IN FEDERAL WATER WAYS

W.J. Krause, W. Speer, T. Lüllwitz, M. Cremer, W. Tolksdorf
Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Koblenz

Zusammenfassung

Im Rahmen der großräumigen Überwachung der Bundeswasserstraßen (BWStr) auf radioaktive Stoffe durch die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) gemäß dem Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG) ist die Erstellung von Ausbreitungsprognosen eine von mehreren Maßnahmen des Überwachungskonzepts. Hierbei können Vorhersagen zur longitudinalen Ausbreitung der Schadstoffkonzentration in der fließenden Welle getroffen werden. Diesen Vorhersagen liegen sog. Dispersionsuntersuchungen mit Tritium als Leitstoff an BWStr zugrunde, die die BfG seit 1980 durchführt. Für einzelne Flussabschnitte werden charakteristische Parameter wie abflussabhängige Fließgeschwindigkeiten und emittenten- sowie teilstreckenbezogene Dispersions- und Eliminationskonstanten bestimmt, anhand derer im Rahmen eines mathematischen Modells abflussabhängige Fließzeiten, erwartete Einwirkungszeitpunkte, Konzentrationsmaxima und die Dauer von kritischen Konzentrationserhöhungen vorausberechnet werden können. Es wird über die bisher an der Weser erhaltenen Ergebnisse aus drei Untersuchungskampagnen berichtet.

Summary

In the frame of the monitoring of radioactivity in German Federal Waterways (BWStr) carried on by the Federal Institute of Hydrology (BfG) according to the Precautionary Radiation Protection Act (StrVG), the establishment of dispersion prognoses is one of the multiple tasks of the monitoring concept. The aim is the forecasting of the longitudinal dispersion of concentrations of soluble noxious substances in the water flow. These predictions are based on so-called dispersion investigations with tritium as a tracer on Federal Waterways, performed by the BfG since 1980. Characteristic parameters like discharge-relevant flow velocities, dispersion and elimination constants with reference to emittent sites and of selected river sections will be determined. They will serve as basis for a mathematical model permitting to forecast discharge-relevant flow velocities, expected impact times, concentration maxima and the duration of critical concentration increases. In the following, the results obtained till now from three investigation campaigns at the Weser river will be described.

1 Situationsbeschreibung und Lösungsansatz

Vorhersagen zur longitudinalen Ausbreitung radioaktiver Stoffe wurden in den 1980er Jahren mit zunehmender kommerzieller Nutzung der Kernenergie zur Stromerzeugung zu einem wichtigen Anliegen der Nutzer der betroffenen Vorfluter (z. B. zur Trinkwassergewinnung,

Bewässerung, Kühlwassernutzung, als Wasserstraßen und für Erholungszwecke), kann man doch einen möglichen kerntechnischen Unfall bei der Häufung kerntechnischer Anlagen in Zentraleuropa auch bei größter Sorgfalt der Betreiber nicht mit letzter Sicherheit ausschließen.

Tritium erweist sich bei den grundlegenden Untersuchungen zur Ermittlung der benötigten Parameter als ein sehr hilfreicher Leitstoff: es ist ein relativ langlebiger (12,32 Jahre Halbwertszeit), sehr schwacher Beta-Strahler. Es muss von den meisten kerntechnischen Anlagen in beträchtlichen Mengen innerhalb ihrer Genehmigungswerte als tritiiertes Wasser chargenweise abgegeben werden, da im wesentlichen nicht rückhaltbar, und markiert demzufolge die fließende Welle kurzzeitig in einem Ausmaß, das das „natürliche“ Niveau der Vorbelastung mit Tritium deutlich übersteigen kann. Flussabschnitte ohne kerntechnische Anlagen müssen mit tritiiertem Wasser geeigneter Konzentration markiert werden, wobei grundsätzlich das behördliche Einverständnis erforderlich ist.

Tritiiertes Wasser verhält sich chemisch wie normales Wasser, weshalb die Art seiner Verfrachtung und demzufolge auch die Prognosenerstellung auf weitere, auch inaktive wasserlösliche Schadstoffe übertragen werden kann. Für Substanzen, die sich an Schwebstoffen anlagern und sich deshalb im Verlauf der longitudinalen Verfrachtung anders verhalten (z.B. durch Absinken auf die Flusssohle aus dem Transportgeschehen ausscheiden), ergeben sich andere Dispersionsparameter; über diese wird hier nicht berichtet. Die Tritiumkonzentration in deutschen Flüssen ist seit Ende der 1980er Jahre allgemein unter 5 Bq/l gesunken, mit noch weiterhin sinkender Tendenz, so dass eine Tritiumanreicherung des Probenwassers, die üblicherweise durch elektrolytische Zersetzung des Wassers erfolgt, im Hinblick auf möglichst genaue Ergebnisse unumgänglich ist. Nach Erreichen eines Anreicherungsfaktors im Bereich zwischen 12 und 18 werden die Proben flüssigszintillationsspektrometrisch jeweils 400 min gemessen. An der BfG wurde im Hinblick auf diese Untersuchungen in den 1980er Jahren das Tritiumlaboratorium

entsprechend ausgebaut, wodurch seit vielen Jahren eine Messkapazität von jährlich etwa 3000 Proben zur Verfügung steht.

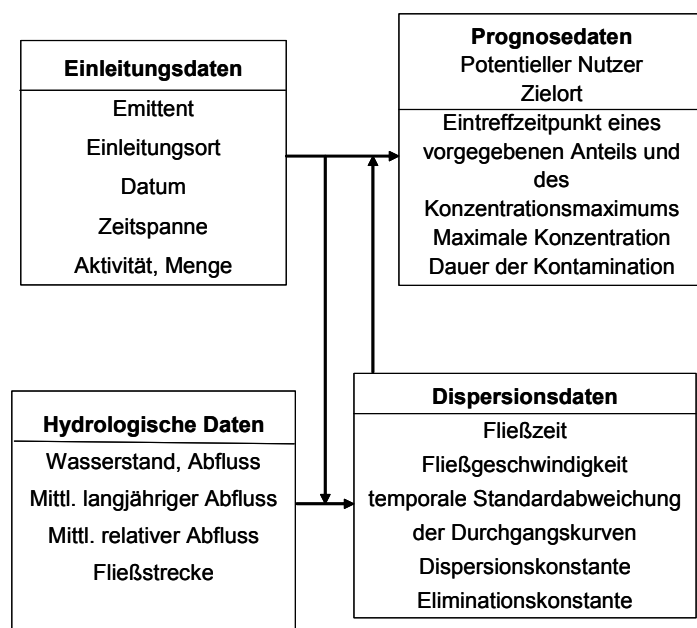


Abb. 1: Schematische Erstellung von Ausbreitungsprognosen

Der Erstellung von Ausbreitungsprognosen geht zunächst die Ermittlung der grundlegenden Dispersionsparameter voraus; diese wiederum bedürfen bestimmter hydrologischer Daten, die in der Regel anderweitig beschafft werden müssen. Schließlich müssen bei einer konkreten Prognoseerstellung noch sog. Einleitungs- und Nutzerdaten, d.h. der Daten, die im Ereignisfall am Ort des Emittenten bzw. des Unfalls und am vorgesehen Ort der Nutzung erhoben werden. Es handelt sich insgesamt also um vier

Arten von Daten, die zu berücksichtigen sind (Abb. 1):

- **Einleitungsdaten** (zu beschaffen): Emittent, Einleitungs-/Unfallort (Flusslage), Datum, Dauer der Einleitung, Aktivität, Menge
- **Hydrologische Daten** (zu beschaffen) für geeignete Pegel entlang der vorgesehenen Fließstrecke: Abfluss (ggf. Wasserstand), Mittelwerte des langjährigen absoluten und relativen Abflusses, Flusslagen (-kilometrierung) zur Ermittlung der Fließstrecke.
- **Dispersionsdaten** (experimentell zu ermitteln): Fließzeit, Fließgeschwindigkeit, temporale Standardabweichung der Konzentrations-Durchgangskurven, Dispersions- und Eliminationskonstanten.
- **Prognosedaten** am Nutzungsort (Flusslage) (mit Modell zu berechnen): erwartete Maximalkonzentration, Eintreffzeitpunkt der Maximalkonzentration sowie eines vorgegebenen Anteils, Dauer der Kontamination oberhalb eines vorgegebenen Anteils.

Der vorliegende Bericht behandelt vorwiegend die experimentelle Ermittlung der Dispersionsdaten.

2 Die Arbeitsphasen der Dispersionsuntersuchungen

Dispersionsuntersuchungen an ausgewählten Flussabschnitten gliedern sich im wesentlichen in vier Arbeitsphasen (Abb.2):

2.1 Organisation, Logistik und Außendienst

- Ermittlung optimaler Probenentnahmebedingungen: Ortsbesichtigung potentiell geeigneter Standorte zur Probenentnahme an Fließgewässern und Kontaktaufnahme mit dienstlichen, öffentlichen und ggf. privaten Stellen zur Vereinbarung der praktischen Durchführung und der Bereitschaft zur Mithilfe.
- Auswahl und Festlegung der Probenentnahmestationen: Information der Wasser- und Schifffahrtsämter (WSÄ) und ihrer Außenbezirke, von Wasserkraftwerken und sonstigen Stellen zwecks Einholung der Betriebslaubnis für automatisch arbeitende Probenentnahmegeräte sowie zur Mithilfe beim Probenwechsel.
- Festlegung des Zeitraums der Kampagne in Absprache mit Betreibern kerntechnischer Anlagen zur Erfassung möglichst vieler und hoher Tritiumemissionen; *alternativ*:
- Einholung behördlicher Genehmigungen für Umgang und Transport von tritiiertem Wasser oberhalb der Freigrenze und der Markierung vor Ort bei der Landes- und der örtlichen Umweltbehörde.
- Innerbetriebliche Organisation des Mitarbeiterstabes:
 - Technische Überprüfung der mobilen

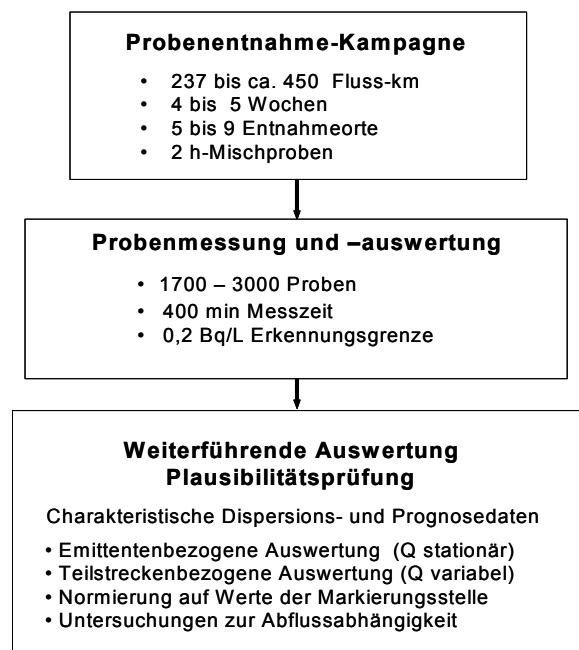


Abb. 2: Dispersionsuntersuchungen mit Tritium als Leitstoff - Die Arbeitsphasen

Probenentnahmegeräte am Lagerstandort

- Auf- und Abbau derselben an den vorgesehenen Stationen und Vorsorge gegen technische Störungen und Vandalismus
- Einsatzplan für Markierungen (optativ)
- Inbetriebnahme- und Probenahmeplan
- Einweisung der infrastrukturellen und betrieblichen Fremdhilfen (s.o.) für den Probenwechsel
- Leergutreinigung und -bereitstellung
- Einsatzplan für den Probentransport: Leergutbereitstellung, Koordination seiner Verteilung und Probentransport.

2.2 Messtechnik im Tritiumlaboratorium:

- Innerbetriebliche Organisation des Tritiumlabors: Vorhaltung einer funktionierenden Anreicherungstechnik und des Messgeräteparks einschließlich der geprüften Auswertungssoftware.
- Probeneingangsdokumentation
- Probenmessplan
- Probenmessung ohne bzw. mit elektrolytischer Anreicherung bei einem Anreicherungsfaktor im Bereich von 12 - 18; Nulleffekt- und interne Kalibriermessungen sind bei jeder Chargenmessung routinemäßig durchzuführen. Durchschnittliche Erkennungsgrenze: 0,1 Bq/l; durchschnittliche Nachweisgrenze 0,2 Bq/l bei $k_{1-\alpha} = k_{1-\beta} = 1,645$ (äquivalent einer statistischen Sicherheit von 90 % für Unsicherheiten der 1. und 2. Art).
- Automatische primäre Auswertung mit standardmäßiger Angabe der Aktivitätskonzentration, ihrer 2-sigma-Unsicherheit und, chargenweise, der charakteristischen Parameter des Messgerätes (Nulleffekt, Erkennungsgrenze und Gütekennzahl „figure of merit“) mit abschließender Plausibilitätsprüfung der Messergebnisse durch grafische Kontrolle des zeitlichen Aktivitätsverlaufs.
- Der Anteil erforderlicher Wiederholungsmessungen (gesamte Probenverarbeitung einschließlich Anreicherung) infolge Fehlergebnissen beträgt erfahrungsgemäß um 3 %.

2.3 IT-Arbeit mit Excel – Erweiterte Auswertung zur Ermittlung der Dispersionsparameter und Plausibilitätsprüfung

- Beschaffung von Abflussdaten (Q) geeigneter Pegel, abgestimmt auf die Probenentnahmezeiträume sowie von langjährigen Mittelwerten derselben (MQ) zur Bestimmung relativer Abflüsse
- Auswertung und Darstellung der Konzentrations-Durchgangskurven: Bestimmung von Einzelfrachten, der Lage der Peakmaxima und der temporalen Standardabweichung (integral und gemäß Gaussverteilung) einschließlich Plausibilisierung
- Emittenten- und auf Teilstrecken bezogene Auswertung (d.h. bei stationärem bzw. variablen Abflussverhältnissen) und Darstellung der Fließzeit, Fließgeschwindigkeit und der Dispersions- und Eliminationskonstanten einschließlich Plausibilisierung
- Untersuchung der Abflussabhängigkeit o.g. Parameter mittels Normierung auf relative Abflüsse an den Entnahmestationen und Regressionsanalysen zur Optimierung der Darstellungen unter Berücksichtigung von Sortierungskriterien
- Vergleichende Betrachtung der mit o.g. Parametern berechneten und gemessenen longitudinalen Konzentrationsverläufen auf verschiedenen Teilstrecken einschließlich Plausibilisierung.

- Erstellung einer Excel-basierten Anwendung (Softwaretool PROGNOSE) zur Vorhersage der Zeitpunkte für das Überschreiten vorgegebener Konzentrationsniveaus, des erwarteten Konzentrationsmaximums und der Dauer erhöhter Konzentrationswerte im Vorfluter bis zum Beginn des Tidegebiets.

2.4 IT-Arbeit mit Word und Powerpoint - Berichtswesen

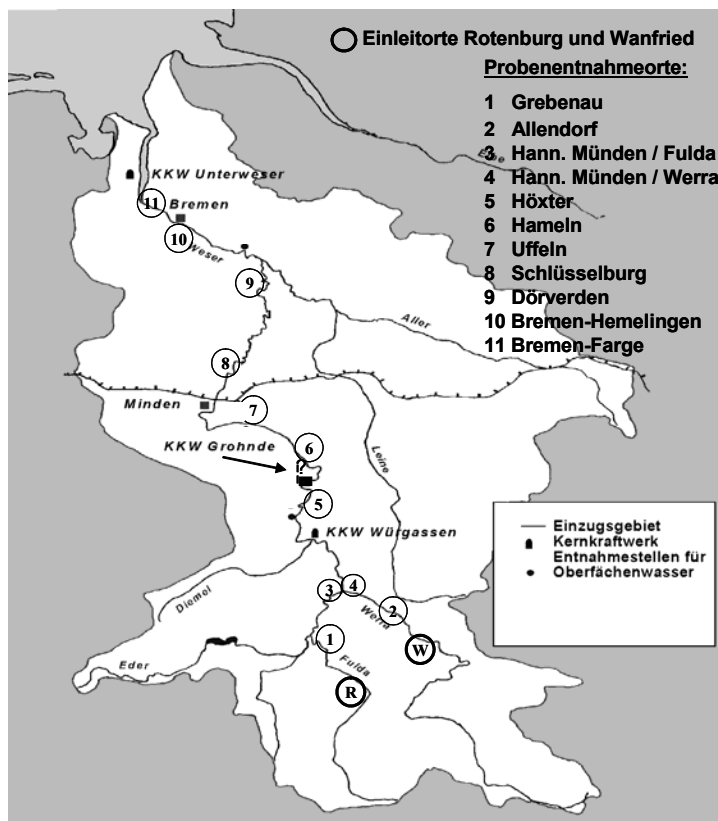
- Beschreibung des Vorhabens und Darstellung der Ergebnisse auf Vorträgen und in Publikationen

Erste Ergebnisse an der Weser wurde bereits im 12. BMU-Fachgespräch [1] erwähnt, die im folgenden ausführlicher behandelt werden. Die Auswertung ist allerdings noch nicht abgeschlossen.

3 Experimentelle Anwendung an der Weser

An der Weser wurden bisher 3 Untersuchungskampagnen bei verschiedenen Abflussregimen im Bereich zwischen 0,36 und 2,0 MQ durchgeführt:

1. vom 12.04. – 12.05.1999 mit 5 Stationen auf der 237 km langen Strecke unterhalb des Kernkraftwerks Grohnde (KKG) bis zur Staustufe Bremen-Hemelingen im Abflussbereich von 0,75 – 2,0 MQ, 1678 Proben
2. vom 21.03. – 20.04.2000 mit 6 Stationen auf der 268 km langen Strecke unterhalb des KKG bis zum Pegel Bremen-Farge im Abflussbereich von 0,86 – 1,6 MQ; 1913 Proben
3. vom 17.09. – 22.10.2001 mit 9 Stationen auf den 458 km und 431 km langen Strecken unterhalb der Wehre Rotenburg/Fulda und Wanfried/Werra bis zur Staustufe Bremen-Hemelingen im Abflussbereich von 0,36 – 0,98 MQ; 3106 Proben



Bei den ersten beiden Untersuchungen wurden die Emissionen des KKG während seiner Revisionsphase genutzt. Bei der letzten Untersuchung wurde die Gesamtstrecke auf als BWStr ausgewiesene Teilstrecken der Quellflüsse Werra und Fulda erweitert, wobei in diesem Fall der Wasserkörper an den Wasserkraftwerken in Rotenburg und Wanfried mehrfach mit tritiiertem Wasser markiert wurde. Diese Markierungsstellen sind in Abb. 3 dicker und alle Probenentnahmestellen an den Flussläufen dünner eingekreist.

Bei den ersten beiden Kampagnen wurde die Weser jeweils an folgenden Entnahmestellen über einen

Abb. 3: Untersuchungskampagnen an der Weser
 Markierungs- und Probenentnahmeorte

Zeitraum von 4 bis 5 Wochen beprobt, wobei 2h-Misch-proben entnommen wurden: Hameln, Uffeln, Schlüsselburg, Dör-verden, Bremen-Hemelingen und Bremen-Farge (Tidegebiet) nur in 2000. Bei der dritten Kampagne wurden die Entnahmeorte auf Fulda (Greibenau, Hann. Münden), Werra (Allendorf, Hann. Münden) und Oberweser (Höxter) ausgedehnt; dafür entfielen die Entnahmeorte Uffeln und Bremen-Farge. Im Tritiumlabor der BfG wurde nach elektrolytischer Anreicherung die Tritiumkonzentration in den einzelnen Proben bestimmt. Zur späteren Bestimmung der Tritiumfracht wurden aus Pegelraten die für die einzelnen Entnahmestationen über jeweils 2 h gemittelten Abflüsse zugrunde gelegt.

Die Abflussregime bei den drei Kampagnen (Abb. 4) liegen überwiegend im Mittelwasser- und Niedrigwasserbereich: in 1999 und 2000 überwiegend mit abnehmendem Abfluss nach den üblichen Frühjahrshochwasserwellen und im Herbst bei üblichem Niedrigwasser mit vereinzelt auf sporadischen Gewitterniederschlägen beruhenden Abflusserhöhungen.

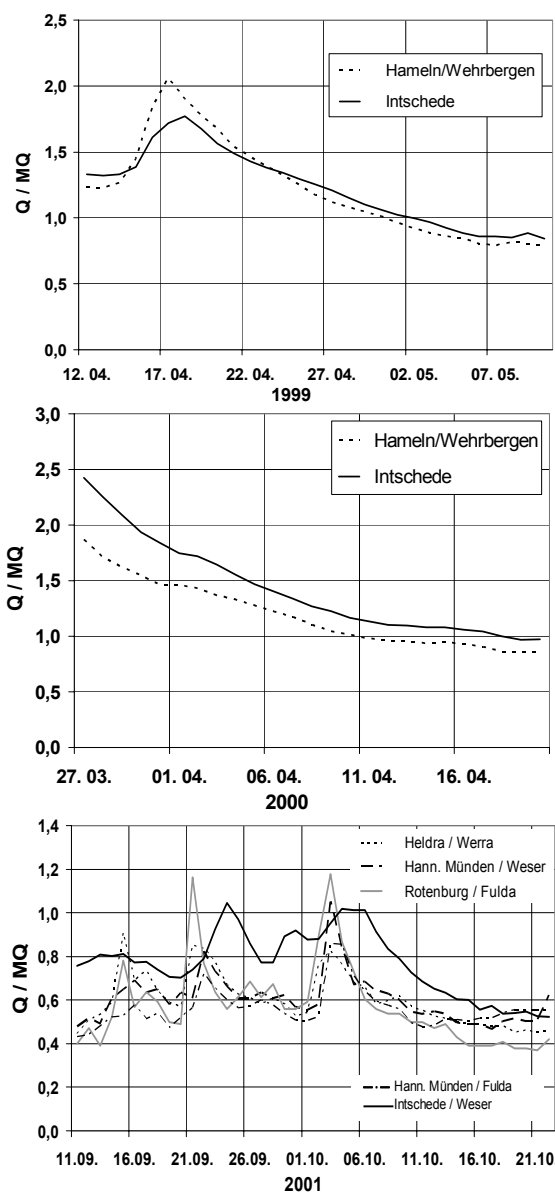


Abb. 4: Abflusssituation bei den Untersuchungskampagnen 1999, 2000 und 2001 an Weser, Werra und Fulda

Im Verlauf der Untersuchungskampagne 1999 wurden an der dem KKG am nächsten gelegenen Entnahmestelle Hameln-Wehrbergen (14,7 km unterhalb des Einleitbauwerks des KKG) 20 tritiumhaltige Konzentrationserhöhungen mit kurzzeitig bis zu maximal 535 Bq/l gefunden, zugehörig zu einer Einzelfracht von fast 1700 GBq. Entlang der weiteren 222 km langen Fließstrecke nach Bremen reduzierte sich der maximale Tritiumgehalt um einen Faktor 5,7 auf 93 Bq/l. Die Reduktion der Konzentration ist abflussabhängig. Der Median der Frachten lag in Hameln bei $27 \pm 2,2$ GBq und bei Bremen bei 30 ± 12 GBq; zusätzlich ist der Median der Nachweisgrenzen mit Erweiterungsfaktor $k = 2$ angegeben. Die Nachweisgrenze steigt mit zunehmendem Abfluss an. Die natürlichen Konzentrationen der Weser lagen bei Hameln im Bereich 1,5 – 1,85 Bq/l und bei Bremen im Bereich 1,6 – 3,2 Bq/l.

Ein Beispiel, wie sich die Tritiumemissionen aus dem KKG während einer Revisionsphase entlang der Fließstrecke verhalten ist aus Abb. 5 ersichtlich (Arbeitsphase 2). Das diskontinuierliche unregelmäßige Emissionsmuster ist für kerntechnische Anlagen im allgemeinen charakteristisch. Die spezifischen Tritiumgehalte der an den 5 Probenentnahmestationen von Hameln bis Bremen gezogenen 2 h-Misch-proben sind in der Ordinate gegen die Zeit aufgetragen. Die zeitliche Verlagerung der Konzentrationserhöhungen (sog. Durchgangskurven der Tritiumkonzentration)

infolge des Transports auf der Strecke sowie

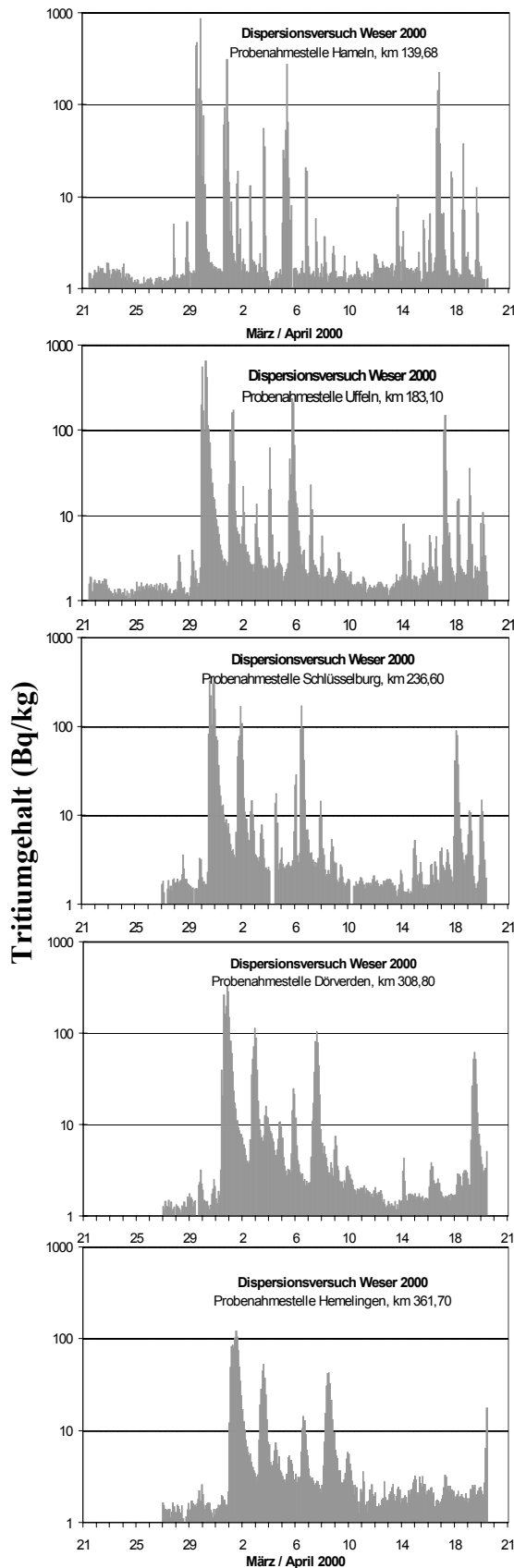


Abb.5: Untersuchungskampagne 2000 an der Weser – Verfrachtung der Tritiumemissionen des KKG bis

die Reduzierung der spezifischen Tritiumgehalte infolge der longitudinalen Dispersion des eingetragenen Tritiums ist deutlich zu erkennen. Im Verlauf dieser Kampagne wurden an der dem KKG am nächsten gelegenen Entnahmestelle Hameln-Schleusenkanal (10,7 km unterhalb des Einleitbauwerks des KKG) 30 tritiumhaltige Konzentrationserhöhungen mit kurzzeitig bis zu maximal 865 Bq/l gefunden, zugehörig zu einer Einzelfracht von fast 2200 GBq. Entlang der weiteren 226 km langen Fließstrecke nach Bremen reduzierte sich der maximale Tritiumgehalt um einen Faktor 9,2 auf 94 Bq/l. Für den Untersuchungszeitraum wurde eine mittlere abflussabhängige Verminderung der Konzentrationsmaxima von Hameln nach Bremen um einen Faktor 6,9 bei einem mittleren Abfluss von 1,2 MQ bestimmt. Der Median der Frachten lag in Hameln bei $19 \pm 1,4$ GBq und bei Bremen bei 18 ± 9 GBq; der Median der Nachweisgrenzen ist mit Erweiterungsfaktor $k = 2$ angegeben. Die natürlichen Konzentrationen der Weser lagen bei Hameln im Bereich 1,25 – 1,65 Bq/l und bei Bremen im Bereich 1,3 – 3,0 Bq/l. Der Verlauf der Tritiumkonzentration an der Station Bremen-Farge ist naturgemäß stark von der Tide beeinflusst: so wurden die Durchgangskurven jeweils drei bis vier mal mit abnehmenden Konzentrationsmaxima erfasst. Dadurch konnten nur die höchsten Konzentrationserhöhungen (7 von insgesamt 28 an der Staustufe Hemelingen) eindeutig registriert werden, mittlere und geringe Erhöhungen wurden von den höheren völlig überdeckt. Demzufolge liefert die Einbeziehung von Messwerten von Proben aus dem Tidegebiet nur sehr eingeschränkt verwertbare Ergebnisse; die Probenentnahme aus der betroffenen Fließstrecke ist für diese Untersuchungen daher nicht sinnvoll.

Bei der Kampagne in 2001 wurde die Untersuchung auf die gesamte BWStr einschließlich Fulda und Werra, d.h. über eine Strecke von 470 km ausgedehnt. In diesem Fall wurden die Quellströme mit behördlicher Genehmigung an den Kraftwerken in Wanfried/Werra und Rotenburg/Fulda zweimal

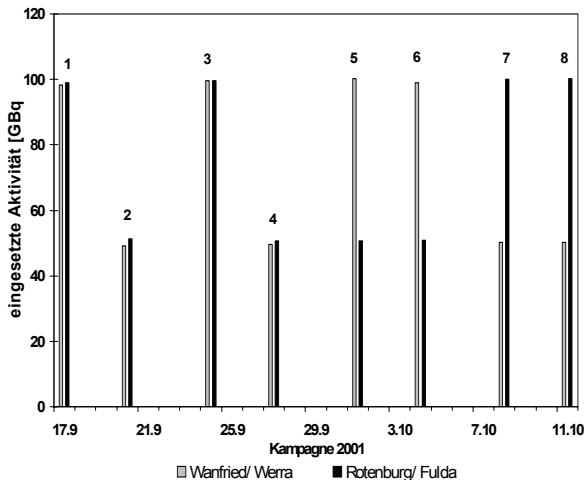


Abb. 6: Untersuchungskampagne 2001
Markierungssequenz mit 3HHO an Werra und
Fulda – Eingesetzte Aktivität (GBq)

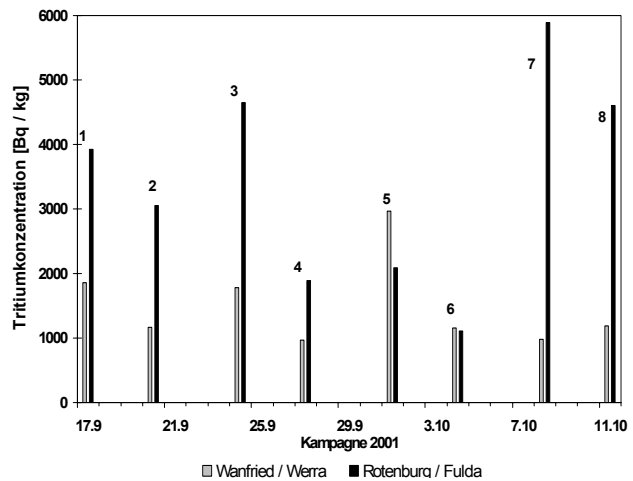


Abb. 7: Untersuchungskampagne 2001
Markierungssequenz mit 3HHO an Werra und
Fulda – Erwartete spezifische Aktivität
(Bq/kg) nach homogener Durchmischung

wöchentlich jeweils während 30 min mit 50 bzw. 100 GBq tritiiertem Wasser markiert (Arbeitsphase 1, Abb. 6). Die Einleitung erfolgte über eine Breite von ca. 1 m über ein mit Löchern versehenes Rohrstück (sog. „Wasserrohrrechen“) jeweils oberhalb der Turbine aus einem 60 l-Behälter mittels Saugpumpe mit 3-Wege-Ventil durch Verdünnung mit dem gleichzeitig angesaugten Flusswasser. Das Verhältnis der relativen Abflüsse zwischen Fulda und Werra lag in der Untersuchungszeit im Bereich 0,90 – 1,42 für niedrige bzw. höhere Abflüsse wodurch das ursprüngliche Markierungsmuster verändert wurde. Abhängig vom vorliegenden Abfluss, bei Rotenburg im Bereich 11 – 14 m³/s und bei Wanfried im Bereich 22 – 30 m³/s, würden diese Mengen nach vollständiger Durchmischung mit dem vorbei fließenden Wasserkörper theoretisch zu kurzzeitigen Konzentrationen von maximal 6000 Bq/l an der Fulda und maximal 3500 Bq/l an der Werra geführt haben (Abb. 7). Die kürzeste Entfernung zur nächsten Probenentnahmestation betrug 28 km (Wanfried – Allendorf) bzw. 41 km (Rotenburg – Grebenau), wonach mit hoher Wahrscheinlichkeit eine überwiegend homogene Durchmischung angenommen werden konnte. Im Hinblick auf die längere Fließstrecke wurden zusätzliche Entnahmestationen an der Fulda (Grebenau und Hann. Münden), an der Werra (Allendorf und Hann. Münden) und an der Weser bei Höxter eingerichtet, die während insgesamt 5 Wochen beprobt wurden. Hierbei wurde ein Abflussregime zwischen 0,4 und 1,2 MQ erfasst.

Abb. 8 zeigt die Messergebnisse der spezifischen Tritiumaktivität aller 9 Entnahmestationen, von den Einleitungsorten bis Bremen, über eine Gesamtstrecke von 430 km (Werra/Weser) bzw. 457 km (Fulda/Weser) (Arbeitsphase 2). Die einzelnen Markierungseffekte konnten über die Gesamtstrecke gut identifiziert werden. Bei einem relativen Abfluss von 0,65 MQ reduzierte sich die Maximalkonzentration entlang der Werra (137 km) im Mittel um einen Faktor 22; bei 0,75 MQ entlang der Fulda (165 km) um einen Faktor 140, letzteres bedingt durch den nicht unerheblichen Zufluss der Eider oberhalb des Pegels Guntershausen. Über die restliche Fließstrecke, ab dem Zusammenfluss von Fulda und Werra bis Bremen, erfolgte bei durchschnittlich 0,7 MQ nur noch eine Reduzierung der Maximalkonzentration im Bereich 3,6 – 4, d.h. die Maximalkonzentration reduzierte sich über die Gesamtstrecke um einen Faktor ca. 80 (Werra/Weser) bzw. ca. 500 (Fulda/Weser). Der Median der Frachten lag in Allendorf bei $46 \pm 0,4$ GBq, in Grebenau bei $51 \pm 0,4$ GBq, in Hameln bei $32 \pm 2,8$ GBq und

in Bremen bei $27 \pm 8,4$ GBq; zusätzlich ist der Median der Nachweisgrenzen mit Erweiterungsfaktor $k = 2$ angegeben. Die natürlichen Konzentrationen der Werra bei Allendorf lagen im Bereich $1,2 - 1,4$ Bq/l, der Fulda bei Grebenau im Bereich $1,1 - 1,5$ Bq/l, der Weser bei Hameln im Bereich $1,1$

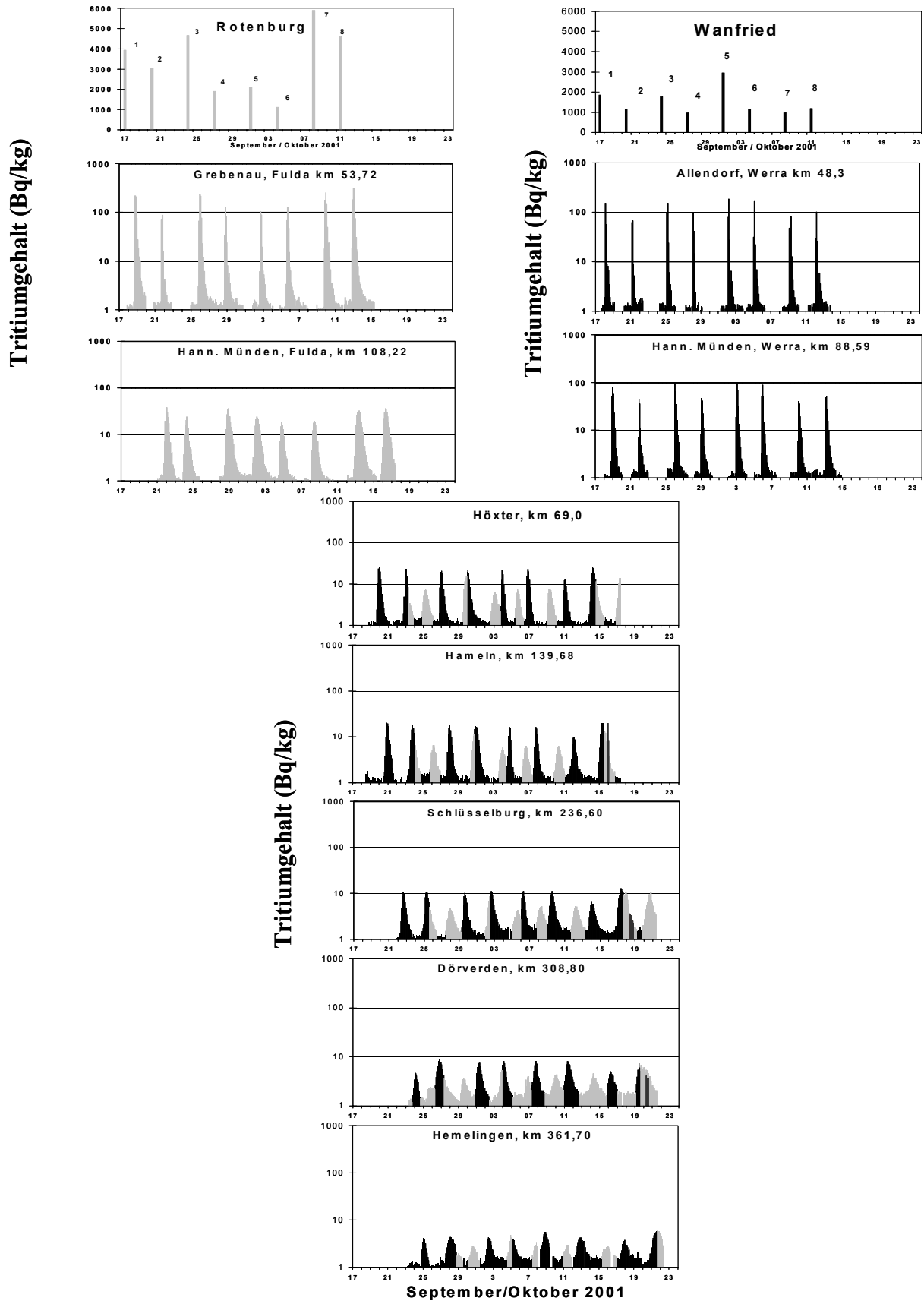


Abb. 8: Untersuchungskampagne 2001 an Werra, Fulda und Weser - Verfrachtung der in Rotenburg/Fulda (linker Strang, grau) und in Wanfried/Werra (rechter Strang, schwarz) eingeleiteten Tritiumaktivität bis zur Staustufe Bremen-Hemeligen

- 1,5 Bq/l und bei Bremen im Bereich 1,1 – 1,55 Bq/l; sie unterschieden sich bei dieser Kampagne auf der Gesamtsrecke also nicht wesentlich.

Im Anschluss an die ermittelten Konzentrationsverläufe (Beispiele siehe Abb. 5 und 8) müssen zunächst die Zeitpunkte der Peakmaxima (Peaklagenbestimmung) der Konzentrations-Durchgangskurven ermittelt werden (Beginn der Arbeitsphase 3). Im weiteren Verlauf gliedert sich die Auswertung nach zwei Aspekten:

- für Fließstrecken zwischen einer Probenentnahmestelle mit Bezug auf den Emissionsort (emissionsbezogene Auswertung),
- für Fließstrecken, die, unabhängig vom Emissionsort, zunächst durch die Lage zweier benachbarter oder weiter entfernt liegender Probenentnahmeorte bestimmt sind (teilstrecken-bezogene Auswertung).

Unter diesen Aspekten können die zur Ermittlung der die longitudinale Dispersion des eingeleiteten Tracers beschreibenden Vorgänge erforderlichen folgenden Parameter bestimmt werden:

- Zeitdifferenzen zwischen Durchgangskurven (Fließzeiten), die ein und derselben Einleitung zugeordnet werden können
- abflussabhängige Fließgeschwindigkeiten für bekannte Fließstreckenlängen
- abflussabhängige Dispersionskoeffizienten für dieselben Fließstreckenlängen
- abflussabhängige temporale Standardabweichungen (Peakbreitenbestimmung) mit Hilfe der Näherung durch eine Gaussverteilung
- integrale und über die Gaussverteilung berechnete Frachten zur Bestimmung des Dispersionsanteils (tailing)
- Normierung von Frachten und temporalen Standardabweichungen auf den Emissionsort bzw. auf flussaufwärts gelegene Entnahmestationen
- Untersuchung der Abflussabhängigkeit dieser normierten Parameter
- erwartete Maximalkonzentrationen mit Hilfe dieser Parameter auf der Grundlage des Fick'schen Gesetzes

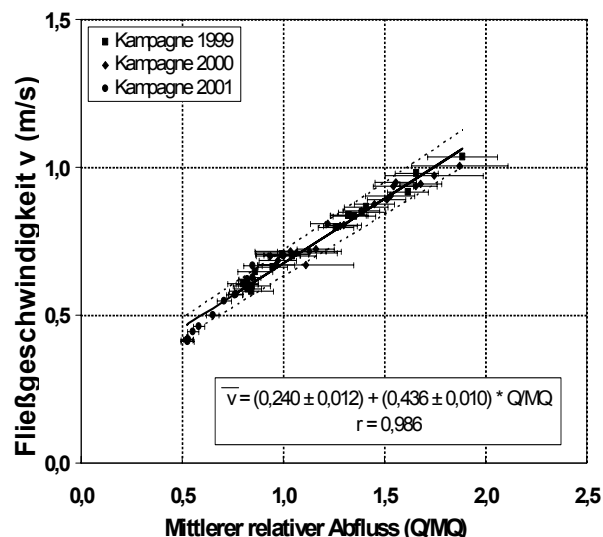


Abb. 9: Untersuchungskampagnen 1999, 2000 und 2001 an der Weser – Fließgeschwindigkeit auf der Strecke Hameln – Bremen-Hemelingen (222,0

- Dispersionskonstante auf der Grundlage der normierten temporalen Standardabweichungen
- Eliminationskonstante auf der Grundlage der normierten Frachten

Diese erweiterte Auswertung erfolgt zunächst für jede Messkampagne einzeln um die Zuordnung der einzelnen Durchgangskurven zu definieren sowie Berechnungsfehler und Ausreißer zu erkennen und zu beseitigen. Die Unsicherheiten der Mess- und sonstiger Hilfswerte (z.B. Abflüsse u. a.) wird berücksichtigt um eine Aussage über die Zuverlässigkeit und Genauigkeit der wichtigsten Dispersionsparameter zu erhalten.

Die Untersuchungen an der Weser im Bereich von 0,36 bis 2,0 MQ (mittlerer

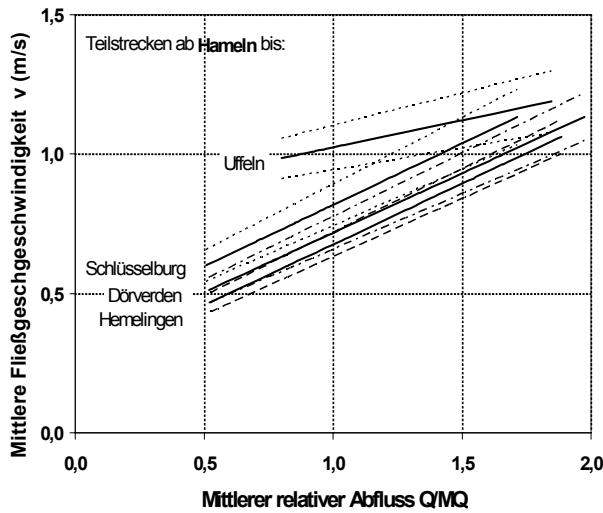


Abb. 10: Fließgeschwindigkeit für verschiedene kumulierte Teilstrecken von Hameln bis Bremen-Hemelingen

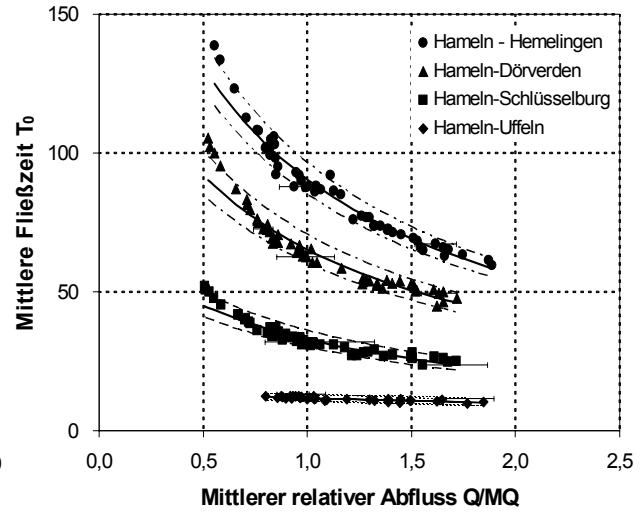


Abb. 11: Fließzeiten der Weser auf verschiedenen kumulierten Teilstrecken von Hameln bis Bremen-Hemelingen

relativer Abfluss) haben wiederholt gezeigt, dass die auf allen einzelnen sowie auf den kumulierten Teilstrecken festgestellte Abflussabhängigkeit der mittleren Fließgeschwindigkeit v , bei Korrelationskoeffizienten überwiegend größer als 0,95, durch eine Gleichung ersten Grades, $v = a + b \cdot Q/MQ$, dargestellt werden kann. Für die drei Kampagnen sind in Abb. 9 alle ermittelten Fließgeschwindigkeiten beispielhaft für die kumulierte Fließstrecke Hameln – Bremen-Hemelingen dargestellt. Fehlerbalken stellen die 2s-Unsicherheit (überwiegend des relativen Abflusses) und die punktierten Begrenzungslinien um die Regressionsgerade den 2s-Unsicherheitsbereich der v -Werte dar.

Die Neigungskoeffizienten b sind streckencharakteristisch hydrologisch bedingt, überwiegend durch unterschiedliches Gefälle der Gewässersohle (in Abb. 10 beispielhaft für die kumulierten Teilstrecken ab Hameln) und liegen in der gleichen Größenordnung wie die

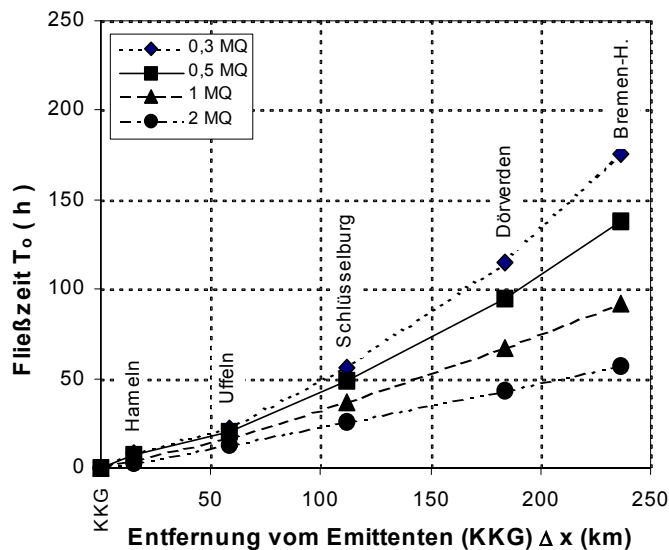


Abb. 12: Kumulierte Fließzeit ab dem Kernkraftwerk Grohnde (KKG) bis Bremen-Hemelingen (236.7 km)

früher an Rhein [2-4], Main [5,6], Neckar [2,7,8] und Mosel [9] bestimmten. Die zugrunde liegenden mittleren Fließzeiten T_0 sind für verschiedene Abflusssituationen ab Station Hameln kumuliert bis zu den einzelnen Entnahmestellen in Abb. 11 beispielhaft wiedergegeben. Die abfluss- und teilstreckenabhängigen Fließzeiten liegen bei Hochwassersituation (z.B. oberhalb 2 MQ) im Bereich weniger Stunden und bei Niedrigwasser (z.B. unterhalb 0,5 MQ) im Bereich über hundert Stunden. Unter der Voraussetzung, dass die Linearität der Fließgeschwindigkeit, analog anderer untersuchter Fließgewässer, bis zu

einem relativen Abfluss von 4 MQ gegeben ist, können Fließzeiten bis zu diesem Abfluss extrapoliert werden.

Auf der Grundlage teilstrecken-bezogener Fließzeiten können die kumulierten Fließzeiten ab jedem bestimmten Emissionsort angegeben werden. So sind in Abb. 12 beispielsweise die kumulierten Fließzeiten für ausgesuchte stationäre Abflüsse ab dem KKG bis Bremen-Hemelingen auf einer Fließstrecke von 236,7 km dargestellt.

Alle weiteren Dispersionsparameter befinden sich derzeit noch in der Auswertungsphase; ihre eingehende Beschreibung und Bewertung bleibt einem Abschlussbericht vorbehalten, der voraussichtlich nur die genannten Untersuchungskampagnen umfassen wird.

Das Zusammenspiel von Einleitungs- und Nutzungsortdaten, hydrologischen und den ermittelten Dispersionsdaten (Abb. 1) führt zu den Prognosedaten, die für Dritte in einer Excel-Tabelle zur Verfügung gestellt werden können. Das bisherige Muster (Tab. 1) für den beschriebenen Werra-, Fulda- und Weserabschnitt wird im Rahmen aller bisher untersuchten Stromgebiete datenverarbeitungstechnisch in die Anwendung PROGNOSE eingegliedert und die Hilfsdatenreihen werden aktualisiert. Nach Eingabe von Zeitpunkt, Einleitungsort, Nuklid

Tab.1: Prognosedaten (Musterbeispiel für die Weser) bei einer Einleitung ab dem Kernkraftwerk Grohnde (KKG)

Bundesanstalt für Gewässerkunde
Isotopenlabor
Referat G4

56068 Koblenz, 10.05.2006

Ermittlung von Fließzeiten in der WESER
zwischen Grohnde (Fluß-km 125,0) und Bremen-Hemelingen (Fluß-km 361,7)
bei realen Abflüssen über die Gesamtstrecke (Beispiel)

Einleiter:.....		KKG Grohnde, KKG-W			D		Gewässer:			Weser		Nuklid:		H-3		
Einleitungsstelle:.....		Grohnde			Fluß-km:.....		125,0		Strecke Nr.:.....		1					
Einwirkungsstelle:.....		Bremen-Hemelingen			Fluß-km:.....		361,7		Strecke Nr.:.....		5					
Einleitungszeitpunkt (T.M.J):.....		01.05.2006			Uhrzeit: von:		14:00		bis:		15:00		Uhr			
Mittlerer Einleitungszeitpunkt:.....		14:30			Uhr				Emitierte Aktivität:.....		100		GBq		10 GBq	
Mittlere Fließzeit über die Gesamtstrecke:.....		89,8			±		3,7		Stunden							
Eintreffzeitpunkt bei Erreichen von 1/10 des Peakmaximums an der Einwirkungsstelle (Datum, Uhrzeit):		04.05.2006			20:04		±		04:44		05.05.2006		20:37		± 04:44	
Eintreffzeitpunkt des Peakmaximums an der Einwirkungsstelle (Datum, Uhrzeit):.....		05.05.2006			08:20		±		03:42		---- Dauer der erhöhten Konzentration ----		24,6 h		± 6,7 h	
Nr.	Fließstrecke von ... bis	Lage Fluß-km	Teilstreckenlänge km	Bezugspegel				Mittlerer langjähr. Abfluß (1951-92) MQ m3/s	Mittlerer relativer Abfluß Q/MQ	Teilstreckenfließzeiten nach Tabellen T _i h	Kumulierte Fließzeit bei Q/MQ T h	Eintreffzeitpunkt von 10 % des Peakmaximums am Ende der Teilstrecke t _{0,1}	Eintreffzeitpunkt des Peakmaximums am Ende der Teilstrecke t _t	Maximaler H-3 gehalt am Ende der Teilstrecke c _m ^{max} (x) Bq/l	Zeitpunkt der Reduktion auf 10 % des Peakmaximums am Ende der Teilstrecke t _{0,1} (nach Max)	Voraussichtl. Dauer der erhöhten Konzentration Δt h
				Pegel	WS cm	Q m3/s	MQ m3/s									
1	0.383 - 0.296	0,044		0,0025	2							2,83	0,48	0,00113	02.05.06	
	1 KKW Grohnde, 0,037 Hameln	125,0 - 139,7	14,7	Hameln, Wehrbergen 05151-19722	221	179	164	1,091	5,72	5,7	5,7	01.05.06 14:07	01.05.06 20:13	20,80	02.05.06 02:18	12,2
					9	4	0,060		0,53	0,5	0,5	01.09	00:31	4,23	1,09	1,6
2	0.814 - 0.244	0,03										4,01	0,89		02.05.06	
	2 Hameln - 0,026 Uffeln	139,7 - 183,1	43,4	Vlotho (184) 05733-19722	252	188	167	1,126	10,39	16,1	16,1	01.05.06 21:59	02.05.06 06:36	12,14	15:13	17,2
					10	6	0,069		0,64	0,8	0,8	02:04	00:49	3,11	2,05	2,9
3	0.328 - 0.424	0,021										4,72	1,12		03.05.06	
	3 Uffeln - 0,019 Schlüsselburg	183,1 - 236,6	53,5	Vlotho (184) 05733-19722 Porta (198,36) 0571-19722	252	188	167	1,115	18,82	34,9	34,9	02.05.06 15:16	03.05.06 01:25	7,98	11:35	20,3
					10	8	0,051		1,57	1,8	1,8	03:00	01:46	2,22	3:00	4,2
4	0.233 - 0.434	0,028										5,36	1,29		04.05.06	
	4 Schlüsselburg - 0,024 Döberden	236,6 - 308,8	72,2	Liebenau (256,15) 0571-19722 Döberden (308,95) 0571-19722	235	211	194	1,120	28,86	63,8	63,8	03.05.06 18:46	04.05.06 06:17	4,69	17:48	23,0
					12	8	0,049		2,29	2,9	2,9	04:00	02:53	1,52	4:00	5,7
5	0.155 - 0.381	0,027										5,71	1,37		05.05.06	
	5 Döberden - 0,02 Bremen-Hemelingen	308,8 - 361,7	52,9	Döberden (308,95) 04233-19722 Intschede (331,28) 04233-19722	354	240	208	1,180	26,06	89,8	89,8	04.05.06 1:37	05.05.06 08:20	2,26	05:05.06 20:37	24,6
					12	8	0,048		2,32	3,7	3,7	04:44	03:42	0,83	4:44	6,7

und Aktivität ermöglicht diese Anwendung Vorhersagen für die Zeitpunkte und Konzentrationen des Maximums der Aktivität sowie den Beginn und das Ende des Überschreitens vorgegebener Konzentrationen an unterhalb der Einleitungsstelle gelegenen Orten. Grundlage der Berechnungen sind die für verschiedene BWStr experimentell ermittelten Dispersionskenngrößen sowie die jeweils aktuellen Abflussdaten von allen Pegeln des betroffenen Gebietes.

Die Excel-Datei besteht aus einem Tabellenblatt zur Ein- und Ausgabe der gewünschten und berechneten Daten, einem weiteren Tabellenblatt mit den zur Berechnung notwendigen Stammdaten (hydrologische Basisdaten, Lage der kerntechnischen Anlagen in Deutschland und im benachbarten Ausland, von der BfG experimentell ermittelte Dispersions- und Eliminationskoeffizienten für die verschiedenen Flussabschnitte) und W-Q-Tabellen für alle Pegel zur Ermittlung der Abflusswerte. Nach Eingabe der vom Anwender geforderten Angaben zu Einleitungsort und -zeit sowie der Einwirkungsstelle für die die Prognose erstellt werden soll (geplant sind hierarchisch strukturierte Auswahllisten, die nur plausible Eingaben zulassen) wird die gesamte Fließstrecke aus mehreren Teilabschnitten zusammengestellt. Nach Prüfung durch den Anwender werden dann per Makro die aktuellen Wasserstände abgefragt und in Abflusswerte umgerechnet. Aus diesen Daten und den aus den Stammdaten ausgelesenen Koeffizienten werden dann Eintreffzeitpunkt und Dispersion berechnet und ausgegeben. In der originären Tabellenausgabe sind die in vier Farben abgesetzten Felder entsprechend der Bedeutung der Daten dargestellt: Eingabe- bzw. Einleitungsdaten, hydrologische Daten, aus Dispersionsuntersuchungen ermittelte Daten und Ergebnisse für den Zielort.

4 Schlussfolgerungen und Ausblick

Nach Vorliegen der Dispersionsparameter für die bisher untersuchten Abschnitte an Weser, Werra und Fulda ist eine Wiederholung der Markierungsversuche an Werra und Fulda bei einem höheren Abflussregime ($> 1,5$ MQ) empfehlenswert. Dieses Vorhaben wird jedoch sowohl durch einen gegenüber 2001 deutlich erhöhtem administrativem Aufwand zum Erhalt der strahlenschutzrechtlichen Genehmigungen seitens der zuständigen Landesbehörden Rheinland-Pfalz, als zuständig für den Sitz der BfG, und Hessen, als zuständig für die Markierungsstellen an Werra und Fulda, als auch durch den jahrelang anhaltenden Personalabbau an der BfG deutlich erschwert und seine Durchführung daher in Frage gestellt. Untersuchungen im Tidegebiet sind nicht zu empfehlen, wie sich aus Versuchsmessungen an der Station Bremen-Farge (Tideweser, km 26,2) ergab, weil die Zuordnung der durch die Tidebewegung periodisch gemessenen Konzentrationserhöhungen des Tracers zu den abströmenden einzelnen Durchgangskurven im Rahmen der bisher angewandten Auswerteverfahren weder eindeutig noch quantitativ bestimmt werden kann. Durch die insgesamt verminderte Abströmungsgeschwindigkeit und in Verbindung mit Tritiumemissionen des Kernkraftwerks Unterweser tritt im Ästuar zunächst eine merkliche Erhöhung der durchschnittlichen langzeitlichen Tritiumkonzentration ein, die erst seewärts, unterhalb Bremerhaven, durch Verdünnung mit Meerwasser wieder abnimmt.

Weitere Untersuchungen dieser Art wären an Ems, Elbe und Donau technisch möglich, da die anliegenden kerntechnischen Anlagen Tritium in ausreichenden Mengen emittieren, um deren Konzentration ebenfalls über lange Strecken zu verfolgen. Durch Beteiligung der Anrainerstaaten von Elbe und Donau könnte eine deutliche Erweiterung der

Untersuchungsstrecke erreicht werden wobei allerdings auch seitens der BfG ein erheblicher Personaleinsatz für die eigentlichen Probenahmekampagnen vorzusehen ist.

5 Danksagung

Diese Untersuchung wäre ohne die Bereitschaft zur Erlaubnis der Markierungen durch die Leitung der Wasserkraftwerke in Wanfried und Rotenburg, die tatkräftige Unterstützung der Betreuer vor Ort (Bedienstete der zuständigen Wasser- und Schifffahrtsämter und Angestellte der Wasserkraftwerke) für den 2-tägigen Probenwechsel, die Zurverfügungstellung der erforderlichen Infrastruktur (Stromversorgung) an den Markierungs- und Probenentnahmeorten sowie der damals unkomplizierten Genehmigungserteilung seitens der zuständigen Behörden nicht realisierbar gewesen. Die Herren Cremer und Tolksdorf sowie Frau Lüllwitz (vormals Krinitzky) sorgten für die Logistik, den Auf- und Abbau der Probenentnahmegерäte sowie den wöchentlichen Probentransport zur BfG und halfen bei den Markierungen mit. Herr Cremer und Frau Lüllwitz führten die Tritiumbestimmungen und die weiterführende Auswertung samt Erstellung der Grafiken durch. Ihnen allen gebührt verbindlicher Dank.

6 Literatur

- [1] Fließzeit, Fließgeschwindigkeit und longitudinale Dispersion in Mosel und Weser, BMU - Umweltpolitik - 12. Fachgespräch Überwachung der Umweltradioaktivität, Bonn. 8. – 10.04.2003, Tagungsband S. 389-399, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU, Herausgeber)
- [2] H.Mundschenk, W.J.Krause, Zur longitudinalen Dispersion in freifließenden und staugeregelten Flüssen am Beispiel des Rheins und Neckars, DGM **25** (1981) 1-12
- [3] H.Mundschenk, W.J.Krause, Zur Bestimmung von Fließzeiten und longitudinaler Dispersion im Hoch- und Oberrhein mit ³HHO als Tracer, DGM **35** (1991) 93-107
- [4] W.J.Krause, H.Mundschenk, Zur Bestimmung von Fließzeiten, Fließgeschwindigkeiten und longitudinaler Dispersion im Mittel- und Niederrhein mit ³HHO als Leitstoff, 38 (1994) 128-142
- [5] W.J.Krause, H.Mundschenk und W.Rost, Zur Bestimmung von Fließzeit und longitudinaler Dispersion im Main mit ³HHO als Leitstoff, Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen (DGM) **31** (1987) 107-119
- [6] W.J.Krause, H. Mundschenk, Zur Bestimmung von Fließzeiten, Fließgeschwindigkeiten und longitudinaler Dispersion im Main mit ³HHO als Leitstoff, Z. Wasser-Abwasser-Forsch. **25** (1992) 23-29
- [7] H. Mundschenk, Zur Bestimmung von Fließzeit und longitudinaler Dispersion in natürlichen Gerinnen (Neckar) mit ³HHO als Tracer, DGM **26** (1982) 88-98
- [8] W.J.Krause, H.Mundschenk, Zur Bestimmung von Fließzeiten, Fließgeschwindigkeiten und longitudinaler Dispersion im Neckar mit ³HHO als Leitstoff, DGM **41** (1997) 154-166
- [9] W.J.Krause, Ermittlung von Fließzeiten und Kenndaten zur longitudinalen Dispersion in der Mosel mit dem Leitstoff Tritium als Basis für Ausbreitungsprognosen, in: Jahresbericht 1999 der Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz, (2000) 57-61

DAS POTENTIAL VON AUSBREITUNGSMODELLEN AUF DER BASIS DES LAGRANGE-ALGORITHMUS FÜR DIE BERECHNUNG DER STRAHLENEXPOSITION IM EREIGNISFALL

THE POTENTIAL OF DISPERSION MODELS BASED ON THE LAGRANGIAN ALGORITHM FOR THE COMPUTATION OF THE RADIATION EXPOSURE DURING AN INCIDENT

H. Walter

Bundesamt für Strahlenschutz, Oberschleißheim/Neuherberg

Zusammenfassung

Der Wunsch und die Forderung nach einer möglichst realitätsnahen Berechnung der Strahlenexposition durch Emissionen in die Atmosphäre in einem Ereignisfall führen häufig zu Diskussionen über die Einsatzmöglichkeit von Ausbreitungsmodellen auf der Basis des Lagrange-Algorithmus.

Theoretische Betrachtungen und Vergleiche der mathematischen Verfahren nach Gauß und Lagrange bei Ausbreitungsmodellen haben bereits ein größeres Potential des Lagrange-Verfahrens im Vergleich zu anderen Verfahren aufgezeigt. Der reale Einsatz eines solchen Verfahrens in einer Modellkette zur Optimierung des Strahlenschutzes im Ereignisfall stellt jedoch wesentlich höhere Anforderungen an die notwendigen Eingangsparameter, Basisdaten, orographischen und meteorologischen Datensätze und die Rechenzeit als dies durch die in der Vergangenheit genutzten Modelle der Fall war.

Im Rahmen eines Forschungsvorhabens wurde das Ausbreitungsmodell LASAND (Lagrange Simulation der atmosphärischen Ausbreitung im Notfallschutz mit Dosisberechnung) für den Einsatz bei Kurzzeitemissionen entwickelt. In diesem Beitrag wird das Programmsystem mit einigen integrierten Bestandteilen vorgestellt und sein Potential anhand zwei verschiedener meteorologischer Situationen in Beispielrechnungen aufgezeigt.

Abstract

Wish and demand for a computation of the radiation exposure close to reality due to emissions into the atmosphere during an incident frequently lead to discussions about the possible application of dispersion models based on the Lagrangian algorithm.

Theoretical considerations and comparisons of mathematical methods for dispersion models based on Gauss and Lagrange have shown already a bigger potential of the Lagrangian method in comparison to other methods. The real application of such methods in a model chain used for the optimisation of radiation protection poses considerable higher requirements to the necessary input parameters, basic data, orographic and meteorological data sets and computation time as has been the case for models being used in the past time.

Within the framework of a research programme the dispersion model LASAND (Lagrange Simulation der atmosphärischen Ausbreitung im Notfallschutz mit Dosisberechnung / Lagrangian simulation of the atmospheric dispersion for emergency response with dose computation) for short term emissions has been developed. Within this contribution the programme system will be presented with some of its integrated components and its potential will be shown by means of some example computations for two different meteorological situations.

1 Berechnungsverfahren nach Emissionen in die Atmosphäre im Ereignisfall

Für die Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung von kerntechnischen Anlagen gibt es eine Reihe von Fragestellungen, die mit derzeit verfügbaren Ausbreitungsmodellen auf gesetzlicher Basis (AVV; SBG) nicht oder nur eingeschränkt gültig bearbeitet werden können. Beispielhaft zu nennen sind Studien zur Verteilung von Jod-Tabletten in der Umgebung kerntechnischer Anlagen, zukünftige Berechnungen zur realistischen Abschätzung von Bevölkerungsdosen bzw. ganz allgemein Berechnungen, bei denen der Einsatz des Gauß-Modells aus meteorologischer Sicht nicht anzuraten ist (bodennahe Freisetzungen, instantane bzw. Kurzzeit-Freisetzungen, Berücksichtigung ausgeprägter Orographie, Inhomogenität in der atmosphärischen Grenzschicht, etc.). Die zuständigen Behörden der EU-Mitgliedstaaten und damit auch die zuständigen Behörden in Deutschland sind jedoch verpflichtet, den Artikel 45 der EU Richtlinie 96/29/Euratom zur realistischen Abschätzung der Exposition für die Bevölkerung oder für Bevölkerungsgruppen durch Emissionen aus kerntechnischen Anlagen umzusetzen.

Aus der Meteorologie sind seit längerer Zeit mathematische Algorithmen bekannt, deren Nutzung in Ausbreitungsmodellen eine Antwort zu den genannten Fragen geben könnten. Das Zusammenwirken der verschiedenen Berechnungsverfahren in einem Ereignisfall wird in Abb. 1 deutlich; hier ist auch der Einsatz eines Ausbreitungsmodells auf der Basis des Lagrange-Algorithmus dargestellt (siehe Pfeil).

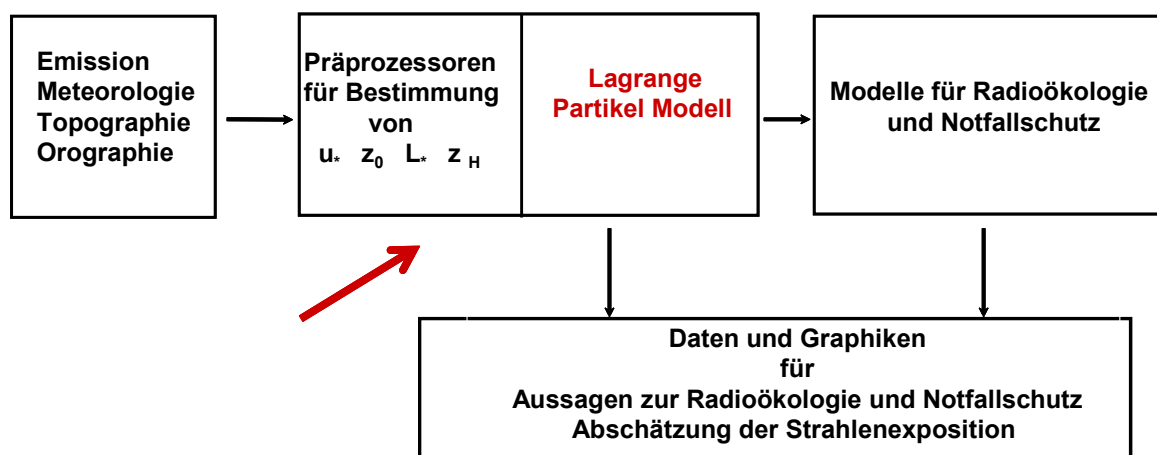


Abb. 1: Darstellung des Informationsablaufs und der Berechnungsverfahren im Ereignisfall; die zentrale Funktion des Ausbreitungsmodells ist durch Pfeil dargestellt.

Aus der Darstellung des Informationsablaufs wird zusätzlich deutlich, welche zentrale Rolle das Ausbreitungsmodell bei der Beurteilung der Lage in einem Ereignisfall darstellt.

2 Grundlagen der Lagrange-Partikel-Modelle

2.1 Der Lagrange-Algorithmus

Basis der Ausbreitungsmodelle auf der Grundlage des Lagrange-Algorithmus ist die statistische Theorie; hier werden eine Vielzahl von Teilchen (Partikel) stellvertretend für Aerosole oder Schwebstoffe betrachtet. Typischerweise werden mehrere Zehntausend Teilchen betrachtet, je nach Leistungsfähigkeit des Rechnersystems bzw. der zugrunde liegenden Simulationszeit können auch mehrere Hunderttausend Teilchen betrachtet werden.

Diese Teilchen werden im Simulationsgebiet aus einer Schadstoffquelle emittiert und ihr Verlauf in der planetarischen Grenzschicht der Atmosphäre verfolgt. Der Transport erfolgt dabei mit der mittleren Grundströmung (Advektion) und durch turbulente Zusatzbewegungen (Fluktuation), die für eine Durchmischung der Schadstoffe mit der Umgebungsluft sorgen. Die turbulente Zusatzbewegung lässt sich wiederum in zwei Komponenten aufspalten. Zum einen ein turbulenter Anteil, der aus Fluktuationen aus einem vorhergehenden Zeitintervall resultiert, zum anderen ein turbulenter Anteil aus der allgemein am Betrachtungsort vorherrschenden Turbulenz.

Auf der Basis dieser theoretischen Überlegungen kann eine mathematische Formulierung erstellt werden, welche die prognostische Bewegung eines Teilchens im Modellgebiet beschreibt. Nimmt man nun eine sehr grosse Zahl von Teilchen und verfolgt ihren Weg durch das Simulationsgebiet, so kann man die Anzahl der Teilchen in einem hinreichend kleinen Kontrollvolumen bestimmen und hat somit die gewünschte Zielgröße, eine Konzentration bzw. im Strahlenschutz eine Aktivität pro Luftvolumen.

2.2 Das Lagrange-Modell für den Ereignisfall

Ein für einen Ereignisfall einzusetzendes Lagrange-Modell muss mehreren Forderungen genügen. Wesentliche Forderungen in diesem Fall sind die Berücksichtigung von z.B.:

- Freisetzung in verschiedenen Höhen, auch bodennah
- Freisetzungsimpuls, thermischer Energie bei der Freisetzung
- Berücksichtigung der Orographie, der Topographie, urbaner Strukturen
- verschiedene Quellgeometrie (Punkt-, Flächen-, Volumenquelle)
- Quellstärke zeitlich variabel
- Explosion (“USBV”, “dirty bomb“, “IND“, “RDD“)

Darüberhinaus existieren meteorologische Forderungen an die Fähigkeiten des Modells wie beispielsweise:

- Beschreibung der Turbulenzzustände in der Atmosphäre
- Berücksichtigung von Winddrehung, Windscherung
- Beschreibung des Einflusses met. Phänomene (z.B. Inversion, LLJ, Ekman-Spirale, etc.)

3 Einsatz eines Lagrange-Partikel-Modells in einem Programmsystem

Die in Kapitel 1 und 2 beschriebenen theoretischen Überlegungen zum Lagrange-Partikel-Modell bzw. die resultierenden Forderungen für den Ereignisfall wurden in der Vergangenheit bereits formuliert bzw. zum Teil festgeschrieben [1]; sie müssen anhand eines realen Modelleinsatzes überprüft werden um geeignete Empfehlungen abgeben zu können.

Auf der Basis eines Forschungsvorhabens wurde daher das Programmsystem LASAND (Lagrange Simulation der Ausbreitung im Notfallschutz mit Dosisberechnung) erstellt; dieses ist seit Frühjahr 2006 im Bundesamt für Strahlenschutz in einer Erprobungsphase. Das Programmsystem beinhaltet ein Lagrange-Partikel-Modell (LASAT, [2]).

Die folgenden Abbildungen 2 und 3 zeigen erste Ergebnisse aus verschiedenen Rechenläufen. Abbildung 2 zeigt die Simulation einer Emission aus dem KBR Brokdorf mit der zeitlich integrierten Konzentration 3 h nach Emissionsbeginn. Hier wurde eine Quelle in einer Höhe von 40 m angenommen und ein Nuklidgemisch (Xe-133, Kr-85, Sr-90, Cs-137, I-133) freigesetzt (Anm.: Quelle, Freisetzungsmengen und Nuklide sind rein fiktiv und stehen in keinem Zusammenhang mit tatsächlichen Freisetzungen). Aufgrund der feinen Auflösung des innersten Netzes mit einer Maschenweite von 50 m kann der Einfluß der Gebäudestruktur auf die Ausbreitungswolke dargestellt werden; er wird erkenntlich aufgrund des Einbezugs von nicht kontaminierter Luft im Lee der Quelle.

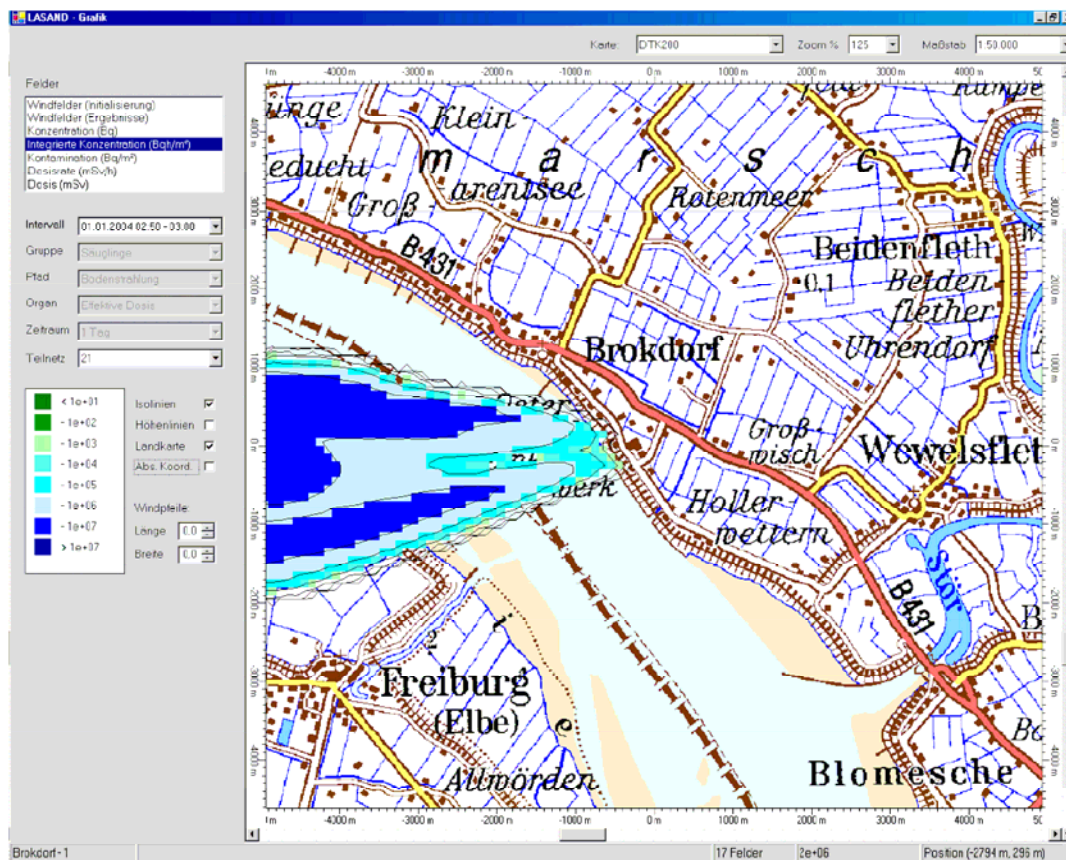


Abb. 2: Darstellung einer simulierten Ausbreitungssituation (zeitintegrierte Konzentration) für das KBR Brokdorf.

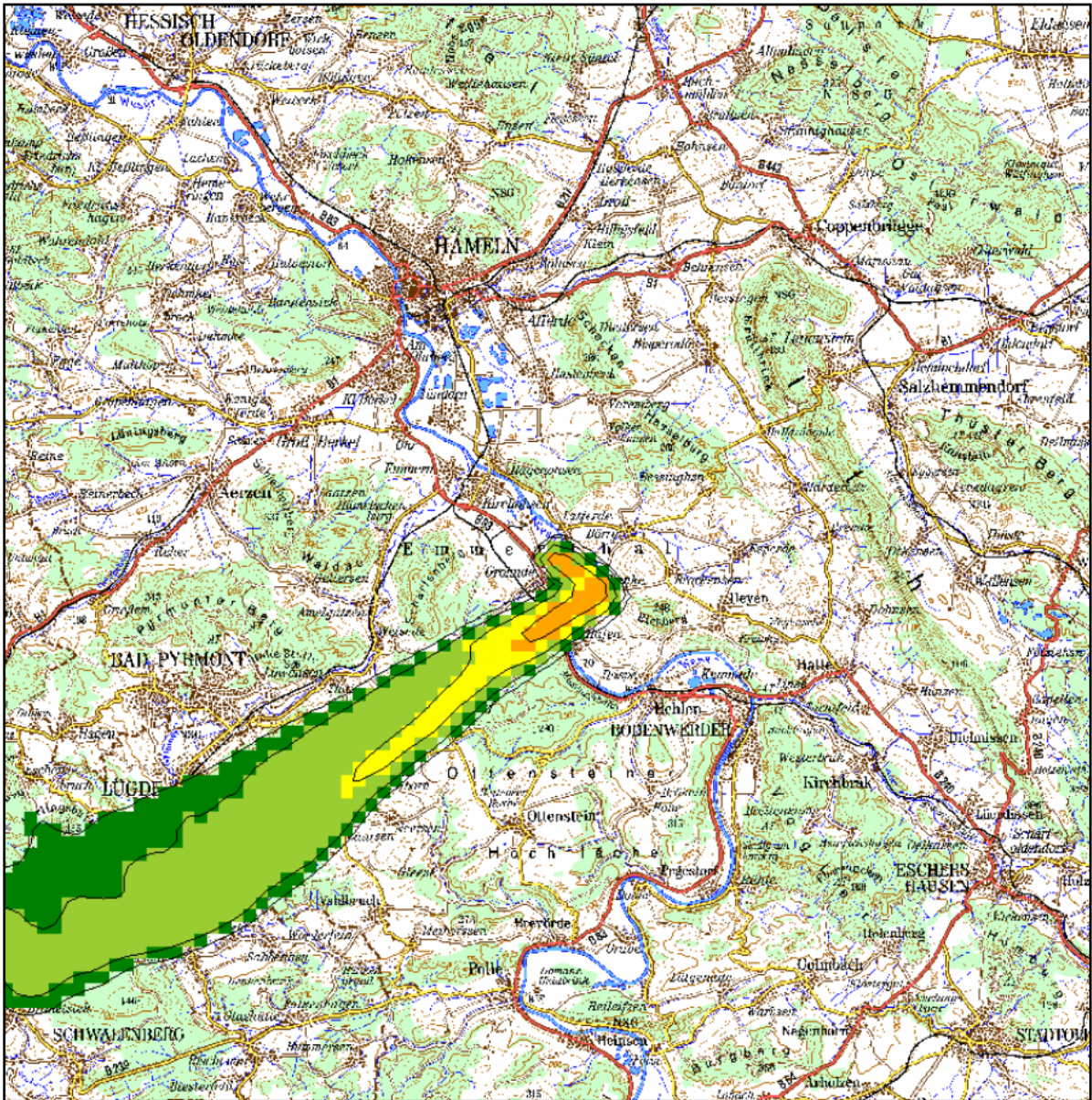


Abb. 3: Darstellung des Einflusses der Orographie bei einer simulierten Freisetzung am KWG Grohnde bei einer stabilen Wetterlage.

Die Auswirkungen orographische bedingter Strukturen wird bei der Simulation einer fiktiven Emission aus dem KWG Grohnde ersichtlich. Dargestellt wird hier die Dosisrate der Gamma-Submersion in mSv/h für eine nächtliche Emission. Zu erkennen ist, daß die Emission aus einer fiktiven Quelle von 40 m Höhe sich durch die stabile Schichtung nicht in grössere Höhen durchmischt sondern im Tal transportiert wird und erst im weiteren zeitlichen Verlauf der Windströmung in einer grösseren Höhe folgt.

Aus diesem Beispiel wird auch deutlich, dass für die Nutzung eines Lagrange-Partikel-Modells im Ereignisfall die lokalen meteorologischen Messungen sowie die (überregionalen) meteorologischen Prognosedaten von wesentlicher Bedeutung sind; hier bietet sich die Nutzung entsprechender Daten des Deutschen Wetterdienstes an.

4 Ausblick

Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Manuskripts (Mai 2006) und wegen der erst kurze Zeit davor erfolgten Implementierung des Programmsystems LASAND im BfS liegt noch wenig Erfahrung von Simulationen mit diesem System vor. Die ersten Rechnungen lassen jedoch erwarten, dass insbesondere das Studium des Potentials des in LASAND integrierten Lagrange-Partikel-Modells in hinreichender Intensität möglich ist. Die durchgeführten Rechnungen beschränken sich bislang nur auf meteorologische Einzelsituationen bzw. Szenarien, lassen aber hier eine wesentlich intensivere Betrachtungsweise der jeweiligen Situation zu.. Nach entsprechend umfangreichen Rechnungen, die auch einen Vergleich mit anderen Programmsystemen beinhalten sollen, kann eine Empfehlung für den weiteren Einsatz von Lagrange-Partikel-Modellen für den Notfallschutz gegeben werden.

5 Literatur

- [1] Atmosphärische Ausbreitung bei kerntechnischen Notfällen. Berichte der Strahlenschutzkommission (SSK) des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn, Heft 5, 1999.

- [2] LASAT Ingenieurbüro Janicke (2003), Handbuch zu LASAT Version 2.14 .

SAFER 2 UMSETZUNG DES LEITFADENS „FACHBERATER KATASTROPHENSCHUTZ“ IN EIN RECHENPROGRAMM

SAFER 2
CONVERSION OF THE “GUIDELINES FOR THE RADIATION PROTECTION EXPERT
OF EMERGENCY MANAGEMENT” TO A COMPUTER PROGRAM

P. Schumacher
TÜV NORD SysTec GmbH & Co KG

Zusammenfassung

Das Programm SAFER 2 (Strahlenexposition als Folge eines Reaktorunfalls) berechnet die potenzielle Strahlenexposition nach dem aktuellen Ausbreitungsmodell (DFK-Modell) des „Leitfaden für den Fachberater Strahlenschutz der Katastrophenschutzleitung bei kerntechnischen Notfällen“. Es stellt im Sinne des Leitfadens ein gefordertes Hilfsmittel im Katastrophenschutz dar. Vergleiche mit dem alten Leitfaden sind möglich, da das entsprechende Ausbreitungsmodell ebenfalls im Programmsystem SAFER 2 enthalten ist. SAFER 2 verwendet die Algorithmen und Daten der entsprechenden SSK-Vorlage und bietet darüber hinaus Optionen für den Input und den Output, die sich aus der Praxis der Messtechnik und des Katastrophenschutzes ergeben.

Die Berechnungen erfolgen im Vergleich zur manuellen Anwendung des Leitfadens rasch und ohne die Gefahr von Übertragungs- und Rechenfehlern.

Die Unterschiede zwischen dem neuen Leitfaden und dem alten Leitfaden können je nach Szenario hinsichtlich des Rechenergebnisses erheblich sein. Sie sollten weiterhin diskutiert werden.

Abstract

The program SAFER 2 calculates the potential radioactive exposure according to the latest dispersion-model (DFK-Model) of the „guidelines for the radiation protection expert of emergency management during a nuclear accident“. It is a required instrument for disaster control in terms of these guidelines. Comparisons with the old guidelines are possible as the program SAFER 2 contains the respective dispersion-model as well.

SAFER 2 uses algorithm and data from the respective SSK-document (SSK, booklets 37 and 38, year 2004). Furthermore, it contains options for input and output, which in practice results from the method of measurement and the emergency management.

In comparison with manual appliance as stated in the guidelines the SAFER 2 calculates faster and without transfer or calculating errors.

Differences in results between the new and the old guidelines can be significant depending on the scenario and other factors of influence. They should be discussed further on.

1 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Der im Jahre 2004 von der SSK veröffentlichte "Leitfaden für den Fachberater Strahlenschutz der Katastrophenschutzleitung bei kerntechnischen Notfällen" [1] löst den bisherigen Leitfaden [2] aus dem Jahre 1995 ab.

Unter dem Abschnitt 6 des Leitfadens [1] werden zahlreiche Hilfsmittel des Fachberaters Strahlenschutz empfohlen, u. a. auch die Verwendung entsprechender Rechenprogramme zur Abschätzung der potenziellen Dosis.

Ein solches Hilfsmittel stellt das Rechenprogramm SAFER 2 (Strahlenexposition als Folge eines Reaktorunfalls) dar, das dem Anwender des Leitfadens die manuelle Durchführung der Modellrechnungen abnimmt.

Das Programm enthält die Algorithmen und Daten des neuen Leitfadens [1] und ermittelt Immissionsgrößen und Dosiswerte in der Umgebung, die dem Fachberater Strahlenschutz und der Katastrophenschutzleitung als Grundlage ihrer Empfehlungen und Maßnahmen zur Verfügung stehen müssen.

SAFER 2 weicht nicht von den Rechenvorschriften des Leitfadens [1] ab, es ergänzt diese lediglich dort, wo Eingaben, Randbedingungen und Ergebnisse konkretisiert werden oder sinnvoll erweitert werden können.

2 Wesentliche Änderungen des neuen Leitfadens

Folgende Änderungen gegenüber dem bisherigen Leitfaden [2], veröffentlicht im Jahre 1995, waren ausschlaggebend für die Verabschiedung eines neuen Leitfadens [1]:

- die Anpassung an die Parametrisierung des deutsch-französischen (DFK) Modells der atmosphärischen Ausbreitung von Radionukliden mit zeitabhängigen Ausbreitungsfaktoren und der Einführung einer verringerten Zahl von Diffusionskategorien,
- Vereinfachung der Berechnung der Gammasubmersionsdosis mit Hilfe des Halbraummodells,
- Umsetzung der Inventarberechnungen des Reaktorkerns von Uran-Brennelementen auf MOX-Brennelemente,
- Reduzierung der Nuklidliste auf die im kerntechnischen Unfall radiologisch bedeutsamsten Nuklide,
- Harmonisierungen zu den Neufassungen der „Radiologischen Grundlagen für Entscheidungen über Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung bei unfallbedingten Freisetzungen von Radionukliden“ [3] und den „Rahmenempfehlungen für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen“ [4],
- Berücksichtigung der Veröffentlichung neuer Dosisfaktoren.

3 Vorteile der rechnergestützten Dosisermittlung

Gegenüber der mit dem „Leitfaden“ [1] prinzipiell möglichen manuellen Abschätzung der Dosis in der Umgebung kerntechnischer Anlagen im Unfall bietet ein Rechenprogramm folgende Vorteile:

- Geschwindigkeit des Rechengvorgangs
- rascher Zugriff auf Tabellen und Graphiken
- Genauigkeit und Fehlervermeidung
- Automatische Durchführung von Plausibilitätskontrollen
- umfassende Dokumentation aller Eingaben und Ergebnisse
- Erzeugung von Zwischenergebnissen
- automatischer Vergleich der berechneten Ergebnisse mit Eingreifrichtwerten in Form von übersichtlichen Tabellen und Graphiken.

Die Vorteile der Benutzung eines Rechenprogramms werden insbesondere bei Dosisberechnungen mit einem umfangreichen Nuklidvektor oder bei der Überlagerung mehrerer Quellterme mit unterschiedlichen meteorologischen Bedingungen deutlich. Hierbei stößt die Handrechnung zeitlich an ihre Grenzen, so dass z.B. für eine zeitnahe Bereitstellung von Ergebnissen im Übungsfall nur noch grobe Abschätzungen möglich sind.

Darüber hinaus bietet ein Rechenprogramm den Vorteil, durch Variation verschiedener Parameter bei der Vorbereitung oder im Verlaufe einer Übung in zeitlich sinnvollem Rahmen und mit genügender Genauigkeit Sensitivitätsanalysen oder Vergleichsrechnungen durchzuführen.

4 Programmmodule von SAFER 2

Alle Eingaben und Ergebnisse von SAFER 2 liegen auf einer gemeinsamen Oberfläche bzw. lassen sich von dort aus mit entsprechenden Fenstern öffnen.

Dies ermöglicht einen optimalen Überblick über die Eingaben und den Ablauf des Programms.

Für den Benutzer sichtbar sind im Wesentlichen folgende Module:

- Die Eingabe von Quelltermen
- Die Eingabe von meteorologischen Daten und Randbedingungen zur Ausbreitungs- und Dosisberechnung
- Die Ausgabe von Ergebnissen.

Bei der Eingabe von Quelltermen wird berücksichtigt, dass diese in inhaltlich unterschiedlicher Art vorliegen können. Den messtechnischen Gegebenheiten in der kerntechnischen Anlage wird Rechnung getragen.

Bei Vorlage von Emissionsmessungen sind Eingaben von Einzelnukliden, von Nuklidgruppen oder von Leitnukliden möglich.

Liegen keine Messungen vor, so können Quellterme aus den Kriterien des Katastrophenvoralarms oder des Katastrophenalarms gemäß [5] abgeschätzt werden.

Ebenfalls möglich ist die Eingabe des Stör- oder Unfallszenarios, das mit vorab berechneten Quelltermen, z. B. der Deutschen Risikostudie Phase A oder Phase B verknüpft wird.

Schließlich können auch vorliegende Immissionsmessungen der Luft und des Bodens herangezogen werden, um Dosisberechnungen zu initiieren.

Die Eingabe von Rückhaltefaktoren durch Jod- oder Aerosolfilter ist ebenso möglich wie die Option, die Sedimentation, Ablagerung und Inhalation für verschiedene Größenpartikel von Aerosolen zu simulieren. Die verschiedenen Jodformen und -verbindungen werden berücksichtigt.

Gemäß dem neuen Leitfaden [1] enthält das Ausbreitungsmodell lediglich drei Diffusionskategorien sowie die zeitabhängigen Diffusionsparameter des DFK-Modells.

Da von den Betreibern kerntechnischer Anlagen detailliertere Messungen der Diffusionskategorie (6 Klassen) vorliegen und um einen Vergleich mit den bisherigen ortsabhängigen Ausbreitungsparametern des alten Leitfadens [2] durchführen zu können, sind beim Programm SAFER 2 sowohl die Berechnungen nach dem neuen wie nach dem alten Leitfaden möglich.

Quellüberhöhungen durch thermischen Auftrieb oder mechanischen Impuls, Einflüsse von Bauwerken und Reduzierung der Aufpunktshöhe im orographisch gegliederten Gelände können bei der Ausbreitungsrechnung berücksichtigt werden.

Eine vereinfachte Überlagerung von bis zu fünf zeitlich gestaffelten Einzelquellen mit unterschiedlichen Quellhöhen und meteorologischen Daten ist möglich.

Die Dosisberechnungen können sowohl tabellarisch als auch graphisch dargestellt werden. Tabellarisch können Einzelpfade, Summen von Expositionspfaden oder Maximalwerte für Einzelpfade ausgegeben werden. Zusätzlich sind auch berechnete Immissionswerte der Bodenkontamination und der Luftaktivitätskonzentration möglich.

Spezielle Auswertungen erlauben einen direkten Vergleich mit den Eingreifrichtwerten. Hierbei können auch Schutzfaktoren für die Bevölkerung berücksichtigt werden.

Graphische Auswertungen liegen in folgenden Formen vor:

- als entfernungsabhängige Verlaufskurven für verschiedene Personengruppen und für einzelne Expositionspfade
- als farbig markierte Dosiswerte der einzelnen Expositionspfade und deren Summe in der 12-teiligen Windrose für diskrete Entfernungen, mit oder ohne unterlegte topographische Karte der Umgebung.

Alle Eingaben und Ergebnisse können gespeichert oder auch einzeln ausgedruckt werden.

5 Beispiel eines Rechenlaufs

Für ein Kernkraftwerk mit Druckwasserreaktor wurde eine Freisetzung in Höhe der Katastrophenalarmierungswerte [3] über den 100 m hohen Fortluftkamin unterstellt.

Dabei wurden in der Tab. 1 im norddeutschen Flachland häufig vorkommende meteorologische Bedingungen

- Windgeschwindigkeit $u = 8 \text{ m/s}$ in Kaminhöhe (100 m)
- Diffusionskategorie D
- Niederschlagsintensität 1 mm/h

angenommen.

In der Tab. 2 wurde zum Vergleich eine in der Emissionshöhe von 100 m in Norddeutschland seltene niedrige Windgeschwindigkeit von 2 m/s angesetzt. Alle übrigen Werte wurden beibehalten.

Die Berechnungen wurden nach dem neuen Leitfaden [1] durchgeführt und mit den Werten nach dem alten Leitfaden [2] verglichen.

Es ergeben sich die in den Tabellen 1 und 2 dargestellten Maximalwerte der Organe für das Kleinkind (1 bis 2 Jahre) mit den jeweilig zugehörigen Entfernungen.

Zusätzlich sind die abgeleiteten Maßnahmen angegeben.

Tab. 1: SAFER 2, Emissionen gemäß den Kriterien für den Katastrophenalarm, Maximale Dosiswerte und Entfernungen für $u (100 \text{ m}) = 8 \text{ m/s}$, Kleinkind (1 bis 2 Jahre)

Expositions-pfad/ Organ	Neuer Leitfaden		Alter Leitfaden	
	Dosis Entfernung	Maßnahmen	Dosis Entfernung	Maßnahmen
Inhalation/ Schilddrüse	11,8 mSv 2000 m	keine	18,5 mSv 1000 m	keine
Inhalation und externe Strahlung Effektive Dosis	7,0 mSv 200 m	keine	5,2 mSv 200m	keine

Tab. 2: SAFER 2, Emissionen gemäß den Kriterien für den Katastrophenalarm, Maximale Dosiswerte und Entfernungen für $u (100 \text{ m}) = 2 \text{ m/s}$, Kleinkind (1 bis 2 Jahre)

Expositionspfad/ Organ	Neuer Leitfaden		Alter Leitfaden	
	Dosis Entfernung	Maßnahmen	Dosis Entfernung	Maßnahmen
Inhalation/ Schilddrüse	21,2 mSv 1600 m	keine	73,8 mSv 1000 m	Jodtabletten 600 m bis 1600 m
Inhalation und externe Strahlung Effektive Dosis	9,9 mSv 200 m	keine	20,7 mSv 200 m	Aufenthalt in Gebäuden 200 m bis 1800 m

Die Vergleichsrechnungen zwischen neuem und altem Leitfaden zeigen für das Beispiel folgende Ergebnisse:

Bei einer häufig vorkommenden Windgeschwindigkeit (mittlere Windgeschwindigkeit) weist der neue Leitfaden für die Schilddrüse durch Inhalation niedrigere Werte als der alte Leitfaden auf. Im Beispiel werden 65 % des Wertes der Berechnungen mit dem alten Leitfaden erreicht.

Die ungünstigsten Einwirkungsstellen für Inhalation liegen beim neuen Leitfaden weiter weg von der Quelle als beim alten Leitfaden.

Hinsichtlich der effektiven Dosis durch Inhalation und externe Strahlung werden in diesem Fall mit dem neuen Leitfaden 35 % höhere Werte als mit dem alten Leitfaden berechnet.

Bei niedrigen Windgeschwindigkeiten sind die berechneten Werte des neuen Leitfadens deutlich geringer als beim alten Leitfaden. So werden nur noch 30 % der Schilddrüsendosis und 50 % der effektiven Dosis, verglichen mit dem alten Leitfaden, ermittelt.

Auch hier liegen die ungünstigsten Einwirkungsstellen für Inhalation weiter weg von der Quelle als beim alten Leitfaden. Der Entfernungsunterschied hat sich jedoch halbiert.

Die durch die Windgeschwindigkeiten hervorgerufenen Unterschiede sind plausibel. Die Diffusionskoeffizienten des neuen Leitfadens sind zeitabhängig, beim alten Leitfaden hingegen entfernungsabhängig.

Niedrige Windgeschwindigkeiten sind – bezogen auf einen festen Aufpunkt – mit langen Transportzeiten und großer Verdünnung verknüpft. Hohe Windgeschwindigkeiten führen jedoch zu kurzen Transportzeiten sowie zu schwacher seitlicher und vertikaler Verdünnung.

Daraus folgt, dass die Windgeschwindigkeit einen wesentlichen Einfluss auf den Unterschied der Dosisberechnung nach dem neuen und dem alten Leitfaden hat.

Dies führt im Beispiel dazu, dass je nach Leitfaden teilweise unterschiedliche zu treffende Maßnahmen empfohlen werden.

Unterschiede zwischen dem neuen und dem alten Leitfaden ergeben sich jedoch aber auch durch andere Faktoren und hängen vom jeweiligen Nuklidvektor ab.

Sie sollten weiterhin diskutiert werden, da in verschiedenen anderen Anwendungen zum Katastrophenschutz, z. B. in einzelnen Kernreaktor-Fernüberwachungssystemen (KFÜ), das Ausbreitungsmodell des neuen Leitfadens [1] nicht enthalten ist.

6 Schlussfolgerungen

Das Programm SAFER 2 unterstützt nach dem zurzeit geltenden Leitfaden den Fachberater Strahlenschutz im Falle eines kerntechnischen Ereignisses.

Mit Hilfe geeigneter Qualitätssicherungsverfahren findet eine Verifizierung des Rechencodes statt. In diesem Zusammenhang ist es auch erforderlich, Ringvergleiche mit Rechenprogrammen, die dieselbe Zielsetzung verfolgen, durchzuführen, sobald solche Programme vorliegen.

7 Danksagung

Den Anwendern des Programms SAFER 2 aus Forschung, Industrie und Überwachung sei an dieser Stelle für ihre zahlreichen konstruktiven Verbesserungsvorschlägen gedankt.

Auf diese Weise konnte eine kontinuierliche Weiterentwicklung des Programms stattfinden.

8 Literatur

- [1] Berichte der Strahlenschutzkommission (SSK) des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
Leitfaden für den Fachberater Strahlenschutz der Katastrophenschutzleitung bei kerntechnischen Notfällen sowie Erläuterungsbericht zum Leitfaden
Hefte 37 und 38, veröffentlicht 2004
- [2] Veröffentlichung der Strahlenschutzkommission des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
Leitfaden für den Fachberater Strahlenschutz der Katastrophenschutzleitung bei kerntechnischen Notfällen
Band 13, veröffentlicht 1995
- [3] Länderausschuss für Atomkernenergie
Radiologische Grundlagen für Entscheidungen über Maßnahmen zum Schutz der

Bevölkerung bei unfallbedingten Freisetzungen von Radionukliden
RdSchr. des BMU vom 09.08.1999 – RS II 6 – 15930 – 1/2

- [4] Länderausschuss für Atomkernenergie
Rahmenempfehlungen für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen

RdSchr. des BMU vom 09.08.1999 – RS II 6 – 15930 – ½

- [5] Bekanntmachung einer gemeinsamen Empfehlung der Reaktor-Sicherheitskommission (RSK) und Strahlenschutzkommission (SSK)

Kriterien für die Alarmierung der Katastrophenschutzbehörde durch die Betreiber kerntechnischer Einrichtungen

Bonn, den 01. April 2004, RS II 2 – 17027/2

SCHNELLES ONLINE-SYSTEM ZUR PROGNOSE DER UMGEBUNGSBELASTUNG IM STÖRFALL

FAST ONLINE SYSTEM FOR ENVIRONMENTAL IMPACT FORECAST IN AN INCIDENT

E.Kümmerle, M. Möllmann-Coers, E. Pomplun, R. Hille
Geschäftsbereich Sicherheit und Strahlenschutz, Forschungszentrum Jülich

Zusammenfassung

Bei einem Notfall benötigt der Einsatzstab zügig ein Gesamtbild der radiologischen Situation im lokalen Umfeld des Emittenten, das als Entscheidungshilfe tauglich ist. Da der Umgebungsmesstrupp nur nach und nach einzelne Messwerte liefern kann, sind zusätzlich auch Modellrechnungen nötig, die auf den vorliegenden Informationen zum Ablauf des Störfalls aufsetzen. Solche Rechnungen dienen nicht nur der Erstellung eines momentanen Gesamtbildes, sondern können überdies Prognosen über einen Zeitraum von einigen Stunden liefern. Zu diesem Zweck wurde am Forschungszentrum Jülich ein Softwaresystem für Belastungsprognosen entwickelt, das sowohl zeitintegrale Dosen als auch ODL- und Aktivitätswerte für die Umgebung berechnet. Letztere können zum direkten Vergleich mit den aktuellen Messwerten und somit zur Bewertung der Modellannahmen herangezogen werden.

In an incident the operation controlling staff quickly needs a general view of the radiological situation in the local environment of the emission source which is suitable as decision support. Because the measuring troop can only provide several measurements by and by, model calculations based on the available information on the course of the accident are additionally required. Such calculations not only serve for building a current view but can also provide prognoses for some hours. For this purpose a software system for environmental impact forecast was developed at the Research Centre Jülich which calculates time integrated doses as well as ambient gamma dose rates and activity values. The latter can be directly compared with presently measured values and consequently can be used to assess the model assumptions.

1 Einleitung

Im Jahre 2002 wurde im Geschäftsbereich Sicherheit und Strahlenschutz des Forschungszentrums Jülich damit begonnen, die Software für Ausbreitungs- und Dosisberechnungen im Ereignisfall vollständig zu erneuern. Modellrechnungen sollten im Ereignisfall dem Einsatzstab des Forschungszentrums als Entscheidungshilfe dienen, indem sie sowohl ein momentanes Gesamtbild der lokalen radiologischen Situation liefern als auch Prognoserechnungen über einige Stunden ermöglichen. Die Berechnung von Messgrößen (Gamma-ODL, Aerosol- und Bodenaktivitäten) sollte außerdem einen Abgleich der Modellrechnungen mit realen Messwerten ermöglichen.

Die Ziele bei der Konzeption und Entwicklung der neuen Software, die verwendeten Techniken sowie die erzielten Resultate werden im Folgenden vorgestellt.

2 Konzeption und technische Anforderungen an die Software

An die neue Software wurden die folgenden funktionalen Anforderungen gestellt:

- Einbindung der am Forschungszentrum aktuell gemessenen meteorologischen Parameter sowie der vom Deutschen Wetterdienst gelieferten Prognosedaten.
- Verfügbarkeit aktueller Nuklidinventar-Daten für alle potentiellen Emittenten des FZJ zur vereinfachten Erstellung von Freisetzungsszenarien.
- Ausbreitungsrechnungen sollten alternativ mit einem schnellen Gauß-Verfahren oder mit einem erheblich rechenintensiveren Partikelmodell (Lagrange-Simulation) durchführbar sein, das unter anderem das Geländeprofil und heterogene Bodenrauigkeiten berücksichtigt und schwierigere meteorologische Situationen genauer modellieren kann.
- Die Software sollte einerseits möglichst einfach bedienbar sein, andererseits sollte sie aber eine hohe Flexibilität und Konfigurierbarkeit aufweisen, um auch die Modellierung komplexer Szenarien zu ermöglichen.
- Berechnung der für die radiologische Beurteilung eines Unfalls entscheidenden zeitintegralen Strahlendosen.
- Berechnung von momentanen Aktivitätskonzentrationen und Ortsdosisleistungen, um die Modellrechnung mit realen Messwerten vergleichen zu können.
- Mobilität und hohe Verfügbarkeit des Systems.

Hieraus ergaben sich einige technische Anforderungen an die Software:

- hohe numerische Rechenleistung
- Lauffähigkeit sowohl unter Linux[®] als auch unter MS Windows[®]
- übersichtliche, grafische Benutzeroberfläche

3 Verwendete Techniken und Werkzeuge

Um die erforderliche hohe numerische Rechenleistung mit der Lauffähigkeit einer grafischen Benutzeroberfläche auf verschiedenen Systemplattformen vereinen zu können, wurde als Programmiersprache C++ in Verbindung mit der Qt[®] Klassen-Bibliothek der Firma Trolltech [1] gewählt. Qt bietet plattformübergreifend eine sehr umfangreiche Infrastruktur für die Anwendungsentwicklung, und beinhaltet unter anderem komfortable Funktionalitäten zur Erstellung grafischer Benutzeroberflächen. Zur Erstellung von Isolinien-Grafiken wurden zusätzlich Funktionen aus der Bibliothek PLplot [2] verwendet.

Als ständig einsatzbereiter Notfall-Rechner dient ein leistungsstarkes Notebook mit dem Betriebssystem Linux, das mit dem Netzwerk des Forschungszentrums verbunden ist, so dass die aktuellen meteorologischen Mess- und Prognosedaten kontinuierlich auf den Rechner übertragen werden können.

Die MS Windows Version der Notfall-Software wird für Bedarfsfälle bereitgehalten, in denen das Notfall-Notebook nicht einsatzbereit sein sollte. In einem solchen Falle kann diese

Programmversion schnell auf einem beliebigen Windows Rechner installiert werden. Der Funktionsumfang ist dann allerdings eingeschränkt: die meteorologischen Daten werden nicht automatisiert auf den Rechner übertragen und für Ausbreitungsrechnungen steht aus Lizenzgründen nur das Gauss-Verfahren zur Verfügung.

4 Ausbreitungsrechnungen

Für Ausbreitungsrechnungen stehen zwei Verfahren zur Verfügung:

Musemet:

Der auf dem Gauß-Modell basierende Algorithmus „Musemet“, der Anfang der 80er Jahre im Forschungszentrum Jülich entwickelt wurde [3], berücksichtigt veränderliche meteorologische Bedingungen. Er bietet die Möglichkeit, Modellrechnungen mit einer Rechendauer von wenigen Sekunden durchzuführen.

Lasat:

Zur Durchführung von Partikelmodell-Ausbreitungsrechnungen wurde das Programmpaket Lasat[®] des Ingenieurbüros Janicke [4] ausgewählt. Lasat berücksichtigt das Geländeprofil sowie ortsabhängige Bodenrauhigkeiten und ist insbesondere für problematische meteorologische Situationen (Diffusionskategorien A, B, E und F) deutlich besser geeignet. Die Steuerung von Lasat sowie der Datenaustausch sind in der Notfall-Software vollständig automatisiert.

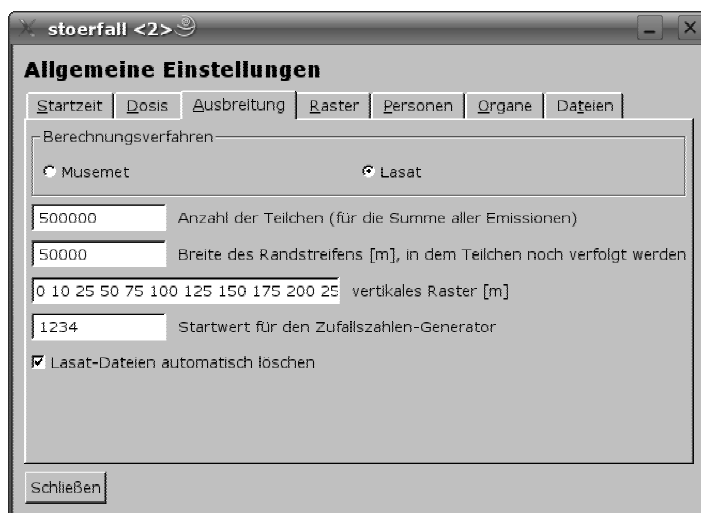


Abb. 1: Maske zur Konfiguration der Ausbreitungsrechnungen.

5 Meteorologische Daten

Zur Durchführung von Ausbreitungsrechnungen werden Zeitintervalle definiert, in denen jeweils konstante meteorologische Bedingungen verwendet werden. Die im Abstand von zehn Minuten auflaufenden meteorologischen Messdaten werden automatisch auf den Notfall-Rechner übertragen und von der Software eingelesen. Die ebenfalls automatisch auf den

Rechner übertragene Prognosedaten des DWD stehen bereit, um bei Bedarf per Knopfdruck von der Software übernommen zu werden. Eine manuelle Erfassung oder Bearbeitung der meteorologischen Parameter ist ebenfalls möglich. Die Länge der meteorologischen Zeitintervalle ist grundsätzlich frei wählbar, wird aber beim automatischen Einlesen von Messdaten auf zehn Minuten und beim Einlesen von Prognosedaten auf 60 Minuten gesetzt.

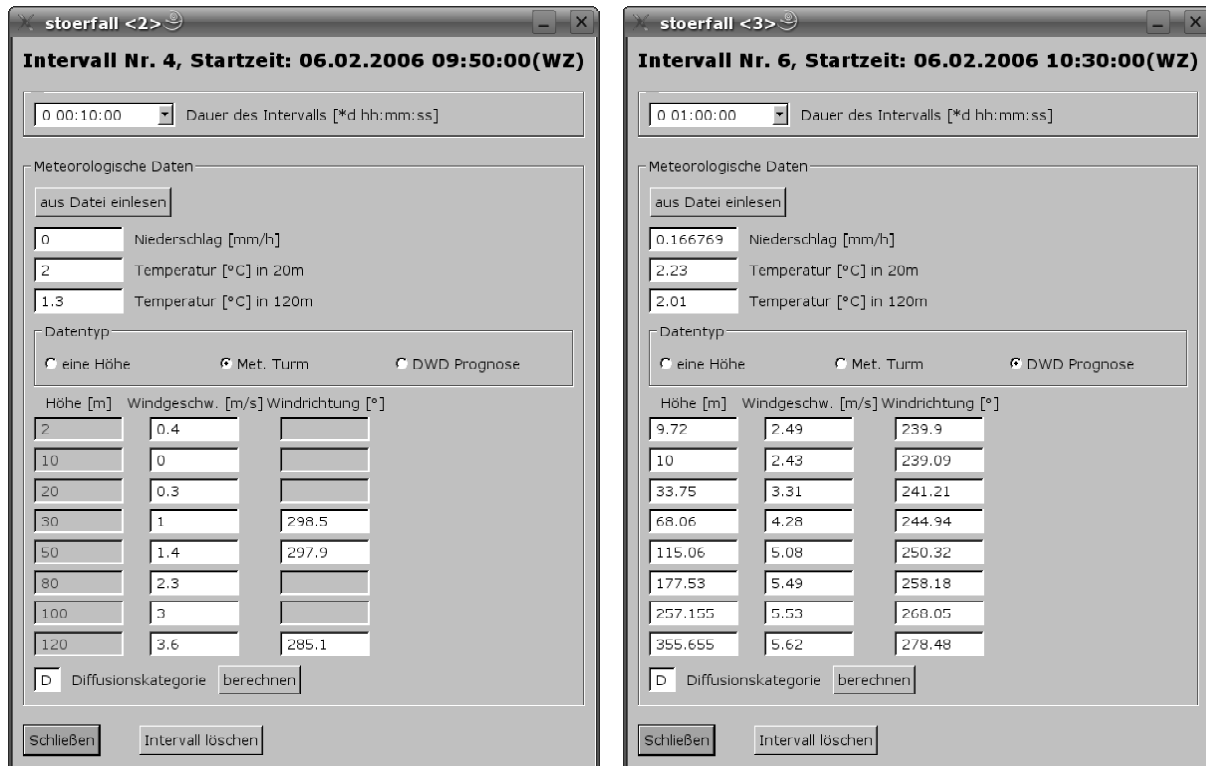


Abb. 2: Zeitintervalle mit meteorologischen Mess- (links) und Prognosedaten (rechts).

6 Modellierung des Freisetzung-Szenarios

Das Freisetzung-Szenario wird bei der Modellierung aus beliebig vielen Emissions-Datensätzen zusammengesetzt, die jeweils charakterisiert sind durch:

- Emissions-Ort und effektive Emissionshöhe
- Beginn und Dauer der Emission
- freigesetzte Aktivitäten je Nuklid (Nuklidvektor)

Hierbei ist die Freisetzungsrates innerhalb einer solchen Emission konstant. Zeitlich veränderliche Emissionsabläufe werden durch Aneinanderreihung mehrerer Emissions-Datensätze modelliert (Annäherung durch Stufenfunktionen).

Als Hilfe bei der Erstellung des Emissions-Szenarios dienen die Nuklidinventar-Daten aller potentiellen Emittenten und Freisetzungsfaktoren für verschiedene Störfälle. Außerdem können komplette Szenarien vorbereitet, gespeichert und bei Bedarf wieder geladen werden.

stoerfall <2>

'FRJ-2 a' 06.02.2006 09:20:00(WZ) - 06.02.2006 09:50:00(WZ)

06.02.2006 09:20:00(WZ) Startzeitpunkt der Emission [dd.mm.yyyy hh:mm:ss(SZ/WZ)]
 0 00:30:00 Dauer der Emission [*d hh:mm:ss]
 FRJ-2 Emissionsquelle
 Kernschmelze gem. ZFR-Stu Szenario
 FRJ-2 a Name
 0 X-Koordinate [m]
 0 Y-Koordinate [m]
 100 eff. Emissionshöhe [m]

Nuklid-Vektor

30 % der ursprünglichen Freisetzung (Szenario) ...
 ... eingeschränkt auf Element: alle

Nuklid	Aktivität [Bq]	Anteil des Inventars
CS133	3.3150e+00	4.8000e-02
CS135M	2.0746e+11	4.8000e-02
CS136	3.1800e+12	4.8000e-02
CS137	6.6624e+12	4.8000e-02
CS138	1.9790e+15	4.8000e-02
I128E	8.0226e+09	1.8000e-01
I128O	8.0226e+09	1.8000e-01
I129E	2.4876e+06	1.8000e-01
I129O	2.4876e+06	1.8000e-01

CS137 6.6624e+12 Nuklid, Akt. [Bq]

Abb. 3: Maske zur Erstellung eines Emissions-Datensatzes.

stoerfall

Hauptfenster

Emissionen

Emission	Zeitraum
FRJ-2 a	06.02.2006 09:20:00(WZ) - 06.02.2006 09:50:00(WZ)
FRJ-2 b	06.02.2006 09:50:00(WZ) - 06.02.2006 10:20:00(WZ)
FRJ-2 c	06.02.2006 10:20:00(WZ) - 06.02.2006 11:20:00(WZ)

Steuerung

Meteorologische Zeitintervalle

Nummer	Startzeit	Ber.
1	06.02.2006 09:20:00(WZ)	X
2	06.02.2006 09:30:00(WZ)	X
3	06.02.2006 09:40:00(WZ)	X
4	06.02.2006 09:50:00(WZ)	X
5	06.02.2006 10:00:00(WZ)	X
6	06.02.2006 10:30:00(WZ)	X
7	06.02.2006 11:30:00(WZ)	
8	06.02.2006 12:30:00(WZ)	
9	06.02.2006 13:30:00(WZ)	
10	06.02.2006 14:30:00(WZ)	

Neue Messdaten automatisch lesen

Abb. 4: Hauptfenster der Notfall-Software. Links: Liste der Emissionen, rechts: Liste der meteorologischen Zeitintervalle.

7 Berechnete Werte

Bei den Dosisberechnungen werden die Pfade Inhalation, γ -Bodenstrahlung, β -, γ -Submersion und optional auch Ingestion berücksichtigt, wobei die Dauer der Exposition bei der γ -Bodenstrahlung wählbar ist. Es stehen alle Personengruppen und Organe gemäß StrlSchV zur Verfügung.

Zusätzlich können auch die Messgrößen γ -ODL, β -Aktivitätskonzentration in Aerosolen und Bodenaktivität berechnet werden, so dass ein direkter Vergleich der Modellrechnungsergebnisse mit realen Messwerten möglich ist.

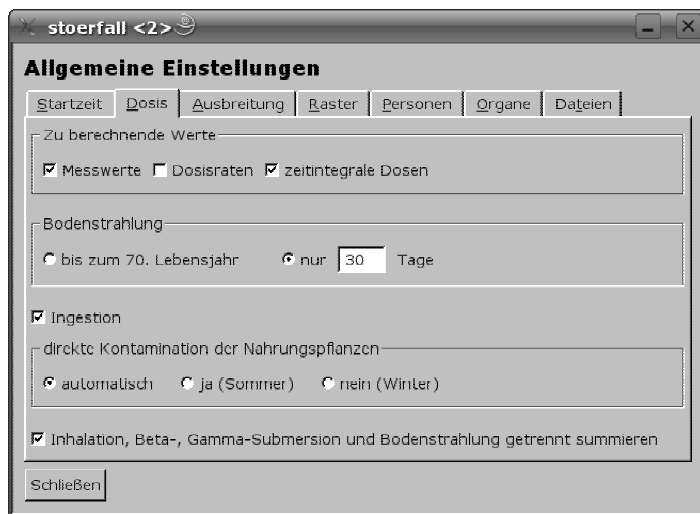


Abb. 5: Maske zur Konfiguration der zu berechnenden Werte.

8 Ablauf der Modellrechnung

Die Berechnungen erfolgen stets in Zeitintervall-Schritten (meteorologische Zeitintervalle). Nach jedem Zeitintervall wird eine Savepoint-Datei erstellt, die alle Daten des Berechnungsstands enthält. Somit ist es möglich, die Berechnung jederzeit zu einem beliebigen Stand zurückzurollen. Dies ist insbesondere dann nützlich, wenn ab einem gewissen Zeitpunkt mit Prognosedaten gerechnet wurde und später, wenn weitere Messwerte (Meteorologie, Emission) vorliegen, die Prognosedaten durch Messdaten ersetzt werden sollen. Dann muss nicht die komplette Rechnung wiederholt werden, sondern nur der letzte Teil, der mit Prognosedaten durchgeführt wurde.

9 Darstellung der Resultate

Die Ergebnisse der Modellrechnung können sowohl grafisch als auch tabellarisch dargestellt werden. Bei der grafischen Darstellung wird über die Menüleiste ausgewählt, welche Werte gezeigt werden sollen. Diese werden dann als Isolinien-Grafik vor einer vereinfachten Landkarte dargestellt. Bei der tabellarischen Darstellung werden die berechneten Werte für

eine Reihe vordefinierter Punkte, die im Katastrophenschutzplan als Messpunkte festgelegt sind, aufgeführt.

Für den Export der Resultate stehen mehrere Möglichkeiten zur Verfügung. Die grafische Darstellung kann als Grafik-Datei gespeichert oder direkt ausgedruckt werden, außerdem können die dargestellten Werte zur weiteren Verarbeitung als Datenmatrix im ASCII-Format in eine Datei geschrieben werden. Die Werte der tabellarischen Darstellung können ebenfalls im ASCII-Format gespeichert werden.

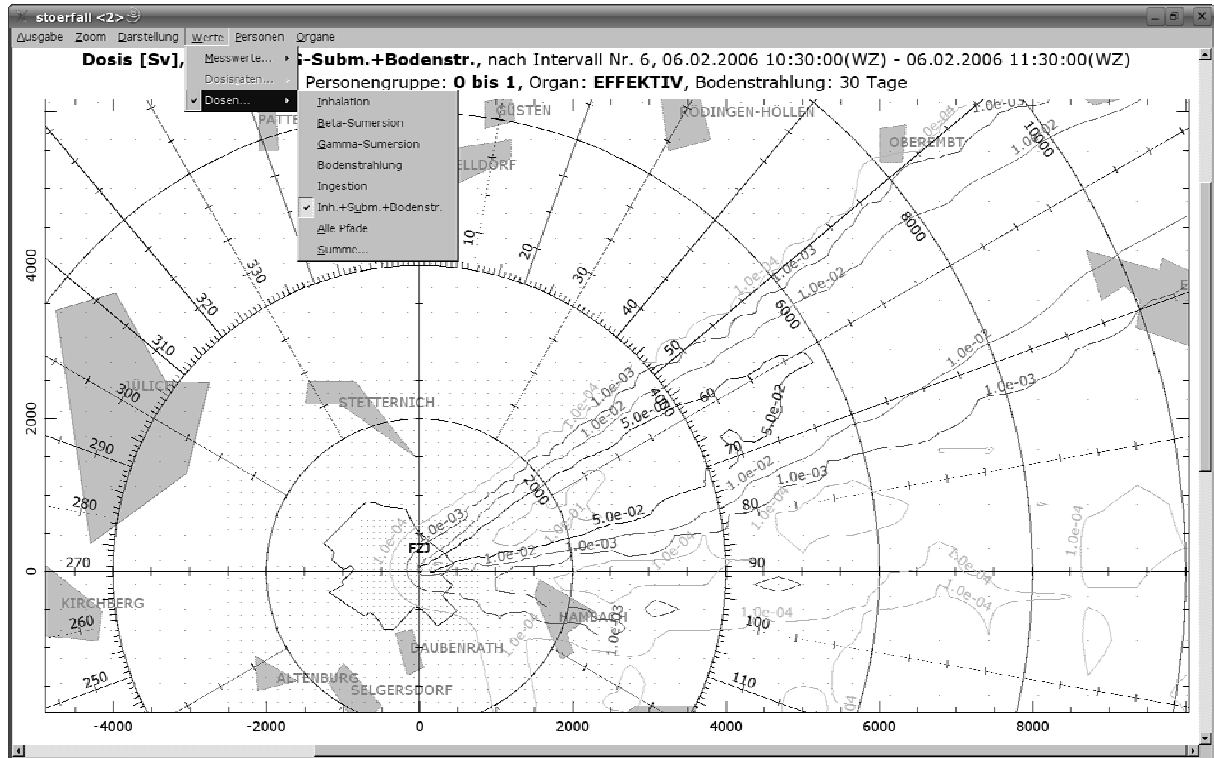


Abb. 6: Grafische Darstellung der Resultate.

stoerfall <3>

Intervall Nr. 6, 06.02.2006 10:30:00(WZ) - 06.02.2006 11:30:00(WZ)

Tabellenspalten:
 Personen
 Organe
 versch. Werte

Auswahl Werte: Dosis: Inhal.+B-Sub.+G-Sub.+Bodenstr. Summe Pfade ändern

Auswahl Person: 0 bis 1

Auswahl Organ: EFFEK TIV

Anzuzeigende Werte:
 Messwerte
 zeitintegrale Dosen

Sortieren nach: Dosis: Inhal.+B-Sub.+G-Sub.+Bodenstr.

Farbgebung:
 0 - Max.
 Grenzwerte

stoerfall ?

Auswahl der Pfade

Dosis

 Inhalation
 Beta-Submersion
 Gamma-Submersion
 Bodenstrahlung
 Ingestion

	Koordinaten [m]	Schweb-Beta-Akt. [Bq/m ³]	Gamma-ODL [Sv/h]	Boden-Akt. [Bq/m ²]	D: Inhal. [Sv]	D: D-Sub. [Sv]	D: G-Sub. [Sv]	D: Bodenstr. [Sv]	D: Ingest. [Sv]	D: Inh+BSu+GSu+Bod [Sv]
M 3 1	(1290,420)	3.68e+06	3.82e-03	5.33e+05	4.98e-02	1.89e-05	8.03e-03	5.99e-02	3.16e-01	1.17e-01
M 3 16	(1690,000)	1.00e+07	5.19e-03	4.41e+05	4.67e-02	1.70e-05	6.67e-03	4.00e-02	2.93e-01	1.02e-01
A 3 2	(8100,45/0)	3.96e+06	1.21e-03	9.21e+04	1.13e-02	3.66e-06	1.11e-03	1.16e-02	7.21e-02	2.40e-02
Z 3 (M3)	(450,300)	6.30e+05	3.62e-03	1.32e+05	1.64e-03	6.37e-07	5.93e-03	1.36e-02	3.39e-02	2.12e-02
M 4 13	(1590,260)	2.35e+05	4.22e-04	5.94e+04	8.42e-03	3.14e-06	1.89e-03	6.65e-03	4.91e-02	1.70e-02
M 4 1	(1700,190)	3.17e+04	1.57e-04	2.17e+04	1.33e-03	4.91e-07	8.22e-04	2.45e-03	9.07e-03	4.60e-03
Z 4 (M4)	(260,-280)	0.00e+00	1.26e-04	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	8.10e-04	0.00e+00	0.00e+00	8.10e-04
M 5 1	(1580,-670)	0.00e+00	1.50e-05	3.23e+03	0.00e+00	0.00e+00	4.55e-04	3.29e-04	6.33e-04	7.84e-04
A 3 4	(8360,6550)	1.05e+05	4.58e-05	2.58e+03	3.00e-04	9.67e-08	4.78e-05	3.26e-04	2.00e-03	6.73e-04
M 5 12	(1570,-700)	0.00e+00	7.32e-06	1.57e+03	0.00e+00	0.00e+00	3.51e-04	1.60e-04	3.07e-04	5.11e-04
A 3 3	(9740,3310)	4.32e+04	3.38e-05	2.47e+03	1.30e-04	3.94e-08	5.85e-05	3.16e-04	1.22e-03	5.05e-04
M 6 3	(1620,-2920)	0.00e+00	4.65e-06	1.01e+03	0.00e+00	0.00e+00	3.54e-04	1.02e-04	1.97e-04	4.57e-04
M 6 26	(2100,-3190)	0.00e+00	3.54e-06	7.69e+02	0.00e+00	0.00e+00	2.65e-04	7.01e-05	1.50e-04	3.43e-04
M 6 2	(1200,-2330)	0.00e+00	2.04e-07	4.43e+01	0.00e+00	0.00e+00	3.15e-04	4.50e-06	8.66e-06	3.19e-04
A 6 4	(3000,-5170)	0.00e+00	2.12e-06	4.59e+02	0.00e+00	0.00e+00	2.46e-04	4.67e-05	8.90e-05	2.93e-04
A 5 7	(8570,-4330)	0.00e+00	2.40e-06	5.24e+02	1.03e-04	1.99e-07	2.00e-05	6.05e-05	5.86e-04	1.84e-04
A 6 0	(7540,-7690)	0.00e+00	2.51e-06	5.46e+02	9.26e-05	3.49e-08	1.34e-05	6.08e-05	5.36e-04	1.67e-04
M 6 1	(910,-1340)	0.00e+00	5.84e-08	1.12e+01	0.00e+00	0.00e+00	1.56e-04	1.14e-06	2.19e-06	1.57e-04
M 4 2	(2520,-430)	0.00e+00	6.92e-07	1.40e+02	0.00e+00	0.00e+00	1.16e-04	1.49e-05	2.87e-05	1.31e-04
A 6 5	(5200,-6490)	0.00e+00	1.38e-06	3.00e+02	0.00e+00	0.00e+00	9.22e-05	3.08e-05	5.94e-05	1.23e-04

Abb. 7: Tabellarische Darstellung der Resultate.

8 Literatur und Verweise

- [1] www.trolltech.com
- [2] plplot.sourceforge.net
- [3] J. Straka, H. Geiß, K. J. Vogt, Diffusion of Waste Air Puffs and Plumes under Changing Weather Conditions, Beiträge zur Physik der Atmosphäre 54 (1981) 207-221.
- [4] www.janicke.de

DOSISABSCHÄTZUNG IN DER NOTFALLSTATION

DOSE ASSESSMENT IN THE EMERGENCY CARE CENTRE

H. Schnadt¹, F. Eberbach², V. Meyer³

1 TÜV Rheinland Industrie Service GmbH, Köln

2 Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz, Mainz

3 Aufsichts- und Dienstleistungsdirektion, Trier

Zusammenfassung

In einer Notfallstation werden Personen, die sich nach der unfallbedingten Freisetzung von Radionukliden während oder nach Durchzug der radioaktiven Wolke im betroffenen Gebiet aufgehalten haben, auf eine weitere medizinische Behandlungsbedürftigkeit untersucht und beraten. Die Untersuchung beinhaltet eine Dosisabschätzung auf der Grundlage an den jeweiligen Aufenthaltsorten vorherrschenden Kontaminationsbedingungen, insbesondere den Ortsdosisleistungen. Die dafür notwendigen Informationen müssen von der Katastrophenschutzleitung zur Verfügung gestellt werden. Auch unter Hinzuziehung der Daten automatisch arbeitender Messsysteme ist das keineswegs trivial, da nur an einem Bruchteil der Aufenthaltsorte Messungen unmittelbar verfügbar sein werden. Für flächenabdeckende Aussagen über die Dosisleistung müssen daher geeignete Interpolationsverfahren eingesetzt werden. Für die radiologische Fachberatungseinheit des Landes Rheinland-Pfalz wurde nach Evaluierung verschiedener Interpolationsverfahren ein einfaches Shephard-Verfahren ausgewählt. Es ist jedoch klar geworden, dass weitere Entwicklungen mit wesentlich aufwändigeren Verfahren der Datenassimilation (inverse Modellierung, Kalman-Filter) notwendig sind. Für die Dosisabschätzung in der Notfallstation selbst wurde ein Rechenprogramm auf Excel-Basis entwickelt, mit dem die notwendigen Berechnungen in kurzer Zeit auch durch nur kurz eingewiesene Feuerwehrleute möglich sind. Dieses Programm wurde in zwei Übungen im Jahr 2005 erfolgreich getestet.

In an emergency care centre persons, who stayed in the contaminated area after an accidental release of radioactivity, are examined, whether they need further medical treatment. The examination includes a dose estimation on the basis prevailing contamination conditions at the places of residence, in particular the local dose rates. The information necessary for the assessment must be provided by the disaster control centre. Even using the data of automatically working measuring systems is not by any means trivial, since measurements will be available only at a fraction of the places of residence. Therefore suitable interpolation procedures must be applied in order to get estimates of the local dose rates, which cover all residential locations in the affected region. After evaluation of different interpolation procedures the radiological assessment unit of Rhineland-Palatinate selected a simple Shephard-procedure for this purpose. It became however obvious that further development with substantially more complex procedures of data assimilation (inverse modelling, Kalman filtering) is necessary. For the dose estimation in the emergency care centre a computer programme on Excel basis was developed. Using this programme only briefly instructed firemen are able to compute the doses within a short time. This programme was successfully tested in two exercises in the year 2005.

1 Notfallstation

Die Notfallstation ist eine Einrichtung des Katastrophenschutzes nach einem Kernkraftwerksunfall mit einer Freisetzung radioaktiver Stoffe. Das Basiskonzept der Notfallstation wird in der SSK-Veröffentlichung „Medizinische Maßnahmen bei Kernkraftwerksunfällen“ [1] beschrieben. Danach ist die Notfallstation ein Ort der Dekontamination, der medizinischen und sozialen Erstversorgung sowie der Untersuchung und Beratung der Betroffenen in Bezug auf die weitere medizinische Behandlungsbedürftigkeit.

Es gibt länderspezifische Ausgestaltungen dieses Konzepts z. B. in Bayern, Baden-Württemberg, Hessen und Rheinland-Pfalz. Auch in der Schweiz gibt es mit der so genannten Kontaktstelle eine ähnliche Einrichtung mit allerdings im Detail unterschiedlichen Zielstellungen. Im Folgenden beziehen wir uns auf das rheinland-pfälzische Konzept, das im vergangenen Jahr 2005 zweimal beübt wurde. Ein Übungsziel war dabei die Überprüfung des weiter entwickelten Konzeptes zur Dosisabschätzung.

2 Probleme der Dosisabschätzung

Das in der SSK-Veröffentlichung [1] beschriebene Konzept der Notfallstation beruht auf der Überlegung, dass vor allem solche Personen identifiziert werden sollen, bei denen mit einem akuten Strahlensyndrom gerechnet werden muss. Diese Personen sollen dann nach fallweiser Notwendigkeit ambulant oder stationär medizinisch weiter untersucht und behandelt werden.

Die dafür notwendigen Feststellungen speisen sich im Wesentlichen aus zwei Quellen:

- a) der Feststellung von Frühsymptomen des akuten Strahlensyndroms
- b) der rechnerischen Abschätzung der Strahlenexposition

Von Bedeutung ist in diesem Zusammenhang, dass Notfallstationen von den exponierten Personen praktisch unmittelbar nach der Strahlenexposition angelaufen werden sollen. Daher - werden diese Katastrophenschutzeinrichtungen ggf. im Zusammenhang mit weiteren Katastrophenschutzmaßnahmen wie der Evakuierung nach der Kontamination des betroffenen Gebietes eingerichtet und betrieben. Im Allgemeinen dürfte eine Notfallstation etwa einen halben Tag bis einen Tag nach Freisetzungsbeginn aufgebaut und sodann für eine Zeitdauer von maximal einigen Tagen betrieben werden.

Hieraus ergeben sich spezifische Probleme.

Die Frühsymptomatik des akuten Strahlensyndroms ist wenige Stunden bis Tage nach der Bestrahlung nur dann deutlich ausgeprägt, wenn eine sehr hohe Strahlenexposition, etwa in der Größenordnung von einigen Gy Ganzkörperbestrahlung stattgefunden hat [2]. Falls die Schwellendosen für deterministische Effekte in der Größenordnung von 0,5 Gy bis 1 Gy nur knapp überschritten sind, sind generell die Symptome wie Übelkeit, gelegentlich Erbrechen in der Regel unspezifisch und können durchaus auch andere Ursachen, etwa im psychischen Bereich haben.

Man benötigt daher zusätzliche Indikatoren, die den Verdacht auf eine Strahlenexposition im Dosisbereich von mehreren hundert mGy bestärken. Indikatoren hierfür sollen aus der Kennt-

nis der Ortsdosisleistungen während und nach Durchzug der Wolke und den Aufenthaltsorten der Betroffenen während dieser Zeit gewonnen werden. Der Notfallstation sollen dafür Dosisleistungskarten zur Verfügung gestellt werden, die Aufenthaltsorte und -zeiten der Betroffenen sowie die ergriffenen Schutzmaßnahmen (Aufenthalt in Gebäuden) sollen durch Befragung ermittelt werden. In [1] wird diese Methode als fehlerträchtig eingestuft, allerdings ohne nähere Begründung. Man darf aber vermuten, dass dabei als Vergleichsmaßstab eine genaue, nachträgliche Dosimetrie herangezogen wurde.

Theoretisch ist die Durchführung einer Dosisabschätzung sehr einfach. Man nehme die Dosisleistung am Aufenthaltsort und multipliziere sie mit der Aufenthaltsdauer. Falls die Personen Schutz im Haus gesucht haben, dividiere man das Ergebnis durch einen passenden Schutzfaktor und erhält die Strahlendosis. Hat sich eine Person an unterschiedlichen Orten aufgehalten, wird diese Prozedur entsprechend oft durchgeführt und die erhaltenen Teildosen addiert.

Bei der praktischen Durchführung der Dosisabschätzung stößt man schnell auf einige Schwierigkeiten:

- Wie sehen Dosisleistungskarten eigentlich aus und auf welcher Grundlage (Prognoserechnung, Messungen) werden sie erstellt?
- Wie geht man vor, wenn man für die meisten Aufenthaltsorte keine Angaben hat und sich diese Angaben durch Interpolation erschließen muss?

Da in der Notfallstation auch festgestellt werden soll, ob eine hohe Schilddrüsendosis zu erwarten ist und ob deshalb bisher noch nicht eingenommene Iodtabletten verabreicht werden sollen, kommt ein weiteres Problem hinzu.

Wie schätzt oder misst man die Schilddrüsendosis der Betroffenen?

3 Ortsdosisleistungsmessungen als Basis der Abschätzung

Es kann davon ausgegangen werden, dass Entscheidungen über Katastrophenschutzmaßnahmen wie Aufenthalt in Gebäuden, Evakuierung und Einnahme von Iodtabletten bei einem kerntechnischen Unfall auf der Grundlage von Prognosen getroffen werden, d.h. die radiologische Lage beruht auf rechnerischen Abschätzungen der Strahlendosen etwa mit Entscheidungshilfesystemen wie RODOS. Die Entscheidungsgrundlage „Prognose“ ist schon deshalb gerechtfertigt, weil die Schutzwirkung der genannten Maßnahmen dann am größten ist, wenn sie vor Eintreffen der radioaktiven Wolke durchgeführt sind. Messungen sind daher eher die Basis für Maßnahmen (z. B. Eingriffe in die Lebensmittelversorgung) in der Spätphase eines kerntechnischen Unfalls.

Als Datenbasis der Dosisabschätzung in der Notfallstation, die nach dem oben Gesagten ja unmittelbar nach der Kontamination eines Gebietes erfolgen soll, stehen daher nur Prognoserechnungen einerseits oder Messungen in der Umgebung mit festen Messstationen andererseits zur Wahl.

Prognoserechnungen haben den entscheidenden Nachteil, dass der in die Rechnung eingehende Quellterm bei denjenigen Unfallszenarien, die zu wirklich hohen Strahlendosen in der Umgebung führen, sowohl von der Höhe als auch vom zeitlichen Ablauf und von der Zusam-

menetzung her unsicher ist. Zusätzlich sind solche Szenarien dadurch gekennzeichnet, dass die Freisetzung auf messtechnisch nicht überwachten Pfaden (z. B. Freisetzung aus dem Gebäude) erfolgt. Außerdem ist die reale Ausbreitung einer radioaktiven Wolke oftmals erheblich komplizierter als es die Ausbreitungsrechnung zu modellieren vermag.

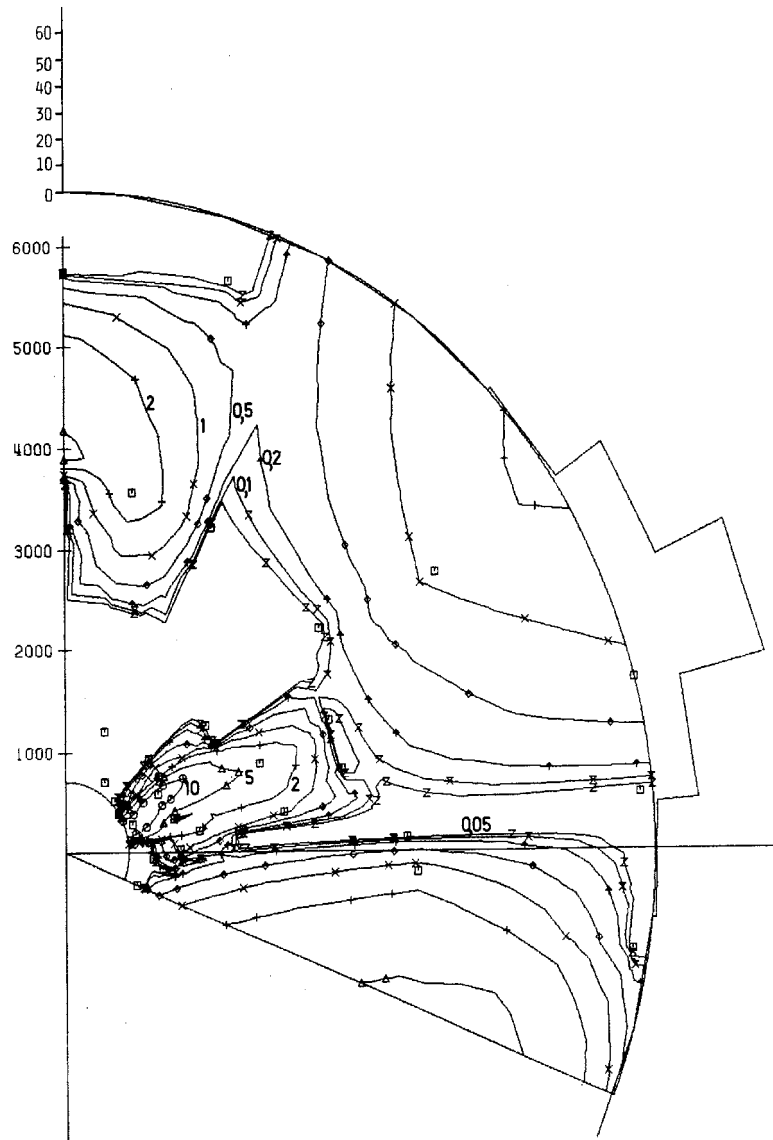


Bild 1: Aus Messungen bei einem halbstündigen Ausbreitungsexperiment (Versuch Nr. 37/1 in [3]) durch Interpolation gewonnene Konzentrationsverteilung (Messorte sind durch □ dargestellt, die gemessene Windrichtungsverteilung ist am Außenkreis angegeben)

Bild 1 zeigt als Beispiel das Ergebnis eines Ausbreitungsexperiments. Die Konzentrationsverteilung im oberen Bildbereich kann mit einem Ausbreitungsmodell, das als Eingangsdaten mittlere Windrichtungen und mittlere Windgeschwindigkeiten (in diesem Fall: 10-Minuten-Intervalle) verwendet, nicht vorhergesagt werden. Es ist zu vermuten, dass innerhalb eines Mittelungsintervalls aufgetretene Windrichtungen das Tracer-Material an Orte außerhalb der Hauptwindrichtung verfrachtet haben.

Der Vorteil von Prognoserechnungen besteht jedoch darin, dass man mit ihnen für jeden beliebigen Aufpunkt in der Umgebung Strahlendosen berechnen kann.

Die in KFÜ-Systemen vorhandenen Ortsdosisleistungsmessnetze liefern im Regelfall im Zehnminutentakt Messwerte, die zur zuverlässigen Bestimmung der Strahlendosen benutzt werden können. Der Nachteil besteht allerdings darin, dass die Messstellennetze in der Regel nicht so dicht angeordnet sind, dass alle interessierenden Aufenthaltsorte der Bevölkerung abgedeckt sind. Für die Bestimmung der externen Dosis, die in der Notfallstation von besonderer Bedeutung ist, ist die Unterscheidung von Wolkenstrahlung und Bodenstrahlung nicht wichtig. Für die Abschätzung der Inhalationsdosis muss man den Zeitraum des Durchzugs der Wolke jedoch eingrenzen können. Die dafür notwendige Kenntnis der Zusammensetzung des Nuklidgemisches muss aus Luftaktivitätsmessungen gewonnen werden. Die Höhe der Aktivitätskonzentration in der Luft ist mit der Ortsdosisleistung korreliert, wobei letztere aufgrund der weit reichenden Gammastrahlung eine Mittelung über den Raum beinhaltet. Die Unterscheidung von Wolkenstrahlung und Bodenstrahlung kann aus der Analyse des zeitlichen Verlaufs der Messwerte gewonnen werden.

Der sich andeutende Königsweg, Messungen und Prognoserechnungen zu kombinieren (Datenassimilation), ist nach Kenntnis der Autoren jedoch noch nicht zur operationellen Reife für den Einsatz in KFÜ-Systemen entwickelt. Auf den Stand entsprechender Verfahren wird in weiteren Vorträgen eingegangen [4, 5]. Die Anforderungen, die an ein operationelles Verfahren für KFÜ-Systeme zu stellen sind, entsprechen denen der Auswertung von Ausbreitungsexperimenten– allerdings nicht mit nachträglichen und für das jeweilige Experiment optimierten Verfahren, sondern online und automatisch!

In Rheinland-Pfalz wurde entschieden, zunächst Dosisabschätzungen ausschließlich auf der Grundlage von Messungen zu ermöglichen. Datengrundlage sind die Messungen des ODL-Messnetzes des KFÜ und des ODL-Messnetzes des BfS, die in der Fachberatungseinheit („radiologisches Lagezentrum“) in zeitabhängige Dosisbeiträge an Aufenthaltsorten der Bevölkerung durch Interpolation umgerechnet werden. Die Inhalationsdosisbeiträge für die Schilddrüse werden durch Messungen der Iodkonzentration in der Luft als Basis und den Ortsdosisleistungsmessungen als Anschlussmessungen ermittelt.

Wenn man die Ergebnisse in Form von Dosisleistungskarten liefert, muss der Auswertende in einer Notfallstation je nach Dosisleistungsverlauf mit einer Reihe von Karten für jeden Zeitabschnitt hantieren und den oben dargestellten an sich einfachen Rechenvorgang ausführen. Eine solche Auswertung ist zeitaufwändig und fehleranfällig.

Zur Vereinfachung dieses Vorgangs wurde entschieden, einerseits die wesentlichen Auswertungsschritte soweit wie möglich in die Fachberatungseinheit der Katastrophenschutzleitung zu verlagern sowie dort zu „automatisieren“ und andererseits den Auswertenden in der Notfallstation ein einfach zu bedienendes Rechenprogramm zur Durchführung der Abschätzung an die Hand zu geben. Die Basisdaten für dieses Rechenprogramm sollen tabellarisch als Dosisbeiträge pro Zeitintervall (typisch 30 Minuten bis 1 Stunde) für alle Wohnplätze in der Umgebung eines Kernkraftwerkess als Excel-Datei an die Notfallstation geliefert werden.

4 Interpolation

Als das wesentliche Problem der Datenaufbereitung stellte sich das Interpolationsproblem heraus. Dabei geht es darum, aus den Dosisleistungen an den Messorten auf die Dosisleistungen an den von den Betroffenen bezeichnbaren Wohnplätzen zu schließen. Die Schwierigkeit der Interpolation besteht darin, dass die Messorte nicht in einem regelmäßigen Gitter aufgestellt sind. Die Autoren haben Versuche mit einer Reihe verschiedener Interpolationsverfahren durchgeführt. Nachdem Anpassungen wie Polynomialansätze sowie Triangulation der Messorte und Interpolation auf Dreieckflächen zu völlig unbefriedigenden Ergebnissen geführt haben, wurde als aussichtsreicher Kandidat unter verschiedenen Interpolationsmethoden [6] das sogenannte Shepard-Verfahren [7] mit einigen Varianten untersucht.

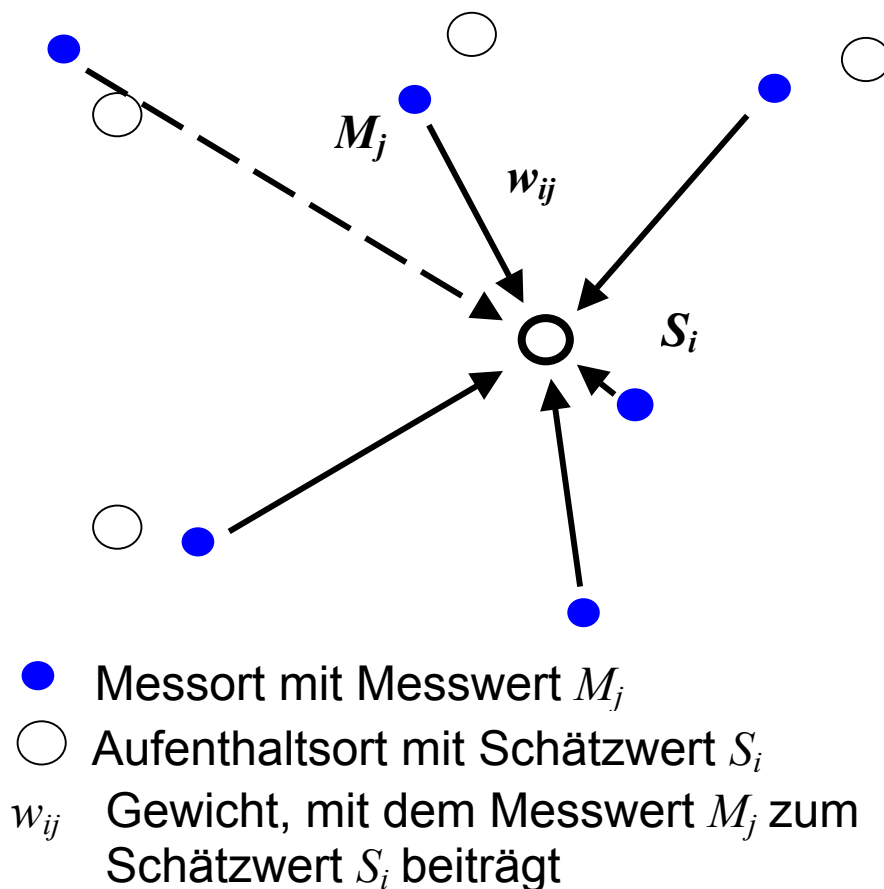


Bild 2: Interpolationsverfahren nach Shepard; $w_{ij} = \frac{1}{d_{ij}^2}$; $d_{ij}^2 = (x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2$

Bei diesem Verfahren werden die Messwerte an den dem Aufpunkt benachbarten Messorten als gewichtete Mittelwerte übernommen. Die Gewichte werden aus den Entfernungen zwischen Aufpunkt und Messorten ermittelt. Die Varianten betreffen die Anzahl und die Entfernung der einzubeziehenden Messorte sowie das Verhalten der Interpolationsflächen in der Nähe der Messorte.

Gegenwärtig wird die Interpolation mit dem Shepard-Verfahren und einer eingeschränkten Zahl von einzubeziehenden Messorten durchgeführt. Wir müssen allerdings zugeben, dass wir mit diesem wie mit allen anderen bisher untersuchten Interpolationsverfahren nicht zufrieden

sind. Es gibt einerseits zu wenige Messorte und im Interpolationsverfahren steckt andererseits zu wenig Physik. Wie wir festgestellt haben, kann für den Fall, dass wir es mit einer einfachen Ausbreitung zu tun haben, durch Hinzunahme von Windrichtung und Diffusionskategorie in einem einfachen Gauß-Fahnen-Ausbreitungsmodell schon eine deutliche Verbesserung der Schätzwerte erreicht werden. Leider ist die Wirklichkeit nicht so einfach und das Ausbreitungsmodell in etwas komplexeren Situationen für die Datenassimilation nicht brauchbar. In Verfolgung des Ansatzes, ein Modell zu hinterlegen und die Modellparameter anzupassen, landet man fast unweigerlich bei Verfahren der inversen Modellierung, die in verwandten Wissensgebieten (z.B. Meteorologie) derzeit intensiv erforscht werden.

Eine messtechnische, allerdings unrealistisch aufwändige Alternative besteht im Übrigen darin, alle Wohnplätze mit Messeinrichtungen auszustatten, so dass die Notwendigkeit der Interpolation entfällt.

5 Abschätzung der Schilddrüsendosis

Falls man den Ingestionsdosispfad ausschließen kann –was durch eine entsprechende Warnung vor dem Verzehr von im betroffenen Gebiet frisch geernteten Lebensmitteln erreicht werden sollte - resultiert die Schilddrüsendosis praktisch ausschließlich aus der Inhalation von Radioiod, das während des Wolkendurchzugs aufgenommen wird. In dieser Phase kann unterstellt werden, dass die Ortsdosisleistung im Wesentlichen aus der Wolkenstrahlung stammt. Der Beitrag der Bodenstrahlung zur Ortsdosisleistung kann dann vernachlässigt werden. Man kann zeigen, dass man mit einigen Annahmen, die aber in der Regel keine Probleme machen, den Dosisbeitrag zur Schilddrüsendosis $\Delta H_{h,j}$ in einem Zeitintervall j in Kenntnis des Nuklidvektors aus dem Dosisbeitrag zur externen Strahlung aus der Wolke $\Delta H_{w,j}$ schätzen kann.

$$\Delta H_{h,i} = k \cdot \Delta H_{w,i}$$

mit

$$k = \frac{\sum_r a_r \cdot g_{h,r}}{\sum_r a_r \cdot g_{w,r}}$$

Dabei ist V die Atemrate, a_r sind die nuklidspezifischen Anteile des Nuklidvektors sowie $g_{h,r}$ und $g_{w,r}$ die Dosiskoeffizienten für die Inhalation für das Organ Schilddrüse bzw. die externe Strahlung aus der Wolke.

Es ist dafür notwendig, den Nuklidvektor mit den nuklidspezifischen Anteilen a_r in einer Luftprobe zu messen. Zu den Annahmen gehört, dass sich die Nuklidvektoren an verschiedenen Orten nicht sehr stark unterscheiden. Eine Kontrolle der zeitlichen Veränderung ist jedoch angebracht.

Die Schilddrüsendosis kann mit der gleichen Vorgehensweise wie die externe Dosis geschätzt werden.

6 Berücksichtigung von Schutzfaktoren

Durch den Aufenthalt in Gebäuden können die Strahlendosen reduziert werden. Die Schutzfaktoren für externe Strahlung aus der Wolke und vom Boden hängen vom Gebäudebauart und dem Aufenthaltsort innerhalb der Gebäude ab und variieren beträchtlich [8]. Wir berücksichtigen diese Variation derzeit nicht, sondern setzen konservativ einen Schutzfaktor von 5 für die externe Strahlung aus der Wolke und vom Boden und von 2 für die Inhalation an [8].

7 Auswertungsprogramm

Das Auswertungsprogramm besteht aus 2 Teilen und ist als eine Serie von Excel-Makros formuliert.

7.1 Teil 1: Ermittlung der zeit- und ortsabhängigen Dosisbeiträge

Der erste Teil wird in der Fachberatungseinheit im Störfallzentrum des Ministeriums für Umwelt und Forsten eingesetzt, um aus den Messdaten der ODL-Stationen sowie einem Nuklidvektor die Dosisbeiträge an den Wohnplätzen in der Umgebung des betroffenen Kernkraftwerkes in Abhängigkeit von der Zeit zu ermitteln. Die Dosisbeiträge werden in eine Excel-Tabelle (siehe Bild 3) eingetragen und zusammen mit dem 2. Teil des Auswertungsprogramm der Notfallstation übermittelt.

	2	3	4	5	6	7	8
1			Ext. Dosis	Inhalation	Ext. Dosis	Inhalation	Ext. Dosis
2	Ortsname	Altersgruppe	07.03.2006 16:00	07.03.2006 16:00	07.03.2006 17:00	07.03.2006 17:00	07.03.2006 18:00
3	Abenheim	EW	0	0	0	0	0
4	Albersbach	EW	0	0	0	0	0
5	Albig	EW	0	0	0	0	0
6	Albisheim	EW	0	0	0	0	0
7	Allertshofen	EW	0	0	0	0	0
8	Allmendfeld	EW	0	0	0	0	0
9	Alsbach	EW	0	0	0	0	0
10	Alsbach-Hähnlein	EW	0	0	0	0	0
11	Alsheim	EW	0	0	0	0	0
12	Alzey	EW	0	0	0	0	0
13	Asselheim	EW	0	0	0	0	0
14	Auerbach	EW	0	0	0	0	0
15	Balkhausen	EW	0	0	0	0	0
16	BASF	EW	0	1	123,3	0,2	25,1
17	Bechtheim	EW	0	0	0	0	0
18	Bechtolsheim	EW	0	0	0	0	0
19	Beedenkirchen	EW	0	0	0	0	0
20	Beindersheim	EW	10,9	0,1	6,5	0	0
21	Bensheim	EW	0	0	0	0	0
22	Bermersheim	EW	0	0	0	0	0
23	Bermersheim	EW	0	0	0	0	0
24	Biblis	EW	0	0	0	0	0
25	Bickenbach	EW	0	0	0	0	0
26	Biebelnheim	EW	0	0	0	0	0

Bild 3: Auszug aus Excel-Datei mit Dosisbeiträgen an Wohnplätzen

Für Übungszwecke können simulierte Daten mit dem Rechenprogramm „PLUTO 6.0“ für den Fachberater Strahlenschutz erzeugt werden.

7.2 Teil 2: Abschätzung der Dosis in der Notfallstation

In der Notfallstation werden die auf einem Registrierungsbogen erfassten Daten zum Aufenthalt in einem Excel-Formular erfasst und ausgewertet.

Notfallstation_10 - Erfassung der Aufenthalte - Bericht Nr. 1, laufend bis 29.03.2006 11:00

Name: Mustermann, Anton Laufzettel-Nr.: 1234

	Ortschaft	Gemeinde	Kreis/Stadt	bis Zeit	Aufenthalt
A	Reichenbach			27.03.06 20:30	<input type="radio"/> Im Freien / Auto
B	Rheindürkheim	Worms	Worms	27.03.06 21:00	
	Rheindürkheimer Fahrt	Worms	Worms	27.03.06 21:30	<input checked="" type="radio"/> Im Haus
C	Riedrode			27.03.06 22:00	
D	Rodau			27.03.06 22:30	Bestätigung
E	Rosengarten			27.03.06 23:00	
F	Roxheim	Bobenheim-Roxheim	Rhein-Pfalz-Kreis	27.03.06 23:30	Übernehmen
G	Sandhofen			27.03.06 23:30	
H	Sandtorf			28.03.06 00:00	Dosisbeitrag (ext.):
I	Sandwiese			28.03.06 00:30	
J	Sankt Stephan			28.03.06 01:00	mSv
K	Schafhausen	Alzey	Alzey-Worms	28.03.06 01:30	
L	Schannenbach			28.03.06 02:00	Bisher ermittelte Schilddrüsendosis
M	Scharhof			28.03.06 02:30	
N	Scharrau			28.03.06 03:00	mSv
O	Scheuerberg			28.03.06 03:30	
P	Schmal-Beerbach			28.03.06 03:30	Bisher ermittelte externe Dosis:
Q	Schönberg			28.03.06 04:00	
R	Schornsheim	Wörrstadt	Alzey-Worms	28.03.06 04:30	mSv
S	Schwabsburg	Nierstein-Oppenheim	Mainz-Bingen		
T	Schwanheim				Ort Rheindürkheim Von 27.03.06 11:30 bis 27.03.06 20:00 Aufenthalt: Im Haus Nächster Ort oder Ende der Abschätzung
U	Seeheim				
V	Seeheim-Jugenheim				Protokoll ansehen
	Seidenbach				
	Seidenbuch				Abbruch
	Selzen	Nierstein-Oppenheim	Mainz-Bingen		
	Setzbach				Ende der Abschätzung
	Sonderbach				
	Sörgenloch	Nieder-Olm	Mainz-Bingen		
	Spiesheim	Wörrstadt	Alzey-Worms		
	Staffel				
	Stärkmühle				
	Stetten	Kirchheimbolanden	Donnersbergkreis		
	Stockstadt am Rhein				

Bild 4: Eingabeformular für Aufenthaltsort, Aufenthaltsdauer und Schutz

Das Eingabeformular erlaubt eine einfache Auswahl der in Frage kommenden Aufenthaltsorte, Aufenthaltsdauern und Schutzangaben. Die jeweilige Teildosis für die Dosis aus externer Strahlung und die Schilddrüsendosis wird jeweils angezeigt und in einem Protokoll vermerkt. Falls die Dosisrichtwerte für die Schilddrüsendosis erreicht oder überschritten werden, wird der Messwert einer Dosisleistung an der Schilddrüse angefordert.

7.3 Rückfallebene

Für den Fall, dass eine Übertragung der Excel-Datei mit den Dosisbeiträgen von der Katastrophenschutzleitung nicht möglich ist, wurde eine Rückfallebene realisiert. Diese besteht darin, dass von der Fachberatung Strahlenschutz eine per Telefax übertragbare Liste mit den Angaben nach *Bild 3* erzeugt wird. Der Unterschied zur Excel-Datei besteht darin, dass nur die Aufenthaltsorte aufgeführt werden, die einen wesentlichen Beitrag zur Dosis liefern können. Dadurch wird der Umfang erheblich verkürzt. In der Notfallstation wird diese Liste mit einem Formular ausgewertet.

8 Übungserfahrungen

Das beschriebene Rechenprogramm wurde in zwei Notfallstations-Übungen im Jahr 2005 in Rheinland-Pfalz eingesetzt. Diese fanden am 23.04.2005 in Schifferstadt und am 25.06.2005 in Alzey unter Beteiligung nationaler und internationaler Beobachter statt. Weitere Übungsziele neben der Überprüfung der Praxiseignung des Programms waren die Überprüfung der Eignung der für die Notfallstation ausgesuchten Objekte (in einem Fall ein Sportzentrum und im anderen Fall ein Schulzentrum), die Kommunikation mit der örtlichen Katastrophenschutzleitung, die Ermittlung des Zeitaufwandes für die Einrichtung und den Betrieb sowie die Flüssigkeit des Ablaufs in der Notfallstation.

Es wurden jeweils drei mit Notebook-PCs eingerichtete Arbeitsplätze geschaffen, auf die die Excel-Programme mit den simulierten Messdaten über Dosisbeiträge übertragen wurden. In der technischen Einsatzleitung war ein weiterer Notebook-PC vorhanden. Die Arbeitsplätze wurden von Mitgliedern der Freiwilligen Feuerwehr besetzt, die zuvor eine kurze Einweisung in das Programm erhalten hatten.

In Bezug auf die rechnerische Ermittlung der Strahlenexposition in der Notfallstation zeigte sich, dass die aktuelle Übermittlung der Basisdaten von der örtlichen Katastrophenschutzleitung (KSL) in die technische Einsatzleitung (TEL) und von dort in die Station, in der die Dosisabschätzung durchgeführt wurde, zunächst noch technische Probleme bereitete. Diese wurden improvisiert überwunden, indem statt einer drahtgebundenen Übermittlung die Daten zwischen der KSL und der TEL Notfallstation per Datenfernübertragung über Mobiltelefone (langsam!) und innerhalb der Notfallstation über USB-Sticks transportiert wurden. Hier wird in Zukunft darauf zu achten sein, dass die vorhandene Kommunikationsinfrastruktur in den Objekten zugänglich ist und ausgenutzt werden kann.

Es gab keinerlei Probleme mit der Handhabung des Programms. Die Abschätzungen wurden zu allergrößten Teil – auf der Basis der übermittelten Angaben – korrekt durchgeführt. Pro Person dauerte die Auswertung in Mittel weniger als drei Minuten. Damit konnte die Station ohne Wartezeiten durchlaufen werden. Die rechnerisch vorgegebene Kapazität (1000 Personen/Tag) wurde damit erreicht. Die Rückfallebene - Übermittlung der Basisdaten per Fax und die manuelle Auswertung - wurde nicht geübt.

9 Literatur

- [1] Medizinische Maßnahmen bei Kernkraftwerksunfällen, Veröffentlichungen der SSK Band 4, Stuttgart, Jena, New York: Gustav Fischer Verlag, 1995, derzeit in Überarbeitung
- [2] Der Strahlenunfall, Veröffentlichungen der SSK Band 32, Stuttgart, Jena, Lübeck, Ulm: Gustav Fischer Verlag, 1996, derzeit in Überarbeitung
- [3] Thomas, P.; Dilger, H.; Hübschmann, W., Schüttelkopf, H.; Vogt, S.: Experimental Determination of the Atmospheric Dispersion Parameters at the Karlsruhe Research Center for 60 m and 100 m Emission Heights, Part 1: Measured Data, KfK 3090, Karlsruhe: Kernforschungszentrum, September 1981

- [4] Gering, F.: Korrektur von Depositions-Prognosen mittels Datenassimilation (in diesem Band)
- [5] Kaiser, C., Pröhl, G.: Ein Modell zur Nutzbarmachung von Monitoringmessungen in städtischer Umgebung zur Entscheidungshilfe mit Datenassimilation (in diesem Band)
- [6] Yang Ch, Kao S., Lee F., Hung P.: Twelve Different Interpolation methods: A Case Study of Surfer 8.0, Geo-Imagery Bridging Continents, XXth ISPRS Congress, 12-23 July 2004 Istanbul, Turkey. <http://www.isprs.org/istanbul2004/comm2/papers/231.pdf> (Zugriff am 03.04.2006)
- [7] NAG_F77_ROUTINES, Documentation for Individual Routines, http://www.scs.fsu.edu/~burkardt/pdf/nag_f77/nag_f77_routines.html (Zugriff am 03.04.2006)
- [8] Leitfaden für den Fachberater Strahlenschutz der Katastrophenschutzleitung bei kern-technischen Notfällen, Berichte der SSK Heft 36, Elsevier, 2004

DER NEUE MAßNAHMENKATALOG - ZIELE UND STAND DER ÜBERARBEITUNG

THE NEW CATALOGUE OF COUNTERMEASURES – AIMS AND STATE OF THE REVISION

H. Schnadt¹, G. Haase², W. Pfeffer³, I. Strilek⁴

1 TÜV Rheinland Industrie Service GmbH, Köln

2 Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel, Kiel

3 Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit mbH, Köln

4 Bundesamt für Strahlenschutz, Berlin

Zusammenfassung

Der 1999 erschienene „Maßnahmenkatalog“ beschreibt Maßnahmen, die nach einer erheblichen Freisetzung radioaktiver Stoffe in den Bereichen des Katastrophenschutzes und der Strahlenschutzvorsorge ergriffen werden können. Sein Spezifikum im Vergleich mit anderen Ausarbeitungen ähnlicher Art, z.B. dem schweizerischen Maßnahmenkatalog oder dem Compendium von Maßnahmen in Ernährungsproduktionssystemen (Ergebnis des EU-STRATEGY-Projektes), besteht darin, dass er als Arbeitshilfe konzipiert ist. Ausgehend von Schätz- oder Messwerten der Umweltradioaktivität wird man im ersten Band sukzessive zu den in der jeweiligen Situation diskussionswürdigen Maßnahmen geführt. Dabei spielen abgeleitete Richtwerte eine wichtige Rolle. In einem zweiten Band werden wichtige Basisdaten und Rechenmodelle dargestellt und erläutert. Der Maßnahmenkatalog wurde im vergangenen Jahr durch einen dritten Band zur Behandlung und Beseitigung von kontaminierten Abfällen im Bereich von Landwirtschaft und Ernährung erweitert. Derzeit laufen Abschlussarbeiten mit dem Ziel einer Neubewertung einzelner Maßnahmen, die sich aus den Diskussionen um die Abfallbeseitigung und mit potenziell Betroffenen (Stakeholder) ergeben haben. Angeregt durch englische Arbeiten werden Aspekte der Akzeptanz näher beleuchtet und die sich daraus ergebenden Folgerungen für eine Gesamtstrategie dargestellt.

The catalogue of countermeasures published in 1999 describes measures, which can be implemented after a significant release of radioactive substances within the framework of disaster control and precautionary radiological protection. Its special kind compared with other publications, e.g. the Swiss countermeasure catalogue or the compendium of countermeasures in the management of food production systems (result of the European Union-STRATEGY-project), results from the fact that he is conceived as working aid. On the basis of estimated or measured values of the environmental radioactivity one is led step by step to the countermeasures discussion-worthy in the respective situation. For this, derived intervention levels play an important role. Further, in a second volume important background data and formulas are given. The catalogue was extended in the past year by a third volume dealing with the treatment of agricultural products and removal of contaminated wastes. At present final work is running with the goal of a review of countermeasures, which resulted from the discussions around the waste disposal and with stakeholders. Stimulated by English publications some aspects of acceptance are considered and the conclusions with respect to an overall strategy are presented.

1 Historisches

Der sogenannte Maßnahmenkatalog [1] stellt eine Reaktion auf den Unfall im Kernkraftwerk Tschernobyl im April 1986 dar. Nach der Kontamination weiter Teile Europas wurden eine Vielzahl (ca. 80 ohne Varianten) von Maßnahmen - zum Teil sehr kontrovers – diskutiert, mit denen der aus der Kontamination folgenden Strahlenexposition begegnet werden sollte. Der Maßnahmenkatalog wurde konzipiert als eine Zusammenfassung dieser Diskussion mit dem Ziel, den verantwortlichen Stellen in der Bundesrepublik Deutschland eine umfassende Entscheidungsunterstützung an die Hand zu geben. Nachdem nur einige Monate nach dem Tschernobyl-Unfall das Strahlenschutzvorsorge-Gesetz [2] verabschiedet und in Kraft gesetzt wurde, mit dem wesentliche Entscheidungskompetenzen im Strahlenschutzvorsorgefall auf die Bundesregierung übertragen wurden, ist die Zahl der eigentlichen Adressaten des Maßnahmenkataloges relativ klein. Es handelt sich um die Fachbeamten des Bundes und der Bundesländer sowie ihre Beratungsgremien.

Die erste Fassung des Maßnahmenkatalogs erschien 1992 und wurde in einigen Übungen unter Beteiligung der Strahlenschutzkommission erprobt. Die derzeit gültige Fassung erschien im Jahr 1999. In dieser Fassung wurde ein Konzept realisiert, mit dem auf der Basis der jeweils verfügbaren Informationen die in Frage kommenden Maßnahmen gefunden werden können. Dabei werden sowohl Katastrophenschutzmaßnahmen als auch Strahlenschutzvorsorgemaßnahmen erfasst.

Für Katastrophenschutzmaßnahmen sind in den Radiologischen Grundlagen [3] Dosis-Richtwerte festgelegt, bei deren Überschreitung über die Implementierung zu entscheiden ist. Da es sich dabei um erwartete Strahlendosen handelt, die der unmittelbaren Messung nicht zugänglich sind, werden die Überschreitungskriterien in abgeleitete Richtwerte umgesetzt. Abgeleitete Richtwerte liegen z. B. als Ortsdosisleistungen, Aktivitätskonzentrationen in der Luft, Bodenkontamination oder spezifischen Aktivitäten in verschiedenen Medien, insbesondere in Nahrungsmitteln, vor. Die Kommission der Europäischen Gemeinschaft hat im Jahr 1987 festgelegt, bis zu welchen höchstzulässigen Gehalten von Radioaktivität Nahrungs- und Futtermitteln in den Verkehr gebracht werden dürfen (EU-Höchstwerte)[4]. Es handelt sich um einen Vorratsbeschluss, der nach einem unfallbedingtem Kontaminationsereignis in Kraft gesetzt wird. Die EU-Höchstwerte sind ihrer Natur nach abgeleitete Richtwerte.

Das Spezifikum des Maßnahmenkataloges auch im Vergleich mit ähnlichen Publikationen besteht darin, dass er bei gegebenen Mess- oder Schätzwerten der Umweltkontamination ein Schema zum Finden von potenziell geeigneter Maßnahmen enthält. Hierzu gibt es ein gestuftes System von tabellarischen und textlichen Darstellungen nach Abbildung 1. Die folgenden Abbildungen zeigen Beispiele für die einzelnen Stufen.

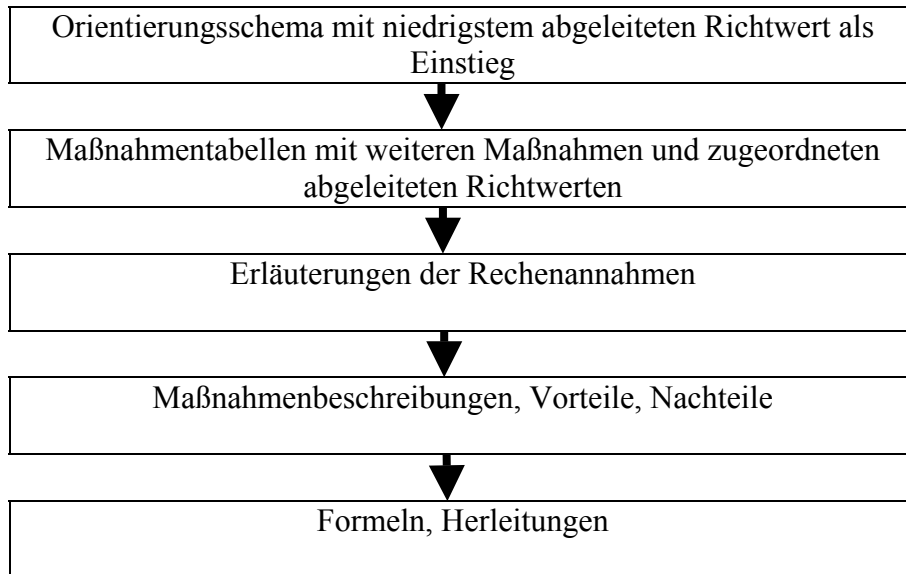


Abbildung 1: Ablaufschema zum Aufsuchen potenziell geeigneter Maßnahmen

Bodenkontamination	Katastrophenschutzmaßnahmen	Cs 137 3,0E+07 Bq/m ² I 131 6,0E+07 Bq/m ² Te 132 1,3E+07 Bq/m ²	BK-NU-1 S. 2-17
Bodenkontamination	Strahlenschutzvorsorgemaßnahmen	Cs 137 1,2E+07 Bq/m ² I 131 8,7E+07 Bq/m ² Am 241 2,5E+06 Bq/m ² Pu 239 2,5E+06 Bq/m ² Sr 90 6,1E+08 Bq/m ²	BK-NU-2 S. 2-18
Bodenkontamination	Landwirtschaftliche Maßnahmen	Cs 137 6,5E+02 Bq/m ² I 131 7,0E+02 Bq/m ² Sr 90 5,0E+05 Bq/m ²	BK-NU-3 S. 2-19

Angegeben ist der niedrigste abgeleitete Richtwert, der zu einer Maßnahme führt.

Abbildung 2: Ausschnitt aus den Orientierungstabellen. Dargestellt sind jeweils die niedrigsten Bodenkontaminationswerte, die zur Überschreitung der Dosis-Richtwerte bzw. der EU-Höchstwerte führen können. Rechts sind die Verweise zu den sog. Maßnahmentabellen.

Bodenkontamination		BK-NU-2
Cs 137¹		
Abgeleiteter Richtwert (Bq/m ²)	Strahlenschutzvorsorgemaßnahme	Tabelle/Seite
1,2E+07	Langfristige Umsiedlung	5.1-2 S. 5-3
2,1E+07	Temporäre Umsiedlung	5.1-1 S. 5-3
Verweis auf Erläuterung der Annahmen		
¹ Angaben auch für die Radionuklide Sr 90, I 131, Am 241, Pu 239, sofern relevant		

Abbildung 3: Beispiel für eine Maßnahmentabelle. Falls die Bodenkontamination größer als $1,2 \text{ E}+7 \text{ Bq/m}^2$ ist, kommt die langfristige Umsiedlung in Frage, falls sie größer als $2,1 \text{ E}+7 \text{ Bq/m}^2$ ist, auch die temporäre Umsiedlung (zu beachten sind die unterschiedlichen Integrationszeiten von 1 Jahr bzw. 1 Monat).

Tabelle 5.1.2 Bodenkontaminationen, die innerhalb eines Jahres zu einer effektiven Dosis von 100 mSv durch Bodenstrahlung führen können	
Nuklid	Bodenkontamination (Bq/m ²)
*I 131	3,1E+07
Cs 137	1,2E+07

„**“ Referenznuklid

Expositionspfad: Gamma-Bodenstrahlung

Expositionszeit: 1 Jahr

Freisetzung: früh (6 Stunden nach Abschalten des Reaktors)

Bodenkorrekturfaktor: $b = 0,5$ (siehe Kapitel 8)

zugrundeliegende Gleichung: (3.1) im Kapitel 8, Abschnitt 8.3

Bei Berücksichtigung realer Verhaltensweisen wie Aufenthalt in Häusern 20 Stunden/Tag und einem Schutzfaktor in Häusern gegen Bodenstrahlung von wenigstens 10 ist eine effektive Dosis von 100 mSv erst bei einer um den Faktor 4 höheren Bodenkontamination zu erwarten.

Abbildung 4: Beispiel für eine Erläuterung der Rechenannahmen

2 Parallele Entwicklungen

Der deutsche Maßnahmenkatalog ist nicht einzigartig. Auch in anderen Staaten wurden entsprechende Ausarbeitungen vorgestellt, z. B. in der Schweiz [5]. Hier soll vor allem auf zwei europäische Projekte hingewiesen werden, die im Rahmen des 5. EU-Forschungsprogramms durchgeführt wurden. Im Programm STRATEGY (Sustainable Restoration and Long Term Management of Contaminated Rural, Urban and Industrial Ecosystems) sollten Methoden entwickelt werden, durch die einzelnen Gegenmaßnahmen zu einer robusten, realistischen, kosteneffektiven und sozial annehmbaren Strategie der Wiederherstellung der Lebensbedingungen kombiniert werden können [6]. Das wesentliche Ergebnis besteht in einer Sammlung von Maßnahmenblättern (templates), in denen die Maßnahmen unter verschiedenen Gesichtspunkten beschrieben und bewertet werden. Diese gliedern sich in die folgenden Bereiche (In Klammern die Zahlen der Maßnahmenblätter):

- Landwirtschaftliche Maßnahmen (24),
- Ländliche Abfallbeseitigungsoptionen (12),
- Maßnahmen in der Forstwirtschaft (3),
- Maßnahmen in aquatischen Systemen (7),
- Dekontaminationsmaßnahmen in Städten und industriellen Anlagen (35),
- Maßnahmen im sozialen/ humanen/kommunikativen Bereich (11).

Daneben werden eine Reihe von Maßnahmen aufgeführt, die aus verschiedenen Gründen als nicht empfehlbar gelten. Die Arbeiten an den Maßnahmenblättern werden im 6. EU-Forschungsprogramm im Rahmen des EURANOS-Projektes fortgeführt und haben als erstes Ergebnis zu einem Kompendium von Gegenmaßnahmen für das Management von Nahrungsmittel-Produktionssystemen geführt [7].

Das FARMING-Projekt (**F**ood and **A**griculture **R**estoration **M**anagement **I**nvolving **N**etworked **G**roups) wurde ebenfalls im Rahmen des 5. EU-Forschungsprogramm in enger Zusammenarbeit mit dem STRATEGY-Projekt durchgeführt. Dabei ging es im Wesentlichen darum, auf europäischer Ebene ein Netzwerk zu schaffen, innerhalb dessen die Maßnahmen mit Betroffenen (Stakeholder) diskutiert werden sollten, um so zu praktikablen Maßnahmen vorwiegend im Agrarbereich zu gelangen. Die Ergebnisse wurden in einem abschließenden Workshop im September 2003 diskutiert [8]. Die Ergebnisse dieses Workshops haben gezeigt, dass die Beteiligung von Betroffenen an der Diskussion und Planung von Maßnahmen überaus nützlich sein kann. Daher haben sich mehrere europäische Staaten, darunter Deutschland, entschlossen, ihrerseits ähnlich vorzugehen. Neben der Überprüfung der Geeignetheit von Maßnahmen werden dabei vor allem Akzeptanzgesichtspunkte behandelt. Hierauf wird im Weiteren noch eingegangen.

3 Zielsetzung der Überarbeitung

Im Maßnahmenkatalog wurde das aus den Maßnahmen rührende Abfallproblem zwar erkannt, aber nicht detailliert behandelt. Auf jeden Fall wurde davon ausgegangen, dass die Abfallbeseitigung ein erhebliches Problem darstellen wird und empfohlen, die Abfallmenge z. B

durch Verarbeitung so gering wie möglich zu halten. Dieses Problem war demnach einer intensiveren Diskussion zuzuführen. Folgende Fragen waren noch zu beantworten:

- Was soll mit dem kontaminiertem Abfall geschehen, der bei einem kerntechnischen Unfall vor allem in der Landwirtschaft und in der Ernährungsindustrie anfallen kann?
- Welche Mengen fallen an?
- Welche Optionen zur Abfallbehandlung gibt es? Welche Vor- und Nachteile haben sie?
- Wie passen Sie in die „normale“ Infrastruktur der Abfallverwertung und –beseitigung?

Hierzu hat eine Arbeitsgruppe des Notfallausschusses der SSK – teilweise auf der Basis eines Forschungsberichtes [9] – einen dritten Teil des Maßnahmenkataloges erarbeitet [10]. Nähere Ausführungen dazu werden in einem weiteren Vortrag in diesem Fachgespräch gemacht [11].

Bei der Bearbeitung des dritten Teils wurde deutlich, dass auch für die ersten beiden Teile des Maßnahmenkatalogs ein Überarbeitungsbedarf besteht. Dieser wird im Folgenden stichpunktartig aufgeführt:

- Ortsdosisleistung als abgeleiteter Richtwert stärker hervorheben (Erstellung von Maßnahmentabellen jeweils für Katastrophenschutz- und Strahlenschutzvorsorgemaßnahmen), Grafiken hierzu umgestalten,
- Berechnungen der abgeleiteten Richtwerte im Licht neuer Erkenntnisse (Dosiskoeffizienten!, Annahmen) überprüfen,
- Maßnahmenliste und –Bewertung mit STRATEGY-Daten /EURANOS-Handbuch abgleichen,
- Zugriff auf alle empfehlbaren Maßnahmen über Orientierungsschemata und Maßnahmentabellen gewährleisten ,
- Ergebnisse der Stakeholder-Seminare/Akzeptanzproblematik einbeziehen (siehe Abschnitt 4.2).

Angeregt durch englische Arbeiten (u. a. [12]) wurde erkannt, dass sich auch die auf kontaminierten Abfall bezogenen Maßnahmen in einem Gesamtkonzept wieder finden müssen, welches abhängig von der Höhe der Kontamination die normale Verwertung, Umsteuerung der Verwertung auf radiologisch günstigere Wege, Dekontaminationsmaßnahmen und die Beseitigung als Abfall umfasst. Die Arbeitsgruppe hat solche Strategien für die Produktgruppen Milch, Fleisch, Gemüse, Getreide, Obst und Wein formuliert. Diese Strategien gehen über die Problematik kontaminierten Abfalls hinaus. Sie passen von der Systematik her eher in den maßnahmenbezogenen Teil 1. Die Arbeitsgruppe hat daher eine Umstrukturierung der Bände vorgeschlagen. Danach bezieht sich der Teil 1 des Maßnahmenkatalogs als Arbeitsmittel in der Entscheidungssituation vornehmlich auf die Auswahl von Maßnahmen, während im Teil 2 eher Hintergrundinformationen und Begründungen (Herleitungen, Formeln, usw.) zusammengestellt sind.

4 Stand der Überarbeitung

4.1 Umstrukturierung, Überprüfung

Die oben Aufgaben wurden von der Arbeitsgruppe im letzten halben Jahr in unterschiedlicher Tiefe bearbeitet. Die Arbeiten werden voraussichtlich in diesem Jahr abgeschlossen.

4.2 Akzeptanz

Die Akzeptanz von Maßnahmen bei den Betroffenen ist eine wichtige Voraussetzung für die erfolgreiche Umsetzung. Um sie bei der Maßnahmenauswahl angemessen berücksichtigen zu können, ist es notwendig, Kenntnisse über die Einstellung der Betroffenen zu den vorgesehenen Maßnahmen zu haben. Daher wurden im Auftrag des BMU/BfS aufbauend auf den Erfahrungen im FARMING-Projekt im letzten halben Jahr insgesamt vier Workshops durchgeführt, in denen potenziell Betroffene mit den im Maßnahmenkatalog erörterten Maßnahmen bekannt gemacht wurden und ihre Meinung dazu erfragt wurden. Eine abschließende Auswertung steht noch aus. Dennoch sollen an dieser Stelle einige bemerkenswerte Ergebnisse dargestellt werden. Weiteres wird im Beitrag von Haase [11] in diesem Band dargestellt.

Wie oben bereits ausgeführt wurde, orientiert sich der Maßnahmenkatalog im Hinblick auf die Auslösung von Maßnahmen einerseits an den Dosisrichtwerten der „Radiologischen Grundlagen“ - insbesondere bei Katastrophenschutzmaßnahmen - und andererseits im Nahrungs- und Futtermittelbereich an den EU-Höchstwerten. Es stellt sich die Frage, ob diese Schwellenwerte von den Betroffenen als vernünftige Grenzen zwischen Handeln und Nicht-Handeln, die sie aus radiologischer Sicht zweifellos sind, akzeptiert werden. Betrachtet man den Bereich Ernährung und Landwirtschaft, so gibt es für unterhalb der EU-Höchstwerte kontaminierte Nahrungsmittel im Ereignisfall formal keine Einschränkungen der Verkehrsfähigkeit. Es ist auch möglich, durch entsprechende Dekontaminationsmaßnahmen oberhalb der EU-Höchstwerte kontaminierte Nahrungs- und Futtermittel verkehrsfähig zu machen. Dies funktioniert allerdings nur in dem Rahmen, der durch den Dekontaminationsgrad des Dekontaminationsverfahrens bzw. der technologischen Behandlung gegeben ist.

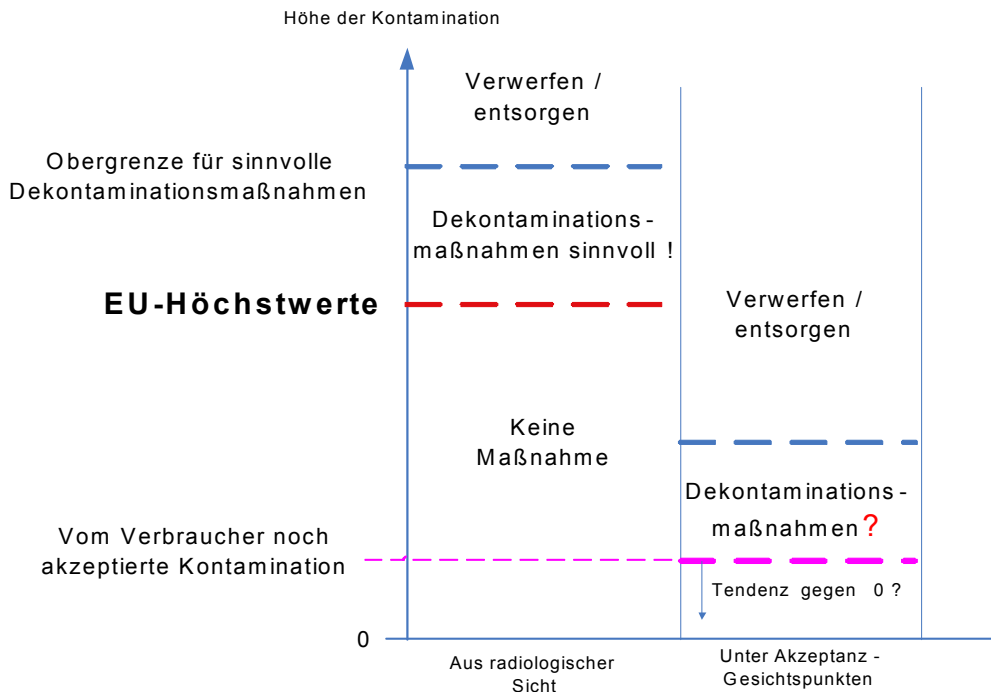


Abbildung 5: Maßnahmenbereiche in Abhängigkeit von der Höhe der Kontamination aus radiologischer Sicht und unter Akzeptanz-Gesichtspunkten

Aus radiologischer Sicht gibt es daher drei Bereiche der Kontamination:

- Unterhalb der EU-Höchstwerte sind keine Maßnahmen erforderlich – und wenn man unterstellt, dass es sich um zumindest vorläufig optimierte Werte handelt – auch nicht sinnvoll, weil die Maßnahmen mehr Schaden als Nutzen stiften würden.
- Oberhalb der EU-Höchstwerte können bis zu einer maximalen spezifischen Aktivität Dekontaminationsverfahren bzw. Verarbeitungsverfahren mit entsprechenden Dekontaminationseffekten eingesetzt werden.
- Falls die spezifische Aktivität diese maximale spezifische Aktivität überschreitet, bleibt nur der Weg des Verwerfens der Lebens- und Futtermittel und der Entsorgung als Abfall zur Beseitigung.

Diese Bereiche sind in *Abbildung 5* auf der linken Seite dargestellt.

Als Ergebnis der Diskussionen (rechte Seite in *Abbildung 5*) zeigt sich jedoch, dass Verarbeiter und Handel davon überzeugt sind, dass die Verbraucher auch unterhalb der EU-Höchstwerte kontaminierte Lebensmittel nicht akzeptieren werden. Verarbeiter und Handel werden entsprechend dieser Einschätzung versuchen, nur Ware zu verarbeiten und anzubieten, die glaubwürdig als kontaminationsfrei einzustufen ist. Damit würde die Verarbeitung kontaminierter Lebensmittel unabhängig davon, ob eine Kontamination oberhalb oder unterhalb der EU-Höchstwerte vorliegt, als Option weitgehend ausscheiden und damit die Entsorgung an Bedeutung zunehmen. Es ist vermutlich im Rahmen der Planung nicht vorherzusagen, wie stark dieser Effekt sein wird bzw. wie sich bei veränderten Preisen die Nachfrage auch nach geringer kontaminierten Produkten entwickelt. Vermutlich hängt dies auch von den Umständen der aktuellen Situation ab. Es ist unter diesen Gesichtspunkten jedoch zweckmäßig, die Entsorgungsoptionen planerisch zu durchdenken und die dafür notwendigen gesetzlichen Rahmenbedingungen vorzubereiten.

Während Verarbeiter und Handel selbst bei einer großräumigen Kontaminationslage die Möglichkeit haben dürften, auf alternative, unkontaminierte Produkte auszuweichen, gibt es diese Möglichkeit für einen betroffenen Erzeuger nicht. Dabei muss es nicht auf die tatsächliche Kontamination ankommen, sondern nur auf den „Makel“ der Herkunft. In diesem Zusammenhang lehrt die Erfahrung von Tierseuchen (Maul- und Klauenseuche, BSE, usw.), dass das Herkunftsgebiet umso größer angesehen wird, je weiter die Standorte der potenziellen Abnehmer entfernt sind. So können eigentlich nicht betroffene Erzeuger zu Betroffenen werden. Angesichts der häufig engen Liquiditätslage der Erzeuger wird daher die Frage der Ernteschädigung/Kompensation sehr schnell anstehen. Die Erzeuger stehen außerdem vor der Frage, welchen Aufwand sie treiben sollen, um die Produktionsfähigkeit zu behalten, z. B. indem Milchvieh durchgefüttert wird. Sie erwarten daher, dass sehr schnell verlässliche Angaben darüber vorliegen, ob und wann in dem kontaminierten Gebiet eine Erzeugung marktgängiger, „unkontaminierter“ Produkte möglich ist. Das ist dann zumindest teilweise eine radioökologische Fragestellung.

5 Literatur

- [1] Übersicht über Maßnahmen zur Verringerung der Strahlenexposition nach Ereignissen mit nicht unerheblichen radiologischen Auswirkungen (Maßnahmenkatalog) (2 Bände)
Bonn: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Oktober 1999
- [2] Gesetz zum vorsorgenden Schutz der Bevölkerung gegen Strahlenbelastung (Strahlenschutzvorsorgegesetz - StrVG), BGBl. I 1986, S. 2610
- [3] Radiologische Grundlagen für Entscheidungen über Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung bei unfallbedingten Freisetzungen von Radionukliden, GMBL. 28/29, 12.11.1999
- [4] Verordnung (EURATOM) Nr. 3954/87 des Rates vom 22.12.1987 zur Festlegung von Höchstwerten an Radioaktivität in Nahrungsmitteln und Futtermitteln im Falle eines nuklearen Unfalls oder einer anderen radiologischen Notstandssituation
Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 371/11-13, 30.12.87.
- [5] Eidgenössische Kommission für ABC-Schutz: Umsetzung Dosis-Maßnahmen-Konzept (DMK): Maßnahmen zur Verringerung der Strahlenexposition nach einem Kernkraftwerksunfall (Maßnahmenkatalog DMK), 2003
- [6] <http://www.strategy-ec.org.uk/> (abgefragt am 01.04.2006)
- [7] Compendium of countermeasures for the management of food productions systems
<http://www.strategy-ec.org.uk/EURANOS/euranos.htm> (abgefragt am 01.04.2006)
- [8] <http://www.ec-farming.net/> (abgefragt am 01.04.2006)
- [9] Hemke, J., Hermann, B., Hunck, F., Nottelmann, G.: Radioaktive Reststoffe und Abfälle nach Störfällen, deren Behandlung, Verwertung und Beseitigung, Vorhaben StSch 4115, 1999.
- [10] Maßnahmenkatalog Band 3: Behandlung und Entsorgung kontaminierter landwirtschaftlicher Produkte , Stand: September 2005 (unveröffentlicht, Kurzinformation unter <http://www.ssk.de/werke/kurzinfo/2005/ssk0507.htm>, abgefragt am 01.04.2006))
- [11] Haase, G, Pfeffer, W., Schnadt, H., Stilek, I.: Teil 3 des Maßnahmenkatalogs zur Behandlung und Entsorgung kontaminierter landwirtschaftliches Produkte am Beispiel der Milch
(in diesem Band)
- [12] Nisbet, A. F., Mondon, K. J.: Development of Strategies for Responding to Environmental Contamination Incidents Involving Radioactivity: UK Agriculture and Food Countermeasures, Working Group 1997.2000, NRPB-R331, November 2001.

HARNESSING MONITORING MEASUREMENTS IN URBAN ENVIRONMENTS FOR DECISION MAKING AFTER NUCLEAR ACCIDENTS

J. Chr. Kaiser, G. Pröhl

Institut für Strahlenschutz, GSF – Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit

Neuherberg

Abstract

This article gives an overview on the conceptual design of the Inhabited Areas Monitoring Module IAMM which will be introduced into European decision support systems for nuclear emergencies. It will improve the use of monitoring data of radioactive contamination in urban environments for decision making. IAMM converts the incoming GDR measurements from geo-referenced locations into maps of surface contamination with an enhanced spatial resolution. Depending on the availability of the monitoring data, IAMM relies on two modes of operation. If there are only a few measurements, these are taken to improve the maps from a deposition model using data assimilation. If the number of measurements is sufficient to apply spatial interpolation IAMM will rely entirely on monitoring data. Suitable geo-referenced data points will be interpreted by IAMM with respect to their detector environment using the concept of location factors. The endpoints of IAMM can be used directly for decision making or dose calculations with either simple dose models or the more refined European Model for Inhabited areas (ERMIN).

1 Introduction

In the event of a nuclear power plant (NPP) accident the exposure of the population to ionising radiation is of greatest concern. External exposure from the atmosphere or contaminated surfaces and internal exposure from inhalation or ingestion are the most prominent pathways. In the aftermath of the accident of the Chernobyl NPP, the European Commission decided to develop the RODOS (Real-time On-line Decision Support System) [1] (www.rodos.fzk.de) software package for modelling the various exposure pathways, for the assessment of potential doses and for the planning of adequate countermeasures. The ARGOS system (www.pdc.dk/uk/cbrn/information/argos), which is mainly used in the Nordic countries, has a similar range of application.

Up to now, the pathway of external exposure has been considered in RODOS in a too simplistic way. It was felt that this approach could not provide an adequate basis for decision making in inhabited areas for two main reasons:

- a) Urban environments, which cause marked fluctuations of the dose rate, were not represented in sufficient detail.
- b) The wealth of valuable monitoring data, which will be provided by monitoring networks, mobile teams with car-borne and air-borne devices or in-situ gamma spectroscopy has not been integrated in the dose assessment so far.

Thus, it has been decided, that more refined models for dose assessment for inhabited areas should become part of both, the RODOS and the ARGOS model suites, respectively. Drawing on the experience with already existing European models, a concept for the ERMIN model (European Model for Inhabited Areas) has been developed [2]. Within ERMIN, the dose calculations are determined by the contamination indoors and outdoors on surfaces such as grass, roofs, walls or trees and other vegetation, and by an assumed behaviour of humans in particular environments.

A better consideration of monitoring data from urban environments into the model chain for decision making has been strongly requested by the RODOS users. To this end, a conceptual design for the Inhabited Areas Monitoring Module (IAMM) has been developed. A brief overview on the motivation, the functionality and the endpoints of IAMM is given in this article. The use of location factors to interpret the environment-dependent GDR measurements is emphasized.

2 Motivation, functionality and endpoints of the IAMM module

National monitoring strategies for nuclear accidents have been developed in almost every European country. It is very unlikely that these strategies will be influenced or altered according to the needs of specific simulation models. Therefore the development of the IAMM module will be data-driven. IAMM must be able to process monitoring data from various sources. The main sources are limited to fixed monitoring stations, mobile car-borne measurement teams, air-borne recordings and in-situ gamma spectroscopy. Although there are not many different types of monitoring devices, data from these sources may come in strongly varying quantities. For example, in-situ measurements are time consuming and require adequate measurement locations. Therefore, they are not numerous. Fixed monitoring stations can record many signals within an hour. But since in the area of interest there may be only very few stations or no stations at all, they are of limited use for IAMM. However, after cloud deposition car-borne measurements will come in rapidly growing numbers and require a flexible and dynamic storage and processing.

Hence, the IAMM module must be flexible enough to cope with situations where only a few measurements are available and where the number of measurements is very large. In the first case, model predictions of the deposition monitoring module DeMM [3] will assist the mapping of the contamination using data assimilation methods. When the number of measurements is large enough, model results on surface deposition are no longer needed and the geo-referenced data can be spatially interpolated.

Spatial interpolation of the surface contamination will be performed for the reference surface rather than for the actual environment. We will avoid the error-prone interpolation of surface contamination without a proper interpretation of the measurement data. Our approach relies on a plausible estimation of so-called location factors which will be facilitated by a sub-module of IAMM. The endpoints of IAMM will be maps of surface contamination in urban areas in adequate resolution.

With the output of IAMM, simple dose calculations can be performed using the existing dose calculation libraries of the RODOS suite. An example would be the external exposure from the ground integrated over specific periods of time (e.g. 1 d, 7 d, 30 d, 90 d, 1 a), that can be checked against pre-defined intervention levels. The output of IAMM can be used as input for ERMINE to allow a more detailed analysis of the radiological situation.

3 The use of location factors

Location factors have been introduced by Meckbach and Jacob [4] to quantify the distortion of a measured GDR $d_{real}(\vec{x})$ in a number of urban environments with respect to a hypothetical measured GDR $d_{ref}(\vec{x})$ over a reference surface of infinitely extended lawn. In principle, they depend on the photon energy, the deposition mode (“dry” or “wet”), the deposition time of year, the measurement time t and the measurement location \vec{x} . The energy dependence can be neglected for outdoor locations. The defining equation for the location factor is

$$f_s^d(\vec{x}, t) = \frac{d_{real}(\vec{x}, t)}{d_{ref}(\vec{x}, t)},$$

where d denotes the deposition mode and s denotes the season of the year.

For dose assessment the total surface contamination $A^d(\vec{x}, t)$ (unit: [Bq/m²]) at position \vec{x} is a more important quantity than the GDR. It is computed from the GDR $d_{real}(\vec{x}, t)$ in a real environment with the help of location factors according to

$$A^d(\vec{x}, t) = \frac{d_{real}(\vec{x}, t)}{f_s^d(\vec{x}, t) \sum_n c_n^d w_n(0) \exp(-\lambda_n t)} \quad (1)$$

where

- $d(\vec{x}, t)$ [Gy/s] is the GDR measured at position \vec{x} and time t ,
- $f_s^d(\vec{x}, t)$ is the dimensionless location factor at position \vec{x} for deposition mode **Fehler! Es ist nicht möglich, durch die Bearbeitung von Feldfunktionen Objekte zu erstellen.** and deposition season s .
- c_n^d [Gy/s per Bq/m²] is the dose rate conversion factor for deposition mode **Fehler! Es ist nicht möglich, durch die Bearbeitung von Feldfunktionen Objekte zu erstellen.** and radio-nuclide n ,
- $w_n(0)$ is the dimensionless initial weight of radio-nuclide n in the nuclide vector,
- and λ_n [1/s] is the decay constant of radio-nuclide n .

The practical determination of location factors depends on the origin of the GDR measurements. For a fixed monitoring station the detector environment is known in advance. Hence, following the methodology of Zähringer and Sempau [5] or Gering [3] the location

factor can be determined with a relatively low uncertainty. However, in most European countries fixed stations are scarce and rarely located in inhabited areas. GDR measurements from mobile teams can produce a huge number of data points in a short time. For a proper spatial interpolation not all points are needed and not all locations are appropriate. We will use only those points where location factors can be reliably estimated. We prefer to assign them to pre-defined urban environments which have been considered already by Meckbach et al. [6]. A fallback strategy can be applied if this classification is not possible. Jacob et al. [7] have performed GDR measurements in some 20 urban environments which they classified into four groups: lawn, mainly unpaved, mainly paved, paved. For each group they determined a location factor and its time dependency from a data fit. Some European countries, such as Denmark, have prepared high resolution maps of urban areas which include also the height of buildings. It is planned that IAMM use them in the ARGOS system. With this cartographical information one could even produce maps of location factors, which allow to skip the real-time determination. Table 1 summarises the methods for the estimation of location factors.

Table 1: Sources of monitoring data and methods for the determination of location factors.

measurement source	detector environment	occurrence	time of determination	uncertainty	method
monitoring station	known in advance	scarce	known in advance	low	Zähringer & Sempau [5], Gering [3]
mobile team	fitting to simulated environment	frequent	real-time (or in advance)	medium	classification from satellite images (or high resolution maps)
mobile team	4 classes: lawn, ..., paved	frequent	real-time (or in advance)	high	classification from satellite images (or high resolution maps)

An example for the determination of a location factors from a satellite image is shown in Figure 1. The image on the left depicts parts of the Sendling district of the city of Munich in summer. The measurement was taken in front of a row of terrace houses. For this urban environment and for dry deposition in summer Meckbach and Jacob [4] calculated location factors in the range between 0.6 to 1.7, depending on the detector position. If the probability distribution of the uncertainty for location factors is assumed to be triangular, these values form the minimum and maximum of the distribution. The mode is taken to be 1.0.

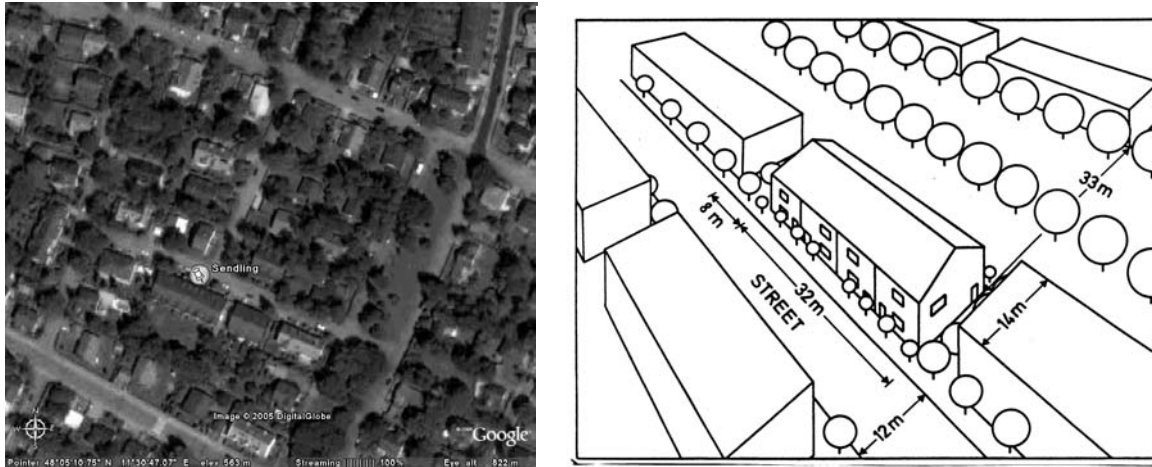


Figure 1: Measurement location in front of a row of terrace houses indicated by a pin (left) and the corresponding urban environment used in the MC calculations of Meckbach et al. (1988) (right).

4 The two modes of operation of the IAMM module

4.1 Mode 1: Data assimilation with a few monitoring measurements and a map from a model prediction

The modelling data, which is used as input for the data assimilation in inhabited areas, stems from the RODOS module DeMM [8]. DeMM uses predictions of atmospheric dispersion models from RODOS, which are scaled by means of GDR measurements performed at fixed measurement stations. The stations are sparsely distributed. In a scenario for a Dutch NPP 12 stations have been used for the whole RODOS grid of 168 km x 168 km [3]. Within the German IMIS system, there is on average one station within a 12 km x 12 km grid. DeMM produces maps of contamination of the reference surface with uncertainties. Note, that these data has already experienced a data assimilation process on the RODOS grid.

To demonstrate the first mode of operation with data assimilation of model results and measurements in urban environments, we have developed a scenario for the city of Munich. A major release of radio-nuclides was assumed from a NPP which is located in the North-East at a distance of 70 kilometres. The cloud passed Munich in summer, the deposition is predominantly dry. We are still in the early phase after deposition and GDR measurements have been taken at fixed stations and at various locations by mobile teams. The upper left map of Figure 2 shows the model result of the surface contamination from the DeMM module for an area of 24 km x 24 km which covers most of Munich. The cell length is 4 km. This highly densely populated area of interest accounts for only 2 % of the RODOS model grid and clearly deserves a more detailed mapping of the radioactive contamination.

The resolution of the map can be markedly improved, if the available monitoring data is adapted into the model result. Figure 2 shows on the right the location of the six IMIS stations (green) and the locations of GDR measurements from mobile teams (red) which have been corrected with location factors. After data assimilation the resolution of the surface contamination is enhanced. A map of the surface contamination with a resolution of 400 m x

400 m is shown in the lower part of Figure 2 . Note, that this map is produced only to demonstrate the possible improvement of the resolution. It is not the result of a data assimilation process. A possible candidate algorithm for data assimilation is the Ensemble Kalman Filter, which has already been successfully implemented into DeMM.

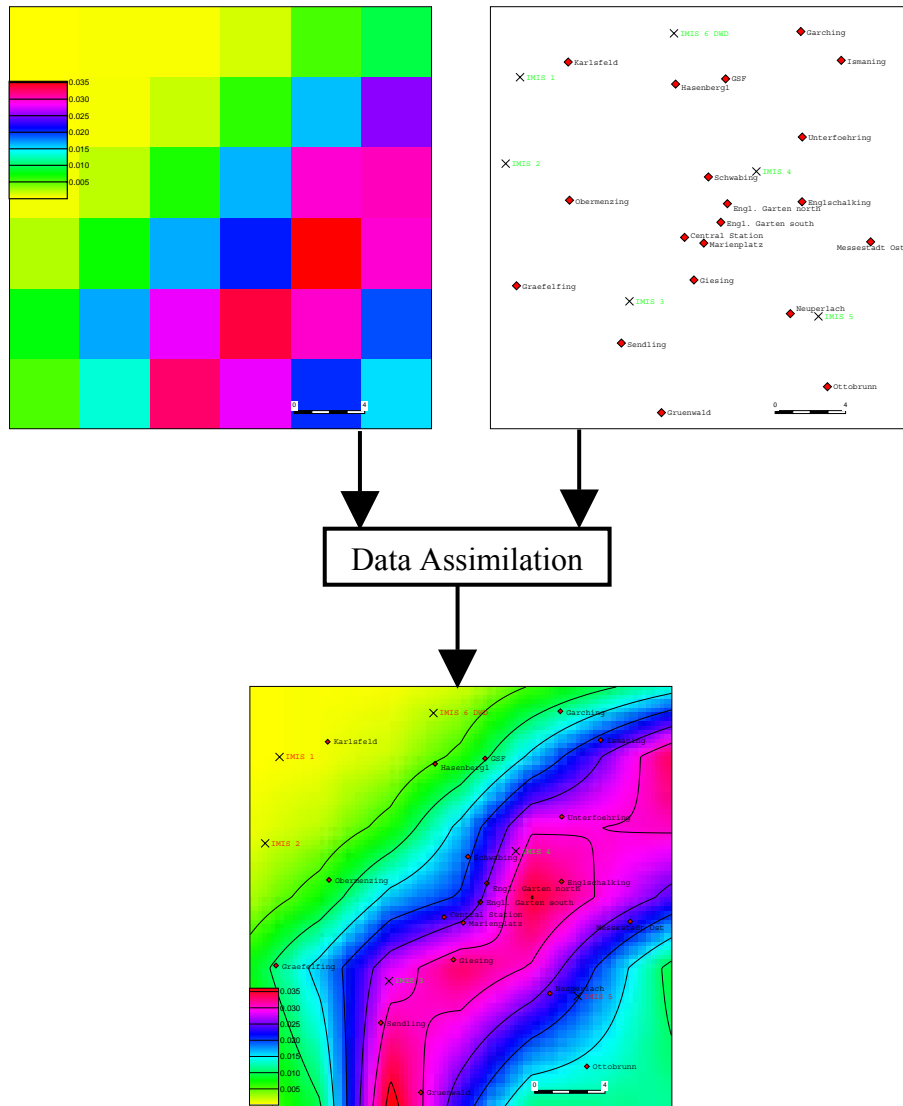


Figure 2: A surface contamination map with a low resolution (left) predicted by DeMM and point-wise monitoring measurements (right) are input to data assimilation, which produces a high resolution map (bottom) for an inhabited area.

4.2 Mode 2: Inverse distance weighting with many monitoring measurements from mobile teams

In a growing number of European countries car-borne GDR measurements can be performed in urban areas immediately after cloud deposition. GDR raw signals can be recorded within time intervals of a few seconds so that a large number of data points will be available for spatial interpolation. However, without considering the measurement environment, an interpolation of the raw signals would lead to a wrong result. Therefore, the geo-referenced measurements will be corrected by location factors. Up to now, this correction will be facilitated by experts who select a subset of adequate data points for which a reliable assignment of location factors is possible. Because of its mathematical robustness, the preferred algorithm for spatial interpolation will be inverse distance weighting.

5 Closing issues

Within the EURANOS project the new IAMM module for the mapping of the surface activity in inhabited areas is under development. The conceptual design of the IAMM module foresees two main modes of operation for the computation of the endpoints of radioactive contamination (Figure 3):

- 1) based on model results and measurements,
- 2) based on measurements alone.

Whereas the first mode is already implemented in various RODOS modules like DeMM or the corresponding food monitoring module FoMM [9], the second mode provides a new feature because it puts more emphasis on the consideration of monitoring data. The design of this mode was directly driven by suggestions from the group of RODOS users. As a consequence, an implementation into the food monitoring module is planned as well.

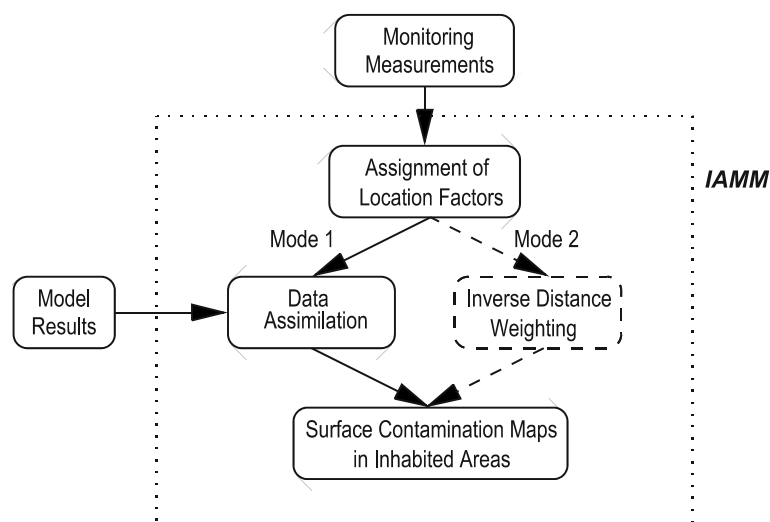


Figure 3: Scheme of the two modes of operation of the IAMM module.

6 Acknowledgement

This work has been supported by the 6th Framework Programme of the European Commission in the EURANOS project under contract no. FI6R-CT-2004-508843.

7 References

- [1] European Commission (2000), RODOS – Decision Support System for Off-Site Emergency Management, EUR Report 19144 EN
- [2] Jones A, Charnock T, Roed J, Andersson K, Thykier S, Mikkelsen T, Astrup P, Kaiser J C, Müller H, Pröhl G, Raskob W, Hoe S, Jacobsen L H , Schou-Jensen L and Gering F (2004), Description of the inhabited areas model. Version 1.0. EURANOS(CAT2)-TN(04)-02. Deliverable D1C2R2
- [3] Gering, F (2005), Data assimilation methods for improving the prognoses of radionuclide deposition from radio-ecological models with measurements, Ph.D. Thesis, Leopold-Franzens-Universität Innsbruck, Austria, 145 pages
- [4] Meckbach R and Jacob P (1988), Gamma exposures due to radionuclides deposited in urban environments. Part II: Location factors for different deposition patterns, Radiation Protection Dosimetry 25(3), pp 181-190
- [5] Zähringer M and Sempau J (1997), Calibration factors for dose rate probes in environmental monitoring networks obtained from Monte-Carlo simulations, BfS-IAR Report-2/97, Bundesamt für Strahlenschutz, Neuherberg, Germany
- [6] Meckbach R, Jacob P and Paretzke H G (1988), Gamma exposures due to radionuclides deposited in urban environments. Part I: Kerma rates from contaminated surfaces Radiation Protection Dosimetry 25, pp 167-179
- [7] Jacob P, Meckbach R, Müller H M and Meimberg K (1990), Abnahme der abgelagerten künstlichen Radioaktivität in städtischer Umgebung, GSF-Bericht 17/90, GSF – Institut für Strahlenschutz, Neuherberg, Germany
- [8] Gering F, Richter K and Müller H (2002), Documentation of the Deposition Monitoring Module DeMM in RODOS PV5.0, RODOS(RA5)-TN(02)04
- [9] Richter K, Müller H and Gering F (2004), Documentation of the Food Monitoring Module FoMM in RODOS, RODOS(RA5)-TN(04)02

KORREKTUR VON DEPOSITIONS-PROGNOSEN MITTELS DATENASSIMILATION

CORRECTION OF DEPOSITION PREDICTIONS WITH DATA ASSIMILATION

F. Gering

Abteilung Notfallschutz, Bundesamt für Strahlenschutz, Neuherberg

Zusammenfassung

Modellrechnungen zur schnellen Einschätzung und Prognose von möglichen radiologischen Konsequenzen nach einer unfallbedingten Freisetzung von Radionukliden spielen eine große Rolle im radiologischen Notfallmanagement. Zur Verbesserung dieser Modellrechnungen können in erster Linie radiologische Messungen (z.B. Messungen der Gammadosisrate) verwendet werden. Ein Verfahren zur Kombination von Modellergebnissen und Messungen (Datenassimilation) wird in dieser Arbeit für das Depositionsmodell des europäischen radiologischen Entscheidungshilfe-System RODOS vorgestellt. Das Verfahren beruht auf dem Ensemble Kalman Filter, eine Monte-Carlo Variante des Kalman Filters.

Model predictions for rapid assessment and prognosis of possible radiological consequences after an accidental release of radionuclides play an important role in nuclear emergency management. Radiological measurements (e.g., dose rate measurements) can be used to improve such model predictions. This paper describes a method for combining model predictions and measurements (data assimilation) in the deposition model of the European radiological decision support system RODOS. The data assimilation approach is based on the Ensemble Kalman Filter, a Monte Carlo variant of the Kalman filter.

1 Einleitung

Die Analyse der aktuellen Lage und die Vorhersage der zukünftigen radiologischen Situation sind wesentliche Elemente des kerntechnischen Notfallschutzes. Sowohl Messdaten wie auch Modellrechnungen spielen dabei eine wesentliche Rolle. Modellrechnungen sind meist mit großen Unsicherheiten behaftet, während Messdaten immer nur aus der Vergangenheit und oft nicht flächendeckend vorliegen, oder aber die benötigte Information nicht direkt gemessen werden kann. Erst Messdaten und Modellrechnungen zusammen erlauben eine bestmögliche Abschätzung der radiologischen Konsequenzen nach einer Freisetzung von Radionukliden. Das mathematische Konzept zur Kombination von Messungen und Modellrechnungen wird üblicherweise als Datenassimilation bezeichnet. Darunter versteht man eine Angleichung von Modellrechnungen an die tatsächliche Entwicklung der radiologischen Situation, wie sie durch gemessene Daten beschrieben wird. Verfahren zur Datenassimilation werden derzeit in einem EU-Projekt als Erweiterung für das europäische radiologische Entscheidungshilfe-System RODOS entwickelt [1].

Das radiologische Entscheidungshilfe-System RODOS [2] wird seit 1989 im Auftrag der Europäischen Union von zahlreichen Instituten in Europa entwickelt. Ziel ist es, ein Entscheidungshilfe-System für nukleare Unfälle zu entwickeln, das sowohl im Nah- und Fernbereich und von der Früh- bis in die Spätphase eines Unfalls europaweit eingesetzt werden kann. Das System wird gegenwärtig bereits in einigen europäischen Ländern eingesetzt (z.B. in Deutschland, Österreich, Finnland).

Das RODOS System ist modular aufgebaut und enthält, unter anderem, Module zur Berechnung der atmosphärischen Ausbreitung, eine hydrologische Modellkette (Run-off, Transport in Flüssen, Seen und küstennahen Gewässern), ein Modul zur Depositionsberechnung auf Boden und Pflanzen, ein Nahrungsketten- und Dosismodul, und eine Gruppe von Modulen zur Berechnung der Auswirkungen von möglichen Gegenmaßnahmen. Innerhalb dieser Modellkette soll zukünftig die Datenassimilation in verschiedenen Modellen eingeführt werden: in die Modelle für atmosphärische Ausbreitung, Deposition, Transfer in der Nahrungskette und hydrologische Ausbreitung.

In allen Modellen werden einheitliche und aufeinander abgestimmte Methoden der Datenassimilation verwendet. Diese Methoden gehören zur Klasse der Kalman-Filter, dieser wurde um 1960 entwickelt [3] und ist ein rekursiver Ansatz zur Ermittlung einer optimalen Schätzung der Zustandsparameter eines dynamischen Systems. In den letzten Jahren hat der Kalman-Filter eine immer breitere Anwendung besonders in der Ozeanographie und Meteorologie gefunden.

In diesem Beitrag soll die Datenassimilation für das Depositionsmodell in RODOS dargestellt werden. Die Modellvorhersagen der Deposition werden anhand von Gammadosisraten-Messungen korrigiert. Das Depositionsmodell basiert auf dem radioökologischen Modell ECOSYS-87 [4]. Zur Datenassimilation wird eine Monte-Carlo-Variante des Kalman-Filters – der Ensemble Kalman-Filter [5] - verwendet, der besonders für sehr große, nicht-lineare Systeme geeignet ist. Die Möglichkeiten der Datenassimilation werden anhand von einigen Beispielen diskutiert.

2 Methoden

2.1 Depositionsmodell

Das Depositionsmodell in RODOS basiert auf dem radioökologischen Modell ECOSYS-87 [4], das um ein Widerstandsmodell für die trockene Deposition ergänzt wurde. In diesem Modell wird die Depositionsgeschwindigkeit aus dem atmosphärischen Widerstand und dem Widerstand der Pflanzenoberfläche abgeleitet. Der atmosphärische Widerstand ist abhängig von der Windgeschwindigkeit und der Bodenrauigkeit. Für den Widerstand der Pflanzenoberfläche wird angenommen, dass er von dem Entwicklungsstand der Pflanze abhängig ist. Modelle für die atmosphärische Ausbreitung liefern als Ergebnisse im wesentlichen die Konzentration der Radionuklide in bodennaher Luft und im Regenwasser sowie den atmosphärischen Widerstand. Aus diesen Daten berechnet das Depositionsmodul die auf den Boden, Rasen und bis zu 22 verschiedene Pflanzen deponierte Aktivität.

Die Ergebnisse des Depositionsmodells sind immer mit Unsicherheiten behaftet, die im wesentlichen durch die Unsicherheit der Startwerte (Luftaktivität und Niederschlag), die Unsicherheit der Modellparameter und durch die Unvollkommenheit des numerischen

Modells verursacht werden. Die beiden erstgenannten Unsicherheitsquellen lassen sich quantitativ erfassen, z.B. durch Zuordnung von Wahrscheinlichkeitsverteilungen für die Startwerte und Modellparameter. Die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Startwerte kann durch eine Kovarianzmatrix beschrieben, die das Ergebnis der Fortpflanzung von Unsicherheiten im atmosphärischen Ausbreitungsmodell ist. Ebenso lässt sich die Unsicherheit der Ergebnisse des Depositionsmodells durch weitere Fortpflanzung der Wahrscheinlichkeitsverteilungen im Modell abschätzen.

2.2 Ensemble Kalman Filter

Grundlage für die Anwendung des Ensemble Kalman Filters (EnKF) zur Datenassimilation ist die Formulierung des numerischen Modells im Zustandsraum:

$$\mathbf{x}_t = \Phi(\mathbf{x}_{t-1}, \mathbf{u}_t, \boldsymbol{\eta}_t) \quad (1)$$

wobei \mathbf{x}_t = Zustandsvektor, der alle Systemparameter zur Beschreibung des Zustandes des modellierten Systems zum Zeitpunkt t enthält;

Φ = Modell-Operator, der die zeitliche Veränderung des Systems mittels des numerischen Modells beschreibt;

\mathbf{u}_t = alle äußeren Einflüsse auf das System (z.B. Eintrag aus der Atmosphäre);

$\boldsymbol{\eta}_t$ = stochastisches Element, das die Unsicherheit des Modells beschreibt.

Gleichung (1) wird auch als Systemgleichung bezeichnet, da sie die Dynamik des betrachteten Systems beschreibt. Zusätzlich zur Systemgleichung basiert der EnKF auf der Beobachtungsgleichung:

$$\mathbf{y}_t = \mathbf{H}(\mathbf{x}_t, \boldsymbol{\varepsilon}_t) \quad (2)$$

wobei \mathbf{y}_t = Beobachtungsvektor, der alle Messungen zum Zeitpunkt t enthält;

\mathbf{H}_t = Beobachtungs-Operator, der den Zusammenhang von Zustandsvektor und Beobachtungsvektor beschreibt;

$\boldsymbol{\varepsilon}_t$ = stochastisches Element, das die Unsicherheit der Beobachtung beschreibt.

Im EnKF werden die ersten beiden statistischen Momente des Zustandsvektors – Mittelwert und Kovarianz – und damit auch der Unsicherheitsbereich der Modellvorhersage durch ein Ensemble von möglichen Zustandsvektoren repräsentiert. Die Datenassimilation mit dem EnKF erfolgt als ein zweistufiger, sequentieller Prozess. Zuerst wird das numerische Modell verwendet, um eine Vorhersage für jedes einzelnen Ensemble-Mitglied zu erstellen (Vorhersage-Schritt):

$$\mathbf{x}_{t,i}^f = \Phi(\mathbf{x}_{t-1,i}^a, \mathbf{u}_{t,i}, \boldsymbol{\eta}_{t,i}) \quad (3)$$

wobei $i = 1, 2, \dots, I$: Index des Ensemble-Mitglieds (mit I = Dimension des Ensembles).

Im Analyse-Schritt wird dann jedes Ensemble-Mitglied separat aufgrund der Messdaten korrigiert:

$$\mathbf{x}_{t,i}^a = \mathbf{x}_{t,i}^f + \mathbf{K}_t (\mathbf{y}_{t,i} - \mathbf{H}_t \mathbf{x}_{t,i}^f) \quad (4)$$

wobei \mathbf{K}_t = Kalman-Gain, definiert den Einfluss der Differenz zwischen Messung und aus dem Zustandsvektor vorhergesagten Messwert;

$\mathbf{y}_{t,i}$ = Mitglied aus dem Ensemble der Beobachtungsvektoren, die mit dem normalverteilten Fehler $\boldsymbol{\varepsilon}_t$ um den tatsächlichen Beobachtungsvektor \mathbf{y}_t streuen.

Aus den korrigierten Ensemble-Mitgliedern lässt sich schließlich eine Abschätzung der ersten beiden statistischen Momente des korrigierten Zustandsvektors bestimmen.

2.3 Datenassimilation im Depositionsmodell

Datenassimilation im Depositionsmodell basiert auf dem Ensemble Kalman Filter (EnKF), der speziell für den operationellen Betrieb optimiert wurde (z.B. gruppenweise Verarbeitung der Messungen). Der Zustandsvektor des EnKF enthält die gesamte deponierte Aktivität auf Rasen (als Referenzoberfläche) und die nass deponierte Aktivität, jeweils für bis zu 10 Radionuklide und jeden Gitterpunkt des RODOS-Rechengitters. Die Dimension des Zustandsvektors liegt in der Größenordnung von 10^5 - 10^6 . Da typischerweise die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Deposition einer lognormalen Verteilung folgt, wird der Zustandsvektor vor Verarbeitung im EnKF logarithmisch transformiert. Im EnKF wird ein Ensemble von 100 Mitgliedern – jedes eine mögliche Realisierung des Zustandsvektors - verwendet. Dies bedeutet, dass das Depositionsmodell auf jedes dieser Ensemble-Mitglieder separat angewandt werden müsste. Zur Zeitersparnis wird das detaillierte Modell allerdings nur auf den Mittelwert des Ensembles angewandt, während die 100 Ensemble-Mitglieder in einem vereinfachten Modell verarbeitet werden, in dem der Einfluss des atmosphärischen Widerstandes vernachlässigt wird. Das Ensemble der Zustandsvektoren wird durch ein entsprechendes Ensemble von 100 möglichen Ergebnissen der Datenassimilation im atmosphärischen Ausbreitungsmodell initialisiert. Unsicherheiten des Depositionsmodells selbst werden dadurch berücksichtigt, dass für jedes Ensemble-Mitglied ein anderer Satz von Modellparametern als Realisierungen aus vordefinierten Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Modellparameter verwendet wird. Die Ensemble-Mitglieder werden im EnKF einzeln mit Messdaten der gesamten Netto-Dosisrate korrigiert.

3 Ergebnisse und Diskussion

Im Folgenden wird die Anwendung der Datenassimilation im Depositionsmodell mit einem realistischen Testszenario demonstriert. In diesem Szenario wird ein fiktiver Unfall für das KKW Borssele in den Niederlanden unterstellt, in dessen Folge es zu einer 4-stündigen Freisetzung von Radionukliden kommt. Es wird angenommen, dass insgesamt 100% des Inventars an Edelgasen (ca. $3E18$ Bq), 20% des Inventars an Radioiod (ca. $2E18$ Bq) und Radiocäsium (ca. $7E16$ Bq) sowie 2% des Inventars der Tellurium-Isotope (ca. $5E16$ Bq) aus dem Reaktorgebäude freigesetzt werden. Basierend auf realen meteorologischen Daten wird die atmosphärische Ausbreitung und Ablagerung auf den Boden mit Hilfe des niederländischen NPK-PUFF-Modells berechnet und daraus die resultierende Netto-Gammadosisleistung bestimmt. Die Netto-Gammadosisleistung für die Positionen von 47 Messstationen (diejenigen Stationen, die in einem Umkreis von 80 km um das KKW gelegen sind) des niederländischen NMR-Messnetzes werden als simulierte Messdaten in der Datenassimilation verwendet, Abbildung 1 zeigt diejenigen Stationen mit einer Netto-Gammadosisleistung größer Null.

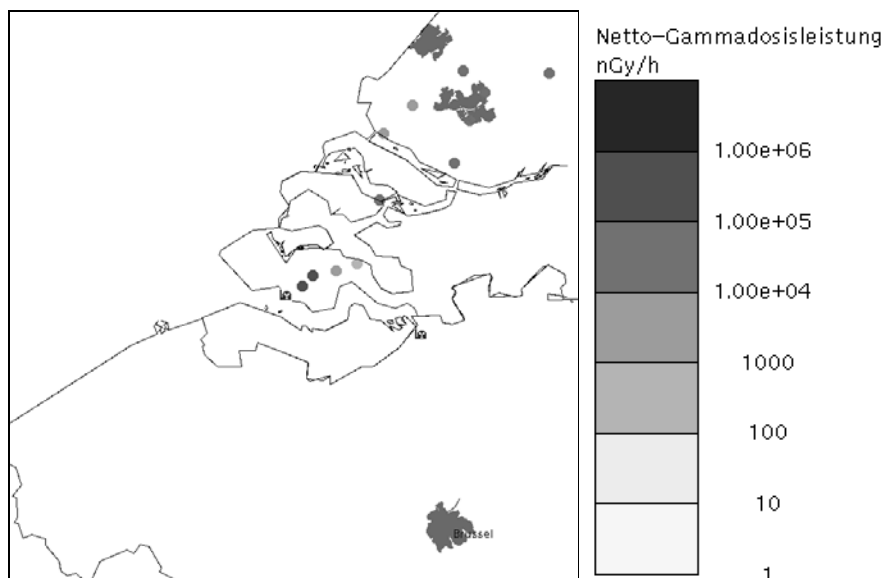


Abb. 1: Simulierte Messdaten für die Netto-Gammadosisleistung an den Stationen des niederländischen NMR-Messnetzes (nur Messstationen mit Messwert größer Null sind dargestellt).

Im zweiten Schritt werden 3 Ausbreitungs- und Depositionsberechnungen mit RODOS auf der Basis von fiktiven meteorologischen Daten für einen Messort in der Nähe des Freisetzungspunktes sowie verschiedenen Annahmen über die Freisetzung durchgeführt. Im ersten Fall (Szenario 1) wird aus den realen meteorologischen Feldern die Daten für den Messort extrahiert und für die Ausbreitungsberechnung verwendet, die oben beschriebene Freisetzung wird unverändert verwendet, die berechnete Bodenaktivität für Cs-137 zeigt Abbildung 2a. In Szenario 2 werden die gleichen meteorologischen Daten wie in Szenario 1 verwendet, allerdings wird die angenommene Freisetzung für alle Nuklide und Freisetzungintervalle um einen Faktor 0,01 herunterskaliert (auf z.B. $2E16$ Bq für Radioiod), siehe Abbildung 3a. In Szenario 3 wird ebenfalls die Freisetzung um den Faktor 0,01 herunterskaliert, zusätzlich wird eine Drehung der mittleren Windrichtung um 30° in den meteorologischen Daten während der gesamten Ausbreitung angenommen, siehe Abbildung 4a.

Eine quantitative Abschätzung der Unsicherheiten von Modellvorhersagen und Messungen ist erforderlich für die Datenassimilation mittels Ensemble Kalman Filter. Insbesondere die Unsicherheitsmodellierung der Modellvorhersagen hat eine entscheidende Bedeutung für die Leistungsfähigkeit der Datenassimilation. Als wesentliche Quellen der Unsicherheit der Modellvorhersagen ist in allen drei Szenarien die Unsicherheit des Quellterms (d.h. die Unsicherheit der gesamten freigesetzten Aktivität) sowie die Unsicherheit der meteorologischen Daten, und zwar als Unsicherheit der mittleren Windrichtung, berücksichtigt worden.

In der Datenassimilation mittels Ensemble Kalman Filter werden die Modellvorhersagen von RODOS für die Bodenaktivität – Abbildungen 2a, 3a und 4a - anhand der simulierten Messdaten (Netto-Gammadosisleistungen aus Abbildung 1) korrigiert. Die korrigierten Ergebnisse für die Bodenaktivität zeigen die Abbildungen 2b, 3b und 4b. In Szenario 1

existiert eine relativ gute Übereinstimmung zwischen Modellvorhersagen (Abb. 2a) und Messungen (Abb. 1), insofern fällt die Korrektur durch die Datenassimilation auch nur moderat aus (Abb. 2b). In Szenario 2 ist die Vorhersage der Bodenaktivität im gesamten Gebiet aufgrund der Annahme über eine verringerte Freisetzung deutlich niedriger (Abb. 3a), die Datenassimilation korrigiert erfolgreich diese falsche Annahme und führt zu einer korrigierten Bodenaktivität (Abb. 3b), die gut mit dem Ergebnis aus Szenario 1 übereinstimmt ist. In Szenario 3 wird wiederum eine verringerte Bodenaktivität vorhergesagt, zudem ist auch die Ausbreitungsrichtung aufgrund der Annahme über eine veränderte mittlere Windrichtung um 30° gegenüber den anderen Szenarien gedreht (Abb. 4a). In diesem Fall ist die Datenassimilation in der Lage, gleichzeitig die falschen Annahmen über die Freisetzung und die Ausbreitungsrichtung zu korrigieren, die korrigierte Bodenaktivität (Abb. 4b) stimmt wiederum gut mit den Ergebnissen der Szenarien 1 und 2 überein.

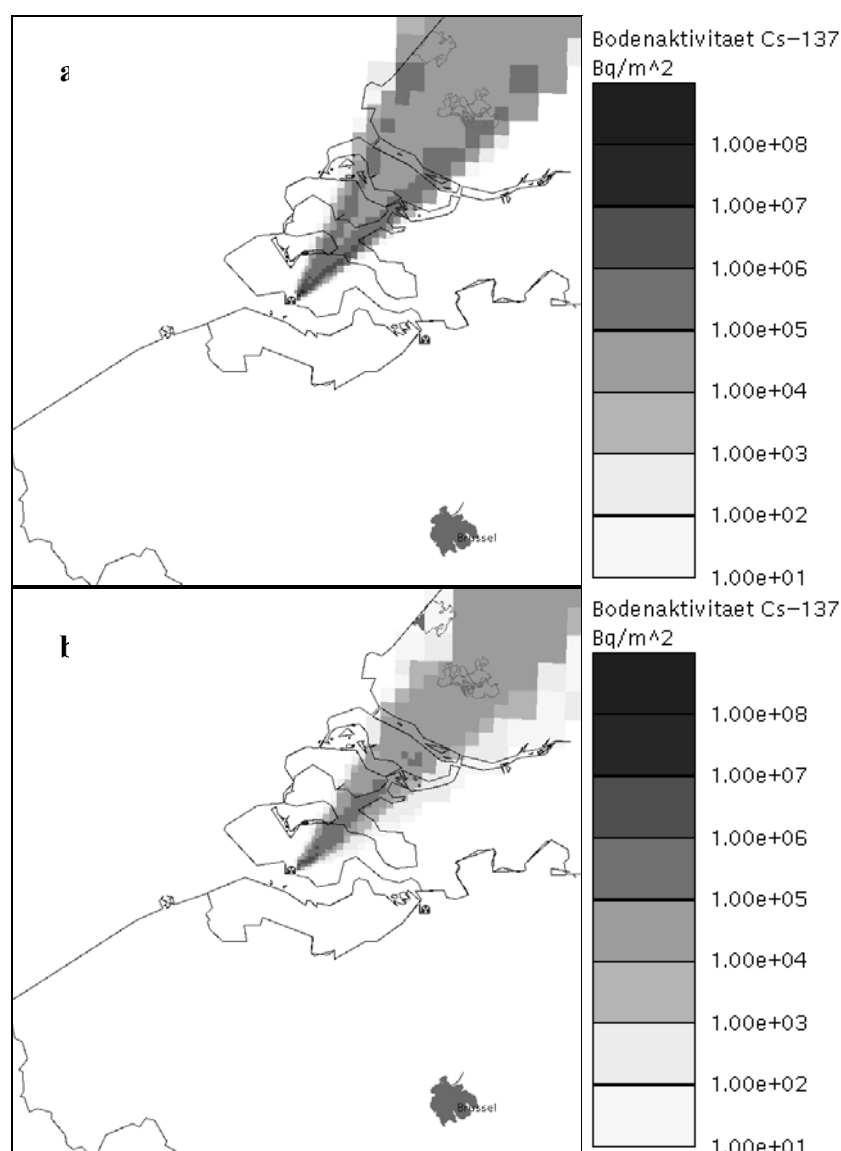


Abb. 2: Bodenaktivität für Cs-137 vorhergesagt mit RODOS (a) und korrigiert mittels Datenassimilation (b) für das Szenario 1.

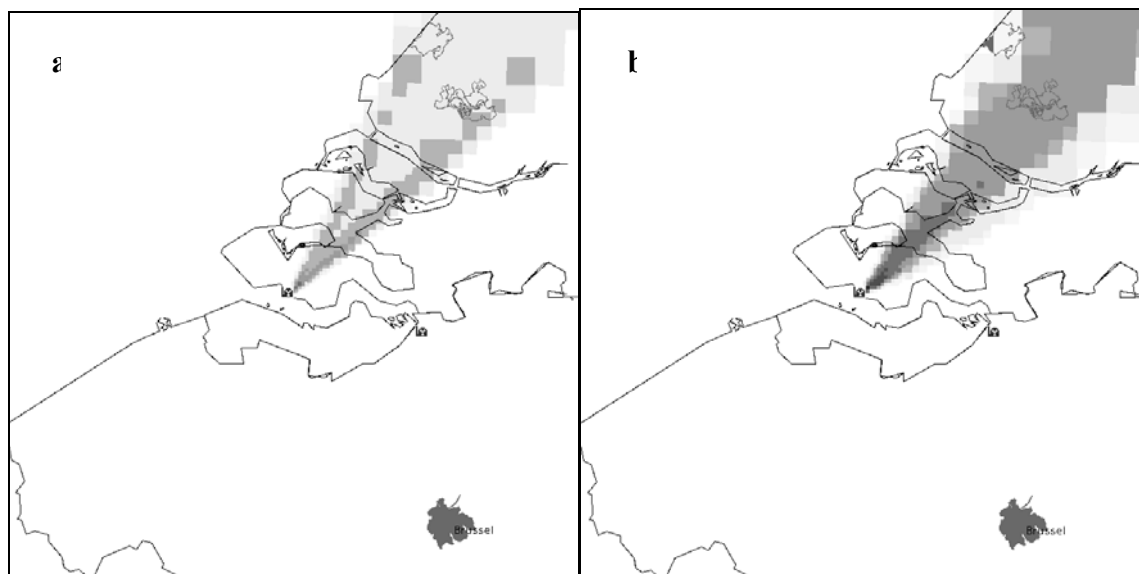


Abb. 3: Bodenaktivität für Cs-137 vorhergesagt mit RODOS (a) und korrigiert mittels Datenassimilation (b) für das Szenario 2 (Legende wie in Abb. 2).

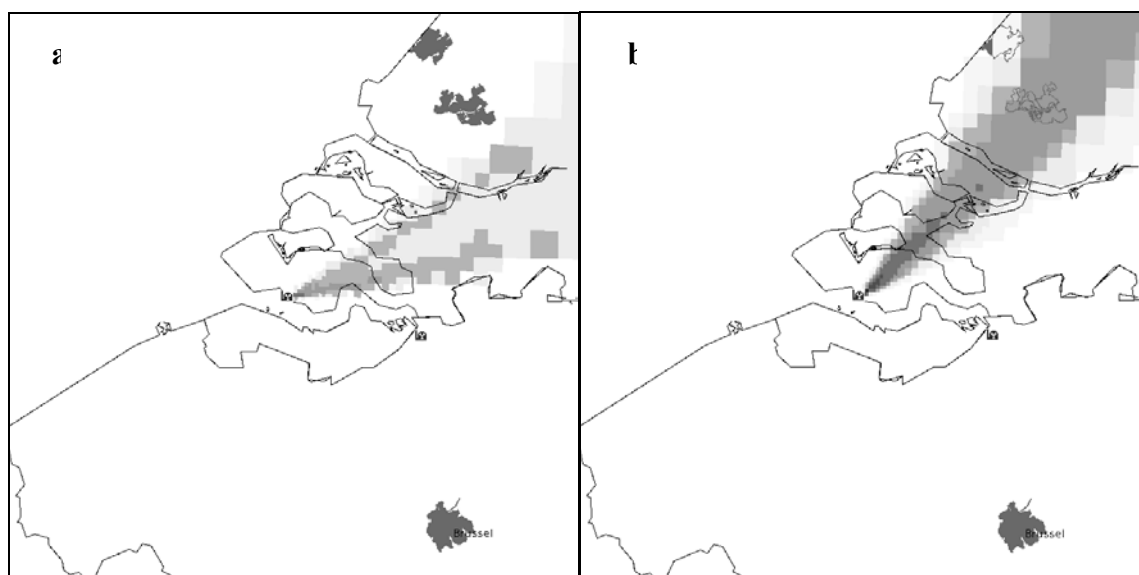


Abb. 4: Bodenaktivität für Cs-137 vorhergesagt mit RODOS (a) und korrigiert mittels Datenassimilation (b) für das Szenario 3 (Legende wie in Abb. 2).

4 Literatur

- [1] C. Rojas-Palma, H. Madsen, F. Gering, R. Puch-Solis, C. Turcanu, P. Astrup, H. Müller, K. Richter, M. Zheleznyak, D. Treebushny, M. Kolomeev, D. Kamaev, H. Wynn, Data assimilation in the decision support system RODOS. Angenommen von Radiation Protection Dosimetry.
- [2] European Commission, RODOS – Decision Support System for Off-site Emergency Management in Europe, EUR-Report 19144 EN (2000).

- [3] R.E. Kalman, A new approach to linear filtering and prediction problems. *Journal of Basic Engineering*, 82 (1960) p. 35.
- [4] H. Müller und G. Pröhl, ECOSYS-87: A Dynamic Model for Assessing Radiological Consequences of Nuclear Accidents. *Health Physics*, 64(3) (1993) p. 232.
- [5] G. Evensen, The Ensemble Kalman Filter: Theoretical Formulation and Practical Implementation. *Ocean Dynamics*, 53 (2003) p. 343.

**ERMITTLUNG DER INNEREN STRAHLENEXPOSITION NACH FREISETZUNG
RADIOAKTIVER STOFFE: MESSVERFAHREN UND MESSKAPAZITÄTEN**

K. König, A. Dalheimer
Bundesamt für Strahlenschutz

Bei einer Freisetzung von radioaktiven Stoffen in folge eines außergewöhnlichen Ereignisses (Zwischenfall oder Unfall) muss nicht nur die externe Strahlenexposition der Bevölkerung durch Submersion und Bodenstrahlung bewertet werden, sondern auch die innere Exposition, die aus der Inhalation von radioaktiven Aerosolen und dem Verzehr kontaminierter Nahrungsmittel stammen kann. Da diese Strahlenexposition über Modellrechnungen zu der Freisetzung nur grob für das einzelne Individuum abgeschätzt werden kann, entsteht daher für Einzelpersonen – wie die Erfahrungen aus dem großflächigen Unfall in Tschernobyl und aus dem lokalen Zwischenfall in der WAK in Karlsruhe gezeigt haben – das Problem, die tatsächliche innere Exposition zuverlässig zu ermitteln.

„Schnelle“ Ergebnisse lassen sich mit so genannten In-vivo-Verfahren erzielen, dazu zählen die Ganzkörper- und Schilddrüsenmessungen. Diese Messverfahren setzen allerdings voraus, dass gamma-strahlende Radionuklide inkorporiert worden sind, wie z.B. Cs-137 oder I-131. Die Bestimmung von alpha- oder beta-strahlenden Radionukliden erfolgt über In-vitro-Messungen von Urin-, oder/und Stuhlproben. Allerdings kann der Aufwand für die eventuell vorhergehende radiochemische Präparation im Ereignisfall zu Engpässen führen, wenn Schnellmethoden nicht angewendet werden können..

Die Durchführung von In-vivo-Messungen erfolgt in stationären oder - je nach Vorhandensein - in mobilen Ganz- oder Teilkörperzählern, mit denen die Person individuell untersucht werden muss. Je nach Höhe der inneren Kontamination ist mit einer Untersuchungsdauer von ca. zehn bis zwanzig Minuten je Person zu rechnen. Im Gegensatz dazu können Ausscheidungsproben (Urin, Stuhl) in den In-vitro-Messstellen, die nicht notwendigerweise direkt vor Ort sein müssen, analysiert werden. Allerdings wäre hier für eine optimale Probenahme die räumliche Nähe der In-vitro-Messstelle von großem Vorteil, wie die Erfahrungen aus dem WAK-Zwischenfall zeigten. Die Ergebnisse liegen, abhängig vom zu bestimmenden Radionuklid, bereits in wenigen Tagen vor.

In Deutschland existieren keine Inkorporationsmessstellen, die nur für den Ereignisfall vorgehalten werden. Wie „Tschernobyl“ und andere Ereignisse zeigten, müssen die für die Inkorporationsüberwachung beruflich strahlenexponierter Personen eingesetzten (behördlich bestimmten) Messstellen befähigt werden, diese umfangreichen und mit enormen Zeitdruck verbundenen Messungen zusätzlich durchführen zu können.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt gibt es in Deutschland 29 behördlich bestimmte In-vivo- und 10 In-vitro-Messstellen

QUALITÄTSSICHERUNG IN DER RETROSPEKTIVEN DOSIMETRIE BEI THERMOLUMINESZENZ-MESSUNGEN AN ZIEGELSTEINEN

QUALITY ASSURANCE IN RETROSPECTIVE DOSIMETRY WITH THERMOLUMINESCENCE-MEASUREMENTS OF BRICKS

L. Heide¹, S. Sholom², Y. Göksu³, V. Volosky², V. Chumak²

1 Bundesamt für Strahlenschutz, 85762 Oberschleißheim

2 Scientific Center of Radiation Medicine-RPI, Kiev 04050

3 GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit GmbH, 85764 Oberschleißheim

Zusammenfassung

Thermolumineszenz (TL)-Messungen können in Notfallsituationen zur Dosisrekonstruktion angewendet werden. Das steigende Interesse im Bereich des Notfallschutzes unterstreicht die Notwendigkeit der Qualitätssicherung solcher Messungen. Sie war daher Ziel gemeinsamer Untersuchungen an Ziegelsteinen aus einem hochkontaminierten, evakuierten Dorf 35 km westlich des Tschernobyl Reaktors. Von den drei teilnehmenden Labors wurden die Dosiswerte jeweils für verschiedene Tiefenschichten in den Ziegeln bestimmt. An den aus fünf Gebäuden untersuchten Ziegeln wurden für die Frontschicht TL-Dosen von 0,17 – 1,1 Gy gefunden. Diese korrelierten mit der Gamma-Dosisleistung (ODL) in der Umgebung der entsprechenden Ziegel. Die Abweichungen der Dosisprofile aus dem selben Ziegel lagen bei weniger als 20 Prozent. Ein Vergleich der hier ermittelten Dosiswerte mit denen eines in der Literatur beschriebenen europäischen Ringversuchs von denselben Gebäuden ergibt ebenfalls eine gute Übereinstimmung.

Thermoluminescence (TL)-measurements can be used in emergency situations for dose reconstruction. The increasing interest in the field of emergency preparedness underlines the quality assurance of such measurements. Therefore quality assurance of TL-measurements was the aim of this combined investigation of bricks from a highly contaminated, evacuated settlement 35 km west of the Chernobyl Reactor. The dose values for the various depth layers in the bricks were estimated by the three laboratories. In the front layer of the bricks from the five buildings studied, the TL-dose ranges from 0.17 – 1.1 Gy. This correlates with the in-situ dose rate. The variations of the dose profiles from the same brick were less than 20 percent. Comparing the evaluated dose values with those from an European Intercomparison at the corresponding buildings, there is also good agreement.

1 Einführung

Durch das gestiegene nukleare und radiologische Risiko terroristischer Attacken sind bei Unfällen Expositionen, bei denen kein Dosimeter getragen wurde, wahrscheinlich. Hier kann die retrospektive Dosimetrie wichtige Informationen für die Konfiguration – Art und Aktivität – der radioaktiven Quelle am Unfallort geben und zur Dosisabschätzung bei betroffenen Personen herangezogen werden. Eine physikalische Methode der Dosisrekonstruktion ist u.a. die Messung der Thermolumineszenz (TL). Als natürliche Dosimeter kommen gebrannte

Tonwaren mit Quarz- und Feldspateinschlüssen wie z.B. Ziegelsteine oder Keramik in Betracht. An solchen Umgebungsmaterialien aus verschiedenen exponierten Gebieten wurden bereits Dosisabschätzungen am BfS durchgeführt [1, 2]. Zur Qualitätssicherung der TL-Methode wurde in Zusammenarbeit mit dem RPI, Kiew, und der GSF ein Messvergleich an Ziegelsteinproben aus dem Gebiet bei Tschernobyl durchgeführt. Der Probenahmeort Vesnjanoje ist eine hoch kontaminierte Ortschaft 35 km westlich des Tschernobyl Reaktors (Abbildung 1). Die Bevölkerung wurde am 15. Mai 1986 evakuiert. Seitdem blieb das Gebiet unberührt von landwirtschaftlicher Nutzung und war daher Untersuchungsobjekt zahlreicher Studien. So wurden dort in einer EU-Studie von 1997 bereits Lumineszenz-Messungen zur Validierung der Dosisrekonstruktion durchgeführt [3]. Diese Ergebnisse wurden zusätzlich in diesen Vergleich einbezogen.

2 Grundlagen der Lumineszenzdosimetrie

Ein zuvor ionisierender Strahlung ausgesetzter dielektrischer Festkörper emittiert bei Erwärmung Licht, was sich nach dem Energiebändermodell der Elektronenzustände erklären lässt. Die kumulierte absorbierte Dosis D_{TL} ist z.B. in Quarz und Feldspat proportional der beim Ausheizen emittierten TL-Intensität und setzt sich zusammen aus Altersdosis D_A plus Unfalldosis D_X . Mit Kenntnis des Alters einer Probe - bei Ziegeln der Zeitpunkt des Brennens bei der Herstellung - und der Dosisleistung in der Probe und ihrer Umgebung lässt sich D_A berechnen. Mit Hilfe der Lumineszenzdosimetrie können bereits Unfalldosen von etwa 12 mGy mit einer Genauigkeit von $< 50\%$ bestimmt werden [4].

3 Material und Methode

3.1 Probennahme

Im Juni 2000 wurden an fünf Gebäuden in Vesnjanoje Ziegelproben genommen. Die Probennahmestellen sind dem Umgebungsplan in der Abbildung 1 zu entnehmen. Die Gebäude Nr. 1 und 3 wurden erstmals beprobt, Nr. 2 und 4 an den EU-Probennahmestellen von 1997 entgegen gesetzten Hausseite und Nr. 5 an derselben Seite. Mit einem Kernbohrer von 5 cm Durchmesser wurden in 1 m Höhe aus der Mitte der Hauswand jeweils 3 Bohrkern aus einem Ziegel entnommen und lichtdicht verpackt.

Am Ort der Probenahme wurde die Gamma-Ortsdosisleistung (ODL) gemessen. Das Alter der Gebäude war etwa 30 Jahre bzw. für die Schule (Nr. 1) 40 Jahre. Zur Bestimmung der Tiefenprofile der absorbierten Dosis im Ziegel benutzte jedes Labor seine eigene Probenaufbereitung und TL-Messmethode.

3.2 Probenaufbereitung

Sämtliche Arbeiten wurden im Dunkellabor unter Rotlicht durchgeführt. An den Bohrkernen wurden zunächst die äußeren 3 – 4 mm entfernt und verworfen, um mögliche Störfaktoren (Sonnenlicht, α - und β -Strahlung) auszuschließen bzw. das Elektronengleichgewicht zu gewährleisten. Zur Erstellung des Tiefenprofils der absorbierten Dosis wurden jeweils Scheiben von 5 mm Stärke in definierten Tiefen abgesägt. Die Teilproben wurden unter Aufwendung von möglichst geringem Druck sukzessive zerkleinert und für die

Grobkornmethode unter fließendem Wasser auf die Korngrößenfraktion 140 – 200 μm gesiebt. Nach der BfS-Methode wurden die Körner zur Reinigung mit 1%iger Salzsäure und Ultraschall behandelt, mit Wasser und Ethanol gewaschen und bei 50 °C getrocknet. Es erfolgte hier keine weitere Auftrennung der Mineralien.

Am RPI, Kiew, und an der GSF wurden durch zusätzliches Ätzen mit 40 %iger Flußsäure Quarz-Grobkorn-Separate für die TL-Messungen aufbereitet.

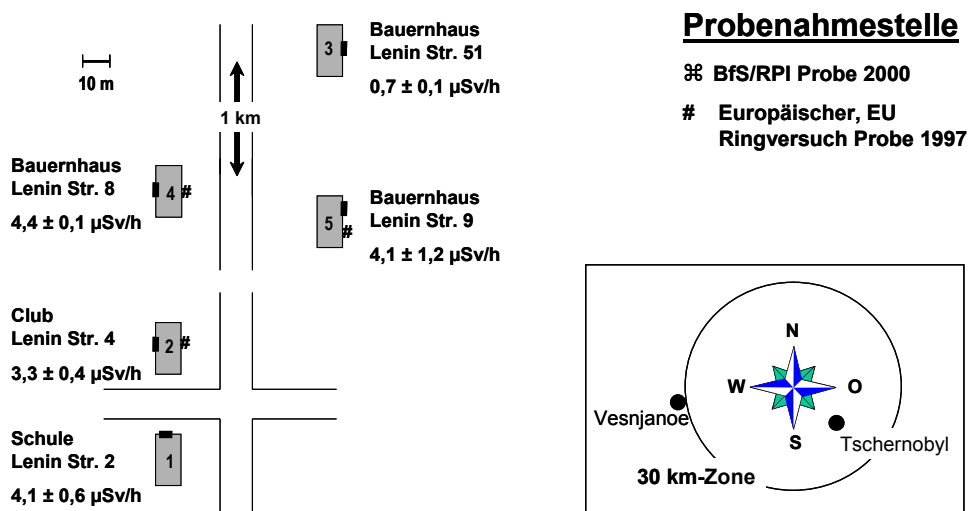


Abb. 1: Schematischer Plan der Probennahmestellen in Vesnjanoje, Ukraine (links) mit der entsprechenden ODL und die Ausrichtung nach Tschernobyl (rechts).

3.3 TL-Messung

Bestrahlung, Vorheizen und TL-Messung erfolgten am BfS mit einem TL/OSL-Reader DA12 der Firma Risø. Die Dosisleistung der integrierten ^{90}Sr -Quelle betrug 50 mGy/s und war mit einer Grobkornfraktion gegen den ^{137}Cs -Sekundärstandard der GSF kalibriert. Die Kalibrierung wurde bereits früher beschrieben [5]. Zur Bestimmung der D_{TL} wurde die regenerative Dosistechnik (RD) angewendet [4]. Die regenerierte Dosiswirkungskurve wurde dabei nicht an einer Vielzahl, sondern an ein und dem selben Aliquot aufgebaut. Für jede Bestimmung wurden 6 Aliquots à 10 mg eingesetzt. Zum Stabilisieren der Probe wurde sie vor dem Auslesen des natürlichen Lumineszenzsignals I_{nat} und der Signale der Regenerationsdosis I_R auf 140 °C vorgeheizt. Nach der Messung der natürlichen Glow-Kurve (NTL) wurden die Aliquots nacheinander mit drei verschiedenen Regenerationsdosen D_R im Bereich von 0,5 – 1,0 Gy bestrahlt, Probe Nr. 4 aufgrund der höheren D_{TL} mit 0,75 – 1,25 Gy. Somit lag die erwartete D_{TL} jeweils im Bereich der Regenerationsdosen. Das Messprotokoll ist in Tabelle 1 dargestellt.

Von der GSF wurde ebenfalls ein regeneratives Messprotokoll genutzt. Am RPI, Kiew, wurde mit einem additiven Multiple-Aliquot-Protokoll analysiert. Eine genaue Beschreibung der verschiedenen Techniken kann an anderer Stelle gefunden werden [6].

Tabelle 1: TL-Messprotokoll für die Regenerationstechnik

Messlauf Nr.	Proben Anzahl	Behandlung	Parameter		
			Regenerationsdosis	T _{max}	Rate
1	6	Vorheizen		140 °C	2 °C/s
2	6	NTL-Messung		280 °C	5 °C/s
3	6	β ₁ -Bestrahlung und Vorheizen	0,5 Gy	140 °C	2 °C/s
4	6	β ₁ -TL-Messung		280 °C	5 °C/s
5	6	β ₂ -Bestrahlung und Vorheizen	0,75 Gy	140 °C	2 °C/s
6	6	β ₂ -TL-Messung		280 °C	5 °C/s
7	6	β ₃ -Bestrahlung und Vorheizen	1,0 Gy	140 °C	2 °C/s
8	6	β ₃ -TL-Messung		280 °C	5 °C/s

Für die Auswertung wurde zu jedem Aliquot mittels Plateautest der thermisch stabile Bereich der Glow-Kurven ermittelt. Hierzu wurde der Temperaturbereich unterteilt in Intervalle von 10 °C. Für jedes Intervall j wurde die Plateaudosis $D_{Plateau}$ bestimmt:

$$D_{Plateau}(j) = D_R \frac{I_{nat}(j)}{I_R(j)} \quad (1)$$

$I_{nat}(j)$ bzw. $I_R(j)$ ist die Summe der TL-counts im Temperaturintervall j . Die $D_{Plateau}(j)$ -Bestimmungen wurden für jede der drei Regenerationsdosen D_R durchgeführt. Abbildung 2 zeigt ein Beispiel von Glow-Kurven, die mit der Regenerationstechnik erstellt wurden sowie die korrespondierenden Plateaukurven. Es ist zu erkennen, dass die Plateaubildung bei 240 °C beginnt. Also wurden die TL-Intensitäten I_{nat} und I_R im Bereich von 240 – 260 °C integriert.

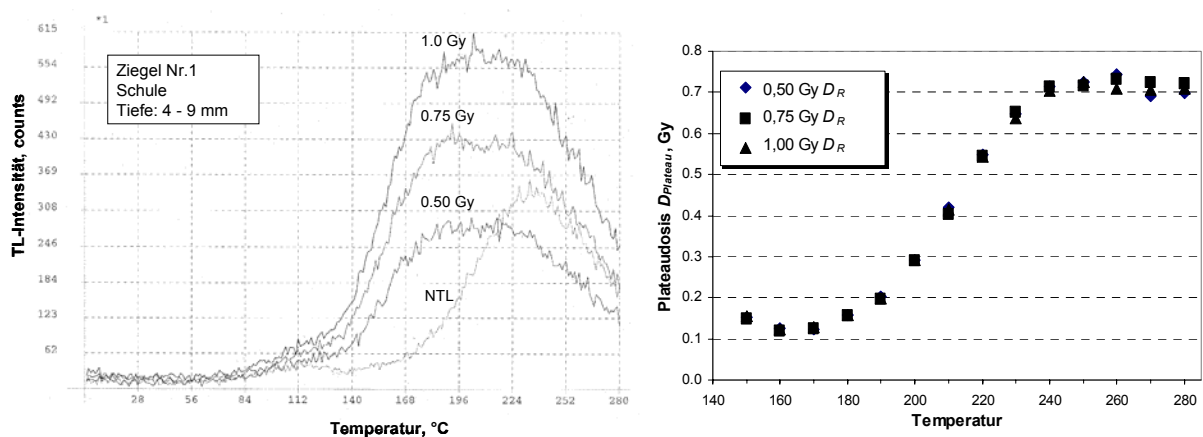


Abb. 2: Glow-Kurve der natürlichen TL (NTL) und mit verschiedenen Labordosen regenerierte Glow-Kurven eines Aliquots von Ziegel Nr. 1 (links) nach jeweiligem Vorheizen auf 140 °C und die entsprechenden Plateaukurven (rechts).

Die Berechnung der D_{TL} erfolgte nach der Formel

$$D_{TL} = D_R \frac{I_{nat}}{I_R} \quad (2)$$

für jede Messung der drei Regenerationsdosen jeden Aliquots. Aus diesen 18 einzeln bestimmten D_{TL} -Werten (6 Aliquots á 3 D_R) wurde der Mittelwert für jede untersuchte Tiefenschicht gebildet.

4 Ergebnisse

Die Tiefendosisprofile der untersuchten Ziegelschichten sind in Abbildung 3 dargestellt. Die Fehlerbalken der D_{TL} entsprechen der Standardabweichung (σ), auf der X-Achse stellen sie die jeweils untersuchte Tiefenschicht dar. Die Übereinstimmung der Ergebnisse der drei Labore ist mit $\pm 7 - 13\%$ innerhalb des $2\text{-}\sigma$ -Bereichs. In der äußeren Ziegelschicht der fünf untersuchten Gebäudeproben liegt die D_{TL} im Bereich von $0,16 - 1,13$ Gy. Die Abnahme der D_{TL} von der Frontseite bis in eine Tiefe von 12 cm beträgt etwa 70%.

Ein Vergleich mit den früheren Ergebnissen des Europäischen Ringversuchs (EU) [3] ergab annähernd gleiche D_{TL} -Werte. An der korrespondierenden Probennahmestelle von Haus Nr. 5, gleiche Hausseite, zeigte sich mit $\pm 12\%$ ebenso wie bei den anderen Häusern eine gute Übereinstimmung der D_{TL} . Eine Abhängigkeit von der geographischen Ausrichtung der Probennahmestellen an den Häusern Nr. 2 und 4 nach Osten bzw. Westen war nicht erkennbar. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Tab. 2: Vergleich der TL-Dosen D_{TL} von Ziegeln aus Vesnjanoje in einer Tiefe von 5 – 25 mm mit den Ergebnissen des EU-Ringversuchs [3].

Nr.	Probe		TL-Dosis D_{TL} (mGy)	
	Gebäude	Position	Vergleich	
			2000 BfS/GSF/RPI	1997 EU
1	Leninstr. 2 Schule	Nordseite	643 ± 114	
2	Leninstr. 4 Club	Westseite	739 ± 97	
		Ostseite	698 ± 35	
3	Leninstr. 51 Farm	Ostseite	169 ± 15	
4	Leninstr. 8 Farm	Westseite	899 ± 49	
		Ostseite	850 ± 40	
5	Leninstr. 9 Farm	Ostseite	555 ± 71	511 ± 25

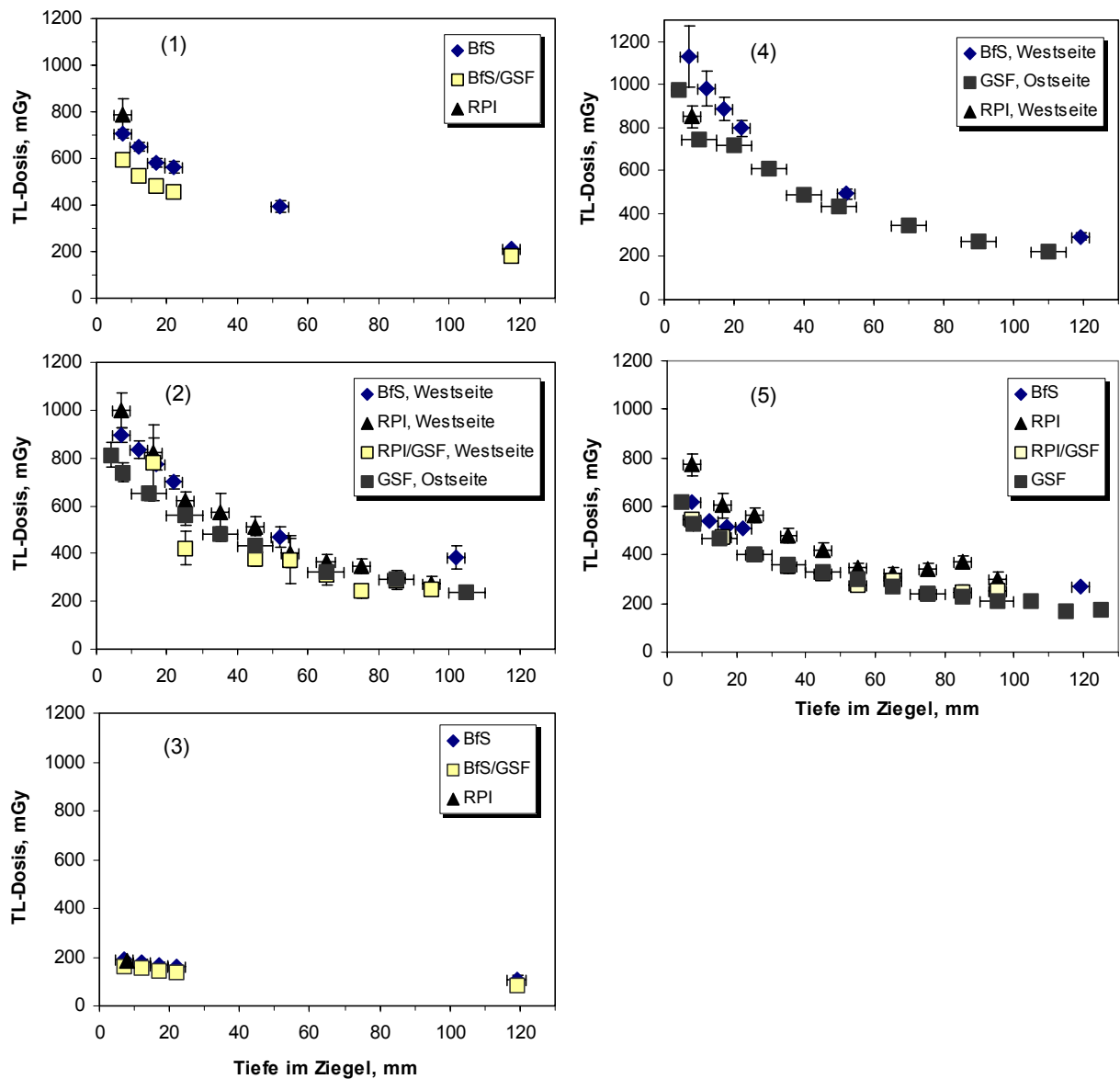


Abb. 3: TL-Dosis D_{TL} der Gebäude Nr. 1 – 5 als Funktion der Tiefe im Ziegel. Ergebnisse der Labors wie aufgeführt. Von der GSF wurden zusätzlich die vom BfS extrahierten Grobkornfraktionen der Gebäude (1) und (3) sowie die Quarzfraktionen (2) und (5) des RPI gemessen und ausgewertet. Die Ergebnisse sind als BfS/GSF bzw. RPI/GSF gekennzeichnet.

Zwischen den in-situ Messungen der ODL bei den Probennahmestellen und der entsprechenden D_{TL} besteht ein linearer Zusammenhang (Abbildung 4). Mit einem Koeffizienten r von 0,85 ist eine hohe Korrelation gegeben. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der Boden und die Umgebung der Gebäude seit dem Reaktorunfall unberührt geblieben sind.

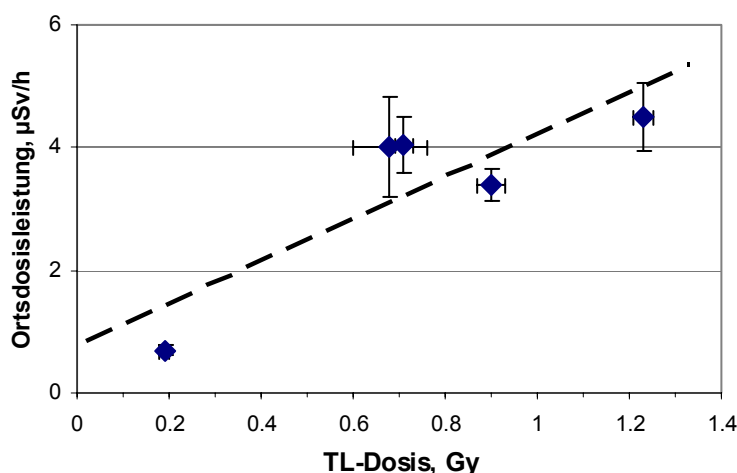


Abb. 4: Korrelation der Ortsdosisleistung vor den Häusern von Vesnjanoje, Ukraine, und der TL-Dosis D_{TL} im entsprechenden Ziegel

5 Zusammenfassung

Trotz unterschiedlicher Aufbereitungs- und Messmethoden kamen alle Labore zu übereinstimmenden Ergebnissen. Im Hinblick auf die Unfalldosis D_X lässt sich mit der Annahme der natürlichen Untergrunddosis D_n von 100 mGy für die 30 bzw. 40 Jahre alten Gebäude eine grobe Abschätzung machen. Nach der Formel:

$$D_X = D_{TL} - D_n \quad (3)$$

variieren die Unfalldosen in der Ortschaft zwischen 100 mGy und 800 mGy, was auf eine ungleichmäßige Falloutverteilung hinweist. Um das Gebäude Nr. 3 im Norden ist sie um ein Mehrfaches niedriger.

Die gemeinsamen Untersuchungen haben gezeigt, dass TL-Messungen geeignet sind, die Situation in einem Fallout-Gebiet zu analysieren. Die Leistungsfähigkeit der TL-Methoden hat sich bewährt und bietet eine Unterstützung beim Monitoring exponierter Gebiete.

6 Literatur

- [1] H.Y. Göksu, L.M. Heide, N.G. Bougrov, A.R. Dalheimer, R. Meckbach, P. Jacob, Depth-dose distribution in bricks determined by thermoluminescence and by Monte-Carlo calculation for external γ -dose reconstruction, *Appl. Radiat. Isot.* 46 (1996) 433-440.
- [2] L. Heide, S. Bauer, A. Dalheimer, S. Maaß, Dosisrekonstruktion mittels TL-Messungen an Ziegeln aus der Umgebung des Atomtestgebiets Semipalatinsk, Bericht des Fachbereichs Strahlenschutz und Gesundheit, BfS, SG-IB-02/04 (2004).

- [3] I.K. Bailiff, V.F. Stepanenko, H.Y. Göksu, L. Botter-Jensen, L. Brodski, V. Chumak, V. Correcher, A. Delgado, V. Golikov, H. Junger, L.G. Khamidova, T.V. Kolizshenkoc, I. Likhtarev, R. Meckbach, S.A. Petrov, S. Sholom, Comparison of retrospective luminescence dosimetry with computational modeling in two highly contaminated settlements downwind of the Chernobyl NPP, *Health Phys.* 86 (2004) 25-41.
- [4] I. Veronese, A. Giussani, H.Y. Göksu, Limits of thermoluminescence dosimetry using quartz extracted from recent building materials in urban settlements, *J. Environ. Radioact.* 86 (2006) 319-336
- [5] M. Niedermayer, L. Heide, R. Guggenberger, A. Dalheimer, Dosisleistungskalibrierung der β -Quelle (Sr-90) im TL-Meßgerät 'TL-DA 12' unter Verwendung der Feinkornpräparation, Bericht des Fachbereichs Angewandter Strahlenschutz (IAS), BfS, IAS-IB-01 (2000).
- [6] M.J. Aitken, *Thermoluminescence Dating*, Academic Press, London (1985)

Sitzung F

Lagedarstellung, Bewertung und Maßnahmen

Sitzungsleiter: H. Schnadt

SCHUTZ VOR CBRN-GEFAHREN IM BEVÖLKERUNGSSCHUTZ

CBRN PROTECTION AND PREVENTION IN CIVIL DEFENCE

S. Wilbert

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe,
Fachbereich ABC-Schutz und -Vorsorge, Bonn

Zusammenfassung

Bund und Länder haben sich 2002 mit der „Neuen Strategie zum Schutz der Bevölkerung in Deutschland“ auf eine gemeinsame Verantwortung bei großflächigen Schaden- und Gefahrenlagen verständigt. Im am 1. Mai 2004 gegründeten Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) wird u. a. die ergänzende Ausstattung entwickelt und die Länder in ihrer Aufgabe des Katastrophenschutzes unterstützt. Durch das Gemeinsame Melde- und Lagezentrum (GMLZ) und das deutsche Notfall- und Informationssystem (deNIS) koordiniert das BBK Hilfsmaßnahmen und Ressourcen.

Neben 371 Dekon-P-Fahrzeugen (Dekontamination Personen) wurden 367 ABC-Erkundungskraftwagen (ABC-ErkKW) durch den Bund den Ländern zur Verfügung gestellt. Die Messsysteme des ABC-ErkKW ermöglichen eine schnelle und zuverlässige Erkundung großer Gebiete, womit rasche Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung möglich sind. Die radiologische Sensorik ermöglicht auch bei einer während der Fahrt stark schwankenden natürlichen Untergrundstrahlung die Erkennung von Strahlungsanteilen, die von künstlichen Quellen stammt.

Im Bereich des Schutzes vor CBRN-Gefahren werden des Weiteren Messleitkomponenten, analytische Task Forces und Expertennetzwerke aufgebaut. Es werden die einzelnen Komponenten des Schutzes vor CBRN-Gefahren im Bevölkerungsschutz und die Einsatzmöglichkeiten des ABC-ErkKW im radiologischen Ereignisfall vorgestellt.

1 Koordination durch das BBK

Der Schutz der Bevölkerung fällt, zumindest in Friedenszeiten, in die Zuständigkeit der 16 Länder. Die Terroranschläge und Naturkatastrophen der letzten Jahre haben gezeigt, dass eine gemeinsame Verantwortung des Bundes und der Länder im Fall außergewöhnlicher Bedrohungs- oder Schadenlagen anzustreben ist. Dabei ist gemeinsame Verantwortung nicht im Sinne von neuen Zuständigkeiten, sondern im Sinne eines partnerschaftlichen Zusammenwirkens über föderale Grenzen hinweg zu verstehen. Bund und Länder haben sich auf eine solche neue Rahmenkonzeption für den Zivil- und Katastrophenschutz verständigt und durch die Innenministerkonferenz unter der Überschrift "Neue Strategie zum Schutz der Bevölkerung in Deutschland" [1] verabschiedet.

Eine Aufgabe des Bundes zur Unterstützung des Krisenmanagements der Länder ist es, geeignete Informations-, Kommunikations- und Koordinationsfunktionen verstärkt vorzuhalten bzw. wahrzunehmen und die Ausstattung der Länder im Katastrophenschutz zu ergänzen. Am 1. Mai 2004 wurde das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und

Katastrophenhilfe (BBK) gegründet, um diese neue Rolle des Bundes in der gemeinsamen Verantwortung im Bevölkerungsschutz wahrzunehmen und die Länder in ihrer Aufgabe des Katastrophenschutzes zu unterstützen. Das BBK mit der Bandbreite seiner Aufgaben ist ein kompetenter Ansprechpartner im Bereich der nicht-polizeilichen Gefahrenabwehr für Behörden, Organisationen und die Bevölkerung. Es berücksichtigt dabei alle Bereiche der Zivilen Sicherheitsvorsorge fachübergreifend und verknüpft diese zu einem wirksamen Schutzsystem für die Bevölkerung und ihre Lebensgrundlagen.

Durch das Gemeinsame Melde- und Lagezentrum (GMLZ) und das deutsche Notfall- und Informationssystem (deNIS) koordiniert das BBK Hilfsmaßnahmen und Ressourcen bei nationalen und internationalen Großschadenlagen. Zum Beispiel bei der Organisation von Engpassressourcen wird die koordinierende Rolle des BBK deutlich, aber auch in der Vermittlung von Fachexpertise. Dabei kann das BBK auf ein ständig wachsendes Netzwerk von eigenen und externen Experten der verschiedensten Einrichtungen und Behörden des Bevölkerungsschutzes zurückgreifen. Dies gilt auch für den Bereich des Schutzes vor chemischen, biologischen, radiologischen und nuklearen Gefahren (CBRN-Gefahren, auch als ABC-Schutz bekannt).

Über ein modernes satellitengestütztes Warnsystem (SatWaS) ist eine schnelle Warnung der Bevölkerung möglich, die mit Informationen und Verhaltensregeln verbunden sein kann. In Sekundenschnelle werden Warnmeldungen und Gefahrendurchsagen mit höchster Priorität über Satellit an die angeschlossenen Medien weitergegeben. Eine Vielzahl von öffentlich-rechtlichen sowie privaten Rundfunk- und Fernsehsendern und Presseagenturen sind neben den Lagezentren von Bund und Ländern an dieses System angeschlossen.

2 Ergänzende Ausstattung für den Schutz vor CBRN Gefahren

Der Bund unterstützt die Länder in ihren Aufgaben des Bevölkerungsschutzes durch ergänzende Ausstattung, die durch den Bund beschafft den Ländern zur Verfügung gestellt werden. Dabei handelt es um einen gesetzlichen Auftrag gemäß Zivilschutzgesetz (ZSG). Im Bereich des Schutzes vor CBRN-Gefahren (Schutz vor chemischen, biologischen, radiologischen und nuklearen Gefahren; ABC-Schutz) handelt es sich aktuell um die folgenden Ausstattungen.

2.1 Persönliche ABC-Schutzausrüstung

Die Persönliche Schutzausrüstung (PSA) schützt den Träger vor Gefahren durch radioaktive, biologische und chemische Kontamination. Bis Frühjahr 2006 wurden 36.000 Sätze Persönliche Schutzausrüstung durch den Bund den Ländern zur Verfügung gestellt, bestehend aus einem Overgarment und einer flüssigkeitsdichten Schutzkleidung sowie u.a. Atemschutzmaske mit Filter, Schutzhandschuhe und Stiefel.

Das Overgarment bietet Schutz vor den Dämpfen und kleinen Tröpfchen chemischer Kampfstoffe. Es handelt sich um ein mehrlagiges Gewebe aus flüssigkeitsabweisender Oberschicht und adsorbierender Filterschicht aus Aktivkohle. Der Anzug besitzt semipermeable Eigenschaften und verfügt als erster Anzug dieser Art über ein CE-Prüfzeichen. Die flüssigkeitsdichte Schutzkleidung bietet Schutz vor Kontamination durch A-, B- und C-Schadstoffe. Der Anzug ist unabhängig oder über dem Overgarment tragbar.



Abb. 1: Persönliche Schutzausrüstung (links: Overgarment, rechts: Spritzschutzanzug)

2.2 Dekontaminationsfahrzeuge

Im Rahmen der ergänzenden Ausstattung hat der Bund 371 Dekontaminations-LKW Personal (Dekon-P) beschafft. Diese Fahrzeuge dienen der Dekontamination und der hygienischen Reinigung der Einsatzkräfte sowie sonstiger an der Einsatzstelle befindlicher Personen sowohl im autarken Einsatz als auch bei der Nutzung des öffentlichen Wasser- und Stromnetzes. Dabei ist von einem Durchsatz von 50 bis 60 Personen je Stunde auszugehen. Darüber hinaus kann es den Betrieb stationärer Dekontaminationsanlagen unterstützen und ist mit seiner universell nutzbaren Ladefläche sowohl zur Versorgung der aufgebauten Dekontaminationsanlage insbesondere mit Wasser als auch allgemein als Nachschubfahrzeug einsetzbar. Durch die Geländegängigkeit des Fahrzeugs ist die Dekontamination der teilweise mit Atemschutzgeräten eingesetzten Kräfte direkt am Einsatzort gewährleistet. Durch die Ausstattung mit einem Fahrzeugfunkgerät ist die kommunikative Anbindung an die jeweilige Leitstelle gegeben.

2.3 ABC-Erkundungskraftwagen

Der ABC-Erkundungskraftwagen (ABC-ErkKW) dient dem Messen, Spüren und Melden radioaktiver und chemischer Gefahren sowie dem Erkennen und Melden biologischer Kontaminationen. Die orientierende Schnellvermessung großer Gebiete mit fahrzeuggestützten Systemen und simultan aufgenommenen GPS-Daten ermöglicht die sofortige Erstellung von Kontaminationsprofilen und damit die gezielte Durchführung von Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung. Die ABC-Erkundungsfahrzeuge sind mit modernen Monitoren zur Erkennung und Identifizierung chemischer Schadgase sowie mit

einem hochempfindlichen Weitbereichsdetektorsystem zur Erfassung von Gammastrahlung ausgerüstet. Alle Messdaten werden zusammen mit den Ortskoordinaten von einem Messrechner protokolliert und visualisiert. Die Messsysteme befinden sich zusammen mit der elektrischen Versorgungseinheit auf einem Messcontainer, der auch fahrzeugunabhängig eingesetzt werden kann. Die Bedienung der Messgeräte über den Messrechner ist so ausgelegt, dass angeleitete Kräfte die Messungen durchführen können und eine zeiteffektive Erkundung möglich ist. Der Bund hat derzeit den Ländern 367 ABC-ErkKW übergeben.

Eine Ergänzung der radiologischen Messausrüstung zur Messung von Alpha- und Betastrahlung bei flüssigen, festen und Wischproben befindet sich ebenfalls auf dem Fahrzeug. Des Weiteren sind BOS-Funkgeräte, ein Ausstattungssatz zur Entnahme von festen, flüssigen und gasförmigen Proben, eine Wettermess- und Orientierungsausrüstung, eine Markierungsausrüstung, umgebungsluftabhängige und -unabhängige Atemschutzausrüstung sowie gasdichte und semipermeable ABC-Schutzausrüstung auf dem Fahrzeug verlastet.



Abb. 2: ABC-Erkundungskraftwagen und Messcontainer des ABC-ErkKW

Die Messgeräte zur Erkundung von radiologischen und chemischen Gefahren sind in einem Messcontainer installiert. Die Messausrüstung ist auf den fahrzeuggestützten Betrieb ausgelegt, kann aber auch fahrzeugunabhängig eingesetzt werden. Sowohl der Messcontainer als Ganzes als auch die einzelnen Messgeräte können entnommen und im abgesetzten Betrieb verwendet werden.

Alle Messdaten werden über serielle Schnittstellen in einen Rechner mit entsprechender Messsoftware automatisch eingelesen. Hier erfolgt die Korrelation mit den aus einem Ortungssystem gewonnenen Ortskoordinaten. Alle drei Messgeräte können gleichzeitig Daten aufnehmen. Der Rechner dient ferner der Datenhaltung, der Datenaufbereitung und -visualisierung sowie der Datenübertragung in eine Zentrale. Der Anwender kann zwischen verschiedenen Darstellungen der Messwerte wählen. Standardmäßig werden die Daten in einem laufend aktualisiertem, weg- oder zeitbezogenem xy-Diagramm dargestellt. Des Weiteren ist die Darstellung als Wertetabelle sowie auf einer topographischen Karte möglich. Die Messdaten können gespeichert und auch nach Abschluss der Messungen in jeglicher Darstellungsform wieder aufgerufen werden.

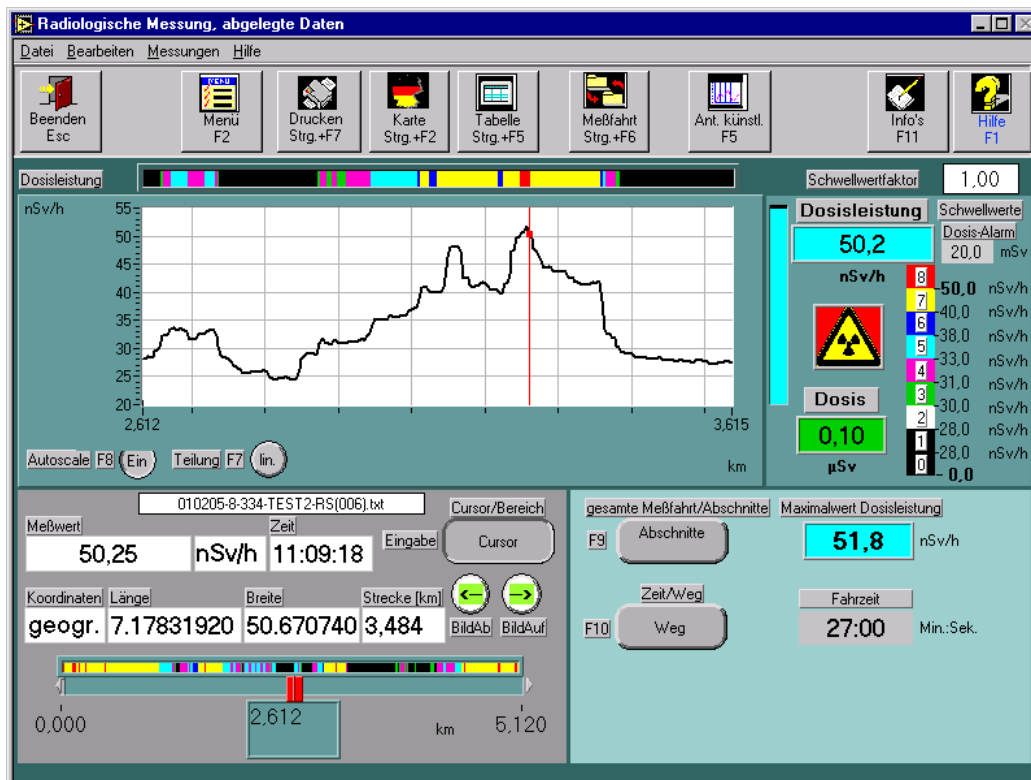


Abb. 3: Diagrammdarstellung Dosisleistung über den Weg (Ausschnittfunktion)

Die radiologische Messtechnik besteht aus zwei Sensoren, die sich hinsichtlich der Messaufgaben und des Messbereichs ergänzen. Die Sensoren decken gemeinsam den Dosisleistungsbereich von etwa 10 nSv/h bis zu 1 Sv/h ab. Für den Dosisleistungsbereich bis 100 μ Sv/h, der auch im Umweltschutz einsetzbar ist, wurde eine Szintillationszählersonde mit einem 2-Liter-Plastikszintillator ausgewählt. Ein handelsüblicher Dosisleistungsmesser mit einem Proportionalzählrohr deckt den Dosisleistungsbereich bis 1 Sv/h ab. Beide Geräte lieferte die Fa. Thermo Electron Corporation.

Die Szintillationszählertechnik erlaubt in Verbindung mit der sehr hohen Empfindlichkeit des Detektors – 10^4 Imp/s pro μ Sv/h bei 661 keV – eine gerade im Umweltbereich interessante Auswertung mit dem NBR-Verfahren (Natural Background Rejection). Mit dieser Technik ist es möglich, vor einem örtlich und zeitlich stark schwankenden natürlichen Strahlungshintergrund auch geringe Beimischungen von künstlichen Quellen zu detektieren. Es werden bereits Beiträge von künstlichen Strahlern von 20 % zum natürlichen Hintergrund erkannt. Dies ermöglicht auch eine hochempfindliche Suche von Punktquellen.

Basis für den erfolgreichen Einsatz dieser Detektoren ist die Überlegung, dass auch starke Gammaquellen am Ort des Detektors oft nur ein schwaches Dosisleistungssignal liefern können, weil sie entweder weit entfernt oder stark abgeschirmt sind. In beiden Fällen ist der nuklidspezifische Informationsgehalt durch Comptonstreuung stark reduziert bzw. völlig verlorengegangen. Das bedeutet, dass gute spektroskopische Eigenschaften für den Spürbetrieb meist irrelevant sind. Die Aussage, dass ein künstlicher Strahler vorliegt, ist für die Erkundung wichtiger.

In der Anzeigart „automatische Lagedarstellung auf einer Karte“ wird die Fahrzeugs pur auf der Karte abgebildet und entsprechend dem örtlich vorhandenen radiologischen Messwert

abgestuft eingefärbt. Die Farbabstufungen sind Schwellwertbereichen der Dosisleistung zugeordnet, die vor einem Einsatz entsprechend den zu erwartenden Bedingungen frei konfiguriert werden können. Die so ermittelte Kartendarstellung gibt eine schnellstmögliche und sehr einfach zu verstehende Übersicht über die radiologische Lage des durchfahrenen Gebiets.

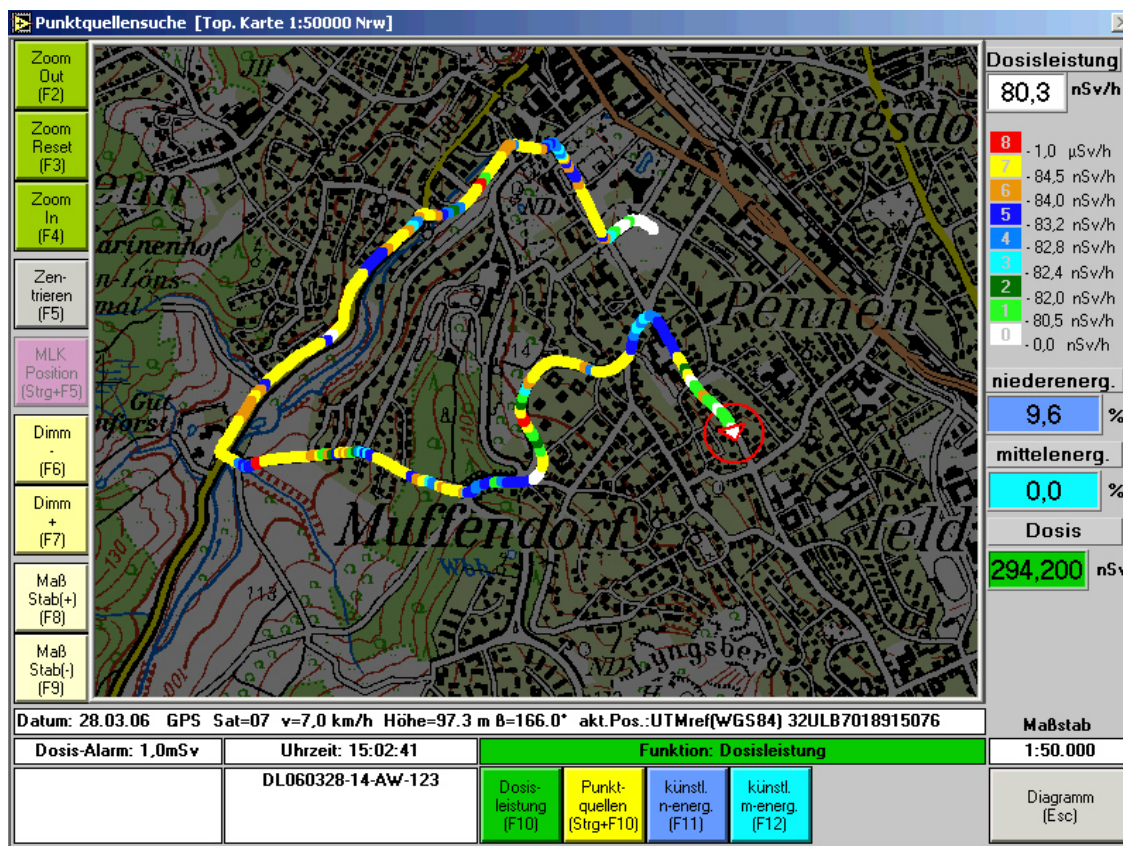


Abb. 4: Kartendarstellung der radiologischen Messwerte im ABC-ErkKW

2.4 Messleitkomponente

Kommen in einer größeren Schadenlage mehrere ABC-ErkKW gleichzeitig zum Einsatz, ist eine Messleitung zur Führung der Messfahrzeuge und Aus- und Bewertung der Messergebnisse notwendig. Dies wird durch die in der Einsatztaktik [2] geforderte Messleitkomponente ermöglicht. Die technische Realisierung der MLK wird durch ein derzeit laufendes Forschungsvorhaben des BBK vorangetrieben, so dass Messleitkomponenten für die ABC-Erkundung in naher Zukunft im Bereich des Bevölkerungsschutzes möglich sind. Die MLK wird dann Messergebnisse zusammenfassen, vorläufig bewerten, grafisch aufbereiten und auf Grundlage dieses aktuellen Lagebildes die Messfahrzeuge führen.

2.5 CBRN Task Forces

Die einleitend erwähnte „Neue Strategie“ [1] beschreibt auch Spezialkräfte für Einzelaufgaben des Bevölkerungsschutzes, sogenannte Task Forces. Dazu wurden als

Pilotprojekte an vier Standorten chemisch-analytische Task Forces aufgebaut. Diese verfügen über modernste mobile und luftverlastbare Analytikgeräte sowie hohes fachliches Wissen der Einsatzkräfte. So sind sie u.a. in der Lage, Luft getragene Schadstoffe auf Distanz zu identifizieren (Ferndetektion FTIR). Die Task Forces bauen auf den Leistungen und Messmöglichkeiten der flächendeckenden Ausstattung im Bevölkerungsschutz (sogen. Stufen I bis III der Neuen Strategie) auf. Zukünftig sollen diese Task Forces an mehreren Standorten auch für die Aufgaben der biologischen sowie radiologischen Gefahrenabwehr befähigt werden.

3 Literatur

- [1] Neue Strategie zum Schutz der Bevölkerung in Deutschland, Schriftenreihe Wissenschafts Forum, Band 4 (2003), BVA-ZfZ (heute BBK); <http://www.bbk.bund.de>
- [2] Taktische Einsatzgrundsätze für den Bereich ABC-Erkundung, (2003), aktuelle abgestimmte Version von 2006; <http://www.bbk.bund.de>

MÖGLICHKEITEN UND GRENZEN DER ELEKTRONISCHEN LAGEDARSTELLUNG

POTENTIALS AND LIMITS OF ELECTRONIC SITUATION DISPLAYS

K. Hable, Ch. Höbler, P. Bieringer
Bundesamt für Strahlenschutz,
Freiburg

Zusammenfassung

Durch die stetig wachsende Menge unterschiedlicher Informationen aus einer Vielzahl von Quellen im Notfallschutz erhält die Notwendigkeit, diese zentral zu sammeln und allen beteiligten Behörden möglichst zeitnah zur Verfügung zu stellen, ein zunehmend größeres Gewicht. In diesem Zusammenhang hat sich die übersichtliche Präsentation von Dokumenten auf einem Webserver im Sinne einer Elektronischen Lagedarstellung etabliert.

National existieren auf Bundes- und Länderebene verschiedene Prototypen einer Elektronischen Lagedarstellung mit unterschiedlichen Zielsetzungen und technischen Ansätzen. Auf Länderebene liegt mit Ereignistagebüchern und Einsatzinformationen für die Katastrophenschutzbehörden der Fokus eher auf Unterstützung organisatorischer Abläufe. Das BfS entwickelte im Auftrag des BMU die Lagedarstellung des Bundes (ELAN), welche schwerpunktmäßig als Informationsplattform zur Entscheidungsfindung über nationale Maßnahmen bei nuklearen Notfällen dient.

Dokumente verschiedener Informationslieferanten wie z.B. Messergebnisse oder Resultate aus Entscheidungshilfesystemen werden weitgehend automatisiert in ELAN eingestellt. Lese- und Schreibzugriff erfolgen über ein spezielles Rollenkonzept.

Die unterschiedlichen Lagedarstellungen von Bund und Ländern sollen im Sinne einer Harmonisierung aufeinander abgestimmt bzw. Schnittstellen für Informationsaustausch und -weiterverarbeitung geschaffen werden. Dies wird z.B. durch das Angebot von Länderbereichen auf ELAN ermöglicht, in welchen jeweils landesinterne Informationen vor der Freigabe für Bund und Nachbarländer zunächst nur für ausgewählte Nutzer sichtbar sind. ELAN kann außerdem automatisiert von bereits bestehenden Länder-Lagedarstellungen für den Bund relevante Informationen übernehmen. Mit wenigen Zusatzfunktionen sollen künftig außerdem Meldeverpflichtungen der Länder an den Bund vereinfacht werden. Für eine internationale Harmonisierung arbeiten verschiedene Arbeitsgruppen der IAEO an der Entwicklung und Realisierung eines Prototyps einer universellen internationalen Informationsplattform.

The amount of information and the number of different sources is steadily increasing in the field of precautionary radiation protection and disaster response. Central compilation and instant availability of information for all involved authorities becomes more and more important. In this context the structured presentation of documents on a web server in terms of an "Electronic Situation Display" (ESD) has been established.

At national level, there are several Electronic Situation Display prototypes run by federal and state authorities for various purposes and using different technical approaches. The systems of the states focus on workflow management. They provide emergency log books and information on the implementation of countermeasures for disaster response authorities. The Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU) tasked the Federal Office for Radiation Protection (BfS) to develop the Federal Electronic Situation Display (ELAN) that mainly serves as an information platform for decision making in case of nuclear emergencies. Its documents containing radiological data or results from Decision Support Systems are almost automatically integrated in ELAN. Read and write permissions for users are managed by a concept of specific roles.

The federal ESD and the systems of the states will be coordinated in order to achieve a better harmonisation. Interfaces for data exchange and data processing must be defined. Authorities of the states can use protected areas within the federal ESD where information is kept confidential for internal use before it is distributed to other states and federal authorities. In addition, key information of states Electronic Situation Displays can automatically be integrated into ELAN.

Several task groups of the IAEA are working on the development and realization of a prototype for an information platform harmonising ESDs on an international level.

1 IT-Systeme im Notfallschutz

1.1 Übersicht und Einsatzzweck

Für die Eingabe und Weiterverarbeitung der anfallenden Daten und Informationen, zur Kommunikation mit internen und externen Partnern sowie bei der Lagebeurteilung und Entscheidungsfindung werden im Notfallschutz unterschiedliche, aufeinander abgestimmte IT-Systeme eingesetzt (vgl. Abb. 1).

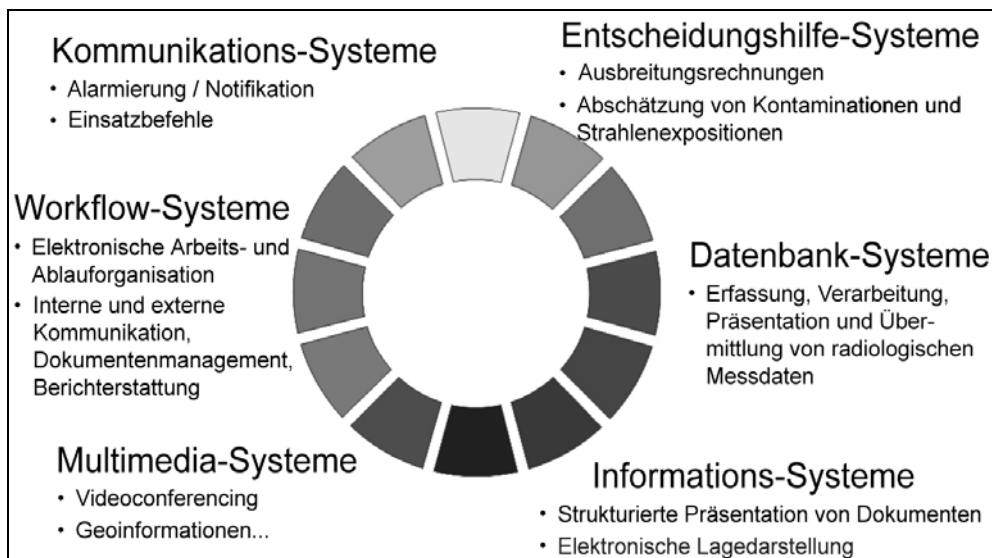


Abb. 1: IT-Systeme im Notfallschutz

Die Erst- und Folgemeldungen (Notifikationen) über Art und Schwere eines Ereignisses, werden – wie auch Einsatzbefehle der verschiedenen Stäbe – direkt über bestimmte Kommunikationssysteme wie Fax oder E-Mail oder über proprietäre Systeme wie die „CoDecS“-Software im ECURIE-System der EU [1] bzw. das ENATOM-Verfahren der IAEA [2] aktiv im sog. „push“-Verfahren übermittelt.

Die Erfassung, Verarbeitung, Präsentation und Übermittlung von radiologischen Messdaten aus den KFÜ-Systemen der Länder oder den Bundesmessnetzen erfolgt über spezielle Datenbank-Systeme wie z.B. das Integrierte Mess- und Informationssystem (IMIS) des Bundes.

Bereits in der Frühphase eines Unfalls kommen so genannte Entscheidungshilfesysteme zur Abschätzung der Kontamination der Umwelt und Strahlenexposition des Menschen zum Einsatz, wie z.B. die Systeme PARK (Programmsystem zur Abschätzung radiologischer Konsequenzen) und RODOS (Realtime Online Decision Support System).

Workflow-Systeme wie z.B. das beim BMU im Rahmen des Projektes „ADONOS“ (Arbeitsorganisation und Dokumentenmanagement für den Notfallschutz in der Stabsorganisation) eingesetzte Government Content Management System (GCMS) „OpenTextDOMEA“ dienen u.a. der elektronischen Arbeits- und Ablauforganisation, dem Dokumentenmanagement sowie der Berichterstattung und unterstützen hierdurch die Stabsarbeit.

Moderne Multimedia-Systeme werden in unterschiedlichen Bereichen des Notfallschutzes eingesetzt. So werden standortübergreifende Besprechungen oder die gemeinsame Diskussion von Dokumenten heute üblicherweise per Videokonferenz durchgeführt. Radiologische Messdaten können beispielsweise mit Hilfe von Geoinformationssystemen dynamisch als Punktkarte vor geographischen Hintergründen dargestellt werden.

Nicht zuletzt werden spezielle Informationssysteme zur strukturierten Präsentation von Dokumenten und Ergebnissen eingesetzt, hierzu zählt auch die Elektronische Lagedarstellung (ELD) welche ein übersichtliches Angebot von Dokumenten auf einem Web-Server bereit stellt.

1.2 Rolle der Elektronischen Lagedarstellung

In einem Notfall werden im Verlauf eines Ereignisses eine Vielzahl an Texten, Bildern, Graphiken und Kommentaren in unterschiedlichen Datenformaten von verschiedenen Institutionen wie Bundes- und Länderbehörden, DWD und KKW-Betreibern auf nationaler Ebene bereitgestellt. Bei großräumigen Ereignissen werden sich Nachbarländer und internationale Institutionen an dem Daten- und Informationsaustausch beteiligen.

Das derzeitige Ziel der Elektronischen Lagedarstellung ist es, für alle behördlichen Informationsnutzer eine einfache, schnelle, sichere und einheitliche Übersicht aller für die Ereignisbewältigung notwendigen Informationen aus einer Vielzahl von Quellen zu gewährleisten. Eine wesentliche Funktion dabei ist die Verdichtung und Bündelung der zur Verfügung stehenden Informationen als Entscheidungsgrundlage für die Maßnahmenfindung [3].

Die heutige übliche Funktionalität einer Elektronischen Lagedarstellung stößt bei der Alarmierung, der Weitergabe von Einsatzbefehlen und bei der Erfolgskontrolle noch an ihre Grenzen. So müssen Erstmeldungen und Informationen zu Lageänderungen weiterhin aktiv geschickt werden, zur Erfolgskontrolle bleibt zunächst ein separates Workflow-System für die Stabsarbeit notwendig.

Ab dem Zeitpunkt der Alarmierung jedoch ist ein Zugriff auf alle wesentlichen Informationen zur nationalen Bewältigung in- oder ausländischer Ereignisse über die Elektronische Lagedarstellung als universelle Informationsplattform möglich. Ein zusätzliches Anmelden bei anderen Systemen ist in der Regel nicht mehr erforderlich, da die wesentlichen Daten und Ergebnisse aller eingesetzten Systeme in die Elektronische Lagedarstellung eingestellt werden. Lediglich Spezialnutzer holen bei Bedarf zusätzliche Informationen aus anderen Anwendungen (z.B. Workflow-Systeme, Entscheidungshilfesysteme) ein.

2 Charakterisierung der Elektronischen Lagedarstellung

2.1 Inhalte

Die Inhalte einer Elektronischen Lagedarstellung stellen zum einen die sogenannten „Ereignisinformationen“ dar, d.h. wichtige Neuigkeiten zur Einschätzung der Lage, welche zeitnah über den Anlagenstatus, Umweltkontaminationen, Strahlenbelastung der Bevölkerung und Schutzmaßnahmen informieren.

Zum anderen sind ELDs mit so genannten Stammdaten und wichtigen Hintergrundinformationen versehen, wie z.B. anlagenspezifische, geographische und demographische Informationen, Notfallschutzpläne, organisatorische Festlegungen und Strukturinformationen, auf die im Ereignisfall direkt zugegriffen werden kann.

2.2 Grundkonzept

Auf einer Elektronischen Lagedarstellung werden alle zur Entscheidungsfindung notwendigen Informationen meist zeitlich (aktuelle Informationen – Archiv) und thematisch (Lageinformationen – Messergebnisse...) strukturiert dem Nutzer angeboten.

Im Gegensatz zu Alarmierung und Meldungen zum Ereignis, welche aktiv im sog. „push“-Modus übermittelt werden müssen, hat der Informationsbezieher eine Hol-Pflicht („pull“-Modus) der auf einem Webserver bereitgestellten Dokumente, wobei ihm bekannt ist, in welchem Verzeichnis der Elektronischen Lagedarstellung er welche Informationen finden kann. Die Markierung neuer, d.h. eventuell noch nicht vom Benutzer gelesener Inhalte kann hier z.B. über eine Art Webseiten-Ticker erfolgen, welcher die zuletzt eingestellten Einträge auflistet.

Die Informationslieferanten besitzen entsprechende Schreibrechte auf die ELDs. Ein zugehöriges Nutzer- und Rollenkonzept definiert hierarchische Zugriffsrechte und das eigenverantwortliche Belieferungsverfahren durch alle Informationserzeuger und auch den Lesezugriff aller potenziellen Informationsempfänger in einem Ereignisfall. Des weiteren besteht die Möglichkeit, einen fachlich-technischen Operator einzusetzen, welcher permanent

die Funktionsfähigkeit der Elektronischen Lagedarstellung überwacht und z.B. die Informationserzeuger bei offensichtlichem Ausbleiben wichtiger Informationen bzw. bei vermutlichen inhaltlichen Fehlern kontaktiert [3].

Als Technologie für Elektronische Lagedarstellungen bietet sich die Internet-Technik an, da diese als verbreiteter Standard weitgehend hardware- und betriebssystemunabhängig ist und viele unterschiedliche Datenformate für Texte, Bilder und Grafiken möglich sind. Zudem ist aufgrund der einfachen Bedienbarkeit die zuverlässige Nutzung auch durch ungeübte Anwender möglich.

2.3 Funktionsmerkmale

Unter Ausnutzung der Internet-Technologie bieten viele ELDs weitere Funktionsmerkmale. So können Elektronische Lagedarstellungen neben der manuellen Eingabe von Informationen meist automatisiert oder teil-automatisiert bestückt werden. Oft besteht auch die Möglichkeit der nachträglichen Kommentierung oder Bearbeitung von Einträgen. Über Recherche-Filter kann z.B. nach Inhalten mit bestimmten Kriterien gesucht werden, Protokollfunktionen liefern einen Überblick über die Ereignis-Chronologie und Archivierungsmöglichkeiten unterstützen bei der Nachbearbeitung von Übungen [3].

3 Arten und Zielsetzungen von Elektronischen Lagedarstellungen

Auf Länderebene existieren in Deutschland in einzelnen Bundesländern detaillierte Elektronische Lagedarstellungen für das Katastrophenschutzmanagement, die vor allem durch Landesbehörden, regionale Behörden, Polizei und andere Einsatzkräfte genutzt werden. Sie dienen neben der Lagedarstellung vor allem der Koordination von Messdiensten, der Information des Personals vor Ort und der Dokumentation von Einsätzen in Form von Einsatztagebüchern.

Die Elektronische Lagedarstellung für den Notfallschutz (ELAN) des Bundes dient der strukturierten Präsentation der zur Entscheidung über Maßnahmen notwendigen Ergebnisse sowie zur Information von Nachbarstaaten und internationalen Behörden. Der Zugriff erfolgt durch Bundes- und Landesbehörden sowie bilaterale Informationspartner.

Auf internationaler Schiene existieren z.B. mit der ENAC-Website (Early Notification and Assistance Convention) der IAEO gemeinsame Informationsplattformen aller Kommunikationspartner, welche ein grenzüberschreitendes, harmonisiertes Vorgehen in der Ereignisbewältigung ermöglichen. Zugang auf diese Websites haben entsprechend den internationalen Vereinbarungen von IAEO und EU die sog. „Competent Authorities“ (CAs) der Mitgliedstaaten [3].

4 Die Lagedarstellung des Bundes: ELAN

Die Entwicklung der Elektronischen Lagedarstellung für den Notfallschutz (ELAN) durch das BfS im Auftrag des BMU begann im Jahr 2000. Seitdem wird ELAN durch das BfS prototypisch als Teil des IMIS Gesamtsystems betrieben und mit dem Ausbau von Schnittstellen und Sicherheitsfunktionen sowie der Verstärkung von Automatisierungsmechanismen kontinuierlich verbessert.

4.1 Inhalte

In einem Ereignis werden in ELAN alle wesentlichen Informationen zur Lagebeurteilung und zur Entscheidung über Maßnahmen zeitnah eingestellt und in einer Gesamtübersicht chronologisch geordnet. Archivierte Informationen dokumentieren z.B. zurückliegende Übungen. Thematisch ist ELAN mit den Kapiteln „Ereignisinformationen“, „Meteorologie“, „Prognosen“, „Messergebnisse“, „Lageinformationen“ und „Information der Öffentlichkeit“ entsprechend dem zeitlichen Informationsbedarf in einem Ereignisfall strukturiert.

4.2 Einstellen und Abrufen von Informationen

Viele IMIS-Dokumente können unter Einsatz der IMIS-Auftragsverwaltung bereits automatisiert in ELAN eingestellt werden. Bei einigen Ergebnissen wie z.B. der Entscheidungshilfesysteme PARK und RODOS ist dieser Workflow nur teilautomatisiert möglich: die bereitzustellenden Inhalte werden durch zuständige Bearbeiter manuell freigegeben und anschließend automatisch an ELAN übertragen. Zur automatischen Übernahme von Inhalten ausländischer Informationsquellen werden derzeit Prozeduren entwickelt.

Das manuelle Einstellen von Informationen wie z.B. Bewertungen oder Maßnahmenempfehlungen über die ELAN-Erfassungsmaske ist einfach und sehr schnell z.B. direkt durch die Mitarbeiter der zuständigen Stäbe möglich. Neben der Vergabe eines Kurzkomentars können beliebige in Standardformaten gefertigte Dokumente (z.B. Word, PDF, Grafiken) im lokalen Dateisystem des Nutzer-PCs ausgewählt und als zusätzliche Information in ELAN hochgeladen werden.

Nach der Anmeldung bei ELAN erhält der Nutzer zunächst eine Schnellinformation zum Vorkommnis über den so genannten „Ereignistext“ auf der Hauptseite. Je nach Interesse können in den Unterkapiteln alle zugehörigen Einträge in zeitlich absteigender Reihenfolge gesichtet werden. In einem zusätzlichen Fenster können alle bisher eingestellten Informationen in chronologischer Reihenfolge eingesehen werden. Diese Ansicht wird zyklisch automatisch aktualisiert. Ein Recherchefilter dient zur Anzeige ausgewählter Inhalte ein oder mehrerer Unterkapitel [3].

5 Aktuelle und zukünftige Entwicklungen

5.1 Nationale und internationale Harmonisierung

National und international wird derzeit verstärkt an der Harmonisierung bestehender Systeme gearbeitet (vgl. Abb. 2).

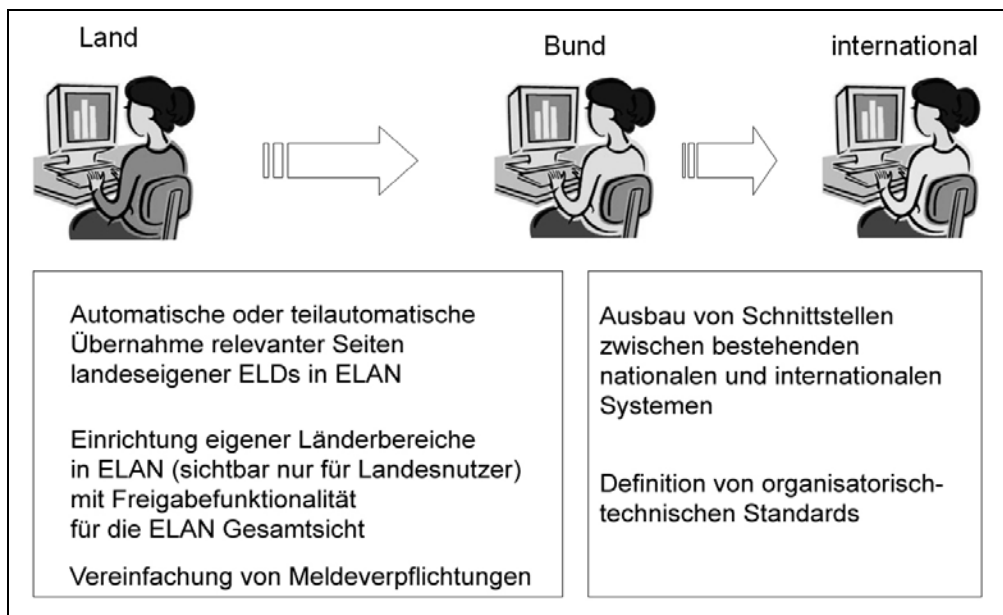


Abb. 2: Nationale und internationale Harmonisierung

Gemäß dem Verständnis der ELD als zentralem Informationsmedium im Notfallschutz werden z.B. in die Lagedarstellung des Bundes Informationen aus den Bundesländern als besonders wichtige Informationslieferanten bei inländischen Ereignissen wie folgt eingebunden: Bei landeseigenen Lagedarstellungen kann die Übernahme relevanter Seiten in ELAN automatisiert oder teilautomatisiert erfolgen. Ansonsten besteht ein Angebot des BfS an die Länder, spezielle landeseigene Bereiche in ELAN für einen landesinternen Informationsaustausch zu nutzen. Diese Bereiche sind nur für die jeweiligen Landesnutzer sichtbar. Durch einfach bedienbare Freigabefunktionen lassen sich die Landesdokumente auch für alle ELAN-Nutzer sichtbar machen, wodurch z.B. auch Meldeverpflichtungen der Länder an den Bund vereinfacht werden.

International ist ein gemeinsamer Schwerpunkt verschiedener Arbeitsgruppen der IAEO die Entwicklung und Realisierung eines Prototyps für eine universelle Informationsplattform, welche allen (potenziellen) Nutzern die Gesamtheit der für den radiologischen Notfallschutz wichtigen internationalen Informationen über ein nutzerfreundliches „User-Interface“ aus einer Hand zur Verfügung stellt. Wege zur Erreichung dieses Zieles sind z.B. der Ausbau von Schnittstellen zwischen den bestehenden nationalen und internationalen Systemen und die Definition von organisatorisch-technischen Standards [4].

5.2 Technische Weiterentwicklung

Auf internationaler Ebene wurden über die IAEO verschiedene Arbeits- und Expertengruppen gebildet, die im Rahmen eines „Action-Planes“ die Verbesserung des internationalen Informationsaustausches vorantreiben sollen. Einzelprojekte sind hierbei u.a. die Entwicklung elektronischer Meldeformulare, die Verwendung von Cross-Media-Formaten (XML), die Integration von Notifikations- und Datenaustauschverfahren, der Einsatz von Videoconferencing-Systemen sowie die Entwicklung von Workflow-Strategien zur Information der Öffentlichkeit im Ereignisfall [4].

6 Ausblick

Das BfS beteiligt sich an den internationalen Harmonisierungsbestrebungen und arbeitet an der Definition von technischen Standards mit, wobei nicht zuletzt eigene Erfahrungen aus der Entwicklung von ELAN eingebracht werden. Es wird dafür Sorge getragen, dass ELAN im Rahmen einer universellen internationalen Informations- und Kommunikationsplattform zukünftig als nationale Schnittstelle genutzt werden kann.

7 Literatur

- [1] ECURIE, European Community Urgent Radiological Information Exchange. Gemeinschaftsvereinbarung über den beschleunigten radiologischen Informationsaustausch der EU auf Grundlage der Entscheidung des Rates 87/600/EURATOM, Amtsblatt EG Nr. L371 (1987), p. 0076 – 0078
- [2] Emergency Preparation and Response Unit, IAEA, Emergency Notification and Assistance Technical Operations Manual EPR-ENATOM(2004)
- [3] Ch. Höbler, K. Hable, Möglichkeiten der elektronischen Lagedarstellung (ELD) als Informationsquelle beim Krisenmanagement, zur Veröffentlichung vorgesehen im Tagungsband zur SSK-Klausurtagung vom 10.-11.11.2005 in Würzburg
- [4] P. Bieringer, K. Hable, Ch. Höbler, Der Informationsaustausch in einem Ereignisfall – organisatorische, inhaltliche und technische Aspekte, in: Fachverband für Strahlenschutz e.V. (Hrsg.) Strahlenschutzpraxis, TÜV Media GmbH, Köln (2006) p. 17

ANFORDERUNGEN DER KATASTROPHENSCHUTZSTÄBE AN DIE IM EREIGNISFALL ZUR LAGEBEWERTUNG BEREITZUSTELLENDEN DATEN UND INFORMATIONEN

REQUIREMENTS OF EMERGENCY CONTROL MANAGERMENTS ON DATA AND INFORMATION FOR ASSESSMENT OF THE RADIOLOGICAL SITUATION IN CASE OF A SEVERE ACCIDENT IN A NUCLEAR POWER PLANT

M. Urbach¹, D. Koch², H. Weiß³

1Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Hamburg

2Ministerium für Soziales, Gesundheit, Familie, Jugend und Senioren Schleswig-Holstein

3EnergieSystemeNord GmbH, Raisdorf

Zusammenfassung

Bei einem schweren Unfall in einem der norddeutschen Kernkraftwerke sind Kreis- und Ländergrenzen überschreitend mehrere Gebietskörperschaften betroffen und es müssen entsprechend der unterschiedlichen Zuständigkeiten Schutzmaßnahmen für die Bevölkerung getroffen werden. Eine einheitliche Lagebewertung und ein abgestimmtes Vorgehen sind eine wesentliche Voraussetzung für einen möglichst wirkungsvollen Schutz von Bevölkerung und Einsatzkräften. Die mit dem Katastrophenschutz befassten Stellen müssen sich möglichst frühzeitig und schnell ein umfassendes Bild über die Entwicklung der sich zeitlich und räumlich ändernden radiologischen Lage machen, um geeignete Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung veranlassen zu können. In diesem Beitrag werden die Ergebnisse einer norddeutschen Arbeitsgruppe zusammengefasst, die im Jahr 2005 die für Maßnahmenentscheidungen relevanten Daten und Informationen zusammengestellt und ein Konzept für den effizienten Rückfluss aller wesentlichen Daten und Lageinformationen zu den Katastrophenschutzstäben und den sonstigen Empfängern mit Aufgaben im Katastrophenschutz entwickelt hat.

Summary

In case of a severe accident in one of the nuclear power plants in northern Germany consequences may reach across the borders of counties and Länder and several local and regional authorities will have responsibilities for disaster response measures. Consistent assessment of the situation and coordinated action are essential for protection of the population and task personnel as effective as possible. The disaster response managements have to come to a comprehensive assessment of the developing radiological situation at an early stage to be able to initiate appropriate protective measures. The results of a working group from 2005 on this topic will be presented here. The working group has compiled sets of data and information which are relevant in decision making for protective measures and has developed a concept for the efficient distribution of data and information to the disaster control staffs and other recipients with responsibilities in emergency control.

Länderübergreifende Zusammenarbeit bei der Lagebewertung im Katastrophenfall

Wenn bei einem Unfall in einer kerntechnischen Anlage erhebliche Mengen radioaktiver Stoffe freigesetzt werden, müssen von den Katastrophenschutzbehörden innerhalb kurzer Zeit Entscheidungen über einschneidende Maßnahmen zum Schutz der gefährdeten Bevölkerung getroffen werden. Sie müssen entscheiden, ob die Bevölkerung in den betroffenen Gebieten zum Verbleib in geschützten Räumen aufgefordert werden muss oder ob bestimmte Bereiche vor oder nach Eintreffen der radioaktiven Wolke evakuiert werden müssen. Sie entscheiden über die Einnahme von Jodtabletten zum Schutz vor der Anreicherung radioaktiven Jods in der Schilddrüse und über Verkehrsbeschränkungen und Sperrungen kontaminierter Gebiete. Vorrangiges Ziel aller Maßnahmen ist es, unmittelbare Folgen durch Frühschäden und hohe Individualrisiken für Spätschäden durch die Auswirkungen des kerntechnischen Unfalls auf die Bevölkerung zu verhindern oder zu minimieren.

Das von möglichen Katastrophenauswirkungen betroffene Gebiet reicht nicht selten über Kreis- und Ländergrenzen hinweg, wie am Beispiel des Kernkraftwerks Krümmel am Rande des Ballungsraumes Hamburg in Abbildung 1 deutlich wird.



Abb. 1: Vierländer-Situation Katastrophenschutzbereich Kernkraftwerk Krümmel

Da die Planungszonen nach den Rahmenempfehlungen [1] hier vier Bundesländer berühren, ist eine besonders enge Zusammenarbeit aller umliegenden Katastrophenschutzbehörden mit der Aufsichtsbehörde und mit dem Anlagenbetreiber erforderlich, um einen schnellen Informationsfluss im Ereignisfall sicherzustellen, zu einer einheitlichen Lagebewertung zu kommen und ein abgestimmtes gemeinsames Handeln zu ermöglichen.

Um diesem Ziel näher zu kommen, haben die Länder Schleswig-Holstein, Hamburg, Niedersachsen und Mecklenburg-Vorpommern gemeinsam mit dem Kernkraftwerk Krümmel seit mehreren Jahren in einer Arbeitsgruppe Konzepte zur gemeinsamen Lageermittlung und -bewertung erarbeitet. Unter anderem wurde eine Kommunikationsstruktur und eine einheitliche Mess- und Probenahmeanweisung für die Strahlenspürtrupps verabredet sowie probeweise eine gemeinsame Messzentrale (GMZ) eingerichtet, die mit ihrer gebündelten Fachberatungskompetenz auf der Grundlage der in einer Datenbank gesammelten Emissions-, Immissions- und Wetterdaten für alle Katastrophenschutzstäbe und -einsatzkräfte Lageinformationen und Maßnahmeempfehlungen zur Verfügung stellt. In bisher drei länderübergreifenden Übungen konnten Erfahrungen zur Optimierung der neuen Konzepte gesammelt werden.

In diesem Kontext hat sich eine Unterarbeitsgruppe¹ mit der Frage beschäftigt, welche Daten und Informationen zu welchem Zeitpunkt in den unterschiedlichen Katastrophenschutzstäben zur Entscheidungsfindung benötigt werden und wie die Informationen aufbereitet und verteilt werden müssen, um möglichst schnell in die Entscheidungsprozesse einfließen zu können. Die Ergebnisse dieser Überlegungen werden hier präsentiert.

Erfahrungsrückfluss aus den Übungen 1999 und 2002

Bei der Übung Krümmel 1999 wurden die Lageinformationen zwischen den beteiligten Stäben und dem Kernkraftwerk noch in Form von unterschiedlichen Einzeldokumenten per Fax ausgetauscht. Nicht nur wegen der technischen Beschränkungen der Faxübermittlung war es damals außerhalb des lageführenden Kreises schwierig, überhaupt ein aussagefähiges Bild der Lage zu erhalten, da nicht alle benötigten Informationen mit der notwendigen Geschwindigkeit verfügbar gemacht werden konnten.

In der Übung Krümmel 2002 wurden die für die Fachberatung erforderlichen Angaben in komprimierter Form in einem Radiologischen Lagebericht von einer gemeinsamen Messzentrale allen betroffenen Katastrophenschutzstäben zur Verfügung gestellt. Der als EXCEL-Tabelle per E-Mail versandte Radiologische Lagebericht erforderte aufgrund seines Umfangs zu lange Bearbeitungszeiten. Bereits vorliegende Informationen konnten nicht weitergegeben werden, da die Fertigstellung und Freigabe des Gesamtberichtes zu lange dauerte. Es konnte daher nicht die nötige Aktualität der Information sichergestellt werden.

Andererseits waren mit der Benutzung digitaler Kommunikationswege die Übertragungsgeschwindigkeit und der Informationsumfang keine begrenzenden Größen mehr. Bei den Empfängern war jetzt das Lesen, Verstehen und Ausdrucken des vollständigen Radiologischen Lageberichtes sehr zeitaufwändig. Es zeigte sich auf der Seite der Empfänger, dass auch nichtfachliche Details wie Layout und Dokumentaufbau wesentlich für das schnelle Aufnehmen und Verstehen der Informationen sind. Hier zu gehören

- gute Orientierungsmöglichkeiten innerhalb des Dokuments,
- einheitliches Layout für das leichte Erkennen wesentlicher Elemente,
- Erkennbarkeit der jeweils neuen oder geänderten Informationen,
- eine eindeutige Zeitmarke für die dargestellte Information,
- eine klare Unterscheidbarkeit zwischen Prognose und Diagnose.

Es wurde in den Diskussionen zur Übungsauswertung auch deutlich, dass nicht alle Beteiligten den gleichen Informationsbedarf haben. Während ein Stab in einem betroffenen Landkreis eher klare Maßnahmenempfehlungen von einer gemeinsamen Messzentrale erwartet, ist ein fachlich und personell gut ausgestatteter Stab in einer Landesbehörde auch an der Begründung der Maßnahmeempfehlungen und an Originaldaten interessiert, um gegebenenfalls mit der eigenen Fachberatungseinheit zu Maßnahmeentscheidungen zu kommen, die auf die eigene Landessituation zugeschnitten sind.

¹ Arbeitsgruppe Datenmanagement: Frau Derdau (KKK), Frau Koch (MSGV SH), Herr Bendzko (BirComp GmbH), Herr Borrás (KBR), Herr Claußen (Kreis Dithmarschen), Herr Erichsen (UM MVP), Herr Geick (Dataport), Herr Dr. J. Müller (MSGV SH), Herr Rudat (BR Lüneburg), Frau Dr. vom Bruck (BR Lüneburg), Herr Weiß (ESN) und Herr Dr. Urbach (BSU FHH)

Informationsfluss bei der länderübergreifenden Zusammenarbeit

Die AG ist bei ihren Überlegungen zur Optimierung des Informationsangebots von folgender Situation ausgegangen:

- Bei einem schweren Unfall in einem der norddeutschen Kernkraftwerke sind Kreis- und Ländergrenzen überschreitend mehrere Gebietskörperschaften betroffen und es müssen entsprechend der unterschiedlichen Zuständigkeiten Schutzmaßnahmen für die Bevölkerung getroffen werden. Eine einheitliche Lagebewertung und ein abgestimmtes Vorgehen sind eine wesentliche Voraussetzung für einen möglichst wirkungsvollen Schutz von Bevölkerung und Einsatzkräften. Die Lagebewertung wird durch eine gemeinsame Messzentrale (GMZ) unterstützt.
- Die GMZ stellt mit ihrer gebündelten Fachberatungskompetenz auf der Grundlage der ihr vorliegenden Emissions-, Immissions- und Wetterdaten für alle Katastrophenschutzstäbe und -einsatzkräfte Lageinformationen und Maßnahmeempfehlungen zur Verfügung.
- Die GMZ gibt ausschließlich fachlich begründete Empfehlungen ab. Entscheidungen über die Durchführung von Maßnahmen müssen unter Berücksichtigung weiterer Faktoren (z.B. Zeit, Durchführbarkeit, Kosten, öffentliche Meinung) und unter Beachtung der zwischen den einzelnen Organisationsebenen bestehenden Unterstellungsverhältnisse und Weisungsbefugnisse von den lokalen Stäben selbst getroffen werden.
- In den Katastrophenschutzstäben stehen Fachberater zur Verfügung, welche die Lageinformationen und Maßnahmeempfehlungen fachlich interpretieren und die Katastrophenstabsleitungen bei der Umsetzung in Maßnahmeentscheidungen beraten.
- Lokale Messzentralen steuern vor Ort Mess- und Strahlenspürtrupps und liefern die ermittelten Immissionsmessdaten und die Ergebnisse der Labormessungen an die GMZ. Die Abbildung 2 gibt eine Übersicht über den Informationsfluss.

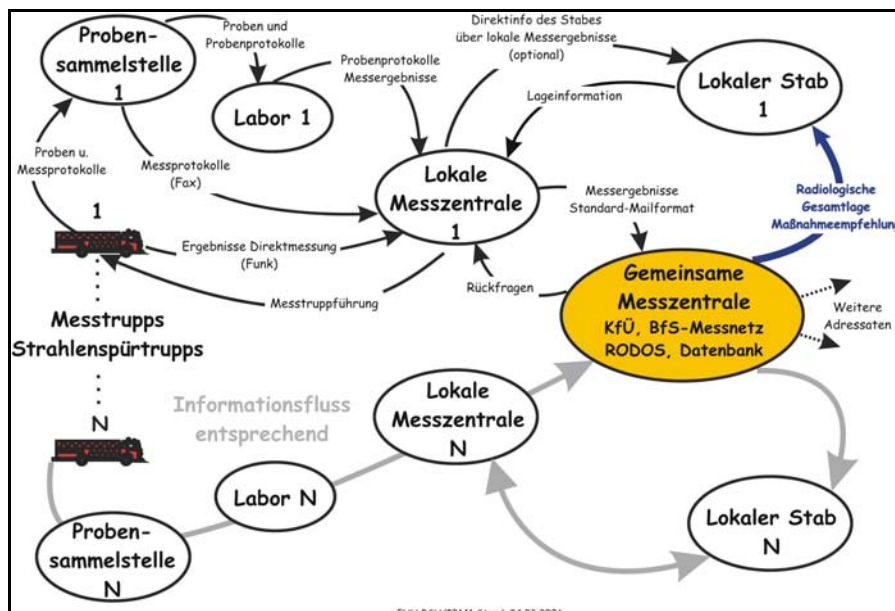


Abb. 2: Informationsfluss bei einer gemeinsamen Messzentrale

Zeitliche Prioritäten bei der Bereitstellung von Informationen

Vor Beginn einer Freisetzung stützten sich die mit dem Katastrophenschutz befassten Stellen bei der Lagebeurteilung auf Informationen aus der Anlage zum Unfallablauf und auf mit Modellrechnungen ermittelte Unfallverläufe wie z.B. die Deutschen Risikostudien A [2] und B [3] und die im Leitfaden für die Fachberater Strahlenschutz [4] zusammengetragenen Informationen. Wenn eine Freisetzung beginnt, kommen Informationen aus der Emissionsüberwachung der Anlage hinzu. Anhand von Schätz- oder Messwerten der emittierten Radioaktivität können die Fachberater in den Katastrophenschutzstäben unter Einbeziehung von Daten zur aktuellen Wetterlage mit Prognoserechnungen die zu erwartende Strahlenexposition abschätzen und so eine erste Grundlage für Maßnahmeempfehlungen liefern.

Da sich in der Ausbreitungsphase die Aktivitätskonzentration in der Luft und am Boden zeitlich und räumlich ändert, können einzelne Messwerte aus dem betroffenen Gebiet in dieser Phase noch keinen wesentlichen Beitrag zur Lagebeurteilung liefern. Erst wenn die Aktivitätsfreisetzung zu einem Stillstand gekommen ist, gewinnen die Messwerte aus dem betroffenen Gebiet zunehmend an Bedeutung. Sie dienen dann zur Überprüfung der Prognoserechnungen und als Grundlage für die Abschätzung der Strahlenexposition der Bevölkerung. Abbildung 3 veranschaulicht die unterschiedliche Gewichtung von Prognosen und Messungen während der Unfallentwicklung.

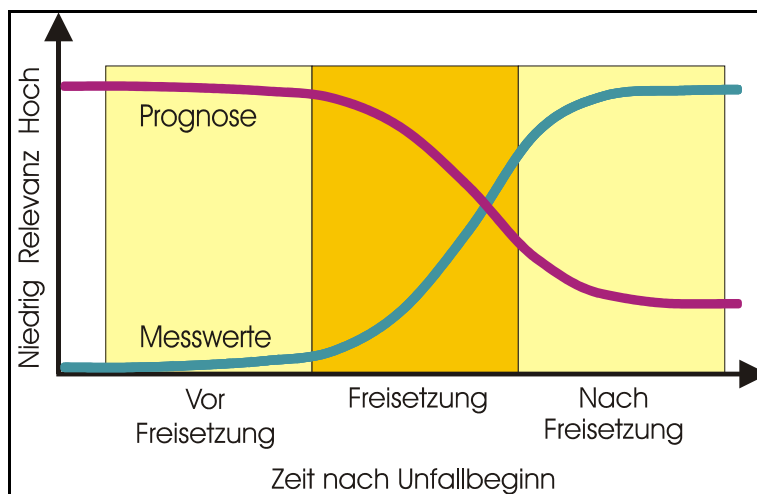


Abb.3: Unterschiedliche Gewichtung von Prognosen und Messungen während der Unfallentwicklung

Welche Informationen benötigen die Katastrophenschutzbehörden?

In den Stäben der Katastrophenschutzbehörden benötigen die mit der fachlichen Analyse betrauten und speziell ausgebildeten Fachberater Strahlenschutz zunächst Emissions- und Wetterdaten für ihre Ausbreitungsprognosen und Informationen über den Anlagenzustand und Unfallverlauf sowie im weiteren Verlauf dann Immissionsmesswerte aus dem betroffenen Gebiet, um ihre Prognosen verifizieren oder an die tatsächliche Entwicklung anpassen zu können.

Der dafür benötigte Informationsumfang ist für den Lagebericht der Übung 2002 auf der Grundlage einer Arbeit von Weiß und Schumacher [5] strukturiert aufbereitet worden und

umfasst neben einer Zusammenfassung Angaben zum Zustand der Anlage, zu den Emissionen und zur Meteorologie, zur potentiellen Strahlenexposition sowie eine Zusammenfassung der Immissionswerte, Maßnahmeempfehlungen für die Bevölkerung und Maßnahmeempfehlungen zur überregionalen Messtruppführung.

Nach den Übungserfahrungen ist es aber notwendig, dieses Grundgerüst zu erweitern. Benötigt werden zusätzlich organisatorische Informationen wie eine Übersichtsdarstellung über die jeweils aktuell verfügbaren Lagedarstellungen und eine Möglichkeit der Rückmeldung über durchgeführte Katastrophenschutzmaßnahmen. Für die Abschätzung der Strahlenexposition von Personen in der Notfallstation wird eine Darstellung der Dosis im betroffenen Gebiet in Abhängigkeit von der Aufenthaltszeit benötigt. Die Darstellung der Immissionswerte sollte jeweils sowohl zusammenfassend als Übersicht als auch detailliert zur genauen Bewertung zur Verfügung stehen.

Zusammen mit den zeitlichen Prioritäten ergibt sich die folgende Informationsmatrix.

Tabelle 1: Informationsumfang und zeitliche Priorität

Informationsinhalt	VOR FREIS.	FREI- SETZUNG	NACH FREIS.
	Zeitliche Priorität		
Organisatorische Informationen			
Übersicht Lageinformation	+	+	+
Übersicht über durchgeführte KatSchutz-Maßnahmen	+	+	+
Übersicht Einsatzbereitschaft	+	+	o
Fachinformationen und Daten			
Maßnahmenempfehlung GMZ	+	+	+
Meteorologie Aktuell/Prognose	+	+	-
Anlagendaten statisch	+	+	-
Emissionen Luftpfad Aktuell/Prognose	+	+	-
Einsatzinformation Messtruppführung	o	+	o
Prognose der Strahlenexposition	+	+	o
Immissionsmesswerte Zusammenfassung	o	o	+
ODL-Messnetze Zusammenfassung	+	+	+
Immissionsmesswerte detailliert	-	o	+
Dosisinformation Notfallstation	o	+	+
Legende: - weniger wichtig, o wichtig, + sehr wichtig			

Wie werden die Informationen bereitgestellt?

Um den zeitlich und inhaltlich unterschiedlichen Informationsanforderungen gerecht zu werden, hat die Arbeitsgruppe vorgeschlagen, für die Bereitstellung der Informationsinhalte einen webbasierten wahlfreien Zugriff der verschiedenen Nutzer zu ermöglichen.

Die Informationen sollen der Datenlage und dem Bedarf entsprechend laufend aktualisiert in Form von „Informationscontainern“ mit festgelegter inhaltlicher Struktur und einheitlichen

gemeinsamen Gestaltungselementen den Benutzern zum Abruf bereitgestellt werden. Dabei kann durch Verwendung von Links eine Verknüpfung von aufeinander bezogenen Inhalten erreicht werden. Die Inhalte der Infocontainer werden aus der Gesamtheit der in der GMZ verfügbaren unbewerteten Daten nach Interpretation und Bewertung durch die fachkundige Mitarbeitergruppe zusammengestellt und als Webseiten aufbereitet und im Internet bereitgestellt. In Abbildung 4 sind die Zusammenstellung der Datensätze und der Zugriff auf die Infocontainer schematisch dargestellt.

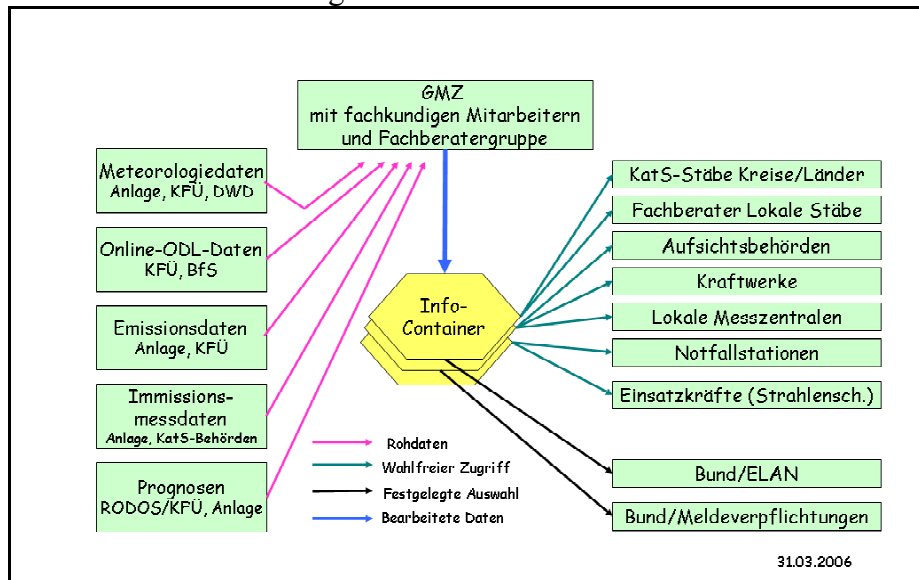


Abb. 4: Aufbereitung und Verteilung der Informationen, Modell wahlfreier Zugriff

Zusätzlich werden für den Bund zur Erfüllung der nationalen und internationalen Meldeverpflichtungen und zur Einstellung in das ELAN-Informationssystem (ELAN: Elektronische Lagedarstellung für den Notfallschutz) des Bundesamtes für Strahlenschutz Datensätze in einem in Form und Inhalt verbindlich vorgegebenen Datenformat erzeugt und übergeben.

Informationscontainer

Die Arbeitsgruppe hat für alle von ihr vorgeschlagenen Übersichtslisten und Informationscontainer Beschreibungen und exemplarische Darstellungen entworfen und den potentiellen Nutzern vorgestellt. Die Umsetzung und Erprobung der Empfehlungen erfolgte zum größeren Teil zur Übung KKK 2005 in der Elektronischen Lagedarstellung ELDA der Gemeinsamen Messzentrale in Kiel. Hier können aus Platzgründen nur vier Beispiele für die Infocontainer gezeigt werden. Eine Übersichtsdarstellung aller Container ist bei den Autoren erhältlich.

Literatur

- [1] Rahmenempfehlungen für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen, GMBI 1999, Nr. 28/29, S. 538-569.

- [2] Deutsche Risikostudie Kernkraftwerke, Hauptband und Fachband 8, Verlag TÜV Rheinland, Köln 1979 und 1981.
- [3] Deutsche Risikostudie Kernkraftwerke, Phase B, Verlag TÜV Rheinland, Köln 1990.
- [4] Leitfaden für den Fachberater Strahlenschutz der Katastrophenschutzleitung bei kerntechnischen Notfällen; Berichte der Strahlenschutzkommission, Heft 37, G. Fischer, Stuttgart, Jena, New York 2004.
- [5] P. Schumacher (TÜV-Nord), H. Weiß (ESN): Standardumfang für den Bericht zur Radiologischen Lage unter Berücksichtigung der Standardergebnisse von KFÜ-SH, RODOS und Messwertdatenbank, Februar 2002.

Beispiel 1

ÜBERSICHT LAGEINFORMATION UNFALL KKW NORD BEGINN 24.05.2004 00:05

INFO-CONTAINER	NR	DATUM	UHRZEIT	STICHWORT
Maßnahmenempfehlung_GMZ	3	25.05.2004	07:47	Evakuierung Hamburg Rathaus nicht erforderlich
ODL-Messnetze Zusammenfassung	1	24.05.2004	06:24	Bisher keine Abweichung vom Normalwert
Einsatzinfo Messtrupführung	1	24.05.2004	06:00	Einsatzbereitschaft, Ausrücken bis jetzt nicht erforderlich
Emissionen Luftpfad	1	24.05.2004	04:16	Prognose für 06:00 – 08:00
Meteorologie Anlage	3	24.05.2004	03:05	Regenschauer im Bereich der Sektoren 7 und 8
Meteorologie Anlage	2	24.05.2004	02:05	Winddrehung auf 200°
Meteorologie Anlage	1	24.05.2004	01:05	Erstmeldung
Anlagenzustand	1	24.05.2004	00:16	Voralarm

hintertag mit Link zum jeweiligen Informations-Container
Liste chronologisch fortlaufend, zeitlich absteigend sortiert...

[ÜBERSICHT KATASTROPHENSCHUTZMASSNAHMEN](#) Link

Beispiel 2

MASSNAHMENEMPFEHLUNG GMZ NR: 1 UNFALL KKW NORD

ERSTELLT: Name, Datum, Uhrzeit GEPRÜFT: Name, Datum, Uhrzeit FREIGEgeben: Name, Datum, Uhrzeit

FESTLEGUNG ERFOLGTE AUFGRUND (Mehrfachnennung möglich):

- Anlagenzustand
- Bisherigen Emissionen
- Prognostizierten Emissionen
- Immissionsmesswerten
- RODOS-Maßnahmenempfehlung
- SAFER-Maßnahmenempfehlung

BETROFFENE GEBIETE UND EMPFOHLENE MAßNAHMEN

Sektor	Zone	Maßnahmen und Bezugszeitraum
	Z	E bis 9 Uhr abschließen, Priorität nord. Elbe
	K	K (Ausgabe bereits seit 6 Uhr empfohlen)
1 bis 4	M	H ab 9 Uhr empfohlen wegen Jod-Dosis
1 bis 4	M, A	H ab 9 Uhr empfohlen wegen Dosisleistung

SITUATION UND WEITERE EMPFEHLUNGEN

Das Maximum der Emission steht wahrscheinlich noch bevor, Aufenthalt im Haus auf Sektor 4 ausdehnen. In den Sektoren 11 und 12 kann die Maßnahme aufgehoben werden.

Legende: E = Evakuierung
H = Aufenthalt im Haus
J = Jodtabletten
K = Jodtabletten nur für Kinder und Schwangere

QUELLENANGABEN BEZUGSDOKUMENTE Verweise, Links zu Karten und Grafiken, z.B. RODOS-Ausgabe

Beispiel 4

METEOROLOGIE AKTUELL/PROGNOSE Nr: 5 UNFALL KKW NORD

ERSTELLT: Name, Datum, Uhrzeit GEPRÜFT: Name, Datum, Uhrzeit FREIGEgeben: Name, Datum, Uhrzeit

	AKTUELLE WETTERDATEN		PROGNOSE
Gemessene Daten vom Standort	KKK	KKK	
Herkunft der Daten	KFÜ	KFÜ	DWD Präsenzberatung
Wetterlage			
Bezugszeitraum [MEZ bzw. MESZ]	Ab Freisetzungsbeginn 4 bis 7 Uhr	Aktuell 9:30 Uhr	Prognosezeitraum ab 8 Uhr
Windrichtung aus ... [Grad]	90	210	langsam über Süd auf West drehend
Windschwankung von ... bis ... [Grad]			gleichbleibend gering
Windgeschwindigkeit [m/s]	2,2 - 2,4	2,2 - 2,4	
Messhöhe für Wind [m]	150	150	
Diffusionskategorie	D	D	C bis D
Niederschlag [mm]	0	0,1	geringer NS möglich
Niederschlagsintensität [mm/h]	0	0	

QUELLENANGABEN BEZUGSDOKUMENTE Verweise, Links zu Karten und Grafiken, z.B. Trajektorien, Niederschlagsradar, Zeitverläufe aus KFÜ

Beispiel 8

DOSISINFORMATION NOTFALLSTATION Seite 2

SCHILDDRÜSENDOSE DURCH INHALATION IM ZEITRAUM: 24.07.2005 13:00 - 15:00

Schilddrüsendosis in mSv (Erwachsene)			
Berechnung auf der Grundlage der Iod-Emissionen im betrachteten Zeitraum			
> 500	250 - 500	100 - 250	50 - 100

Für Kleinkinder ist die Schilddrüsendosis doppelt so hoch anzusetzen.

QUELLENANGABEN BEZUGSDOKUMENTE Verweise, Links zu Karten und Grafiken

ELEKTRONISCHE DARSTELLUNG DER RADIOLOGISCHEN LAGE BEI EINEM KERNTECHNISCHEN UNFALL IN SCHLESWIG-HOLSTEIN

ELECTRONIC REPORTING OF THE RADIOLOGICAL SITUATION IN CASE OF A NUCLEAR EMERGENCY IN SCHLESWIG-HOLSTEIN

R. Bendzko¹, G. Geick², D. Koch³, K. von Perbandt⁴, H. Weiß⁵

1 Bircomp GmbH, Dottikon (CH)

2 Dataport, Kiel

3 Ministerium für Soziales, Gesundheit, Familie, Jugend und Senioren des Landes Schleswig-Holstein, Abteilung Reaktorsicherheit, Kiel

4 Siemens AG, Hannover

5 EnergieSystemeNord GmbH, Raisdorf

Zusammenfassung

Elektronische Lagedarstellung beinhaltet die vollständig rechnergestützte Erfassung und Verarbeitung der verfügbaren Informationen zu einem radiologischen Lagebericht, der allen beteiligten Katastrophenschutzbehörden gemeinsam zur Verfügung steht. Die technische Realisierung nutzt weitgehend die im System der Kernkraftwerksfernüberwachung vorhandenen technischen und personellen Ressourcen.

Electronic reporting of the situation includes the completely computer-based collection and processing of available information to a radiological review of the situation which is at joint disposal of all authorities involved in emergency management. The technical realisation largely uses the technical and personal resources available in the system of remote reactor monitoring.

1 Der Gemeinsame Lagebericht

Im Zuständigkeitsbereich der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde von Schleswig-Holstein befinden sich die drei KKW Brunsbüttel, Brokdorf und Krümmel.

Bei einem kerntechnischen Unfall wären – bedingt durch deren Lage an der Elbe - auch die Nachbarländer Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern sowie die Hansestadt Hamburg betroffen.

Deshalb ist es erforderlich, dass alle im betroffenen Gebiet zuständigen Katastrophenschutzorganisationen über umfassende radiologische Lageinformationen verfügen. Dies sind außer der Krisenorganisation des jeweiligen Kernkraftwerkes und den unteren Katastrophenschutzbehörden der Kreise auch alle Mess- und Spürtrupps der unabhängige Messstelle, der Betreiber und der Feuerwehr sowie die oberen Katastrophenschutzbehörden der Länder und darüber hinaus auch die des Bundes.

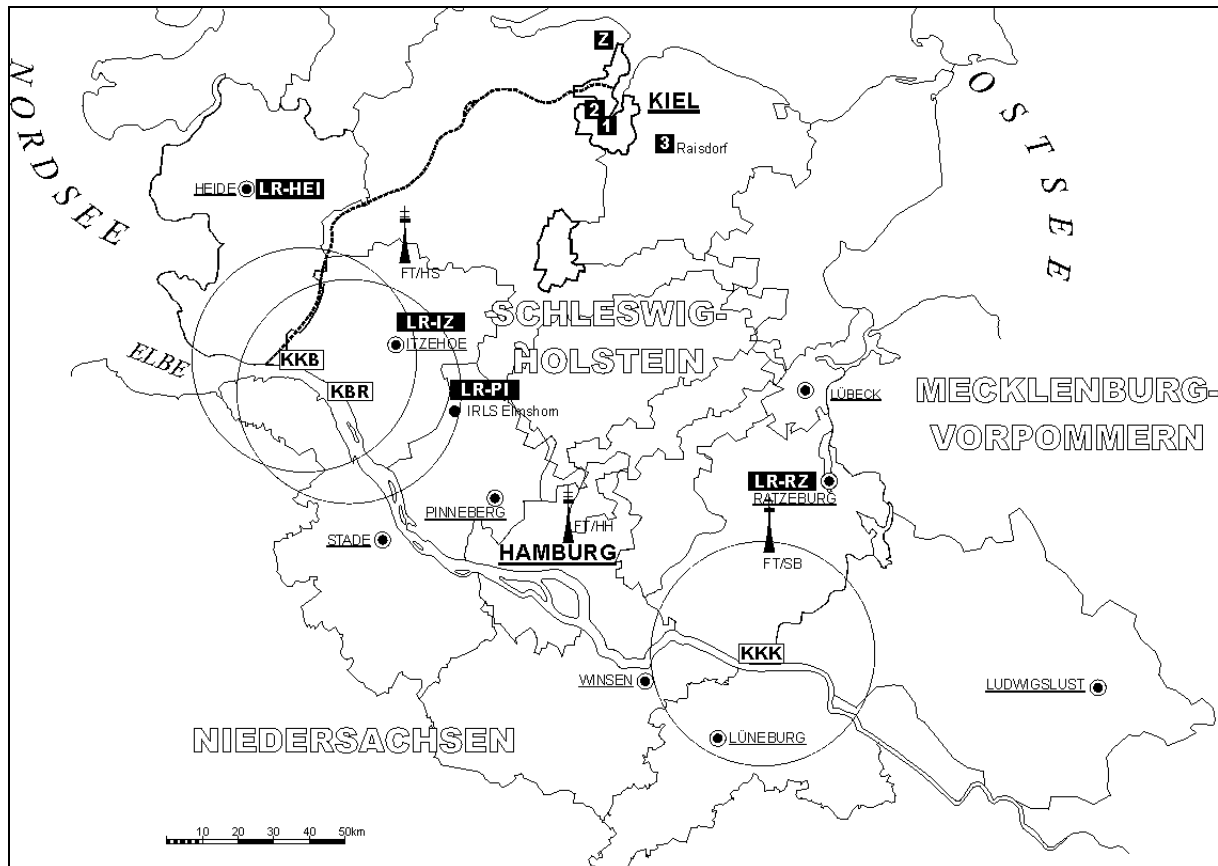


Abb. 1: Kernkraftwerke an der Elbe

Innerhalb des vom Innenministerium Schleswig-Holstein gebildeten Führungsstabes ist durch die atomrechtliche Aufsichtsbehörde die radiologische Fachberatung zu gewährleisten. Während der mehrjährigen Zusammenarbeit ist bei allen beteiligten Stellen die Einsicht gewachsen, dass es bei einem kerntechnischen Unfall für das wirksame Handeln geradezu unerlässlich ist, von einer gemeinsamen Lagedarstellung auszugehen, die allen zur Verfügung steht und dabei die Gesamtheit aller verfügbaren radiologischen Lageinformationen berücksichtigt. Gewiss gab es diese Aufgabe schon immer. Doch erst mit den technisch-organisatorischen Möglichkeiten von Heute ist sie in adäquater Weise als „Elektronische Lagedarstellung“ kurz „ELDA“ lösbar und in umfassender Weise nutzbar. Dieser gemeinsame radiologische Lagebericht wird in der Gemeinsamen Messzentrale (GMZ) erarbeitet. Das ELDA-Konzept beinhaltet die vollständig rechnergestützte Informationserfassung und -verarbeitung bei der Erarbeitung und Darstellung der radiologischen Lage:

- die diskontinuierliche Erfassung und Übertragung der radiologischen Lageberichte vom KKW (Betreiberberichte) sowie der Mess- und Probenahmedaten aus der Umgebung, die von Mess- und Spürtrups bzw. im Labor ermittelt werden
- die kontinuierliche (automatische) Erfassung von Emissions- und Ausbreitungsparametern am KKW-Standort sowie von Dosisleistungswerten in der Umgebung
- die workflowgesteuerte Auswertung aller verfügbaren radiologischen Daten in der GMZ und Darstellung dieser Informationen im Radiologischen Lagebericht (Behördenbericht)
- die Ausgabe des Lageberichtes im Internet als gemeinsame Entscheidungsgrundlage für alle beteiligten KatS-Behörden.

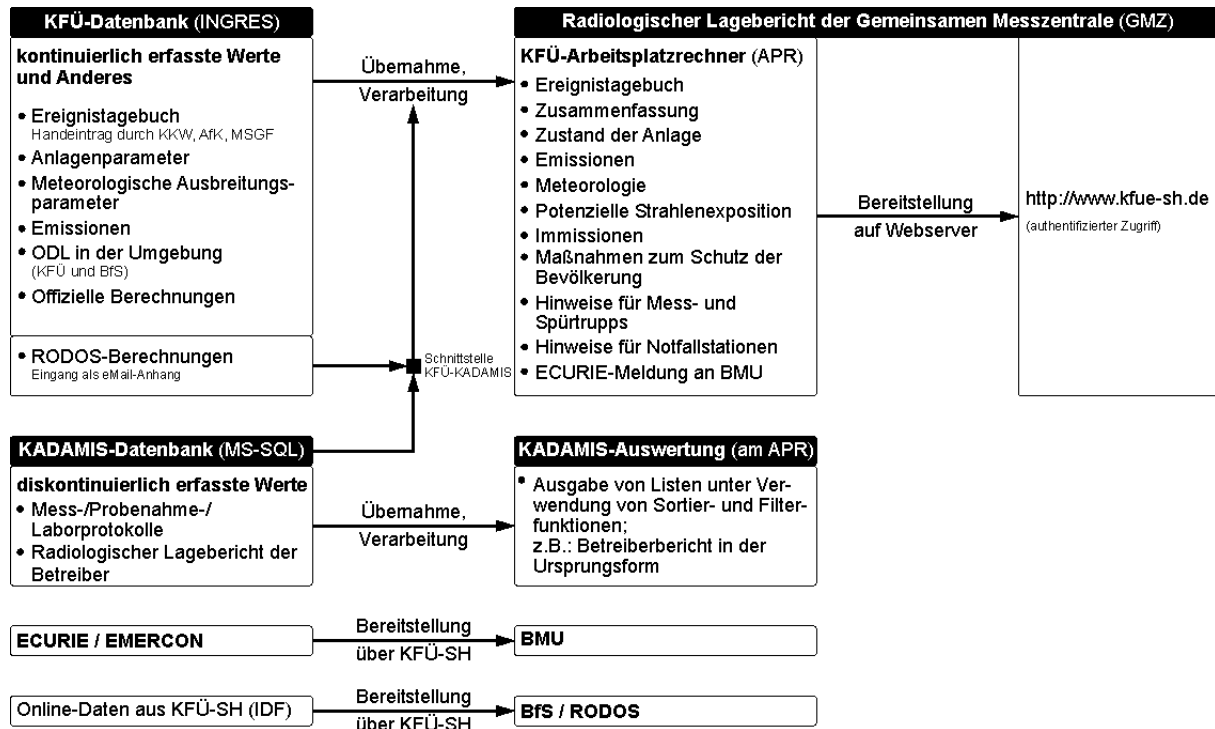


Abb.2: Übersicht ELDA-SH

Welche Lageinformationen liegen vor?

Im Ereignisfall geht es zunächst um den radiologischen Betreiberbericht, für den die schleswig-holsteinischen KKW einheitliche Inhalte und eine gemeinsame Strukturierung abgestimmt haben. Darin folgt einem Übersichtsblatt Revisionsverzeichnis der Folgeseiten mit der Kennzeichnung, welche davon aktualisiert sind, sowie tabellarische Parameterlisten, die bei jeder Aktualisierung fortgeschrieben werden. Diese Berichtsform erlaubt die sofortige Weitergabe von Einzelinformationen, ohne dass deshalb der ganze Lagebericht neu erstellt werden muss. Dadurch kann die Zeitkette von der Lagerfassung bis zur Lagedarstellung schon an der Quelle gestrafft werden. Größte Bedeutung kommt den vom Betreiber ermittelten Quelltermprognosen und ereignisspezifischen Nuklidgemischen zu.

Für die Erfassung von Mess- und Probenahmewerten in der Umgebung der Kraftwerke wurde eine gemeinsame Mess- und Probenahmeanweisung erarbeitet, die Länder übergreifend von den beteiligten Katastrophenschutzorganisationen eingeführt wurde. Die Messorte sowie die Verfahren wurden einheitlich bestimmt, so dass die Vergleichbarkeit der Ergebnisse in Umfang und Qualität gegeben ist. Die Mess- und Spürtrupps der verschiedenen Organisationen werden dabei von ihren Lokalen Messzentralen (LMZ) geführt. Wichtig ist, dass die in Einsätzen aller Art erprobten Führungsstrukturen – z.B. bei der Feuerwehr – erhalten bleiben und die Wirksamkeit der Einsatzkräfte nicht beeinträchtigt wird. In den LMZ, die je zwei bis vier Trupps führen, erfolgt die rechnergestützte Erfassung und Weiterleitung der erhobenen Werte. Die Ergebnisse der Analyse von Gras, Wasser oder Bodenproben werden vom Labor an die GMZ übermittelt.

Sowohl die Betreiberberichte als auch die Mess- und Probenahmedaten stehen nur diskontinuierlich zur Verfügung. Die kontinuierliche Datenerfassung über das System der Kernkraftwerksfernüberwachung (KFÜ) liefert aktuelle Messwerte im 10 min – Zyklus: Emissions- und

Ausbreitungsparameter sowie ausgewählte Anlagenparameter am KKW-Standort und die Ortsdosisleistung (ODL) in der Umgebung bis 25 km. Ins KFÜ-Messnetz sind Messstellen des Bundesamtes für Strahlenschutz eingebunden, das damit fast 140 Messstellen umfasst.

2 Wie soll ein Radiologischer Lagebericht aussehen?

Dies ist die entscheidende inhaltliche Frage. Unsere Fachberater haben sich bereits im Voraus Gedanken darüber gemacht, welche Informationen in welcher Form für Entscheidungsträger wichtig sind. Der Standardumfang beinhaltet in strukturierter Form die Informationspakete:

Tagebuch (Ereignis, Einsatz, Nachweisung)

- A Zusammenfassung
- B Zustand der Anlage
- C Emissionen über die Freisetzungspfade Kamin, Maschinenhaus, Venting, bodennahe Gebäudeöffnungen, Fortwasser
- D Meteorologie
- E Potenzielle Strahlenexposition
- F Immissionen
- G1 Empfehlungen für Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung
- G2 Hinweise zur Messtruppführung
- G3 Hinweise für Notfallstationen

Dabei wird jedes Informationspaket als Teilbericht getrennt von den anderen fortgeschrieben, sobald aktuelle Informationen vorliegen. Zu einem bestimmten Zeitpunkt t bilden die jeweils aktuellen Teilberichte, die jeder für sich durchaus frühere Zeitstempel tragen können, den Lagebericht in seiner Gesamtheit. Wenn man sich also von dem Gedanken löst, dass erst alle Berichtsteile konsistent neu erstellt sein müssen, bevor eine aktuelle Einzelinformation den Entscheidungsträger erreicht, dann ergeben sich durch diese parallele Führung der Teilberichte völlig neue Möglichkeiten für die zeitnahe Auswertung von Informationen und damit auch für die Aktualität der Lagedarstellung.

3 Verknüpfen und Verarbeiten

Verteilt man die inhaltliche Arbeit des Fachberaters in der Gemeinsamen Messzentrale auf mehrere fachkundige Bearbeiter und lässt die Routineaufgaben durch programmierte Vorverarbeitung erledigen, dann wird der Fachberater selbst entlastet und kann seine Aufmerksamkeit auf die qualitativ höhere Stufe der Bewertung radiologisch relevanter Sachverhalte konzentrieren. Deshalb wurden die Routineaufgaben spezifiziert und programmtechnisch aufbereitet. Als Beispiel sei beim Teilbericht „C - Emissionen“ die Trendermittlung, Grenzwertabfrage von Genehmigungswerten, Störfallsummenbildung und die Ermittlung des Anteils von Leitnukliden genannt. Außerdem wurde ein Satz von entscheidungsrelevanten Ausbreitungsrechnungen deklariert, die durch Kurzbedienung ausführbar sind.

In diesem Zusammenhang ist auch ein Ersatzwertkonzept wichtig, das bei Ausfall der Standardparameter greift. Wann gelten vorrangig die Emissionsangaben des Betreibers, wann die KFÜ-Messwerte? Dies sollte nicht erst unter dem Handlungsdruck des Ereignisses überlegt werden. Einfache Regel: Für die Diagnose bis zum aktuellen Zeitpunkt werden vorrangig die kontinuierlichen KFÜ-Messwerte herangezogen, für die Prognose die Betreiberangaben.

Darüber hinaus wird durch einfache Qualitätssicherungsstufen der Ablauf bei der Berichterstellung optimiert. Jeder Teilbericht durchläuft bei verschiedenen Bearbeitern die Stufen „Erstellen – Prüfen - Freigeben“. Ist der Prüfer oder der Freigebende nicht einverstanden, kann er den Teilbericht mit Begründung zurückverweisen. Und quasi als Nebenprodukt ergibt sich eine geordnete Nachweisung für die Stabsarbeit innerhalb der Gemeinsamen Messzentrale.

Übung KKK 2005 1		Störfallbeginn:	26.11.2005 06:00										
Teil G1: Empfehlungen von Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung		Freisetzungsbeginn:	26.11.2005 06:07										
		Radiologische Lage:	26.11.2005 13:50										
Grundlagen													
Dateiname	Kommentar												
c:\kfuesh\files\ELDA\Übung KKK 2005 1\Teil-G1\Bericht13_Anlage1.pdf	Bodenkontamination 14:00 Uhr Maßstab 200000												
c:\kfuesh\files\ELDA\Übung KKK 2005 1\Teil-G1\Bericht13_Anlage2.pdf	E Diag SD KK 13:50 Uhr												
c:\kfuesh\files\ELDA\Übung KKK 2005 1\Teil-G1\Bericht13_Anlage3.pdf	E Diag SD Erw 13:50 Uhr												
c:\kfuesh\files\ELDA\Übung KKK 2005 1\Teil-G1\Bericht13_Anlage4.pdf	E Diag eff Dos 13:50 Uhr												
Betroffene Gebiete und empfohlene Maßnahmen													
Zon	Sektor	Maßnahmen	Zeithorizont										
ZZ	alle	Evakuierung											
ZZ	alle	Jodtabletten											
MZ	1,10-12	Aufenthalt im Haus											
MZ	11-12	Jodtabletten für Kinder und Schwangere											
AZ	1,11-12	Aufenthalt im Haus											
AZ	11-12	Jodtabletten für Kinder und Schwangere											
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Legende</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E</td> <td>Evakuierung</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>Aufenthalt im Haus</td> </tr> <tr> <td>J</td> <td>Jodtabletten</td> </tr> <tr> <td>K</td> <td>Jodtabletten für Kinder und Schwangere</td> </tr> </tbody> </table>				Legende		E	Evakuierung	A	Aufenthalt im Haus	J	Jodtabletten	K	Jodtabletten für Kinder und Schwangere
Legende													
E	Evakuierung												
A	Aufenthalt im Haus												
J	Jodtabletten												
K	Jodtabletten für Kinder und Schwangere												
Teil G1: Empfehlungen von Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung		Page 1 of 2											
		Ministerium für Soziales, Gesundheit, Familie, Jugend und Senioren des Landes Schleswig-Holstein											

Abb. 3: Übung Krümmel 2005 -Beispiel für den Teilbericht G1 „Maßnahmeempfehlungen zum Schutz der Bevölkerung“ vom 26.11.2005 um 13.50

Als wesentliche inhaltliche Information gibt es auf dieser Seite eine übersichtliche tabellarische und bildliche Zusammenfassung der vom Fachberater empfohlenen Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung, ggf. mit erläuternden Texten. Als Attachment sind die Ergebnisse der Ausbreitungsrechnungen angefügt, die diese Empfehlungen begründen. Auf diese Weise sind die Maßnahmeempfehlungen für die Entscheidungsträger in den jeweiligen Katastrophenschutzorganisationen transparent und nachvollziehbar.

Aber auch in Bezug auf die relevanten Ereigniszeitpunkte ist eine deutliche Darstellung gelungen. Die einmal eingetragenen Zeiten für den Störfall- und den Freisetzungsbeginn sowie die Ereignisbezeichnung werden auf jeder Seite automatisch mitgeführt und können nicht mehr überschrieben werden. Als Ordnungsprinzip für den ELDA-Teilbericht, aber auch für die im Vorangegangenen erwähnten Betreiberberichte gilt der Zeitpunkt ihrer Erstellung. Das bedeutet: Schluss mit dem Berichtsnummernsalat und den Missverständnissen bei der zeitlichen Zuordnung von Informationen!

4 Die Realisierung

Technisch-organisatorische und personelle Basis für die Elektronische Lagedarstellung ist das System der Kernkraftwerksfernüberwachung (KFÜ-SH).

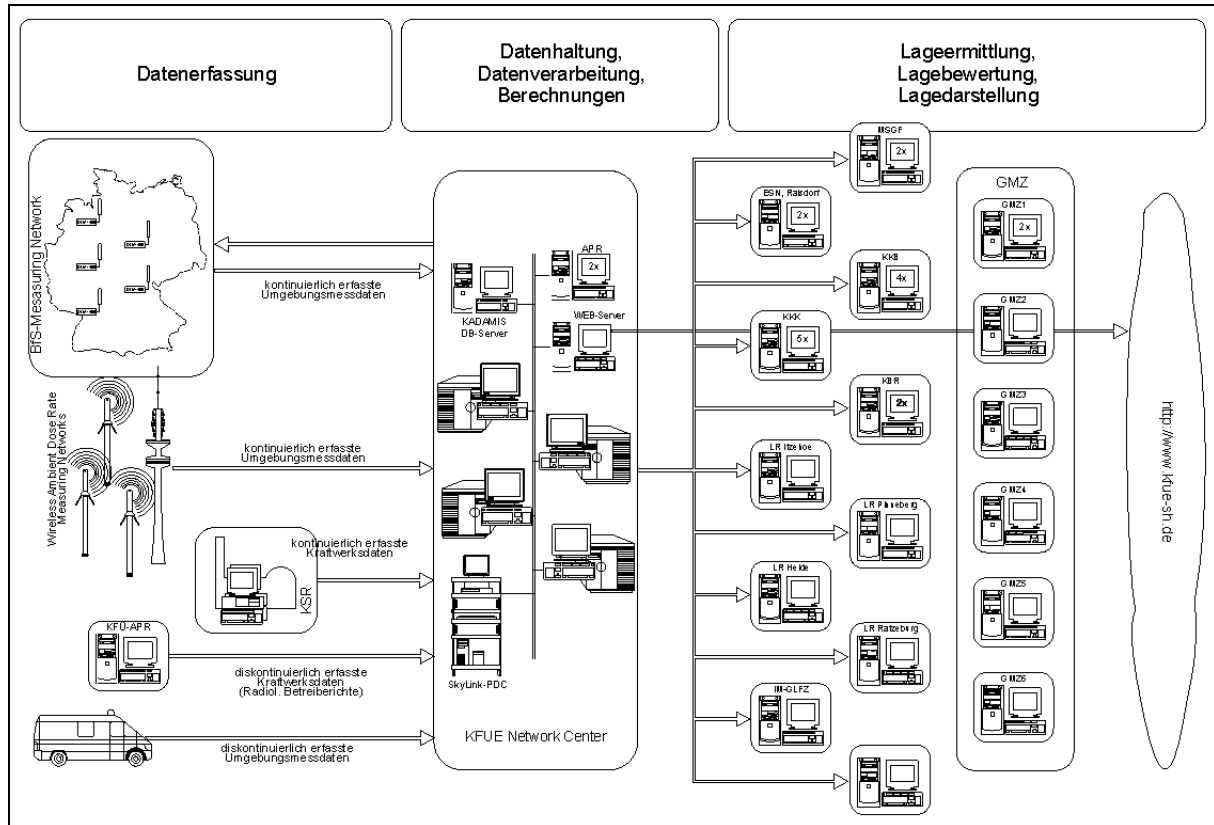


Abb.4: System der Kernkraftwerksfernüberwachung (KFÜ) in Schleswig-Holstein

Dieses System mit einer Verfügbarkeit von mehr als 99% wird im Tagesgeschäft der Aufsichtsbehörde zur Überwachung des bestimmungsgemäßen Betriebes der KKW Krümmel, Brunsbüttel und Brokdorf genutzt, speziell der genehmigten radioaktiven Emissionen und der Ortsdosisleistung in der Umgebung. Für den Umgang mit diskontinuierlichen Informationen wurde das KFÜ-SH ergänzt durch ein **Katastrophenschutz-Datenbank-Management-Informationssystem (KADAMIS)**. KADAMIS besteht aus

- Erfassungs- und Kommunikationsprozeduren für LMZ und Labore (Clients), die über einen internetfähigen Windows-PC verfügen
 - Erfassungssoftware für die radiologischen Betreiberberichte
- Sowie einem Datenbank-Server einschließlich Analysesoftware

Die KADAMIS-Datenbank wird in die KFÜ-Datenbank gespiegelt, so dass im KFÜ-Server die Verknüpfung der kontinuierlichen KFÜ-Daten mit den diskontinuierlichen KADAMIS-Daten zu automatisch vorbereiteten Entwürfen für die Teilberichte erfolgen kann.

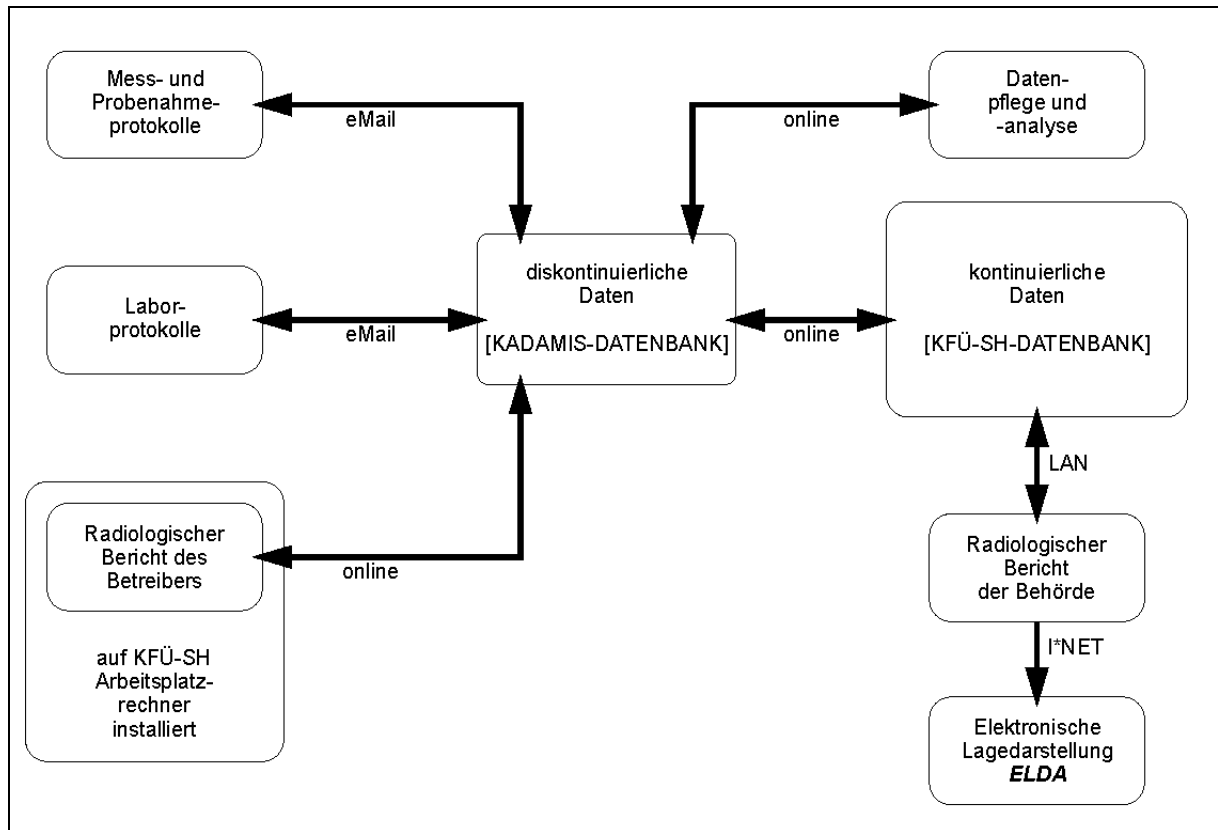


Abb5: Datenfluss KADAMIS- KFÜ - ELDA

Darüber hinaus wurden noch KFÜ-Ergänzungen erforderlich:

- in der Bedienoberfläche an den KFÜ-Arbeitsplätzen
- zur Einrichtung des passwortgeschützten Bereiches im Internet unter www.kfue-sh.de zur Bereitstellung der ELDA für KatS-Behörden sowie
- **die Einbindung zusätzlicher KFÜ-Arbeitsplätze in den Krisenstäben der KKW-Betreiber und in der GMZ**

Die technische Realisierung der ELDA-SH war im Wesentlichen im November 2005 abgeschlossen. Außer in einem förmlichen Abnahmeverfahren wurde das System auch in der länderübergreifenden Übung „Krümmel 2005“ erprobt und für anwendungsfähig befunden.

5 Ausblick

Für die Weiterentwicklung der ELDA werden in der näheren Zukunft folgende Schwerpunkte gesetzt:

- Fortschreibung der Planungsunterlagen bei allen beteiligten Katastrophenschutzorganisationen: In den Kreisen, bei den KKW-Betreibern und bei der Aufsichtsbehörde
- Optimierung der fachlichen Inhalte und der programmtechnischen Aufbereitung der Teilberichte, u.a. für die Mess- und Spürtrupps sowie für die Notfallstationen
- Implementierung der Möglichkeit, lagerelevante Rückmeldungen von KatS-Organisationen über ELDA abzuwickeln
- Erarbeitung von Möglichkeiten zur rechnergestützten Arbeitsweise für die anlagentechnische Lagedarstellung

ELEKTRONISCHE LAGEDARSTELLUNG (ELDA) IN SCHLESWIG-HOLSTEIN – ERSTE ERFAHRUNGEN AUS SICHT DER ANWENDER UND INFORMATIONSEMPFÄNGER

ELECTRONIC REPORTING OF THE RADIOLOGICAL SITUATION (ELDA) IN SCHLESWIG-HOLSTEIN – FIRST OPERATIONAL EXPERIANCE FROM THE USERS AND THE INFORMATION ADRESSEES POINT OF VIEW

J. Pauly
EnergieSystemeNord GmbH

Zusammenfassung

Die elektronische Lagedarstellung hat in der Übung KKK 2005 das schnelle Erstellen und Verteilen von im Krisenfall benötigten Informationen in präsentationsfähiger Form ermöglicht. Das Personal der gemeinsamen Messzentrale konnte sich durch die elektronische Unterstützung auf wichtige Arbeiten konzentrieren und wurde dadurch entscheidend entlastet. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass sich die für die Lagedarstellung der gemeinsamen Messzentrale von Schleswig-Holstein geschaffenen Softwaretools aus Sicht der Anwender sowie der Informationsempfänger bewährt haben. Kontinuierlich fortlaufende Schulungen des Einsatzpersonals sowie die weitere Fortentwicklung des Systems sollen den erreichten Stand kontinuierlich verbessern.

Summary

The electronic reporting of the radiological situation allowed a fast creation and distribution of needed information in multimedia presentation quality during the KKK 2005 exercise. The personal was also relieved from unnecessary and unimportant work. To sum up, the software tools for the electronic reporting of the radiological situation have fully proved their working ability under exercise conditions from the users an information addressees point of view. Continuous training of the personal and a further development of the software system will improve the ability to handle radiological emergencies.

Einleitung

Dieser Artikel baut hinsichtlich der Thematik der elektronischen Lagedarstellung in Schleswig-Holstein auf den Ausführungen von Herrn Dr. Urbach (Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt der Hansestadt Hamburg) sowie Frau Koch (Ministerium für Soziales, Gesundheit, Jugend, Familie und Senioren des Landes Schleswig-Holstein) auf.

In Schleswig-Holstein wurde im Jahr 2005 die elektronische Lagedarstellung der gemeinsamen Messzentrale in der heutigen Form geschaffen und erstmalig im Rahmen der Übung KKK 2005 erprobt. Aus Sicht der Benutzer der Software sowie der Informationsempfänger werden hier erste Erfahrungen dargestellt.

Neuerungen

Die für die gemeinsame Messzentrale in Schleswig-Holstein geschaffene Software für die elektronische Lagedarstellung stellt an das Betriebspersonal der gemeinsamen Messzentrale (GMZ) gänzlich andere Anforderungen als eine herkömmliche Ablauforganisation unter Verwendung von Telefaxen und papiergestützten Lageberichten. Als Kernpunkt ist hier der nahezu vollständige Verzicht auf die papiergestützte Informationsübermittlung und -bearbeitung zu nennen. In der Übung KKK 2005 wurden daher – bis auf wenige Ausnahmen - die Dokumente/Daten von den Messtrupps und Laboren sowie vom Kernkraftwerk elektronisch an die gemeinsame Messzentrale versandt.

Als weitere Änderungen/Neuerungen für die Arbeit des Betriebspersonals der gemeinsamen Messzentrale sind hierbei im Einzelnen die folgenden Punkte zu nennen:

- Aufteilung des Lageberichtes der Behörde in einzelne, separat zu bearbeitende Teile, so dass die Lageberichtserstellung durch mehrere Personen gleichzeitig und parallel erfolgen kann.
- Möglichkeit der ortsunabhängigen Lageberichtserstellung, da an jedem Arbeitsplatz alle Schritte der Lageberichtserstellung (Erstellung, Prüfung, Freigabe) vorgenommen werden können.
- Die Eingangsinformationen für die Erstellung der radiologischen Lage stehen auf jedem Arbeitsplatz zur Verfügung, so dass ein einheitlicher Informationsstand erreicht wird und Rückfragen auf ein Minimum beschränkt werden.
- Aufgrund des vollelektronischen Posteingangs gibt es keine Medienbrüche bei Bearbeitung der elektronischen Lagedarstellung (Faxgeräte stehen als Backup-Lösung weiterhin bereit).
- Die einfache Einbindung von KFÜ-Online-Werten und Verlaufskurven verkürzt die Bearbeitungszeiten und erhöht die Aktualität der Lageberichte.
- Die zügige Erstellung von Lageberichten ermöglicht eine zeitnahe Auflage von Lageberichten bei sich ändernden Situationen (z.B. um 270° drehender Wind innerhalb von sechs Stunden bei der Übung KKK 2005).
- Der radiologische Lagebericht des Betreibers steht unmittelbar nach Eingabe zur Verfügung, da dieser direkt in die zentrale Datenbank eingegeben wird.
- Die Verteilungsarbeit erstellter Berichte entfällt, da die Berichte nach der Freigabe automatisch auf einem Server im Internet bereitgestellt werden (Übergang vom Push- zum Pull-Prinzip).
- Alle erstellten Lageberichte sind von jedem Mitarbeiter einsehbar – zum einen über die Bedienoberfläche selbst, zum anderen über das an allen Arbeitsplätzen der gemeinsamen Messzentrale (GMZ) zur Verfügung stehende Internet.
- Lageberichte stehen direkt in präsentationsfähiger Form für die Entscheider (auch der anderen Bundesländer) auf der Homepage bereit, es entfällt somit die Erstellung von besonderen Präsentationsunterlagen.

Arbeitsablauf

In der GMZ wurde von einem siebenköpfigen Personalstamm unter Einbeziehung von KFÜ-Daten sowie weiterer Hilfsmittel (DWD-Wettervorhersage u.a.) im Rahmen der Übung KKK 2005 die radiologische Lage für das Innenministerium Schleswig-Holstein, die unteren Katastrophenschutzbehörden sowie die Katastrophenschutzstäbe benachbarter Bundesländer erarbeitet. Weiterhin wurden Informationen zur Disponierung der Messtrupps sowie für die Notfallstationen bereitgestellt.

Hierzu wurde in der Übung das Konzept des verteilten Arbeitens angewendet, welches sich u.a. aufgrund der zur Verfügung stehenden elektronischen Hilfsmittel wie E-Mail, Chat, oder WAN/LAN bewährt hat (s.a. Abb.1). Ein Mitarbeiter, die den Lagebericht zum Anlagenzustand der Behörde erstellte, arbeitete hierbei im Ministerium für Soziales, Gesundheit, Jugend, Familie und Senioren (atomrechtliche Aufsichtsbehörde), während fünf Mitarbeiter, die für die Erstellung der übrigen Lageberichte zuständig waren, ca. fünf Kilometer entfernt in der GMZ arbeiteten. Der Stabsleiter der GMZ, dem die Freigabe des Lageberichtes G1 „Maßnahmenempfehlungen“ oblag, führte seine Tätigkeiten direkt im Krisenstab des Innenministeriums aus und hielt über eine Videoverbindung Kontakt mit der GMZ. Durch seine Positionierung im Krisenstab des Innenministeriums ist er im Einsatzfall stets über die angewiesenen Maßnahmen informiert und kann diese an die GMZ weitergeben.

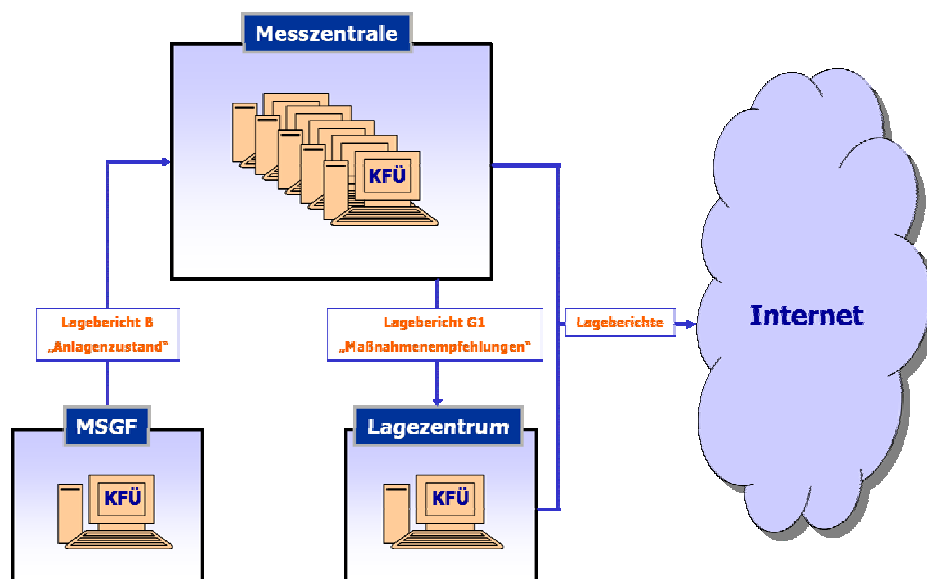


Abb. 1: Ablauforganisation zur Lageberichtserstellung in der Übung KKK 2005

Ergebnisse

Durch die gewählte Arbeitsweise konnten während der Übung KKK 2005 innerhalb von rund acht Stunden 66 manuell erzeugte Lageberichtsteile im Internet bereitgestellt werden. Die Erstellung der Lageberichte erfolgte dabei über die gesamte Übungszeit sehr kontinuierlich, wobei gegen Nachmittag mit dem Eintritt stabiler Wetterbedingungen die Anzahl der

erzeugten Lageberichte pro Stunde erwartungsgemäß leicht abnahm. Weitere Lageberichte (z.B. Logbuchauszüge und Zusammenfassungen von Lageberichten) wurden vom System automatisch zu bestimmten Zeiten erzeugt und bereitgestellt.

Die vollelektronische Bearbeitung sowie der gewählte Workflow beschleunigte die Lageberichtserstellung im Vergleich zur papiergestützten Arbeitsweise signifikant. So ergaben sich zwischen dem Ende der Erstellung und der Freigabe/Veröffentlichung eines Lageberichtes im Mittel Laufzeiten von nur rund 10 Minuten (s.a. Tab.1). Nach dieser Zeit waren die Lageberichte sofort im Internet verfügbar und konnten von den Übungsbeteiligten abgerufen werden. Auf einer Übersichtsseite wurden dabei stets nur die aktuellsten Versionen der jeweiligen Lageberichte angezeigt. Ältere Versionen konnten in einer Historie im Internet eingesehen werden.

Tab. 1 Anzahl verschickter Lageberichte sowie Zeitbedarf zwischen Erstellung und Freigabe

Berichtseil	Anzahl	Min.	Max.	Mittel
B Anlagenzustand	6	00:00:22	00:13:38	00:05:13
C Emissionen	7	00:00:43	00:42:47	00:08:19
D Meteorologie (ohne Ausreißer)	5	00:00:31	02:17:04 (00:09:16)	00:21:36 (00:02:22)
E Potenzielle Strahlenexposition	8	00:01:30	00:53:55	00:16:34
F Immissionen	8	00:01:00	00:29:25	00:11:34
G1 Maßnahmenempfehlungen Bevölkerung	9	00:00:45	00:02:34	00:01:31
G2 Hinweise Messtruppführung	13	00:00:47	00:07:06	00:02:33
G3 Hinweise Notfallstationen	10	00:00:43	00:02:39	00:01:31

Als Eingangsdaten für die Ermittlung der radiologischen Lage standen der GMZ im Übungsverlauf neben dem KFÜ fünf radiologische Lageberichte des Betreibers zur Verfügung. Weiterhin gingen 85 Mess- und Probenahmeprotokolle der Mess- und Spürtrupps mit vornehmlich Ortsdosisleistungsmesswerten sowie 76 Laborprotokolle der teilnehmenden Labors mit Messdaten von Luft-, Boden- und Bewuchsproben in der GMZ ein und wurden für die Lagebeurteilung herangezogen.

Die radiologischen Lageberichte des Betreibers standen ohne Zeitverzug sofort nach der Eingabe im Kraftwerk der GMZ zu Verfügung. Die Probenahmeprotokolle der Mess- und Spürtrupps standen im Durchschnitt 37 Minuten nach der Ankunft am Probenahmeort für die Auswertung bereit, die Laborprotokolle nach rund 2,5 Stunden. Aufgrund der zügigen Übermittlung der Probenahmeprotokolle konnten auch viele der Ortsdosisleistungsmesswerte in Lageberichten des ELDA aufgeführt werden, da diese hierfür gemäß derzeitigem Konzept nicht älter als 70 Minuten sein dürfen. Hervorzuheben ist noch, dass die Übermittlung der Probenahmeprotokolle an die GMZ somit keinen zeitkritischen Pfad mehr darstellt und auch ihre Anzahl (161 Protokolle) vom System problemlos verarbeitet werden konnte. Die Laufzeit der per E-Mail verschickten Protokolle betrug im Rahmen der Übung weniger als 60 Sekunden. Diese Datenmenge auf herkömmlichen Weg per Fax zu erhalten und auszuwerten würde schnell an Kapazitätsgrenzen stoßen.

Die Eingabe der Protokolle bei den Messorganisationen (z.B. Feuerwehren) in das hierfür bereits im Rahmen der Messübung KKK 2001 erprobte Programm verlief ohne Probleme. Bei der Eingabe radiologischen Lageberichte des Betreibers hingegen besteht noch Optimierungspotential.

Insgesamt wurde von den Informationsempfängern wie den beteiligten Behörden anderer Bundesländer und Messorganisationen die Aktualität, die Art sowie der Umfang der bereitgestellten Informationen als sehr gut beschrieben. Die Homepage mit den bereitgestellten Lageberichten wurde als einfach bedienbar und das gewählte Format (pdf) nicht zuletzt aufgrund der Dateigrößen als sehr praktikabel bezeichnet. Auch die Unterstützung der Messorganisationen bei der Messtruppführung seitens der GMZ wurde als sehr hilfreich angesehen. Lediglich die im Rahmen der Übung aufgelegten Lageberichte für die Notfallstationen müssen hinsichtlich der Informationsdarstellung und des Informationsumfanges als auch bezüglich der Verwendung der Berichte in den Notfallstationen noch optimiert werden.

Ausblick

Insgesamt ist festzustellen, dass sich die elektronische Lagedarstellung in Schleswig-Holstein im Rahmen der Übung KKK 2005 aus Sicht der Anwender und Informationsempfänger bewährt hat. Die geschaffenen Programme sowie die zugehörige Organisation hat sich für den Einsatz als geeignet erwiesen, so dass in einem nächsten Schritt das Konzept der GMZ in die Katastrophenschutzplanungen des Ministeriums für Soziales, Gesundheit, Jugend, Familie und Senioren des Landes Schleswig-Holstein fest übernommen werden soll. Damit wird es dann zukünftig einheitlich bei radiologischen Störfällen in den Kernkraftwerken von Schleswig-Holstein angewendet.

Das Betriebspersonal wird derzeit durch monatliches Training (ca. 2 h) kontinuierlich auf eventuelle Einsatzfälle vorbereitet. Zukünftig soll dies auch ein „Mitüben“ bei anlageninternen Notfallschutzübungen der Betreiber beinhalten. Ferner soll die für die elektronische Lagedarstellung verwendete Software auf der Basis der Übungserfahrungen kontinuierlich weiterentwickelt werden, wobei in einem nächsten Schritt ebenfalls der Lagebericht des Betreibers zum Anlagenzustand in die elektronische Form überführt wird.

DAS DEUTSCHE NOTFALLVORSORGE-INFORMATIONSSYSTEM II (deNIS II)

THE GERMAN EMERGENCY PLANNING INFORMATION SYSTEM

B. Corr

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe

Bonn

Zusammenfassung

Das deutsche Notfallvorsorge-Informationssystem (deNIS II) dient zur Unterstützung des Krisenmanagements bei großflächigen Gefahrenlagen. Aufgabe von deNIS ist es, Daten für die Bewältigung national bedeutender Schadenslagen zusammenzufassen, aufzubereiten und bestimmten Bedarfsträgern zur Verfügung zu stellen. In einem geschlossenen Netzwerk werden Informationen zu einem Schadensereignis sowie zu verfügbaren Hilfeleistungspotenzialen auf einer interaktiven Lagekarte dargestellt. An deNIS II sind die Lagezentren der Bundesressorts sowie die Lagezentren der Innenministerien der Länder angeschlossen.

Abstract

The management of catastrophes, as natural disaster or man-made disasters, will only be effective and successful if all relevant information is available in time for decision-makers. During previous large-scale disasters in Germany, as for instance the big flood of the river Elbe in August 2002 or the storm Lothar in December 1999 in the south of Germany, it was shown that information needed for the disaster management was only partially available and that there were fundamental deficits in regard to the flow of information between federal states ("Länder") as well communication problems between disaster response teams in the effected regions. On this account in summer 2001 the German Ministry of the Interior has decided to develop the "German Emergency Planning Information System (deNIS)". The aim of the enhanced version deNIS II is to built up a network for the civil and disaster response and to assist as an information and communication system for decision-makers of the federal and state governments to better co-ordination relief and rescue teams in the event of a natural disaster or technical accident. Correspondingly the primary task of deNIS is to support the decision-making of disaster management authorities.

1 Gründe für den Aufbau eines deutschen Notfallvorsorge-Informationssystems

In den vergangenen Jahren hat sich gezeigt, dass durch die Terroranschläge vom 11. September 2001, die Bombenanschläge von Madrid und London aber auch durch die extremen Wettersituationen wie beispielsweise das Jahrhunderthochwasser an der Elbe, neue Schadensdimensionen drohen, auf die sich die Gefahrenabwehr in Deutschland einstellen muss. Vor diesem Hintergrund haben sich der Bund und die Länder auf die Neuen Strategien zum Schutz der Bevölkerung in Deutschland verständigt. Eine wesentliche Forderung ist, dass

aufgrund der veränderten Bedrohungslage künftig die Hilfeleistungspotenziale des Bundes und der Länder besser miteinander verzahnt werden müssen, um die Folgen großflächiger Gefahrenlagen effektiver abzuwehren. Hierzu sind wiederum Koordinierungsmechanismen notwendig, die ein überregionales Ressourcenmanagement unterstützen. Eines dieser unterstützenden Elemente soll das deutsche Notfallvorsorge-Informationssystem II (deNIS II) werden.

Darüber hinaus bestehen auch internationale Verpflichtungen, die es notwendig machen, eine nationale Datenbank über Hilfeleistungspotenziale aufzubauen.

So hatten die Regierungschefs der NATO-Mitgliedsstaaten auf Ihrer Herbstsitzung 1998 in Washington eine Initiative zur Koordinierung der Abwehrmaßnahmen gegen die Auswirkungen von Massenvernichtungswaffen (WMD-Initiative) beschlossen. Diese Initiative beinhaltete den Aufbau einer Datenbank, die Informationen der Mitgliedsstaaten zu Massenvernichtungswaffen einschließlich der vorhandenen Schutzpotenziale zusammenfassen sollte. Darüber hinaus bereitet die Europäische Union durch ihre Ratsbeschlüsse von Helsinki und Feira Ende der 90er Jahre den Weg, einen Koordinierungsmechanismus für nichtmilitärische Krisen und für Naturkatastrophen aufzubauen. Eine wesentliche Bedeutung kam dabei dem Aufbau von Datenbanken zu.

Ziel dieser internationalen Vorhaben ist eine Informationsbündelung und Vernetzung, um bei großflächigen Gefahrenlagen das Informationsmanagement zu verbessern und damit die gegenseitige Unterstützung zu erleichtern. Voraussetzung ist allerdings, dass jeweils auf Ebene der Mitgliedsstaaten die entsprechenden Informationen konzentriert abgerufen werden können.

Um dies in Deutschland zu erreichen, wurden Konzepte des BMI zur Einrichtung einer „Informationszentrale“ mit dem Ziel einer engeren Zusammenarbeit zwischen Bund und Ländern bei der Bewältigung von großflächigen Gefahrenlagen erörtert. In den Sitzungen des Arbeitskreises V (AK V) der Innenministerkonferenz (IMK) im Mai 1999 und Oktober 1999 sowie im März 2000 wurden diese Konzepte von den Ländern zustimmend zur Kenntnis genommen. Am 15. August 2001 wurde der damaligen Zentralstelle für Zivilschutz des Bundesverwaltungsamtes der Auftrag zum Aufbau der Informationszentrale des Bundes einschließlich des deutschen Notfallvorsorge-Informationssystems (deNIS) erteilt. Der Aufbau erfolgte in mehreren Stufen.

2 Die erste Ausbaustufe - deNIS I

Im Januar 2002 wurde zunächst ein offenes Internetportal für deNIS entwickelt, um dem Fachpublikum aber auch dem interessierten Bürger Informationen zu

- Gefahren bei Naturkatastrophen oder durch Menschen verursachte Katastrophen und Unglücksfällen,
- Merkblätter über Verhaltensmaßnahmen,
- Länderdaten mit Hinweisen zu Einreisebestimmungen,
- Gefahrstoffdatenbanken sowie
- Einsatz- und Übungserfahrungen

bereitzustellen.

Auf der Startseite findet sich ein direkter Link zu den Unwetterwarnungen des Deutschen Wetterdienstes (DWD). Darüber hinaus werden auf der ersten Seite aktuelle Informationen angeboten, um in einem Ereignisfall die schnelle Suche zu erleichtern.

Das Informationsangebot wird kontinuierlich ausgebaut. Die Nutzer selbst haben die Möglichkeit, über die Schaltfläche „Kontakte“ Hinweise auf interessante Internetseiten dem deNIS-Redakteuren mitzuteilen, um diese in deNIS aufzunehmen. Neben einem automatischen Linkchecker werden die Verbindungen zu den Internetadressen auch durch einen Mitarbeiter regelmäßig kontrolliert, um die Verbindung zu den angegebenen Seiten sicherzustellen.

Unter der Internetadresse www.denis.bund.de ist dieses offene Internetportal erreichbar.

3 Das Informationssystem zur Unterstützung des Krisenmanagements – deNIS II

Ab Mai 2002 konzentrierten sich die Arbeiten auf die Entwicklung eines Systems zur Unterstützung des Krisenmanagements. Um eine Abgrenzung zum offenen Internetportal deutlich zu machen, wurde für dieses Informationssystem die Bezeichnung deNIS II gewählt. In deNIS II werden vertrauliche Informationen eingestellt, die nur einem berechtigten Kreis von Bedarfsträgern zur Verfügung gestellt werden.

Zu diesen berechtigten Bedarfsträgern gehören die

- Interministerielle Koordinierungsgruppe,
- Geschäftsstelle der Interministeriellen Koordinierungsgruppe,
- Lagezentren der Bundesressorts,
- Lagezentren der Innenministerien/-senatoren der Länder,
- obersten Katastrophenschutzbehörden,
- Zentralen der Hilfsorganisationen und die Leitung THW sowie
- das Gemeinsame Melde- und Lagezentrum von Bund und Ländern (GMLZ).

Darüber hinaus erhalten die supranationale Institutionen (EU, NATO) Informationen aus deNIS II.

Kernelement von deNIS II ist ein geographisches Informationssystem, das mit Standard-Webtechnologie arbeitet. Das Informationssystem ist als „Client-Server-Architektur“ aufgebaut. Diese Technologie machte es möglich, dass sich die berechtigten Bedarfsträger mit einem handelsüblichen PC in dem System anmelden und die Funktionen des Programms sowie die Daten der zentralen Datenbank nutzen können. Programmlizenzen brauchen dadurch nur für den zentralen Server und nicht für jeden einzelnen Nutzer gezahlt werden. Hierdurch wurde eine sehr wirtschaftliche Lösung gefunden, ein Informationssystem aufzubauen.

Bereits auf der CeBIT 2003 konnte der Prototyp von deNIS II vorgestellt werden. Auf eine klare, übersichtliche und einfache Bedienung wurde bei der Entwicklung besonderer Wert gelegt, da ein solches System gerade in einem Einsatzfall besonders stressresistent sein muss.

3.1 Schutz der Daten in deNIS II

In der zentralen Datenbank wurden Daten über personelle, materielle und infrastrukturelle Ressourcen sowie über Standorte risikobehafteter Anlagen aufgenommen. Da diese Daten vor dem Zugriff Unberechtigter zu schützen sind, wurde bei deNIS II besonderer Wert auf die Sicherheit gelegt. So wird beispielsweise in deNIS II auf eine Übertragung der Daten über das Internet und jede Verbindung des Systems ins Internet verzichtet. Der Zugriff kann nur über besonders gesicherte Kommunikationswege erfolgen, die über entsprechende Verschlüsselungen verfügen und ein hohes Maß an Verfügbarkeit und Ausfallsicherheit bieten. Hierzu gehören im Bereich der Bundesverwaltung das IVBB-Netz (Informationsverbund Berlin Bonn) und das neue IVBV (Informationsverbund Bundesverwaltung) sowie im Bereich der Länder das TESTA-Netz (Trans-European Services for Telematics between Administrations). Darüber hinaus ist der Zugriff auf deNIS II innerhalb des Rechenzentrums durch weitere Firewalls geschützt. Der Nutzer selbst muss sich durch einen Benutzernamen und ein Kennwort identifizieren, bevor er einen Zugriff auf die Daten erhält.

Der zentrale Server von deNIS II wurde als Doppelrechnersystem aufgebaut, um eine möglichst hohe Verfügbarkeit und Ausfallsicherheit zu erreichen. Hierbei wurden die einzelnen Komponenten in jeweils unterschiedlichen Brandabschnitten im Rechenzentrum untergebracht. Das Doppelrechnersystem verfügt über eine automatische Umschaltung, die bei Ausfall eines Rechners dafür sorgt, dass der zweite Rechner den Betrieb von deNIS II sicherstellt.

4 Aufbau der Datenbestände für deNIS II

4.1 Geobasisdaten

Grundlage eines geographischen Informationssystems sind die geographischen Basisdaten, die durch das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) in Frankfurt bereitgestellt wurden. In deNIS II stehen umfangreiche Datensätze im Bereich der Geobasisdaten zur Verfügung. Hierzu gehören neben Rasterkarten im Maßstab 1:500.000, 1:200.000 und 1:100.000 auch Vektorkartendatensätze. Hierdurch können Einzelinformationen wie beispielsweise zum Schienennetz, zu Bahnhöfen, Flugplätzen, Verwaltungsgrenzen, Flussläufe zusätzlich eingeblendet werden.

4.2 Geofachdaten

Während die Geobasisdaten im Wesentlichen als Hintergrundinformationen genutzt werden, stellen die Fachdaten über Engpass- und Spezialressourcen sowie über risikobehaftete Anlagen den eigentlichen Schwerpunkt dar. Zu diesen Daten gehören die Hilfeleistungspotenziale des THW, der Bundespolizei wie auch der Bundeswehr, die ihre Ressourcen entsprechend ihrer Fähigkeiten darstellt. Darüber hinaus stellen die Länder ihre Daten zu Spezialressourcen des Katastrophenschutzes zur Verfügung. Hierzu gehören Spezialisten, Spezialfahrzeuge und -geräte wie auch besondere infrastrukturelle Einrichtungen.

Die Erfassung der Länderdaten stellte eine besondere Herausforderung dar, da auf Ebene der Innenministerien keine zusammengefassten Daten zur Verfügung standen. Sie mussten zur Erfassung der Daten in ihrem Land die Datenabfrage an die Bezirksregierungen und Landkreise weiterleiten, um die Abfrage des Bundes beantworten zu können. Darüber hinaus wurde auch deutlich, dass auf Ebene der Innenministerien keine Datenbanken über die Hilfeleistungspotenziale des Landes vorhanden waren. Hätten diese existiert, wäre eine Beantwortung schnell möglich gewesen.

Das geographische Informationssystem in deNIS II macht es möglich, dass unterschiedliche geographische Basisdaten (Karten) mit Fachdaten (Position von Ressourcen) verschnitten werden. Dadurch ist es auch möglich, Satellitenaufnahmen in das System zu integrieren, um diese Darstellung mit anderen Ansichten z.B. zu Eisenbahnstrecken, Straßenverläufen, Hochspannungsleitungen oder auch Symbolen zu Hilfeleistungspotenzialen zu überlagern. Hierzu wurden uns 2002 und 2006 Satellitenbilder über das Elbehochwasser durch das Deutsche Fernerkundungs-Datenzentrum des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) zur Verfügung gestellt.

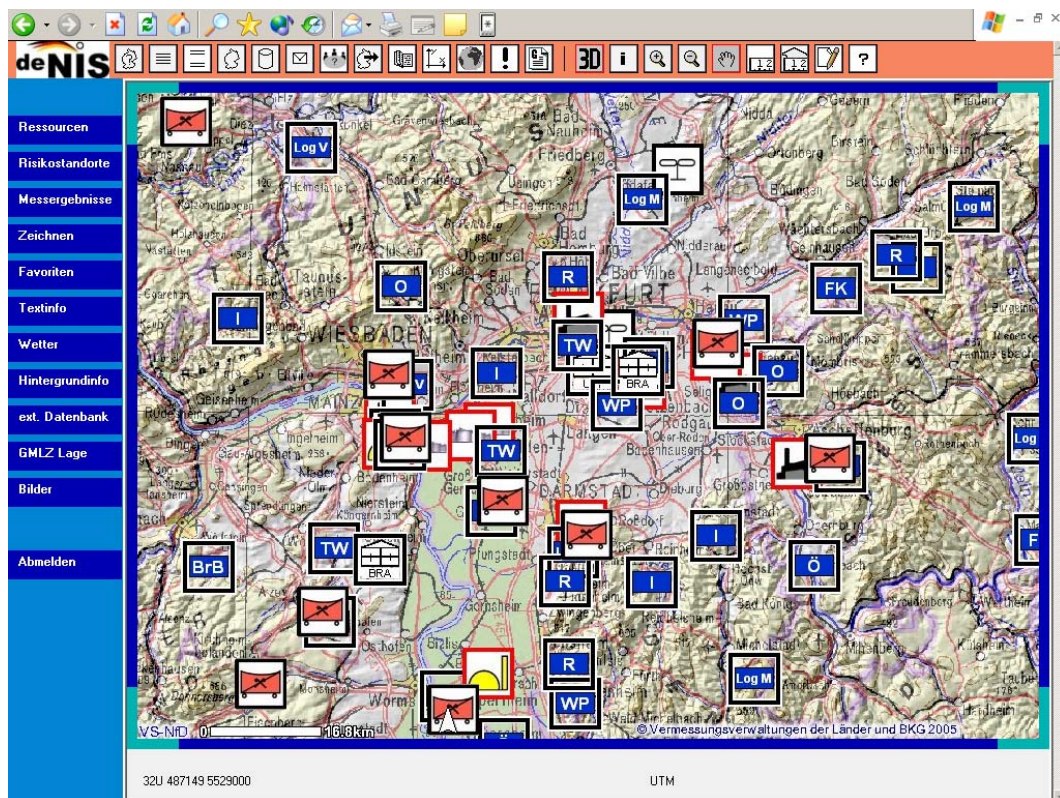


Abb.1: deNIS II, interaktive Lagekarte

Bei einer Katastrophe hat das „Gemeinsame Melde- und Lagezentrum“ von Bund und Ländern (GMLZ) im Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe die Möglichkeit, aktuelle Satellitenfotos anzufordern. Über deNIS II können diese Daten in die Lagedarstellung integriert und den Entscheidungsträgern auf oberer und oberster Verwaltungsebene bereitgestellt werden.

4.3 Integration von Daten aus Gefahrenerfassungssystemen

Ein weiterer Schwerpunkt bei dem Aufbau der Datenbestände in deNIS II wird in den nächsten Jahren die Aufnahme von aktuellen Daten aus Gefahrenerfassungssystemen bilden. In Deutschland werden die unterschiedlichsten Systeme betrieben, um beispielsweise aktuelle Wetterdaten zu erfassen, die Umweltradioaktivität kontinuierlich zu messen oder Pegelstände der Flüsse zu überwachen. Die Daten dieser Gefahrenerfassungssysteme enden bei Spezialbehörden, die diese Daten auswerten. In einem Schadensfall müssen diese Informationen mühevoll zusammengetragen werden, um sie den Entscheidungsträgern der nicht-polizeilichen Gefahrenabwehr bereitzustellen.

Das deutsche Notfallvorsorge-Informationssystem II hat sich zur Aufgabe gestellt, diese Daten in einem zentralen Informationssystem zusammenzufassen, um sie aktuell den Entscheidungsträgern zur Verfügung zu stellen, die Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung und zur Abwehr der Schadenslage einleiten. Hierzu sollen die in einer übersichtlichen und verständlichen Form in deNIS II dargestellt werden.

5 Funktionen in deNIS II

Dem Kreis der berechtigten Nutzer stehen in deNIS II Funktionen zur Verfügung, um Informationen über ein Schadensereignis, spezielles Hilfeleistungspotenzial sowie über Standorte risikobehafteter Anlagen vor einem kartographischen Hintergrund zu sehen. Die raumbezogene Darstellung dieser Informationen soll den Nutzer in die Lage versetzen, die Lage leichter zu beurteilen. Dies wird dadurch erreicht, dass das Ausmaß einer Schadenslage hinsichtlich der betroffenen Bevölkerung und ggf. Sachgüter auf einer elektronischen Karte übersichtlicher dargestellt werden kann. Darüber hinaus können auch Entfernungen von Standorten verfügbarer Einsatzkräfte, Spezialfahrzeuge und –geräte zum Schadensort leichter auf einer Karte abgeschätzt werden.

Eine zentrale Aufgabe kommt bei der Darstellung der Schadenslage dem Gemeinsamen Melde- und Lagezentrum von Bund und Ländern (GMLZ) zu. Seine Aufgabe ist es, Lageinformationen aus den Ländern mosaikartig zu einer Gesamtlage zusammenzustellen und in das System zu integrieren. Hierdurch steht allen Nutzern eine einheitliche Lage zur Verfügung. Um bei einer großflächigen Gefahrenlage divergierendes Handeln von beteiligten Führungsstellen auf Seiten der Länder und des Bundes zu vermeiden, sind ein einheitlicher Kenntnisstand sowie ein einheitliches Lagebild für alle Entscheidungsträger wichtig. Aus diesem Grund kommt einer zentralen Lagezusammenfassung und Darstellung eine besonders wichtige Rolle zu.

Der Aufbau des Informationssystems deNIS II als „Client-Server-Architektur“ bietet darüber hinaus die Möglichkeit, aktuelle Informationen, die in die zentrale Datenbank eingestellt werden, allen Nutzern gleichzeitig zur Verfügung zu stellen. Dies ist vor allem bei der Integration von dynamischen Daten - wie aktuelle Wettermeldungen oder Messwerte - wichtig, um alle Nutzer auf einen aktuellen Informationsstand zu halten.

Folgende unterstützende Funktionen stehen in deNIS II zur Verfügung:

- *Dimmen der Darstellung einzelner Informationsebenen*

Die einzelnen Layer und die Karten sind in ihrer Transparenz dimmbar. Hierdurch können wichtige Informationen deutlich hervorgehoben werden.

- *Monitoring*

Das System ermittelt eingehende aktuelle Daten und stellt diese Veränderungen für alle Nutzer automatisch im Lagebild dar.

- *Nachrichtenaustausch*

deNIS II enthält eine Mail-Funktion, die einen Nachrichtenaustausch mit allen deNIS II-Nutzern ermöglicht.

- *Warnfunktion*

Durch die Systemadministration können Schwellenwerte und Bedingungen festgelegt werden, die eine optisch-/akustische Warnung am Bildschirm des Nutzers auslösen.

- *Exportmöglichkeit*

Das Lagebild kann ausgedruckt, an einen Beamer weitergegeben oder als Datei abgespeichert werden, um beispielsweise die Lageentwicklung zu dokumentieren.

- *Einsatztagebuch*

Die an deNIS II angeschlossenen Lagezentren können ein eigenes elektronisches Einsatztagebuch führen, um wichtige Informationen und eingeleitete Maßnahmen zu dokumentieren. Hierdurch haben sie die Möglichkeit, das eigene Handeln nachzuweisen. Da die Eintragungen unveränderbar sind, können sie als gerichtverwertbare Dokumentation genutzt werden. Die Eintragungen können nur durch den jeweiligen Nutzer eingesehen werden.

Hinsichtlich der Bedieneroberfläche ist deNIS II so gestaltet, dass eine übersichtliche und einfache Bedienung möglich ist. Gerade in einem Ereignisfall muss die Bedienung stressresistent sein. Den größten Teil der Darstellung nimmt die Lagekarte ein. Im oberen, waagerechten Teil befinden sich Schaltknöpfe, um besondere Funktionen zu aktivieren. Hierzu zählen Zoomen, Ortssuche, Zeichnen, Textinformation oder Einsatztagebuch. Am linken Rand befindet sich die Menüleiste. Hier können Sachinformationen aufgerufen werden, die dann als Symbol auf der Lagekarte erscheinen. Hierzu gehören personelle, materielle und infrastrukturelle Hilfeleistungspotenziale sowie Standorte risikobehafteter Anlagen. Über einen Mausklick können die Daten zu den jeweiligen Symbolen abgefragt und als Textinformation dargestellt werden.

6 Weiterer Ausbau zu deNIS II^{plus}

Obwohl mit deNIS II ein bedeutender Schritt gelungen ist, das Krisenmanagement durch den Einsatz eines zentralen Informationssystems zu unterstützen, haben die Erfahrungen der letzten Monate deutlich gemacht, dass eine Erweiterung bzw. Anpassung von deNIS II erforderlich ist, um die Aktualität von Daten sicherzustellen und den Aufwand der Dateneingabe zu begrenzen.

Bisher war die Integration von Daten, die teilweise nur in Papierform seitens der Länder übermittelt werden, mit einem erheblichen personellen Aufwand verbunden. Zwischen der Datenerfassung und der Eingabe in deNIS II vergehen oft Monate. Durch die zeitaufwändige Erfassung der Daten in den Ländern und der manuellen Integration der Daten kann daher die Aktualität der Daten nicht sichergestellt werden. Ursache hierfür sind fehlende Datenbanken auf Seiten der Länder.

Der Bund hat sich daher entschieden, die deNIS II-Software zu erweitern um eine dezentrale Datenerfassung und -verwaltung zu ermöglichen. Aus diesem Grund wird beabsichtigt, den Aufbau dezentraler Datenbanken auf Ebene der Länder durch die Bereitstellung der deNIS II^{plus}-Technologie zu fördern. Der Aufbau von dezentralen Datenbanken würde zu einer deutlichen Erleichterung und Beschleunigung des Datentransfers beitragen.

Die modular aufgebaute deNIS II-Software wird daher um weitere Module ergänzt. Hierzu gehören Module

- zur dezentralen Erfassung und Verwaltung von Daten zu personellen, materiellen und infrastrukturellen Ressourcen,
- zum Datenaustausch zwischen den Datenbanken auf Länderebene und auf Bundesebene sowie
- um Meldungen über die Schadenslage oder das eingetretene Ereignis von Einheiten vor Ort in das Informationssystem aufzunehmen und an übergeordnete sowie benachbarte Institutionen weiterzuleiten.

Um das Informationsmanagement innerhalb der Gefahrenabwehr zu verbessern, muss mittelfristig ein Informationssystem aufgebaut sein, das eine Vernetzung über alle Führungsebenen hinweg ermöglicht. Um einen solchen Aufbau zu fördern, müssen einheitliche Standards bei Schnittstellen und Datenformaten berücksichtigt werden. Darüber hinaus ist es aber wichtig, Schadenslagen aber auch Ressourcen einheitlich in einem solchen Informationssystem darzustellen, damit nicht unterschiedliche Lagedarstellungen zu Missverständnissen bei den Führungsstellen führen, die an der Gefahrenabwehr beteiligt sind.

Nur über diese Standards wird es gelingen, mittelfristig ein umfassendes Netzwerk im Bereich des Bevölkerungsschutzes über alle Führungsebenen hinweg aufzubauen.

AUFSPÜREN UND KLASSIFIZIEREN RADIOAKTIVER SUBSTANZEN MIT MINIATURISIERTEN NUKLID-IDENTIFIZIERENDEN GAMMASPEKTROMETERN

DETECTION AND CLASSIFICATION OF RADIOACTIVE MATERIALS USING
MINIATURIZED NUCLIDE-IDENTIFYING GAMMA RAY SPECTROMETERS

G. Pausch, J. Stein, S. Krüger, A. Kreuels, M. Kreuels, R. Lentering, F. Lück, F. Platte,
K. Römer, K. Saucke, F. Scherwinski, N. Teofilov
target systemelectronic gmbh, Solingen

Zusammenfassung

In den letzten Jahren wurden von mehreren Firmen robuste Gammaskpektrometer im Format von Handmessgeräten entwickelt. Diese gestatten auch Laien das Aufspüren und Klassifizieren radioaktiver Substanzen vor Ort. Der *identiFINDER*[®] ultra ist ein solches Gerät, ein Radionuclide Identification Device (RID). Es stellt drei Grundfunktionen zur Verfügung: Anzeige der aktuellen Ortsdosisleistung, Quellensuche, Quellenklassifizierung. Dabei wird schon nach kurzer Messzeit angezeigt, welches Nuklid oder Nuklidgemisch für den erhöhten Strahlungspegel verantwortlich ist. So kann man vor Ort Informationen erhalten, die noch vor wenigen Jahren nur durch Untersuchung von Proben in gut ausgestatteten Labors gewonnen werden konnten.

Der *identiFINDER* nutzt innovative Technologien, für die mehrere Patente angemeldet wurden. Messtechnischer Kern ist ein LED-stabilisiertes NaI(Tl)-Szintillationsspektrometer mit digitaler Signalverarbeitung (DSP). Eine komplexe Software sorgt für die automatische Stabilisierung, Kalibrierung und Analyse der gemessenen Spektren. Das Gerät kann selbst sehr schwache Strahlungsquellen identifizieren und eignet sich deshalb besonders gut für Untersuchungen im Umweltbereich.

A few companies have developed and produced gamma ray spectrometers that are robust and small for optimized usage as hand held devices. Those devices are designed in a way that even non-experts can find and classify radioactive substances in the field. The *identiFINDER*[®] ultra is one of those instruments, classified as Radionuclide Identification Device (RID). It performs three main functions: display of the actual present dose rate, localization of sources, and classification of the radioactive sources (after a short period of time, the nuclide or the mixture of nuclides present will be displayed). In that way it is now possible to gather reliable information that – just a couple of years ago – would have been provided by sending samples to specialized laboratories, only.

Cutting-edge technologies (several patents pending) are realized in the *identiFINDER*. The basic parts of which are composed of an LED stabilized NaI(Tl) spectrometer and a digital signal processing (DSP) unit. Extensive software controls the automatic stabilization, calibration and analysis of the acquired gamma ray spectra. Even weakest radioactive sources can be identified making the device essential for applications in the environmental research.

1 Der identiFINDER® ultra – ein Radionuclide Identification Device (RID)

Der Terroranschlag auf das New Yorker World Trade Center am 11. September 2001 hat in der Öffentlichkeit und Politik den Blick für Gefahren, die sich aus einem Missbrauch radioaktiver Materialien ergeben können, dramatisch geschärft. Dadurch wurde auch die Entwicklung völlig neuer Strahlungsmessgeräte angestoßen, die nicht nur für die Terrorabwehr von Interesse sind. Unter anderem wurden so genannte Radionuclide Identification Devices (RID) entwickelt, die Strahlungsquellen aufspüren, identifizieren und klassifizieren können [1]. Für diese Geräteklasse gibt es mittlerweile bindende Standards [2][3].

Der identiFINDER® ultra [4] ist ein RID auf der Basis eines digitalen NaI(Tl)-Gamma-spektrometers. Abbildung 1 zeigt ein Schnittbild und die Gesamtansicht des Geräts. Der Szintillationsdetektor, bestehend aus einem $\varnothing 38\text{mm} \times 51\text{mm}$ NaI(Tl)-Kristall und einem $1\frac{1}{4}''$ -Photomultiplier, kann Gammastrahlung bis 3 MeV sehr effektiv nachweisen. Das Energiespektrum der Gammastrahlung wird von einem Digitalen Signalprozessor (DSP) kontinuierlich gemessen und analysiert. Es dient zur Ermittlung der momentanen Ortsdosisleistung und zum Identifizieren der Strahlungsquelle.

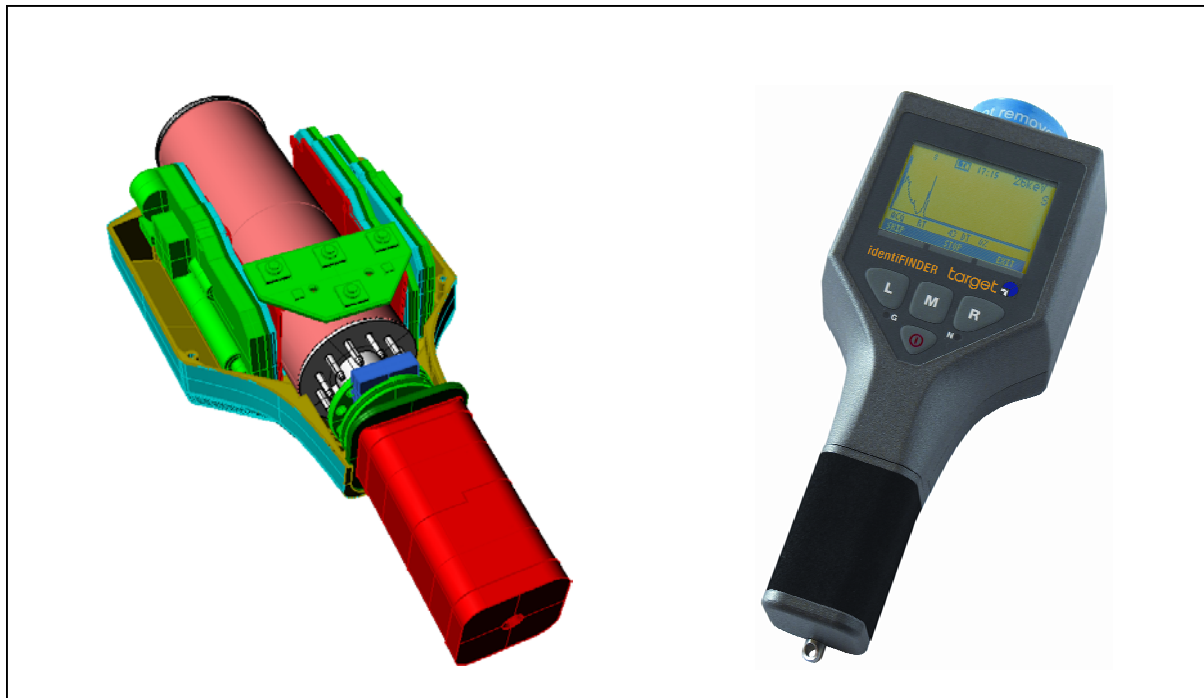


Abb. 1: Der identiFINDER® - Schnittbild und Ansicht des Geräts.

Der Nutzer merkt nichts von den im Hintergrund ablaufenden komplexen Prozessen. Das Gerät wird, ähnlich wie ein einfaches Dosimeter, mit nur drei Tasten bedient. Die Grundfunktionen (EASY Modes) lassen sich mit einem Tastendruck aufrufen (Abbildung 2):

- Im DOSE Mode wird die momentane Ortsdosisleistung angezeigt und in Form eines Balkens grafisch dargestellt. Beim Überschreiten vorgegebener Dosis- und/oder Dosisleistungsgrenzwerte erfolgt zunächst eine Warnung, dann eine Alarmierung durch akustische und optische Signale sowie einen Vibrationsgeber.

- Im FINDER Mode führt der identiFINDER[®] ultra den Nutzer mit Hilfe optischer, akustischer und mechanischer (Vibrations-)Signale zur Strahlungsquelle.
- Ist die Quelle gefunden, dann kann sie im IDENT Mode analysiert, identifiziert und klassifiziert werden. Hierzu muss der Nutzer den Detektor eine Minute lang auf die Strahlungsquelle richten. Dabei wird ein Energiespektrum gemessen. Die Ausgabe der Resultate erfolgt sofort nach Abschluss der Messung in Form einer Nuklidtabelle. Das Spektrum kann für spätere Analysen und zur Dokumentation gespeichert werden.

Weitere Funktionen wie die grafische Darstellung von Spektren oder der Zugriff auf Einstellungen, zum Beispiel Alarmschwellen und Alarmindikatoren, sind passwortgeschützt und nur für qualifizierte Nutzer über ein OPTIONS Menü erreichbar (EXPERT Modes).

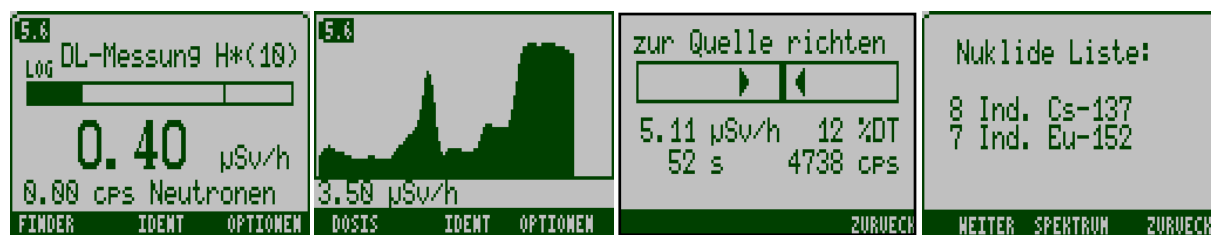


Abb. 2: Grundfunktionen des identiFINDER[®] ultra – Screen Shots vom Display (v.l.n.r.)

- DOSE Mode – Anzeige der momentanen Ortsdosisleistung
- FINDER Mode – optische und akustische Signale zur Quellenlokalisierung
- IDENT Mode – Aufnahme eines Spektrums zur Nuklidanalyse
- IDENT Mode – Anzeige der Ergebnisse (hier: eine gemischte Quelle; alle gefundenen Nuklide als „Ind.“=industriell klassifiziert)

Die wichtigsten Anwendungen sind derzeit im Bereich der Landessicherheit (Homeland Security) zu finden. Um illegalen Handel mit radioaktivem Material zu erkennen und zu verhindern, werden Zoll- und Sicherheitsbehörden zunehmend mit RID ausgestattet, die den Träger (zum Beispiel den Zollbeamten) im Falle eines erhöhten Strahlungspegels alarmieren und ihm helfen, die Strahlungsquelle zu finden und ihr Gefahrenpotenzial vor Ort einzuschätzen. Das ist notwendig, weil sich die meisten gefundenen Quellen als harmlos erweisen. So sind Patienten noch Tage nach einer nuklearmedizinischen Untersuchung oder Therapie wandelnde Strahlungsquellen. Alte Uhren oder andere Instrumente mit Leuchtanzeigen, Rauchmelder, Düngemittel, Porzellan, Schweißelektroden, farbige Gläser und andere Handelsgüter enthalten häufig natürliche radioaktive Substanzen. Würde jede Erhöhung des Strahlungspegels einen Alarm auslösen, wären Grenzübergangsstellen bald nicht mehr arbeitsfähig. Andererseits müssen Substanzen, von denen eine Gefahr ausgeht oder die im Verdacht des Mißbrauchs stehen, selbst in kleinsten Mengen sicher erkannt werden – vor allem spaltbares Material, das in Bomben eingesetzt werden könnte.

Die Geräte können aber auch im Ereignisfall wertvolle Daten liefern. Mit ihrer Hilfe wird das Einsatzpersonal in die Lage versetzt, radioaktive Kontaminationen zu finden und von natürlichen Strahlungsquellen zu unterscheiden, sie schnell zu identifizieren und mit diesem Wissen angemessen zu handeln. Je schneller fundierte Entscheidungen möglich sind, desto effektiver werden Maßnahmen zur Schadensbegrenzung sein. Auch der routinemäßige Einsatz im Feld bietet sich an, beispielsweise bei der Erhebung von Daten zur

Umweltradioaktivität. Dank innovativer, in modernen RID implementierter Technologien kann man heute vor Ort Informationen erhalten, die noch vor wenigen Jahren nur durch Untersuchung von Proben in gut ausgestatteten Labors gewonnen werden konnten.

2 Innovative Technologien im identiFINDER[®] ultra

2.1 Digitale Signalverarbeitung

Aus messtechnischer Sicht ist der identiFINDER[®] ultra ein *digitales* Gammaskpektrometer. Hier wird, im Gegensatz zum weit verbreiteten „klassischen“ (analogen) Spektrometer, das Detektorsignal nicht mit analogen elektronischen Mitteln gefiltert und geformt, sondern direkt am Detektor oder Vorverstärker mit einem Flash ADC abgetastet (digitalisiert). Mit Hilfe mathematischer Verfahren (Deconvolution [5][6], Inverse Filtering [7]) kann man aus der so gewonnenen Zahlenfolge das originale physikalische Signal, die zeitlich scharfe Energiedeposition im Detektor, rekonstruieren. Auf dieses Signal werden dann digitale Filter mit einer zeitlich begrenzten Impulsantwort (Finite Impulse Response, FIR) angewandt. Damit umgeht man das bei analogen Spektrometern hinlänglich bekannte Problem einer lastabhängigen Nulllinie [7], und die Energieauflösung des Spektrometers bleibt auch bei extrem hoher Last erhalten [8].

Ein weiterer Vorteil der digitalen Signalverarbeitung besteht darin, dass mit der Zahlenfolge der Abtastergebnisse (Samples) auch der *zeitliche Verlauf* des Detektorsignals für eine Analyse zur Verfügung steht. Impulsformdiskriminierung kann per Software durchgeführt werden und erfordert keine zusätzliche Hardware. Im identiFINDER[®] ultra wird jedes Detektorsignal auch hinsichtlich der Impulsform analysiert. Dadurch können Signale, die durch Rauschen oder Pileup verfälscht wurden, sicher erkannt und unterdrückt werden. Die digitale Impulsbreitenanalyse (digital Pulse Width Analysis, dPWA [8]) liefert außerdem die zur Detektorstabilisierung notwendigen Messwerte der effektiven Szintillatortemperatur.

2.2 Spektrenanalyse (Template Matching)

Die Energien und Intensitätsverhältnisse der bei radioaktiven Zerfällen emittierten Gammaquanten hängen von der Kernstruktur des Tochterkerns, also von dessen Ladungs- und Massenzahl, ab. Sie sind damit nuklidspezifisch. Das gemessene Energiespektrum erlaubt deshalb eine Identifikation der Zerfallskette. Allerdings ist es nicht einfach, geeignete Algorithmen zur Auswertung der komplexen Messspektren zu entwickeln, welche auch noch wesentlich durch den Detektionsprozess und die Detektoreigenschaften beeinflusst sind.

In vielen RID wird das Spektrum analysiert, indem Peaks (Gammalinien) gesucht und deren gemessenen Energien und Intensitätsverhältnisse mit einem Linienkatalog verglichen werden. Der identiFINDER[®] ultra nutzt ein anderes Verfahren, das so genannte Template Matching. Dabei nimmt man an, dass das gemessene Spektrum als Linearkombination bekannter Spektren, der sogenannten Templates, darstellbar ist, und sucht mit mathematischen Verfahren nach der „besten“ Darstellung. Dieses Verfahren liefert auch bei schlechter Statistik, also kurzer Messzeit, und der für NaI(Tl)-Detektoren charakteristischen mäßigen Energieauflösung (etwa 7% bei 662 keV) noch sehr gute Resultate. Abbildung 3 zeigt ein typisches Beispiel. Ein mit Kaliumchlorid (KCl) gefüllter Becher und ein Schlackestein wurden mit dem identiFINDER[®] ultra ausgemessen, das Messpektrum nach der üblichen

Messzeit von 60 Sekunden analysiert. Das radioaktive ^{40}K im Kaliumchlorid konnte sicher identifiziert, eine Spur von ^{226}Ra im Schlackestein noch nachgewiesen werden. Die (äußerst schwache) Strahlungsquelle wurde als NORM – Naturally Occuring Radioactive Material – klassifiziert.

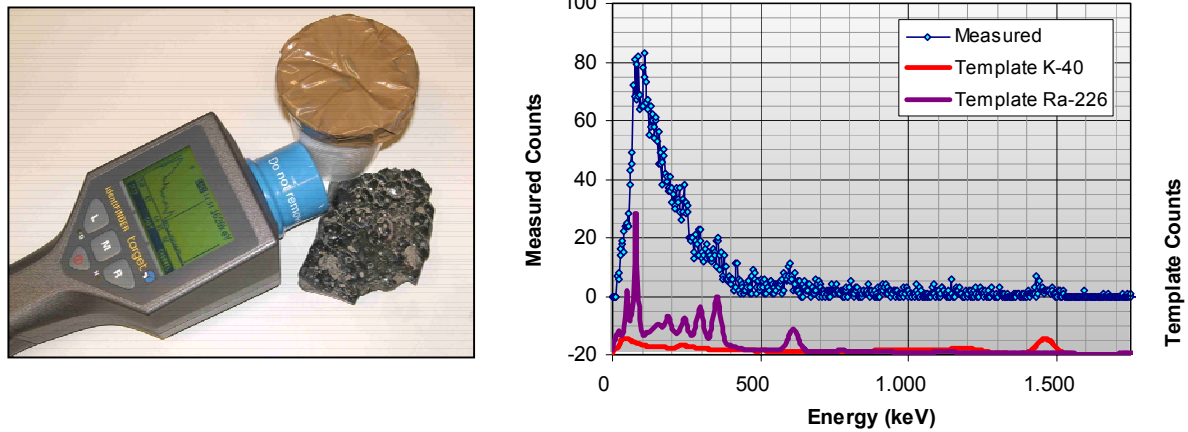


Abb. 3: Beispiel einer Nuklidanalyse – die Grafik zeigt ein mit dem identiFINDER® ultra gemessenes Spektrum und die Templates der im Spektrum identifizierten Nuklide

2.3 ultra-Detektorstabilisierung

Die interne Verstärkung von NaI(Tl)-Detektoren ändert sich leider stark mit Temperatur und Last (Zählrate). Zur Nuklidanalyse ist aber eine kalibrierte, stabile Energieskala des Gammaskpektrums erforderlich, so dass der Detektor ausreichend gut stabilisiert werden muss. Das Stabilisierungsverfahren des identiFINDER® ultra kombiniert zwei innovative Techniken, die einander ergänzen:

- Der Photomultiplier wird mit Hilfe einer gepulsten Referenzlichtquelle, einer Leuchtdiode (LED), kontinuierlich stabilisiert. Die LED generiert pro Sekunde mehrere hundert Lichtblitze bekannter Helligkeit, die vom Photomultiplier parallel zu den Gammasignalen des Szintillators verarbeitet werden. Die Unterscheidung zwischen LED- und Gammasignalen erfolgt durch digitale Impulsbreitenanalyse (dPWA) [8].
- Eine numerische Korrektur sorgt für die Kompensation der Effekte, die aus der Temperaturabhängigkeit der Lichtausbeute des Szintillators resultieren. Die hierfür benötigte effektive Szintillatortemperatur wird aus der Impulsform der Gammasignale [9] mit Hilfe der dPWA [8] abgeleitet.

Mit diesem durch mehrere Patentanmeldungen geschützten Verfahren lässt sich die Position eines Referenzpeaks so stabilisieren, dass selbst bei schnellen und starken Temperatur- oder Laständerungen die Driften in der Regel $\pm 1\%$ nicht übersteigen (Abbildung 4).

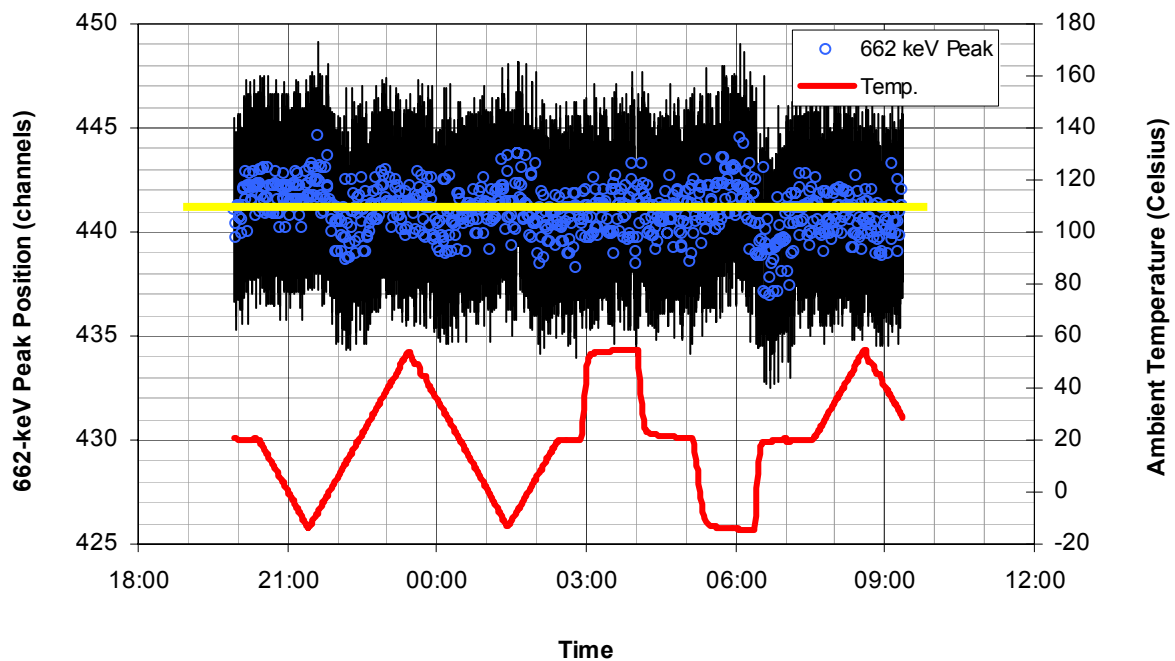


Abb.4: Ergebnisse eines Stabilisierungstests im Temperaturbereich von -15°C bis $+55^{\circ}\text{C}$.
Die eingezeichneten Fehlerbalken entsprechen einer Abweichung von $\pm 1\%$.

3 Anwendungen im Störfall und im Bereich der Umweltradioaktivität

Die implementierten innovativen Technologien widerspiegeln sich in deutlich verbesserten Gebrauchseigenschaften im Vergleich zu früheren Gerätegenerationen:

- Der identiFINDER[®] ultra ist nach dem Einschalten sofort messbereit. Eine Kalibrierung ist nicht erforderlich. Die Bedienung kann auch durch Laien erfolgen.
- Die ultra-Stabilisierung gewährleistet exzellente Stabilität in allen Last- und Temperaturbereichen.
- Die digitale Impulsbreitenanalyse (dPWA) des identiFINDER[®] ultra verbessert die Unterdrückung von Pileup- und Rauschsignalen deutlich.
- Digitale Signalverarbeitung und Pileup-Unterdrückung erlauben den Einsatz bei extrem hoher Last und ermöglichen einen Signaldurchsatz von bis zu 150 kcps.
- Die exzellente Rauschunterdrückung gestattet eine saubere Spektroskopie niederenergetischer Gammastrahlung bis < 15 keV.
- Da keine radioaktive Quelle für die Stabilisierung des Detektors benötigt wird, erhöht sich die Sensitivität gegenüber sehr schwachen Strahlungsquellen.
- Die LED-Referenzsignale mit bekannter Impulsfolgefrequenz werden zur Messung der Totzeit genutzt. Diese Methode liefert in allen Lastbereichen zuverlässige Resultate.
- Insgesamt ergibt sich eine deutlich erhöhte Zuverlässigkeit der Nukliderkennung, vor allem in den Extrembereichen (sehr schwache oder sehr starke Strahlungsquellen).

Diese Eigenschaften bedeuten in der Summe eine Kombination von Robustheit und Sensitivität, die das Gerät für Einsätze im Feld unter nicht vorherbestimmbaren Bedingungen – und damit für den Ereignisfall – besonders tauglich macht.



Abb.5: Einsatz eines identiFINDER® ultra zur Messung der Umweltradioaktivität in der Sächsischen Schweiz:



Abb.6: Tauchfähige Variante des identiFINDER® ultra, einsetzbar bis 10 m Wassertiefe

Für Messungen der Umweltradioaktivität ist die Sensitivität gegenüber schwachen Quellen und die Möglichkeit einer sofortigen Nuklidanalyse vor Ort attraktiv. Ein „Einsatz“ am Wochenende in der Sächsischen Schweiz bei Königstein bewies, dass man mit einem identiFINDER® ultra in der Tat radioaktive Stellen finden und die Strahlungsquelle identifizieren kann (Abbildung 5). Das Gerät wurde im Holster getragen und in den FINDER Mode gesetzt. Akustische Signale zeigten selbst geringfügige Schwankungen des Strahlungspegels an. Auf diese Weise wurden zwei Stellen von etwa einem Quadratmeter Fläche gefunden, an denen die Ortsdosisleistung gegenüber dem Durchschnittswert deutlich erhöht war (0,3-0,4 $\mu\text{Sv/h}$). Eine Messung im IDENT Mode an den Stellen höchster

Dosisleistung identifizierte die Aktivität jeweils als Zerfall von ^{226}Ra , teilweise mit Spuren von Uran – also das in diesem Gebiet erwartete Ergebnis.

Schließlich soll noch darauf hingewiesen werden, dass eine tauchfähige Variante des identiFINDER[®] bis 10 m Wassertiefe einsetzbar ist (Abbildung 6). Geräte dieses Typs sind unter anderem bei der American Coast Guard im Einsatz.

4 Danksagung

Die Entwicklung des identiFINDER[®] ultra wurde von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt unter dem Aktenzeichen 21617-31 gefördert.

5 Literatur

- [1] J. C. McDonald, B. M. Coursey, M. Carter, “Detecting Illicit Radioactive Sources”, *Physics Today*, November 2004, pp. 36-41.
- [2] Technical / Functional Specifications for Border Radiation Monitoring Equipment, International Atomic Energy Agency, IAEA-SVS-0X, Vienna, 2005.
- [3] American National Standard Performance Criteria for Hand-held Instruments for the Detection and Identification of Radionuclides, ANSI N42.34-2005, American National Standards Institute, published by The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. (IEEE), New York, 2005.
- [4] “identiFINDER - Digital Hand Held Spectrometer and Dose Rate Meter with Nuclide Identification”, target systemelectronic gmbh, D-42651 Solingen, Germany, 2005.
- [5] J. Stein, A. Georgiev, and W. Gast, US Patent No. 5 307 299 (1994).
- [6] J. Stein, F. Scheurer, W. Gast, A. Georgiev, “X-ray detectors with digitized preamplifiers”, *Nucl. Instr. Meth. in Physics Research*, B 113 (1996), pp. 141-145.
- [7] J. Stein, G. Pausch, and A. Gueorguiev, “Inverse Filter Techniques in Digital Nuclear Signal Processing”, Paper N2-7 presented at the IEEE Nuclear Science Symposium, Wyndham El Conquistador Resort, Puerto Rico, Oct. 23-29, 2005.
- [8] G. Pausch, J. Stein, A. Kreuels, F. Lueck, and N. Teofilov, “Multifunctional Application of Pulse Width Analysis in a LED-Stabilized Digital NaI(Tl) Gamma Spectrometer”, Paper N1-7 presented at the IEEE Nuclear Science Symposium, Wyndham El Conquistador Resort, Puerto Rico, Oct. 23-29, 2005, Conference Record, pp. 19-24.
- [9] G. Pausch and J. Stein, “Stabilising Scintillation Detector Systems by Exploiting the Temperature Dependence of the Light Pulse Decay Time”, *IEEE Transact. Nucl. Sci.*, vol. 52 (2005), pp. 1849-1855.

TEIL 3 DES MASSNAHMENKATALOGS ZUR BEHANLUNG UND ENTSORGUNG KONTAMINierter LANDWIRTSCHAFTLICHER PRODUKTE AM BEISPIEL DER MILCH

PART 3 OF THE CATALOGUE OF COUNTERMEASURES FOR TREATMENT AND DISPOSAL OF CONTAMINATING AGRICULTURAL PRODUCTS BY THE EXAMPLE OF THE MILK

G. Haase¹, W. Pfeffer², H. Schnadt³, I. Strilek⁴

1 Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel (BfEL)

2 Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS)

3 TÜV Industrie Service GmbH, Institut für Kerntechnik und Strahlenschutz

4 Bundesamt für Strahlenschutz

Zusammenfassung

Der Maßnahmenkatalog wurde nach Tschernobyl in der ersten Fassung 1992 veröffentlicht. Zu diesem Zeitpunkt handelte es sich noch um eine Merkpostenliste. Der Maßnahmenkatalog wurde in der ersten Überarbeitung im Oktober 1999 neu in zwei Teile gegliedert. Im ersten Teil sind Maßnahmen aufgeführt, die zum Schutze der Bevölkerung vor Strahlenexposition und zur Erreichung einer gewissen Wertschöpfung eingesetzt werden sollen. Im zweiten Teil des Maßnahmenkataloges finden sich Daten und ergänzende Informationen. Teil 3 des Maßnahmenkataloges, der in der 200. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 30. Juni / 01. Juli 2005 verabschiedet wurde, beschäftigt sich mit der Problematik der Behandlung und Entsorgung von Erzeugnissen und Reststoffen aus den Bereichen Milch, Fleisch, Gemüse, Obst, Wein und Getreide. Am Beispiel der Milch wird der Teil 3 des Maßnahmenkatalogs erläutert.

Summary

The catalogue of countermeasures was published after Tschernobyl in the first version 1992. At this time it still concerned a noticing post list. The catalogue of countermeasures was arranged again in the first revision in October 1999 into two parts. In the first part measures are specified, which are to be used for the protection of the population from radiation exposure and for the reaching of a certain creation of value. In the second part of the measure catalog data are and supplementing information. Part 3 of the catalogue, in the 200. Meeting of the Radiological Protection Commission to 30 June/01 July 2005 was adopted, deals themselves with the problem of treatment and disposal of products and residual substances from foodproduction in the fields milk, meat, vegetable, fruit, wine and grain. With respect to milk the part of 3 of the catalogue of countermeasures is described.

1 Einleitung

Der Maßnahmenkatalog ist eine Arbeitshilfe für die mit der Strahlenschutzvorsorge befassten Behörden und Entscheidungsgremien. Er beschreibt Maßnahmen, die im Zusammenhang mit

einem Störfall oder Unfall in einer in- oder ausländischen kerntechnischen Anlage zum Schutz der Bevölkerung ergriffen bzw. empfohlen werden können, wenn bei diesem Ereignis radioaktive Stoffe in nicht unerheblichem Umfang freigesetzt werden und radiologische Auswirkungen in der Bevölkerung zu erwarten sind.

Der Strahlenschutzvorsorge in der Landwirtschaft kommt bei kerntechnischen Unfällen mit Auswirkungen auf die Bundesrepublik Deutschland eine besondere Bedeutung zu, denn die in der Landwirtschaft erzeugten Grundnahrungsmittel sind für den Expositionspfad Ingestion von größter Bedeutung. Aus radiologischer Sicht ist dieser Pfad, wenn er nicht unterbrochen werden kann, im Hinblick auf die Dosis erheblich bedeutsamer als die Expositionspfade Inhalation und externe Bestrahlung. Außerdem ist die Landwirtschaft der größte Flächennutzer, der durch großräumige Belastungen jeglicher Art naturgemäß stark betroffen ist.

Seiner Zielsetzung entsprechend werden im Maßnahmenkatalog in großem Umfang Maßnahmen im landwirtschaftlichen Bereich und in der Ernährungsindustrie behandelt. Diese Maßnahmen betreffen landwirtschaftlich genutzte Böden und Ressourcen wie Wasser in Bewässerungsanlagen oder Viehtränken sowie die Behandlung kontaminierter landwirtschaftlicher Produkte in den wichtigsten Produktionsbereichen Milch, Fleisch, Gemüse, Getreide, Obst und Wein. Bei hohen Kontaminationen ist es denkbar, dass die landwirtschaftlichen Produkte auch nach Dekontaminationsmaßnahmen, z.B. durch Verarbeitung, nicht mehr in Verkehr gebracht werden können. Weiterhin können bei der Verarbeitung gering kontaminierter Ausgangsmaterialien auch höher kontaminierte Fraktionen entstehen (Beispiel Molke), die nicht mehr verwertet werden können.

Der Teil 3 des Maßnahmenkatalog gliedert sich nach dieser Einführung in weitere 8 Kapitel. Im Kapitel 2 werden die generell möglichen Entsorgungswege zusammengestellt und kurz beschrieben. Die nächsten Kapitel behandeln die Produktgruppen Milch (Kapitel 3), Fleisch (Kapitel 4), Gemüse (Kapitel 5), Obst und Wein (Kapitel 6) sowie Getreide (Kapitel 7). Diese Kapitel sind alle gleich aufgebaut und enthalten Aussagen zu den Maßnahmen, zu Strategien, zu Abfallmengen und Abfallströmen, zum Aktivitätsfluss sowie allgemeine Informationen zum Sektor. Letztere sollen eine Einschätzung der wirtschaftlichen Bedeutung des Sektors ermöglichen. Weiterhin werden dabei die wichtigsten Verarbeitungsschritte dargestellt, dies auch im Hinblick auf die möglichen Kontaminationen der Haupt-, Neben- und Abprodukte. Kapitel 8 enthält Aussagen zu den unterschiedlichen Entsorgungsanlagen (Funktion, Kapazität) und beschreibt die in Deutschland vorhandene Entsorgungsinfrastruktur. Eine Gegenüberstellung von Produktionsmengen als maximal mögliche Abfallmengen und Entsorgungskapazitäten verdeutlicht die Mengenprobleme. In Kapitel 9 werden überschlägige Betrachtungen der Strahlenexposition bei einigen Entsorgungswegen angestellt. Generell sollte nicht nur die Einleitung entsprechender Maßnahmen im Einsatzfall von Messungen abhängig gemacht werden, sondern auch die Maßnahmendurchführung durch Messungen begleitet und so sicher gestellt werden, dass Arbeiter und Bevölkerung durch die Verarbeitungs- und Entsorgungsmaßnahmen nicht einer unangemessenen Strahlenexposition ausgesetzt sind.

Der dritte Teil des Maßnahmenkatalog wurde unter Beteiligung aller Interessengruppen, der sogenannten Stakeholder (z.B. Behörden, Wirtschaft, Erzeuger, Verarbeiter, Entsorger, Verbände, Handel und Konsumenten), hinsichtlich der Annahmen und Maßnahmen diskutiert und überprüft werden. Durch diese breite Diskussion sollen alle Maßnahmen hinsichtlich ihrer Durchführbarkeit und Akzeptanz durch die Interessengruppen beleuchtet werden.

Zurzeit findet die zweite Überarbeitung der ersten beiden Bände u. a. zur Integration der Ergebnisse der Workshops dieses Projektes statt [1].

Das folgende Fließschema zeigt die Maßnahmen zur Behandlung und Entsorgung von Milch und Milchprodukten auf und gibt die dazu gehörigen Strategien wieder.

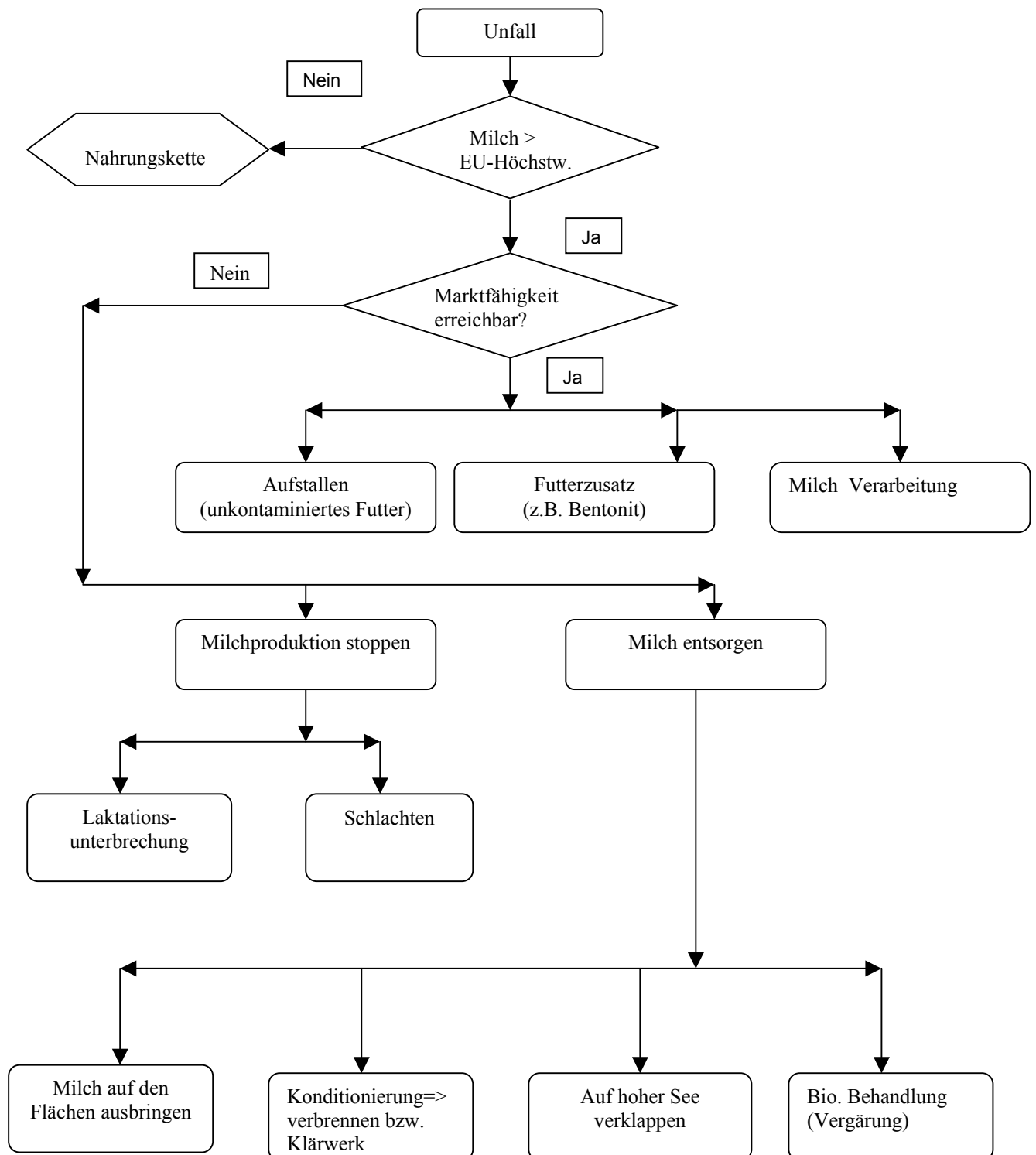


Abb. 1: Maßnahmenstrategien bei der Kontamination von Milch [2]

2 Vor und Nachteile der Maßnahmen [2]

Die in obigen Fließschema aufgezeigten Maßnahmen werden in den folgenden Tabellen mit ihren Vor- und Nachteilen stichpunktartig erläutert, um so aus technischer und wissenschaftlicher Sicht das Greifen der Maßnahmen einschätzen zu können.

Milch auf Flächen ausbringen

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> - Beseitigung kontaminierter Milch in großen Mengen durch den Erzeuger - Geringer personeller und maschineller Aufwand - Geringe Erhöhung der bereits auf dem Land abgelagerten Aktivitäten 	<ul style="list-style-type: none"> - Bei dieser Maßnahme muss der Erzeuger mit kontaminierter Milch umgehen. (Strahlenschutz) - Kontamination der Maschinen - Finanzielle Verluste

Laktationsunterbrechung

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> - Milchproduktion kann gestoppt werden 	<ul style="list-style-type: none"> - Das Stoppen der Milchproduktion kann bei der Kuh bis zu vier Wochen dauern - Finanzielle Verluste für den Erzeuger - Laktationshemmer müssen vorgehalten werden - Rechtliche Probleme bei der Gabe

Schlachtung von Milchvieh

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> - Sofortiges Stoppen der Milchproduktion 	<ul style="list-style-type: none"> - Eingeschränkt durch die Kapazität der Schlachthäuser - Beseitigung der Tierkörper - Finanzielle Verluste der Betriebe

Milchverarbeitung und Verwerfen hoch kontaminierter Zwischen- und Endprodukte

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> - Dekontaminierte Produkte stehen den Menschen zur Verfügung 	<ul style="list-style-type: none"> - Bei dieser Maßnahme muss der Verarbeiter mit kontaminierter Milch umgehen. (Strahlenschutz) - Kontamination des Betriebs - Nur bis zu einer bestimmten Höhe der Kontamination möglich - Hoch kontaminierte Zwischenprodukte müssen beseitigt werden

Biologische Behandlung zur Reduzierung des chemischen (CSB) und biologischen Sauerstoffbedarfes (BSB) und Einleitung von flüssigen Roh-, Zwischen- und Restprodukten in den Vorfluter, ggf. über Kläranlagen

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> - Beseitigung kontaminierter Milch 	<ul style="list-style-type: none"> - Kapazität der biologischen Behandlungsanlagen begrenzend - Bei dieser Maßnahme muss der Verarbeiter mit kontaminierter Milch umgehen. (Strahlenschutz) - Kontamination des Betriebs - Kontaminierte Klärschlämme müssen beseitigt werden bzw. transportiert und verbrannt werden

Einleitung von kontaminierter Rohmilch, Milchprodukten und Abprodukten in das Meer (Pipeline / Schiffe)

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> - Beseitigung großer Mengen von Milch - Aktivitätszunahme der Nord- und Ostsee sicherlich gering 	<ul style="list-style-type: none"> - Hierzu muss die Infrastruktur vorhanden sein - Dagegen spricht das OSPAR-Abkommen - Hohe Kosten

Aufarbeitung von Zwischen- und Endprodukten zur Lagerung und/oder Verbrennung Erzeugung von Milchpulver und dessen Zwischenlagerung bzw. Verbrennung

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> - Beseitigung großer Mengen von Milch bzw. Milchpulvern 	<ul style="list-style-type: none"> - Bei dieser Maßnahme muss der Verarbeiter mit kontaminierter Milch umgehen. (Strahlenschutz) - Kontamination des Betriebs - Zusätzlich eventuell Kontamination bei Zwischenlagerung und Verbrennung - Hohe Kosten

3 Bewertung der Interventionsmaßnahmen für Milch nach Diskussion (Workshop) mit den beteiligten Interessengruppen [3]

Maßnahmen, die effektiv, akzeptabel und durchführbar sind. Für die folgenden Maßnahmen werden die entsprechenden Vor- und Nachteile des Maßnahmenkatalogs in der Regel als plausibel erachtet, allerdings sind weitere Randbedingungen und Regelungen notwendig.

- a. Aufstallen und Verfüttern unkontaminierter Futterkonserven: Durch diese Maßnahme der ersten Stunde wird eine Aufnahme der auf dem Weideland deponierten Radionuklide effektiv verhindert. Die Milch könnte bedenkenlos in die Vermarktung/Verarbeitung eingeschleust werden.

- b. Zur Reduzierung der Milchleistung kann das Milchvieh auf energieärmeres Futter umgestellt werden. Dies könnte durch sofortiges Absetzen des Kraftfutters sowie Verdünnung des Futters durch z.B. Stroh erreicht werden. Dadurch ließe sich die Milchleistung unmittelbar um bis zu 75% reduzieren. Somit würde radioaktiv kontaminierte Milch oder nicht zu vermarktende, unkontaminierte Milch in geringerer Menge anfallen.
- c. Futterzusatz wird nur in Form von Berliner Blau (tägliche Gabe ca. 3g) als anwendbar und effektiv angesehen. Allerdings wird die Verfügbarkeit, die Verteilung, die Finanzierung und die Lagerung als kritisch angesehen, da es unter anderem in der BRD zur Zeit nur einen Betrieb gibt, der Berliner Blau herstellt. Die tägliche Menge des Futterzusatzes Bentonit liegt bei ca. 1,5 kg. Diese Menge wird mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht von dem Milchvieh aufgenommen und kommt daher als Dekontaminationsmöglichkeit für die Milch nicht in Frage.
- d. Schlachtung wird nur im Sinne einer Entsorgung bzw. Reduktion der Milchproduktion gesehen. Eine Wertschöpfung durch die Fleischvermarktung wird nicht für möglich gehalten, da zu erwarten ist, dass das Fleisch ebenfalls kontaminiert oder zumindest nicht zu vermarkten ist.
- e. Milch auf Flächen ausbringen wird als die effektivste Maßnahme angesehen. Hierbei kann die Milch mit der Gülle auf dem Land des Milcherzeugers ausgebracht werden. Prinzipiell ändert sich dadurch die radiologische Lage vor Ort nicht, da die Radioaktivität wieder dort ausgebracht wird, wo das Milchvieh sie aufgenommen hat. Um die jährlichen auszubringenden Milchmengen abschätzen zu können, kann folgende Überlegung betrachtet werden: In der Regel hat jeder Erzeuger pro Kuh einen halben Hektar Weideland zu Verfügung. Mit der Annahme, dass eine Kuh im Jahr eine Milchleistung von 10.000 Liter hat, müsste diese Menge auf das Land (0,5 h) ausgebracht werden. Dafür würden nun 5.000 m² zur Verfügung stehen. Daraus folgt, dass ein Quadratmeter Weideland pro Jahr nur 2 Liter Milch aufnehmen müsste, um eine komplette Entsorgung der Milch sicherzustellen. Bei entsprechender Reduktion der Milchleistung (Punkt b.) wäre eine theoretische Ausbringung von nur noch 500 mL pro Jahr und m² zu realisieren.

Maßnahmen, die nur bedingt effektiv, akzeptabel und durchführbar sind. Für die folgenden Maßnahmen werden die entsprechenden Vor- und Nachteile des Maßnahmenkatalogs in der Regel als plausibel erachtet, allerdings sind weitere Randbedingungen und Regelungen notwendig.

- a. Laktationsunterbrechung und damit Reduzierung der Milchmengen. Durch die Gabe von Hormonen ist es später nach Absetzen der Laktationshemmer nicht mehr möglich, das Milchvieh in der Milchproduktion einzusetzen. Die Milchleistung derartig behandelte Kühe wäre zu niedrig. Durch den Einsatz von Laktationshemmern können Kapazitätsengpässe in den Abdeckereien überwunden werden. Gegenüber einer völligen Laktationsunterbrechung stellt die Reduktion der Milchleistung durch Futtermittelverdünnung die bessere Alternative dar (siehe 7.1b).

- b. Konditionierung von Milch in Molkereien wird als unpraktikabel und unwirtschaftlich angesehen. Eine entsprechende Molkerei sollte im beaufschlagten Gebiet stehen, da hier ohnehin ein normaler Produktionsbetrieb nicht mehr möglich ist. Das Aufkonzentrieren von Milch zu hochkontaminierten Milchpulver ist jedoch nur in Werken möglich, die auch dafür ausgerüstet sind.
- c. Biologische Behandlung zur Reduzierung des chemischen (CSB) und biologischen Sauerstoffbedarfes (BSB) und Einleitung von flüssigen Roh-, Zwischen- und Restprodukten in den Vorfluter, ggf. über Kläranlagen ist kaum realisierbar, da in der Regel die Molkereien zur direkten Behandlung von Rohmilch in dieser Form keine technischen Anlagen zu Verfügung haben. Die Verwertung in Biogasanlagen ist nur sehr eingeschränkt möglich, da diese Anlagen sehr sensibel hinsichtlich der Rohstoffzusammensetzung reagieren. Zusätzlich ist die starke Aufkonzentrierung der Aktivität in den Gärresten zu nennen.

Maßnahmen die nicht durchführbar sind. Für die folgenden Maßnahmen werden die entsprechenden Vor- und Nachteile des Maßnahmenkatalogs in der Regel als plausibel erachtet, allerdings sind weitere Randbedingen und Regelungen notwendig.

- a. Gegen die Einleitung von kontaminierter Rohmilch, Milchprodukten und Abprodukten in das Meer (Pipeline / Schiffe) sprechen die hohen Transportkosten und das OSPAR-Abkommen.
- b. Milchverarbeitung und Verwerfen hoch kontaminierter Zwischen- und Endprodukte führt zu einem starken Imageverlust des Betriebes, der diese Maßnahmen durchführt. Dieser Betrieb wäre auch in der Zukunft nicht in der Lage Produkte in den Handel zu bringen, da der Konsument diese Produkte nicht kaufen würde. Die Konsumenten würden immer auf „aktivitätsfreie“ Produkte zurückgreifen, die mit großer Wahrscheinlichkeit im EU-Markt zur Verfügung stehen.

4 Zusammenfassung

Die intensive Diskussion mit den Interessengruppen aus dem Bereich der Erzeugung und der Verarbeitung landwirtschaftlicher Produkte macht deutlich, dass von diesen keine Akzeptanz kontaminierter landwirtschaftlicher Produkte oder von kontaminierten industriellen Produkten durch den Verbraucher erwartet wird. Dies wird auch für solche Produkte gesehen, die unterhalb der EU-Höchstwerte liegen. In der Folge lehnen Verarbeiter die Nutzung kontaminierter landwirtschaftlicher Produkte als Rohstoffe ab und werden diese nicht verarbeiten, sondern auf den internationalen Markt ausweichen. Es ist festzustellen, dass durch die akzeptanzbedingte Zurückhaltung der Hersteller Maßnahmen der Wertschöpfung deutlich an Bedeutung verlieren und Entsorgungsmaßnahmen im Vordergrund stehen, deren Durchführung schwerpunktmäßig im Bereich der Erzeuger (Landwirtschaft) zu erwarten ist.

5 Literatur

[1] H. Schnadt, G. Haase, W. Pfeffer, I. Strilek, Der neue Maßnahmenkatalog – Ziele und Stand der Überarbeitung, 13. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität vom 04.-06. April 2006, Bonn

[2] *Teil 3 des Maßnahmenkatalog „Übersicht über Maßnahmen zur Verringerung der Strahlenexposition nach Ereignissen mit nicht unerheblichen radiologischen Auswirkungen“.*

[3] *Protokoll zum Workshop Interventionsmaßnahmen für Milch nach kerntechnischen Unfällen am 30.03.2006 (unveröffentlicht)*

UMSETZUNG DER IODBLOCKADE DER SCHILDDRÜSE BEI KERNTECHNISCHEN UNFÄLLEN – KONZEPT FÜR DIE VERTEILUNG VON KALIUMIODIDTABLETTEN IM EREIGNISFALL AUS DEN ZENTRALEN LAGERN

IODINE PROPHYLAXIS FOLLOWING NUCLEAR ACCIDENTS – A CONCEPT HOW TO DISTRIBUTE POTASSIUM-IODIDE TABLETS OUT OF THE CENTRAL STOCKS IN THE EVENT OF AN ACCIDENT

H. Betzl¹, J. Bieringer², R. Lange³, B. Päsler⁴, U. Portius⁵, W. Voß⁵

1 Bayerisches Staatsministerium des Innern (BY StMI)

2 Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)

3 Niedersächsisches Ministerium für Inneres und Sport (MI Niedersachsen)

4 Bundesanstalt Technisches Hilfswerk (THW)

5 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)

Zusammenfassung

Auf Basis der Empfehlung der Strahlenschutzkommission (SSK) „Iodblockade der Schilddrüse bei kerntechnischen Unfällen“ (1996) und der Stellungnahmen von 1997 und 2001 zum Thema „Iodblockade“, in denen die SSK u.a. die international anerkannten Empfehlungen der WHO von 1989 übernommen hat, wurden Planungen zur Neubeschaffung und Verteilung von Kaliumiodidtabletten (Iodtabletten) zum Schutz der Bevölkerung aufgenommen. Wichtigste Neuerungen waren die Senkung der Eingreifrichtwerte auf 250 mSv für Erwachsene und auf 50 mSv für Kinder/Jugendliche bis 18 Jahre und Schwangere, die Beschränkung der Iodblockade auf Personen bis 45 Jahre und die Änderung der zu verabreichenden Ioddosis.

Aufgrund der Senkung der Eingreifrichtwerte wurde der bisherige Planungsradius für die Verteilung von Iodtabletten von 25 km auf 100 km erweitert und das empfohlene Verteilungs- bzw. Bevorratungsmodell übernommen.

Die Neubeschaffung wurde 2004 abgeschlossen. Für den besonderen Planungsbereich bis 25 km wurden die benötigten Kontingente den Ländern übereignet. Sie werden dort für alle Personen bis 45 Jahre vorverteilt und/oder bevölkerungsnah zwischengelagert.

Für den Entfernungsbereich 25-100 km werden die Tabletten für Kinder/Jugendliche bis 18 Jahre und Schwangere in nunmehr 8 zentralen Lagern vorgehalten. Für die ereignisabhängige Verteilung aus diesen Lagern wurde durch eine Bund-Länder-Arbeitsgruppe ein Konzept erarbeitet. Es beschreibt eine Möglichkeit die Verteilung der Iodtabletten im Entfernungsbereich 25 – 100 km bundesweit einheitlich zu organisieren und durchzuführen.

Summary

With its recommendation “Iodblockade der Schilddrüse bei kerntechnischen Unfällen” (1996) and its reports of 1997 and 2001 the German Commission on radiation protection (SSK) followed the recommendations of the WHO “Guideline for iodine prophylaxis following nuclear accidents” of 1989. The intervention levels were lowered (50 mSv for children/adolescents (up to the age of 18 years) and pregnant women, 250 mSv for adults), the

iodine prophylaxis was restricted to persons up to the age of 45 years and the recommended dosage of stable iodine was changed.

Due to the lowered reference levels the radius of 25 km around a nuclear power plant (NPP) that had been the planning radius for the distribution of iodine tablets so far was extended to 100 km.

Based on these recommendations the German authorities began to set up new strategies for the provision and distribution of potassium-iodide tablets (iodine tablets).

Since 2004 within the radius of 25 km the iodine tablets are predistributed to households and/or stored at several points in the municipality for persons up to the age of 45 years.

For the new planning radius of 25-100 km iodine tablets are stored in 8 central stocks in Germany for children/adolescents (up to the age of 18 years) and pregnant women. A working group has developed a distribution strategy for the distribution out of these central stocks in the event of an accident. It describes a possibility to organise the distribution of the iodine tablets within the radius of 25-100 km in a standardised way.

1 Allgemeines

Die „Iodblockade“ ist eine der unmittelbaren kurzfristigen Katastrophenschutzmaßnahmen, die nach einem kerntechnischen Unfall mit Freisetzung von radioaktivem Iod in Erwägung gezogen werden muss.

Durch die rechtzeitige Einnahme von nicht radioaktivem Iod kann die konzentrierte Speicherung von radioaktivem Iod in der Schilddrüse verhindert werden (Iodblockade). Die Wirkung des radioaktiven Iods auf den menschlichen Organismus wird dadurch erheblich verringert. Das nicht radioaktive Iod steht z.B. als Kaliumiodid in Tablettenform zur Verfügung.

2 Historie

1975 wurde in den ersten „Rahmenempfehlungen für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen“ (Rahmenempfehlungen) [1] zum ersten Mal ein Abschnitt „Ausgabe von Jodtabletten“ formuliert. Die Länder haben daraufhin im 10km-Umkreis um die Kernkraftwerke Iodtabletten dezentral eingelagert.

Basierend auf den Beobachtungen und Erfahrungen aus dem Kernkraftwerksunfall in Tschernobyl hat die Weltgesundheitsorganisation (WHO) 1989 die „Guideline for Iodine Prophylaxis following nuclear accidents“ [2] formuliert. Hierin wurden die neuen Erkenntnisse über die Schädigung der Schilddrüse durch radioaktives Iod wiedergegeben und Empfehlungen für die „Iodblockade“ ausgesprochen.

Die Strahlenschutzkommission hat die Empfehlungen der WHO in überwiegenden Teilen übernommen und für Deutschland 1996 die Empfehlung „Iodblockade der Schilddrüse bei kerntechnischen Unfällen“ verabschiedet [3].

Die wichtigsten Neuerungen waren die Änderung der zu verabreichenden Ioddosis bei nur einmaliger Einnahme, die Beschränkung der Iodblockade auf Personen bis zum 45. Lebensjahr und die Senkung der Eingreifrichtwerte für die Maßnahme „Iodblockade“.

Der empfohlene Eingreifrichtwert für Kinder/Jugendliche bis 12 Jahre sowie Schwangere wurde auf 50 mSv festgelegt, der für Personen ab dem 12. Lebensjahr bis 45 Jahre liegt bei 250 mSv.

Im Jahre 2001 hat die SSK neueren Erkenntnissen Rechnung getragen und den Eingreifrichtwert von 50 mSv für Jugendliche bis unter 18 Jahren empfohlen [4].

Die Senkung der Eingreifrichtwerte führte zu einer erheblichen Erweiterung des möglicherweise betroffenen Gebietes für die Maßnahme „Iodblockade“ über den besonderen Planungsradius von 25 km hinaus bis zu einem Entfernungsbereich von ca. 100 km.

Die SSK befasste sich auch mit der praktischen Umsetzung und empfahl ein Bevorratungskonzept [5]. Für den besonderen Planungsbereich bis 25 km sollen Iodtabletten für alle Personen bis 45 Jahre entweder vorverteilt oder dezentral - wie bisher auch - vorgehalten werden. Für den Umkreis von 25-100 km um die kerntechnische Anlage sollen die Tabletten für Kinder/Jugendliche unter 18 Jahren und Schwangere zentral an einigen Orten in Deutschland vorgehalten werden.

Basierend auf den Empfehlungen der SSK wurden behördlicherseits bei Bund und Ländern Planungen zur Neubeschaffung und Verteilung von Iodtabletten aufgenommen.

In Verbindung mit dem Atomkonsens im Jahr 2000 haben sich die kernkraftwerksbetreibenden Energieversorgungsunternehmen bereit erklärt, die Kosten für die gesamte Ersatz- bzw. Neubeschaffung zu übernehmen. Durchgeführt wurde die Beschaffung durch die Kerntechnische Hilfsdienst GmbH (KHG) mit der fachlichen Begleitung bzw. der Koordinierung durch das BMU und das BfS.

Während und seit der Beschaffungszeit gab bzw. gibt es eine enge Bund-/Länderzusammenarbeit. Dabei wurde beschlossen, ein für alle Länder umsetzbares Konzept für die ereignisabhängige Verteilung zu erarbeiten. Mit der Erstellung wurde eine Arbeitsgruppe aus Vertretern des BMU, des BfS, des THW sowie aus Vertretern der Innenressorts aus Bayern und Niedersachsen beauftragt.

Das Konzept beschreibt eine Möglichkeit, die Verteilung der Iodtabletten im Entfernungsbereich 25-100 km bundesweit einheitlich zu organisieren und durchzuführen. Es bietet zugleich aber auch Gestaltungsmöglichkeiten für die länderspezifische Umsetzung.

3 Planungsgrundlagen

Abbildung 1 zeigt die Bundesrepublik Deutschland mit den bestehenden Kernkraftwerksstandorten, jeweils dem besonderen 25 km-Planungsradius und dem „neuen“ 25-100 km-Radius, für den das im Folgenden erläuterte Konzept zur Verteilung der Iodtabletten erarbeitet wurde, sowie den zentralen Lagern.

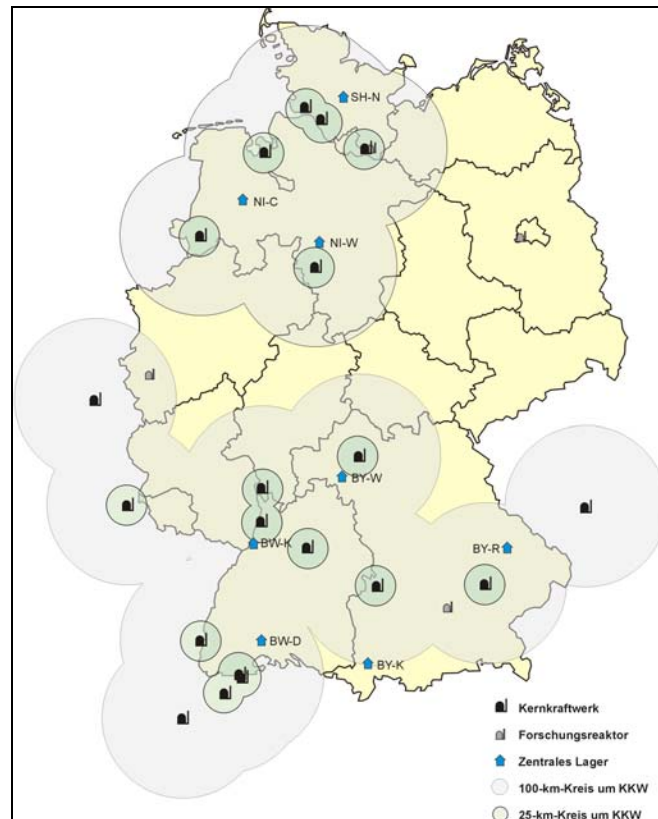


Abb. 1: Planungsradien für die Verteilung von Iodtabletten in der Bundesrepublik Deutschland

4 Prinzip der Verteilung

Im Ereignisfall bilden die Bestimmung des gefährdeten Gebietes und die Ermittlung der benötigten Iodtabletten die entscheidenden Basisinformationen. Ausbreitungsrechnungen haben ergeben, dass die Größe des gefährdeten Gebietes und die benötigten Mengen an Iodtabletten sehr stark variieren können.

In der Planung werden die 30° Sektoren des besonderen Planungsbereiches bis zu einem Radius von 100 km erweitert (erweiterter Sektor).

In Hinblick auf die zur Verfügung stehende Zeit bei weit reichenden Ausbreitungen und die möglicherweise hohen Bevölkerungszahlen in den prognostizierten Gebieten wird eine Unterteilung des gesamten Kreisringes von 25-100 km bei ca. 60 km vorgesehen. Die 60 km-Zone und die 100 km-Zone werden jeweils mit separaten Transporten aus den zentralen Lagern (ZL) versorgt, d.h. pro erweitertem Sektor werden in der 60 km und in der 100 km Zone in der Regel ein so genannter Hauptanlieferungspunkt (HAP) festgelegt. An den Grenzen der Sektoren liegende Städte sollten bei der Versorgung mit einbezogen werden und kleine, in den Sektor hereinragende Gebiete anderer Bundesländer sind ebenfalls zu berücksichtigen.

Für den Weg von einem ZL zu einem HAP ist der Transport per Hubschrauber oder auf der Straße denkbar. Die Wahl des Transportmittels ist unter Berücksichtigung der jeweiligen örtlichen Gegebenheiten zu treffen. Der Einsatz von Hubschraubern unterliegt generell

Einschränkungen hinsichtlich Verfügbarkeit, Wettereinflüssen und Sichtflugbedingungen. Der Transportweg auf der Straße muss daher als Planungsgrundlage dienen.

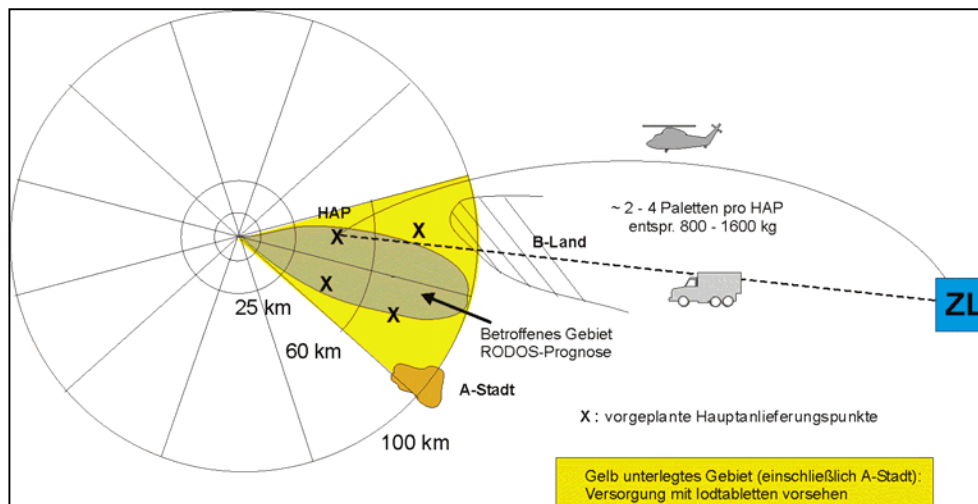


Abb. 2: Erster Verteilschritt

Der Transport erfolgt in mehreren Teilschritten, um die Transportzeiten zu minimieren und den Wechsel zwischen überregionalen und regionalen Zuständigkeiten für die Koordination zu erleichtern. Der Transport vom ZL zum HAP wird vom BfS koordiniert. Am HAP wird die Koordination an die Länder übergeben. Der Transport erfolgt weiter über die so genannten lokalen Anlieferungspunkte (LAP) zu den Ausgabestellen (ASt).

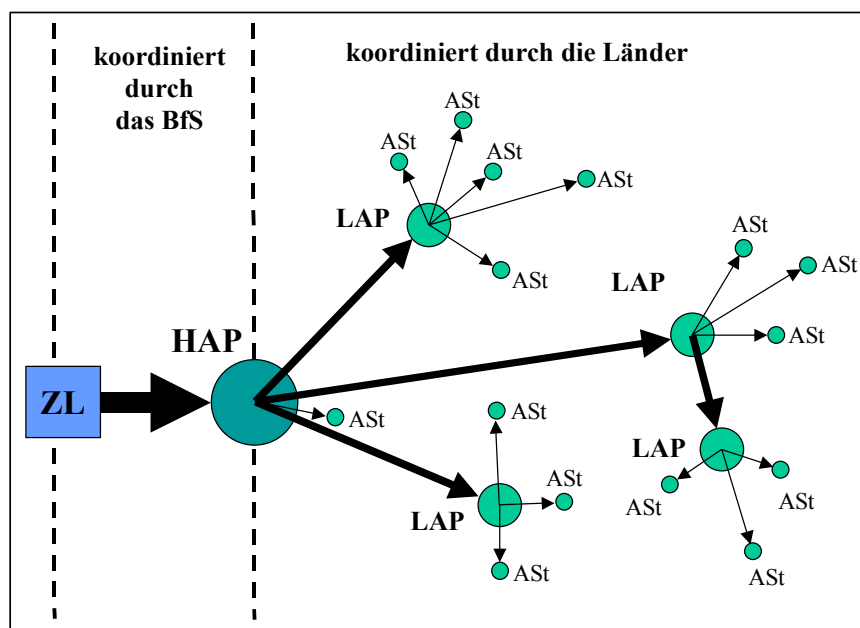


Abb. 3: Prinzip der Verteilorganisation

Im Konzept werden grundsätzliche Anforderungen an die Einrichtung und die Ausstattung der lokalen Anlieferungspunkte und Ausgabestellen gegeben, z.B. infrastruktureller und organisatorischer Art. Die Aufgabe der Länder ist es, vorab die ASt, die LAP und die HAP festzulegen. Darüber hinaus muss das Mengengerüst erstellt werden. Die benötigte Menge an Iodtabletten ergibt sich aus der zur Zielgruppe gehörenden Personenzahl im Einzugsgebiet der jeweiligen ASt. Bei der Berechnung der Menge sind Zuschläge z.B. für Pendler, Touristen und die „Unschärfe“ des Einzugsbereiches zu berücksichtigen. Im Ereignisfall kann dann die benötigte Menge an Tabletten beim BfS angefordert werden.

5 Zeitlicher Ablauf

Die Zeitspanne zwischen der Entscheidung zur Durchführung der Iodblockade und der Verfügbarkeit der Iodtabletten bei der Zielgruppe soll höchstens 12 Stunden betragen. Abbildung 3 gibt den geplanten zeitlichen Ablauf wieder. Dargestellt sind die reinen Transport- und Ladezeiten.

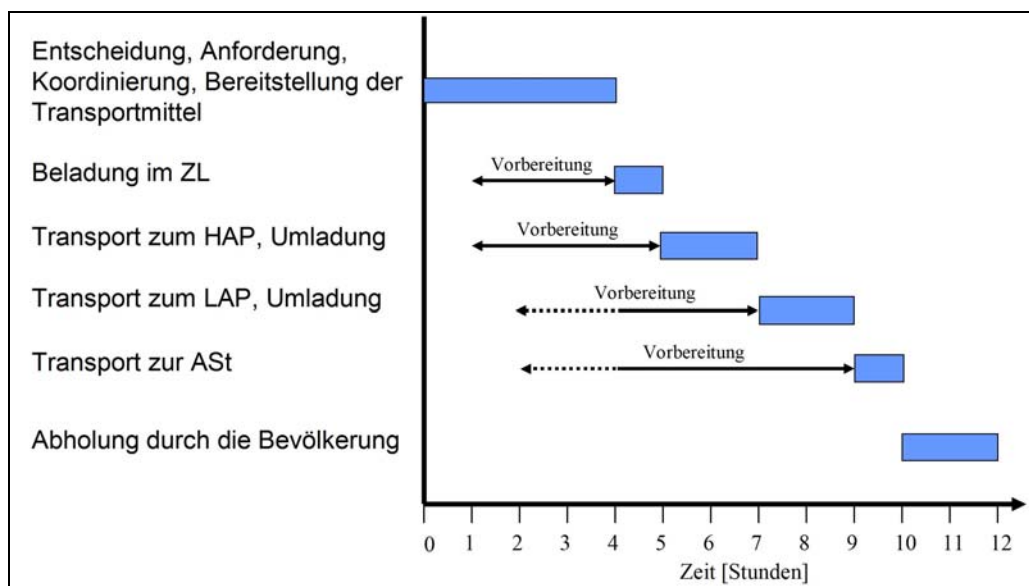


Abb. 4: Abschätzung des Zeitbedarfes

Mit den Vorbereitungen wird begonnen, sobald die Entscheidung zur Iodblockade getroffen wurde.

Die ersten vier Stunden beinhalten die Information über die Entscheidung die „Iodblockade“ durchzuführen, den Lageabgleich zwischen allen Beteiligten, die Anforderung der Länder an benötigten Mengen an Iodtabletten und die Koordinierung des BfS hinsichtlich der Bereitstellung der Transportmittel, der Abholung der Tabletten aus dem zentralen Lager und des Transports vom zentralen Lager zum Hauptanlieferungspunkt.

Die folgenden sechs Stunden stehen jeweils für die Umladungen und den Transport zu den einzelnen Stationen bis zu den Ausgabestellen zur Verfügung.

Nach Ablauf von zehn Stunden soll so eine Abholung durch die Bevölkerung an den Ausgabestellen möglich sein.

6 Umsetzung und Schlussfolgerung

In der Umsetzung sind erste Schritte erfolgt. Dazu gehören die Bestimmung der Hauptanlieferungspunkte durch die Länder und die Übermittlung dieser Orte an das BfS. Zudem wurden auch Sondierungsgespräche mit möglichen Bereitstellern der Transportmittel für den Transport vom ZL zum HAP geführt. Beteiligte waren bisher BMU, BfS, BMI, BPol, THW und BMVg.

Wegen unterschiedlicher Zuständigkeiten kann jedoch zur Zeit eine zentrale Transportorganisation, wie sie das Konzept vorsieht, noch nicht eingeplant werden.

Es kommt jetzt folglich darauf an, eine sichere Transportorganisation zwischen ZL und HAP einzurichten. Da es um den Schutz der Bevölkerung geht, sollte hier eine baldige Abstimmung bzw. Einigung zwischen allen Beteiligten (Ressorts, Bund/Länder) erfolgen.

7 Literatur

- [1] Rahmenempfehlungen für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen, GMBI. 31 vom 15.12.1977, S. 683
- [2] Weltgesundheitsorganisation (WHO), Guidelines for Iodine Prophylaxis following Nuclear Accidents. Published on behalf of the WHO Regional Office for Europe by FADL, Copenhagen, 1989
- [3] SSK-Empfehlung „Iodblockade der Schilddrüse bei kerntechnischen Unfällen“ (verabschiedet 136. Sitzung am 22./23. Februar 1996, redaktionell revidierte Fassung vom 13. März 1997, Bundesanzeiger vom 18.03.1997)
- [4] SSK-Stellungnahme „Durchführung der Iodblockade der Schilddrüse bei kerntechnischen Unfällen“ (verabschiedet 149. Sitzung am 17.11.1997)
- [5] SSK-Stellungnahme „Fachgespräch zur Iodblockade der Schilddrüse bei kerntechnischen Unfällen“ (verabschiedet 175. Sitzung am 13./14. Dezember 2001)

Sitzung G

Überwachung bei der „Nuklearen Nachsorge“

Sitzungsleiter: U. Stöhlker

NUKLEARE NACHSORGE IN DEUTSCHLAND

THE GERMAN SYSTEM TO PREVENT, DETECT AND RESPOND TO ILLICIT USES OF NUCLEAR MATERIAL AND RADIOACTIVE SOURCES

Werner Voß

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)

Zusammenfassung

Das deutsche System zur Vorsorge, Detektion und Reaktion auf unerlaubten Umgang mit Kernbrennstoffen und radioaktiven Quellen wurde zeitgleich zur Nutzung der Kernenergie aufgebaut und als „Nukleare Nachsorge“ bezeichnet. Das Gesamtsystem basiert auf internationalem und nationalem Regelwerk zum physischen Schutz von Kernbrennstoffen, zur Sicherung radioaktiver Quellen, für die Aus- und Einfuhrkontrolle, für die Genehmigung und Aufsicht und für die strafrechtliche Untersuchung und Verfolgung sowie auf Maßnahmen zur technischen Detektion und zur Analyse des radioaktiven Materials und einer abgestimmten Reaktion der beteiligten Behörden. Verantwortlich für die einzelnen Bereiche sind unterschiedliche Behörden des Bundes und der Länder. Maßnahmen zur nuklearspezifischen Gefahrenabwehr obliegen den Ländern. Gleichwohl wurde die Unterstützung durch Bundesbehörden in gravierenden Fällen der nuklearen Nachsorge in das System integriert und wird in diesem Vortrag beschrieben.

Summary

The German system to prevent, detect and respond to illicit uses of nuclear material and radioactive sources was implemented in parallel to the German nuclear programme and is called “Nukleare Nachsorge”. The whole system bases on international and national regulations pertaining to physical protection of nuclear material, to the security of radioactive sources, and to import/export control, of a licensing and regulatory supervision regime, of criminal investigations by law enforcement authorities and penalties for illegal acts, of technical detection and analysis capabilities for radioactive materials and of coordinated response arrangements between the various authorities. The responsibilities have been assigned to various authorities on the State (“Länder”) and on the Federal level. Measures for hazard prevention in cases of illegal use of radioactive substances are taken care of by State authorities. Ways have been found to integrate support from Federal authorities to State authorities into the State organization in severe cases of illegal use and are described in this lecture.

1 Der Begriff der Nuklearen Nachsorge

Die Nukleare Nachsorge umfasst alle Fälle, in denen bei Ereignissen mit Kernbrennstoffen und sonstigen radioaktiven Stoffen Maßnahmen der Gefahrenabwehr zu ergreifen sind. Die Gesamtheit dieser gefahrenabwehrender Maßnahmen werden unter dem Begriff nuklearspezifische Gefahrenabwehr zusammengefasst.

Es ist sicherlich für jeden Leser nachvollziehbar, dass Einzelheiten des Gesamtkonzeptes oder vorbereitete Maßnahmen der nuklearspezifischen Gefahrenabwehr an dieser Stelle nicht exakt beschrieben werden können. Eine ähnliche Einschränkung gilt auch für Literaturzitate, auf die verzichtet wurde, da alle wirklich relevanten Unterlagen eingestuft sind.

Folgende Ereignisse im Zusammenhang mit Kernbrennstoffen und sonstigen radioaktiven Stoffen sind im Rahmen der Nuklearen Nachsorge zu berücksichtigen:

- zufälliges Auffinden,
- Fehlbestand oder Verlust aus kerntechnischen Einrichtungen oder bei Transporten,
- gewaltsamer Raub oder Entwendung,
- illegaler Besitz, Umgang, Import oder Transport,
- Freisetzung oder Dispersion oder deren Androhung (radiological dispersal device – RDD),
- Bau einer kritischer Kernbrennstoffanordnung oder Drohung mit deren Einsatz (improvized nuclear device – IND).

Ein gravierender Fall der nuklearen Nachsorge liegt vor, wenn ein Ereignis bevorsteht,

- durch das das Leben, die körperliche Unversehrtheit zahlreicher Menschen oder bedeutsame Sachwerte durch eine Straftat mit radioaktiven Stoffen in erheblichem Maß gefährdet werden können,
- das mit Kräften sowie Führungs- und Einsatzmitteln des täglichen Dienstes nicht bewältigt werden kann und
- das besondere Maßnahmen für das koordinierte Zusammenwirken von Landes- und Bundesbehörden, insbesondere der Polizei- und Fachbehörden, erfordert.

Bei drohender Freisetzung, Dispersion oder Einsatz einer kritischer Kernbrennstoffanordnung ist immer ein gravierender nuklearer Nachsorgefall gegeben.

2 Die Bedrohung

Die Gefährdung durch den Einsatz relevanter Mengen radioaktiver Stoffe in Verbindung mit konventionellem Sprengstoff zu ihrer Dispersion oder die Androhung eines derartigen Angriffes – üblicher weise mit „dirty bomb“ bezeichnet - wird seit etlichen Jahren immer wieder in Fachkreisen und auch in der Öffentlichkeit diskutiert. Nicht nur bei der Einschätzung der Wahrscheinlichkeit des Einsatzes einer solchen Anordnung, sondern auch hinsichtlich der möglichen Auswirkungen existieren unterschiedliche Aussagen, insbesondere abhängig von den zu Grunde gelegten Mengengerüsten der verwendeten radioaktiven Materialien und Explosivstoffe. Weitere Fachvorträge im Rahmen dieses Fachgespräches gehen auf mögliche Szenarien ein und zeigen auf, welche Bandbreite diese Art der Bedrohung abdeckt.

Vorsorgliche Planungen für Gefahrenabwehrmaßnahmen sind jedoch erforderlich, nachdem weltweit die Zahl der Fälle des illegalen Umgangs mit radioaktiven Stoffen (einschließlich Kernbrennstoffen) nach Angaben der IAEA seit 1995 bei deutlich steigender Tendenz unverändert hoch ist. Der Anstieg ist den verifizierten Fällen illegalen Umganges mit radioaktiven Quellen geschuldet, während der festgestellte illegale Umgang mit hochangereichertem Uran oder Plutonium stetig abnahm und in Deutschland im vergangenen Jahr überhaupt nicht mehr

beobachtet wurde. Gleichwohl sehen Experten hier ein erhebliches Gefährdungspotential durch die weltweite illegale Verfügbarkeit des radioaktiven Materials.

3 Das Gesamtkonzept zur Bewältigung gravierender Nachsorgefälle

Unter Federführung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) wurde ein Gesamtkonzept zur nuklearspezifischen Gefahrenabwehr bei gravierenden Nachsorgefällen entwickelt und sowohl von den atomrechtlichen Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden der Länder als auch von den Gremien der ständigen Konferenz der Innenminister und –senatoren der Länder (IMK) in den Jahren 2002 und 2003 gebilligt.

Alle Maßnahmen der nuklearspezifischen Gefahrenabwehr bei gravierenden Fällen der nuklearen Nachsorge haben das Ziel, die Freisetzung radioaktiver Stoffe zu verhindern. Dies kann entweder durch rechtzeitige Aufklärung und Verhinderung des Baues einer entsprechenden Anordnung oder durch das Entschärfen einer erkannten Anordnung erreicht werden.

3.1 Zuständigkeiten

Die verfassungsmäßige Zuständigkeit für Maßnahmen der Gefahrenabwehr liegt bei den Ländern. Die überwiegende Mehrzahl der Länder haben die landesinterne Aufgabenwahrnehmung bei der nuklearspezifischen Gefahrenabwehr – insbesondere das Zusammenwirken aller beteiligten Behörden und Dienststellen – in Runderlassen, Verwaltungsvorschriften oder analogen landeseigenen Regelungen festgelegt.

Das BMU wird in der Regel auf Ersuchen der Länder nur beratend oder unterstützend tätig, wie z.B. bei der Risikobewertung oder bei notwendiger Hilfestellung durch IAEQ oder das europäische Institut für Transurane (ITU) in Karlsruhe. Fachliche Beratung und messtechnische Unterstützung kann den zuständigen Landesbehörden auch durch das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) auf der Grundlage des § 2 Abs. 5 des BfS-Errichtungsgesetzes unter den dort genannten Voraussetzungen gewährt werden:

„Das Bundesamt für Strahlenschutz unterstützt die zuständigen Behörden auf deren Ersuchen in Fällen des Verlustes oder Fundes radioaktiver Stoffe sowie im Falle des Verdachts einer Straftat im Zusammenhang mit radioaktiven Stoffen bei der Nachforschung und bei der Analyse dieser radioaktiven Stoffe und bei Schutzmaßnahmen im Rahmen von deren Sicherstellung, soweit eine erhebliche Gefährdung von Leben, Gesundheit und Sachgütern zu befürchten ist und die zuständigen Behörden diese Maßnahmen aus tatsächlichen Gründen ohne diese Unterstützung nicht oder nur unter erheblichen Schwierigkeiten vornehmen können.“

Das BMU hat in diesem Zusammenhang eine besondere Zuständigkeit als „zentrale Behörde und Verbindungsstelle“ (Point of Contact) im Sinne des Artikels 5 des Gesetzes zu dem Übereinkommen über den physischen Schutz von Kernmaterial vom 24. April 1990; diese Stelle ist insbesondere zuständig „für die Koordinierung von Wiederbeschaffungs- und Gegenmaßnahmen bei unbefugter Verbringung, Verwendung oder Veränderung von Kernmaterial oder im Fall der glaubhaften Androhung einer solchen Tat“. Angesichts der verfassungsmäßigen Zuständigkeit der Länder für die Gefahrenabwehrmaßnahmen kann das BMU jedoch nur in dem oben geschilderten Umfang beratend und unterstützend tätig werden und bei Betrof-

fenheit mehrerer Länder eine koordinierende Funktion übernehmen. Hierfür ist bereits Mitte 1989 ein Gemeinsamer BMI/BMU-Führungsstab „Nukleare Nachsorge“ eingerichtet worden, dem ein interdisziplinär besetztes Bewertungsteam unter BMU-Leitung beigegeben wurde. Im Frühjahr 2004 wurde im BMI durch Hausanordnung und im BMU durch eine gleichlautende Organisationsverfügung die Zusammenarbeit im Gemeinsamen Stab und dessen Aufgaben festgelegt. Der Gemeinsame Stab BMI-BMU kann keine Entscheidungen mit führender Wirkung gegenüber den Ländern treffen; er kann aber den Ländern Empfehlungen z.B. zur Risikobewertung und zu geeigneten Maßnahmen geben, Entscheidungen zu personeller oder technischer Unterstützung des Bundes treffen, Unterstützung internationaler Organisationen oder des Auslands anfordern und das Handeln mehrerer betroffener Länder koordinieren.

3.2 Wesentliche Elemente der Gesamtkonzeption

Die Gesamtkonzeption sieht als wesentliche zusätzliche Elemente neben der bei polizeilichen Lagen üblichen Besonderen Aufbauorganisation des Landes (BAO) das übergeordnete Krisenmanagement des Landes, einen Gemeinsamen Stab BMI – BMU, den Stabsbereich BMU einschließlich Bewertungsteam (siehe oben) und die Zentrale Unterstützungsgruppe des Bundes für gravierende Fälle der nuklearspezifischen Gefahrenabwehr (ZUB) vor.

Im Krisenmanagement des Landes wirken die fachlich betroffenen Landesministerien mit. Dazu gehören mindestens das Innenministerium, die für Atomaufsicht und Strahlenschutz sowie für Katastrophenschutz zuständigen Ministerien und das Justizministerium. Die verantwortliche Gesamtleitung ist auch zuständig für die Gefährdungsbewertung, die Abstimmung von Maßnahmenempfehlungen, der Koordinierung ihrer Umsetzung, die Entscheidung über den Einsatz von personellen und technischen Ressourcen des Landes und über die Anforderung der zentralen Unterstützung des Bundes sowie die Vorbereitung politischer Entscheidungen.

Der gemeinsame Krisenstab BMI – BMU wird stufenweise einberufen und beinhaltet neben den einzelnen Stabsbereichen im BMI auch den Stabsbereich BMU mit interdisziplinärem Bewertungsteam als Sonderform der RS-Stabsorganisation am Dienstsitz Bonn. Zu den Aufgaben des gemeinsamen Krisenstabes gehören u.a.:

- Beratung, Information und Unterstützung der Leitung des BMI.
- Einleitung erforderlicher Maßnahmen zur Sicherstellung der Funktionsfähigkeit der beteiligten Ressorts BMI und BMU.
- Vorbereitung der durch den Leiter des gemeinsamen Krisenstabes zu treffenden Entscheidung über den Einsatz der ZUB auf Anforderung durch das betreffende Land.
- Ausarbeitung von Empfehlungen an die Länder und Koordination des Handelns der Länder, soweit von den Ländern gewünscht.
- Verbindung zu ausländischen Staaten und internationalen Organisationen einschließlich Unterrichtung und Entscheidung über die Anforderung ausländischer Unterstützung durch nuklearspezifische Spezialeinheiten.

Die ZUB ist als wichtiges Element des Gesamtkonzeptes eingerichtet worden, um den Ländern bei der Wahrnehmung ihrer originären Zuständigkeiten personelle und technische Unterstützungsmöglichkeiten auf Anforderung beistellen zu können; dies kann z.B. bei dispersiven Einrichtungen mit radioaktiven Stoffen oder selbstgebauten nuklearen Sprengsätzen der Fall

sein. Die zentrale Bundesunterstützung war wesentliche Voraussetzung dafür, dass mit den atomrechtlichen Aufsichtsbehörden und den Innenbehörden der Länder das Gesamtkonzept vereinbart werden konnte.

Bei der ZUB handelt es sich um eine amts- und ressortübergreifende Unterstützungseinheit des Bundes. In der ZUB arbeiten Spezialkräfte des Bundeskriminalamtes (BKA), der Bundespolizei (BPOL) und des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) eng zusammen. Die Gesamtleitung der seit 1. August 2003 einsatzbereiten ZUB obliegt dem BKA.

Ziel der ZUB ist es, alle multidisziplinären Fachkenntnisse und Erfahrungen sowie personelle und materielle Logistik für die Bewältigung schwerwiegender nuklearer Nachsorgefälle zusammenzufassen. Im Ergebnis werden Maßnahmen der polizeilichen Gefahrenabwehr mit den Vorkehrungen aus dem Strahlenschutz- bzw. atomrechtlichen Sektor verknüpft.

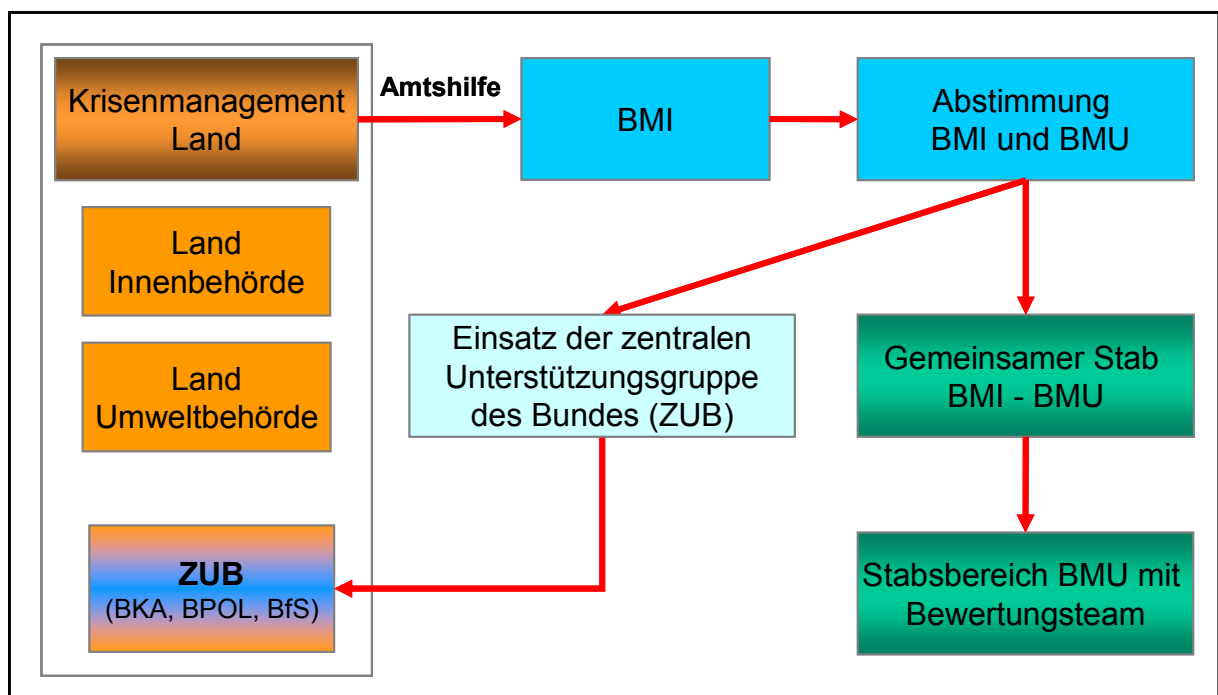


Abb. 1: Gesamtkonzept: Anforderung und Einsatz der Unterstützungskräfte des Bundes

Die Querschnittsaufgabe Strahlenschutz im Rahmen der ZUB unter operativen polizeilichen Randbedingungen stellt dabei besondere Herausforderungen an die Ausbildung aller Kräfte und die eingesetzte Messtechnik. Das BfS unterstützt die ZUB mit bis zu 12 Messteams und den dazu gehörenden Führungs-, Bewertungs- und Verbindungsteams.

Zentrale Unterstützungseinheiten sind auch wichtiger Bestandteil der Systeme zur nuklearspezifischen Gefahrenabwehr in Großbritannien und den USA. Sie ermöglichen einen ökonomischen Einsatz der finanziellen Mittel für Beschaffung, Wartung und Instandhaltung des benötigten kostspieligen Spezialgeräts, das Vorhalten der mit ihrer Bedienung erfahrenen Fachleute, das regelmäßige Training und die eingespielte Zusammenarbeit von Fachleuten unterschiedlicher Disziplinen sowie den fachübergreifenden Erfahrungsaustausch.

RANDBEDINGUNGEN FÜR DIE BEWERTUNG VON SZENARIEN

H. Thielen
Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit
Köln

Beim Umsetzen einer radioaktives Material enthaltenen unkonventionellen Spreng- und Brandvorrichtung (USBV) kann aerosolgebundene Radioaktivität freigesetzt werden. Besonders kritisch ist dabei die Kontamination der Umgebungsluft mit lungengängigen Partikeln mit einem aerodynamischen Durchmesser kleiner als 10 μm . Bei der Erprobung einer mit handelsüblichem Löschschaum gefüllten Einhausung wurden Sprengversuche zur Ermittlung des Rückhaltevermögens durchgeführt. Dabei wurde quantitativ und qualitativ gezeigt, dass der Großteil der bei der Explosion erzeugten und beschleunigten Partikel im Schaum festgehalten und gebunden werden.

Basis für die Abschätzung des Gefahrenpotenzials einer (USBV, „dirty bomb“) ist die atmosphärische Ausbreitungsrechnung der freigesetzten Partikel. Die Ableitung eines empirischen Verfahrens zur realistischen Abschätzung der Anfangsdimensionen der Schadstoffwolke als Eingangparameter für das Ausbreitungsmodell LASAIR war die Zielstellung von weiteren Sprengversuchen auf dem Truppenübungsplatz Munster im Sommer 2003. Unter der Teilnahme von BfS, BMU, Bpol, LKA-Rheinland-Pfalz und der Bundeswehr wurden Sprengversuche unter der Variation der Parameter Sprengstoffart- und -masse, Untergrund, meteorologische Verhältnisse und der Anbringung der Beiladung durchgeführt und mithilfe von digitaler Videotechnik dokumentiert. Die Sprengversuche lieferten aussagefähige Ergebnisse unter reproduzierbaren Bedingungen. Der Einfluss der neben der Sprengstoffmasse noch veränderten Größen war in Anbetracht der sonstigen Unsicherheiten relativ gering und lag in einem Schwankungsbereich von einem Faktor 2. Auf der Basis der Versuche wurde eine neue Formel zur Abschätzung der Wolkenabmessungen als Funktion der Sprengstoffmasse (PETN) empirisch ermittelt. Damit werden Wolkenvolumen berechnet, die um mehr als eine Größenordnung geringer sind als diejenigen bisher üblicher Ansätze (z.B. HOTSPOT).

DAS PROGRAMMSYSTEM LASAIR UND SEINE AKTUELLE OPTIMIERUNG FÜR DIE NUKLEARSPEZIFISCHE GEFAHRENABWEHR

THE PROGRAM SYSTEM LASAIR AND ITS PRESENT OPTIMISATION FOR THE DEFENSE AGAINST NUCLEAR HAZARDS

H. Walter

Bundesamt für Strahlenschutz, Oberschleißheim/Neuherberg

Zusammenfassung

Das Bundesamt für Strahlenschutz ist durch gesetzliche Grundlagen verpflichtet, den zuständigen Landes- und Bundesbehörden in Fällen der gravierenden nuklearen Nachsorge Unterstützung durch fachliche Amtshilfe im Rahmen der Nuklearspezifischen Gefahrenabwehr (NUGAB) zu gewähren. Diese Aufgabe hat durch bevorstehende Großveranstaltungen (z.B. WM 2006) eine neue Bedeutung erreicht.

Innerhalb des gesamten Spektrums der Unterstützungsmaßnahmen für diese Gefahrenabwehr bestehen unter anderem die Aufgaben, vor der möglichen Umsetzung einer unkonventionellen Spreng- oder Brandvorrichtung (USBV) eine Prognose der möglichen Ausbreitungs- und Strahlenexposition durchzuführen. Seit einigen Jahren steht hierzu das Programmsystem LASAIR zur Verfügung.

LASAIR führt Ausbreitungsrechnungen auf der Grundlage der meteorologischen Messungen von einfachen ausbreitungsrelevanten Parametern auf der Basis des Lagrange-Partikel-Modells durch. Auf der Basis dieser Rechnung können die bodennahe Aktivitätskonzentration, Bodendeposition sowie die Inhalationsdosis abgeschätzt werden. Das Programmsystem LASAIR wurde zwischenzeitlich an einigen Punkten optimiert, z.B. die Parametrisierung des Initialquellterms, Nutzung von topografischen Karten auf Basis der UTM-Projektion sowie die generelle Bedienung bei Ein- und Ausgaben. Seit Februar 2006 steht ergänzend eine englischsprachige Menüführung zur Verfügung.

Abstract

The German Federal Office for Radiation Protection is obliged by legal foundations to grant support by scientific administrative assistance to the responsible Land and Federal Authorities in cases of serious nuclear aftercare within the context of the Defence against Nuclear Hazards (NUGAB). This task has reached a new importance due to impending main events (e.g. WM 2006).

Within the entire spectrum of the support measures for this Defence against Nuclear Hazards among other things the tasks exist to accomplish a prognosis of the possible dispersion and radiation exposure before the potential ignition of an improvised explosive device (IED). Since some years the program system LASAIR is available for this task.

LASAIR accomplishes dispersion calculations based on the meteorological measurements of simple dispersion-relevant parameters on the basis of a Lagrange Particle Model. Based on this calculation the near-surface concentration of activity, the deposition as well as the inhalation dose can be estimated. The program system LASAIR was optimized in the meantime within some points, e.g. parameterizing the initial source term, use of topographic maps based on the UTM projection as well as the general handling regarding input and output. Since February 2006 additionally a English-language menu navigation is available.

1 Nuklearspezifische Gefahrenabwehr und ZUB

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit ist die zentrale Behörde und Verbindungsstelle, die für den physischen Schutz von Kernmaterial sowie für Koordinierung von geeigneten Maßnahmen bei unbefugten Handlungen zuständig ist. Die daraus resultierende gesetzliche Aufgabe der nachgeordneten Behörde Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) zur Unterstützung der zuständigen Katastrophenschutzbehörden der Länder im Zusammenhang mit der Nuklearspezifischen Gefahrenabwehr ergibt sich aus dem Gesetz über die Errichtung des BfS (§ 2, Abs. 5). Unter dem Begriff Nuklearspezifische Gefahrenabwehr werden alle Aktivitäten zusammengefasst, die sich mit der Detektion, Aufklärung und Abwehr einer illegalen Nutzung oder dem Einsatz von Materialien im Zusammenhang mit radioaktiven Substanzen beschäftigen.

Die Aufgabe einer Unterstützung der für die Nuklearspezifische Gefahrenabwehr zuständigen Behörden ist im Rahmen der Gründung einer Zentralen Unterstützungsgruppe des Bundes (ZUB) festgeschrieben worden. Darin wird die Zusammenarbeit der Fachbehörden Bundeskriminalamt, Bundespolizei und Bundesamt für Strahlenschutz definiert.

2 Grundlagen zum Programmsystem LASAIR

2.1 Einsatzzweck

Im Rahmen der Nuklearspezifischen Gefahrenabwehr müssen bei Entdeckung einer unkonventionellen Spreng- oder Brandvorrichtung (USBV) die Strahlenschutzfachkräfte vor Ort mögliche Auswirkungen einer Freisetzung auf die Umgebung kurzfristig abschätzen können und geeignete Maßnahmen zum Schutz anderer Einsatzkräfte und der Bevölkerung vorschlagen. Hierzu wurde ein Programmsystem entwickelt, welches die Ausbreitung von radioaktiven Substanzen in freiem Gelände nach einer Explosion simuliert, die sich ergebende Aktivitätskonzentrationen tabellarisch und graphisch darstellt und eine erste Abschätzung der potentiellen Strahlenexposition durch Inhalation in Abhängigkeit von der Entfernung vom Freisetzungsort berechnet. LASAIR steht als Akronym für Lagrange Simulation der Ausbreitung und Inhalation von Radionukliden.

2.2 Modelleigenschaften von LASAIR

Das Konzept für LASAIR sieht vor, eine möglichst kurzfristige Simulation der Ausbreitung von radioaktiven Substanzen auf der Basis eines einfachen Windfeldmodells sowie einem geeigneten Ausbreitungsmodell durchzuführen.

Basis sind die zwingend erforderlichen ausbreitungsrelevanten Parameter (Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Stabilität der Atmosphäre), die aus Messungen vor Ort oder als Information von meteorologischen Diensten in das Modell eingegeben werden. Diese Daten steuern ein diagnostisches, zweidimensionales Strömungsmodell. Durch die Eingabe von topographischen Strukturen, also der Beschaffenheit der Erdoberfläche durch Bewuchs oder Bebauung, können die daraus resultierenden geänderten Windprofile mit ihrem entsprechenden Einfluß im Strömungsmodell berücksichtigt werden.

Das Ausbreitungsmodell basiert auf einem Lagrange-Partikel Algorithmus und nutzt als Basismodell das Modell LASAT [1]. Es ist als eigenständiges Modul in LASAIR eingebaut und kann bei Bedarf bzw. Weiterentwicklung geändert werden ohne dass eine zwingende Änderung der Bedienoberfläche von LASAIR (ASBAIR) erforderlich wird. Umgekehrt kann die Bedienoberfläche bei entsprechenden Forderungen relativ leicht erweitert oder angepasst werden, da LASAT über mehrere Funktionen verfügt, die von LASAIR noch nicht genutzt werden.

Als aktuelle Version steht mit Stand Mai 2006 die LASAIR Version 2.3.1 zur Verfügung; sie beinhaltet insbesondere die komplette Menüführung für LASAIR in englisch.

2.3 LASAIR Hintergrundinformationen

Bei der Entwicklung von LASAIR war gefordert, eine geeignete Hintergrundinformation durch topographische Landkarten zur besseren Ergebnisinterpretation zur Verfügung zu stellen. Dies konnte durch die vom Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) bereitgestellten Topographischen Karten DTK in den Maßstäben 1:25.000, 1:50.000 und 1:100.000 gewährleistet werden. Die zur Zeit nutzbaren Koordinatendarstellungen sind geographische Länge und Breite, Gauß-Krüger- und UTM-Koordinaten.

2.4 Ergebnisse aus LASAIR

Der Einsatz von LASAIR ist primär für präventive Maßnahmen ausgerichtet; daher sind entsprechend geeignete Karten zur Darstellung der Strahlenexposition in LASAIR für die Ergebnisdarstellung vorgesehen. Im wesentlichen sind dies:

- Dosis durch Inhalation, Erwachsene, Kinder
- Aktivität in der bodennahen Luft
- Bodendeposition

Die Darstellung kann vom Benutzer gesteuert für die gesamte Simulationszeit, für verschiedene Zeitintervalle und in verschiedenen Maßstäben ausgegeben werden. Auf Wunsch kann die Position und der Wert des Maximums des in der Darstellung auszugebenden Parameters angezeigt werden.

2.5 Quellvolumen nach einer Explosion

Für die Parametrisierung von Quelltermen nach einer Sprengung für die Eingabe in ein Ausbreitungsmodell gibt es in der Literatur nur wenige Quellen [2,3]; nähere Untersuchungen dieser Parametrisierungen führten zu dem Entschluß, eigene Versuche zur Quelltermbestimmung durchzuführen. Mit freundlicher Unterstützung der Bundeswehr (Truppenübungsplatz Munster), der Bundespolizei (Bonn Hangelar) und der GRS (Köln) wurden Sprengversuche bis zu einer Sprengmasse von 10 kg durchgeführt, die entstandenen Sprengwolken photogrammetrisch vermessen und das resultierende Volumen bestimmt. Diese Ergebnisse wurden in der aktuellen Version von LASAIR eingearbeitet.

2.6 Beispiel einer Druckausgabe

Nachfolgend ist beispielhaft eine Ausgabe von LASAIR dargestellt, die Katastrophenschützern bzw. entsprechenden Polizeiorganen im Rahmen der ZUB als Basis für eine taktische Entscheidung der Polizeiführung zur Verfügung gestellt werden kann.

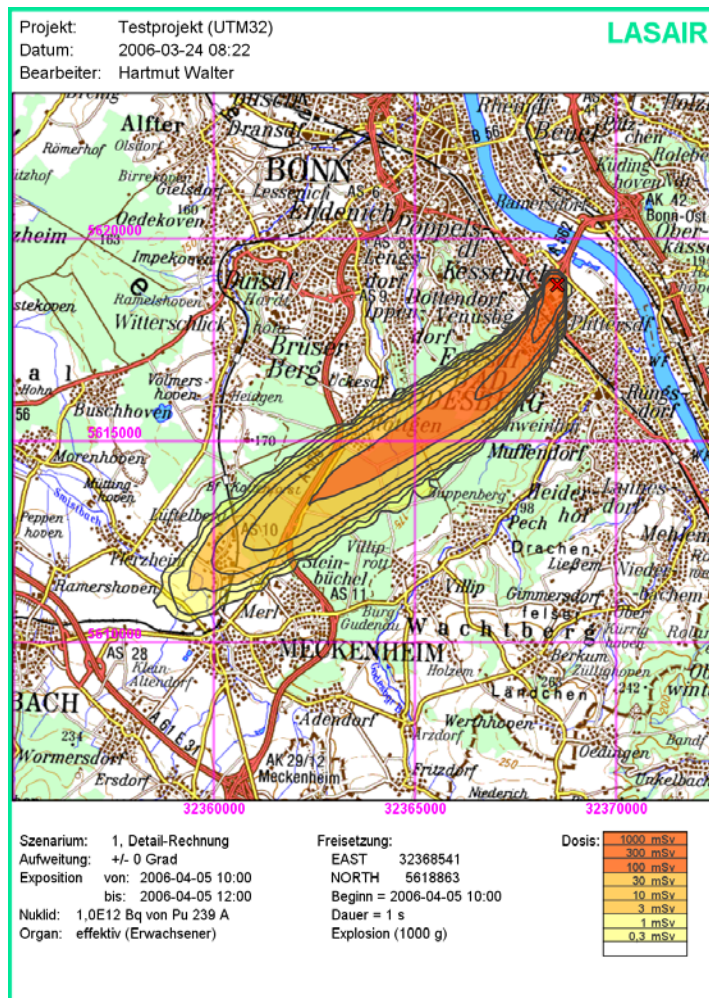


Abb. 1: Beispielhafte Ergebnisdarstellung der Strahlenexposition durch Inhalation aus LASAIR Version 2.3.1 (Testfall, keine reale Freisetzung)

3 Anwendungserfahrung

Die bisherige Anwendung von LASAIR durch BfS und weitere Nutzer hat gezeigt, dass das Programmsystem den gestellten Anforderungen genügt. Insbesondere die nicht triviale Quelltermparametrisierung konnte zufriedenstellend eingebaut werden. Die Eingabemöglichkeit für meteorologische Daten ist -was von der Konzeption beabsichtigt war- beschränkt, begrenzt in Konsequenz damit jedoch die Aussagekraft der Ergebnisse; dies muß bei der Ergebnisinterpretation berücksichtigt werden. Überlegungen LASAIR weiter zu optimieren bzw. unter Umständen zu erweitern werden abhängig vom Bedarf bzw. vom Grad der Realisierungsfähigkeit umgesetzt.

4 Literatur

- [1] LASAT Ingenieurbüro Janicke (2003), Handbuch zu LASAT Version 2.14
- [2] S.G. Homann, HOTSPOT Health Physics Codes for the PC, Lawrence Livermore National Laboratory, UCRL-MA-106315, March 1994.
- [3] S.V. Musolino, F.T. Harper, Emergency Response Guidance for the first 48 Hours after the Outdoor Detonation of an Explosive Radiological Dispersal Device, Health Physics, 90 (4), (2006), p 377-385.

NUKLEARER TERRORISMUS UND DIE ÜBERWACHUNG DER UMWELTRADIOAKTIVITÄT

NUCLEAR TERRORISM AND THE MONITORING OF ENVIRONMENTAL RADIOACTIVITY

Chr. Pistner, Chr Küppers
Öko-Institut e.V., Darmstadt

- Nicht veröffentlicht -

**MEDIZINISCHE UND INDUSTRIELLE STRAHLENQUELLEN ALS
RADIOLOGISCHE WAFFEN**

MEDICAL AND INDUSTRIAL RADIOACTIVE SOURCES AS
RADIOLOGICAL WEAPONS

T. Bielefeld, H.- W. Fischer
Landesmessstelle für Radioaktivität/Institut für Umweltphysik
Universität Bremen

- nicht veröffentlicht –

MYRIAM - EIN NEUARTIGER ONLINE PERSONAL AIRSAMPLER

T. Streil¹, V. Oeser¹, R. Rambousky², F.W. Buchholz²

1 SARAD GmbH, Dresden

2 Wehrwissenschaftliches Institut für Schutztechnologien – ABC-Schutz (WIS), Münster

Einführung

Die kontinuierliche Überwachung der Atemluft hinsichtlich des Gehaltes radioaktiver Stoffe (Long Lived Radioactive Dust LLRD) ist ein wesentlicher Bestandteil der Gesundheitsvorsorge am Arbeitsplatz und im Privatleben. Erhöhte Konzentrationen radioaktiver Stoffe können sowohl natürlichen Ursprungs sein als auch im Zusammenhang mit Unfällen oder terroristischen Aktivitäten freigesetzt werden. In jedem Fall ist eine unverzügliche Erkennung der Gefahrensituation und Alarmierung der betroffenen Personen Grundlage weiteren Handelns. Stets gilt: Die Aufnahme von radioaktiven Stoffen kann verhältnismäßig leicht vermieden werden, ihr Vorhandensein muss jedoch rechtzeitig erkannt werden! Der Begriff LLRD umschreibt luftgetragene, radioaktive Stoffe natürlichen (wie z.B. Uran- oder Thoriumisotope und deren gleichfalls instabilen Zerfallsprodukte) wie auch künstlichen Ursprungs aus Kernreaktionen. Sowohl künstliche als auch natürliche Quellen können im Zuge eines Unfalls oder einer gezielt herbeigeführten Verteilung in der Umwelt dispergiert werden.

Nicht erst seit dem Spannungszustand im Nahen Osten besteht ein erhöhter Bedarf nach zuverlässiger Personenschutztechnik im Hinblick auf das Vorhandensein radioaktiver Isotope in der Atemluft. Insbesondere Alpha-strahlende Nuklide sind bei Inhalation als höchst radiotoxisch bekannt. Das Beispiel der Uran-Mantelgeschosse einiger Streitkräfte hat bereits gezeigt, dass die Gammastrahlungsmessung nicht zum erwünschten Erfolg (Auffinden bzw. Exposition durch Inhalation vermeiden) führt. Fehlende oder schwache Gammaemission, wie z.B. bei Plutonium, entzieht darüber hinaus einige Kontaminaten dem direktem Nachweis.

Radioaktive Aerosole können in folgenden Szenarien auftreten:

- klassischer Kernwaffeneinsatz mit Fall Out
- Verdampfungen vom Beschuss mit Uranmunition
- Terroristische Attacken mit "Dirty Bombs"
- bzw. Versprühen radioaktiver Lösungen
- Lecke in Kernkraftwerken
- Reaktorunfälle
- Feuer in Einrichtungen, die radioaktive Substanzen verwenden

Allgemeine Beschreibung

Das MyRIAM (Abb.1, 2, 3) ist ein persönliches Alarmdosimeter zur sofortigen Erkennung erhöhter Alpha- und Beta-Aktivitätskonzentrationen in der Atemluft. Die niedrigen Nachweisgrenzen sollen kritische Situationen zuverlässig signalisieren. Es erlaubt die sichere Detektion von Kontaminationen der Atemluft auch bei Vorhandensein der natürlichen Alpha- und Beta-Aerosole der Radon-Zerfallsprodukte. Die spektroskopische Analyse des Messfilters gestattet Nachweisgrenzen, die weit unter denen von Gamma-Alarmdosimetern liegen. So-

wohl Messsignale möglicher Alpha- als auch Beta-Aerosole werden erfasst. Das Spektrum von Nukliden ist damit voll abgedeckt.

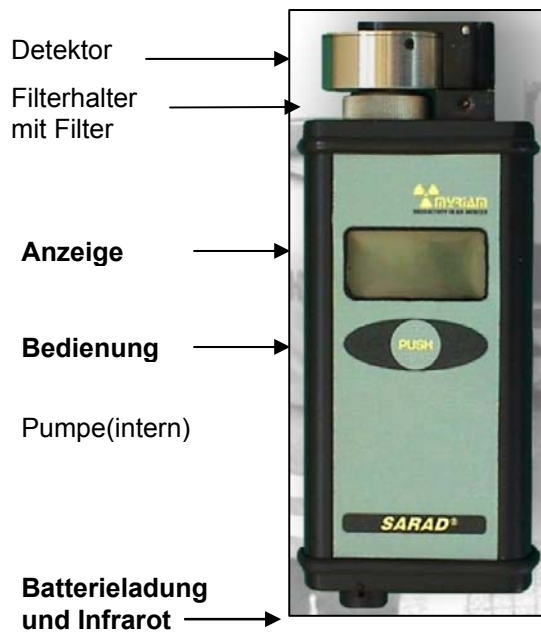


Abb.1: Aerosoldosimeter MyRIAM



Abb.2: MyRIAM in Trageposition

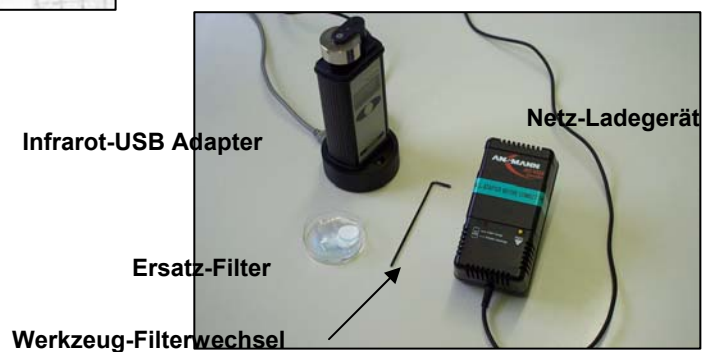


Abb.3: Zubehör zum MyRIAM

Das Gerät wird für folgende Personenkreise und Aufgaben empfohlen:

- Militärische Einsatzkräfte
- Zivilschutz
- Sicherheitsdienste
- Gebäudeüberwachung
- Brand- und Katastrophenschutz
- Nuklearmedizin

Das MyRIAM ist empfindlich für:

- Alpha-Strahler mit einer Energie unter 5,7 MeV
Pu-238/239, Po-210, Am-241, Ra-226, Uran(nat), U-235, U-238, DU
- Beta-Strahler mit einer Endpunkt-Energie größer als 120keV
Sr-90, I-131, Cs-137 usw.

Der natürliche Untergrund wird hinsichtlich kurzlebiger Radonfolgeprodukte korrigiert.

Das MyRIAM (Abb.1) besitzt einen für Alpha- und Betastrahler empfindlichen Silizium-Halbleiterdetektor. Unter dem Detektor befindet sich der Filterhalter mit dem Filter und darunter die interne Pumpe. Zur Anzeige der Daten dient ein LCD-Display und zur Bedienung ein Drucktaster. Unten befindet sich der Anschluss zur Batterieladung und die Infrarotschnittstelle zur Steuerung und Datentransfer über einen Computer.

Das MyRIAM kann am Körper getragen werden (Abb.2). Das Zubehör (Abb.3) beinhaltet:

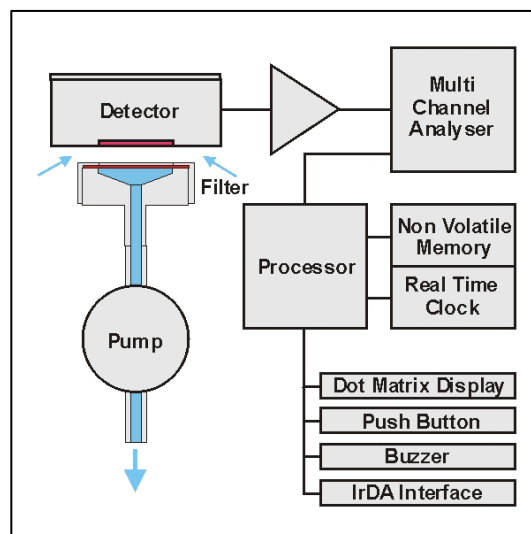
- Infrarot-USB Adapter zur Softwaresteuerung und Datenübertragung
- Ersatzfilter
- Werkzeug zum Filterwechsel
- Netz-Ladegerät
- CD-ROM mit der Software DOSEman
- Bedienungsanleitung

Beschreibung des Messprinzips

Die Abb.4 zeigt eine Prinzipdarstellung des MyRIAM mit folgendem Messprinzip:

- Sammeln der Aerosole auf der Oberfläche eines Filters
- Alpha- und Beta Zerfälle werden mittels Halbleiterdetektor erkannt
- Spektrometrische Trennung der langlebigen Alpha-Strahler von den kurzlebigen Radonfolgeprodukten
- Gesamt-Beta Messung und Subtraktion des natürlichen Untergrundes
- Berechnung der Expositionen getrennt für Alpha und Beta

Abb.4:



Alpha-Strahler werden spektroskopisch im "Multi Channel Analyser" ausgewertet. Für Beta-Strahler wird eine Gesamtzählrate oberhalb einer Energieschwelle von 120keV bis maximal 3000 keV ermittelt. Auf dem LCD-Display (Dot Matrix Display) wird die Alphadosis (mSv), Betadosis (mSv), Alpha-Aerosolkonzentration (Bq/m^3) und Beta-Aerosolkonzentration (Bq/m^3) im Wechsel angezeigt. Bei Überschreitung der einstellbaren Warnschwellen ertönt ein Signal (Buzzer).

MyRIAM Nachweisgrenzen

Die Nachweisgrenzen (Tab. 3 und 4) werden in mSv angegeben, um einen Vergleich zu den EURATOM Empfehlungen (Obergrenze von zusätzlichen 1 mSv/a für die Bevölkerung bzw. 20 mSv/a für strahlenexponierte Personen) zu ermöglichen.

Da die Dosiskoeffizienten stets nuklidspezifisch sind, wird vom “schlimmsten anzunehmenden Unfall” ausgegangen und eine Kontamination mit Pu-238/239 (Alpha: $0,114 \text{ mSv/Bqh m}^{-3}$) und Sr-90 (Beta: $3,42 \cdot 10^{-4} \text{ mSv/Bqh m}^{-3}$) angenommen.

Die Nachweisgrenzen beruhen auf einem 3-Sigma Konfidenzintervall. Das heißt, ein ausgelöster Alarm ist mit einer Wahrscheinlichkeit von 99,7 % gerechtfertigt und eine Gefahrensituation vorhanden. Der natürliche Hintergrund (luftgetragene Zerfallsprodukte des radioaktiven Edelgases Radon) setzen die Nachweisgrenze durch eigenen Beitrag zum Zählergebnis herauf. Dieser Beitrag wird stets automatisch ermittelt und in die aktuelle Berechnung einbezogen. Alle Angaben in Tab.3 und 4 beruhen auf der Annahme eines Radon-Gleichgewichtsfaktor von 1 (ungünstigste Situation), die üblichen Gleichgewichtsfaktoren zwischen 0.4 und 0.6 wirken sich daher positiv auf die Nachweisgrenze aus.

Tab.3: MyRIAM Nachweisgrenzen für langlebige Alpha-Strahler (verwendeter Dosiskoeffizient von Pu-238/239)

Integrationsintervall	Messbedingungen	Nachweisgrenze Pu-238 [mSv]	Nachweisgrenze Bq/m ³
1 min	$n = 10 \text{ Bq/m}^3$ (typische Außenluft)	4	2105
1 min	$n = 50 \text{ Bq/m}^3$ (typische Innenluft)	6	3158
1 h	$n = 10 \text{ Bq/m}^3$	0.2	1,8
1 h	$n = 50 \text{ Bq/m}^3$	0.45	4
1 h	$n = 500 \text{ Bq/m}^3$	2.2	19

Dosiskoeffizient-Alpha: $0,114 \text{ mSv/Bqh m}^{-3}$

Tab.4: MyRIAM Nachweisgrenzen für langlebige Beta-Strahler (verwendeter Dosiskoeffizient von Sr-90)

Integrationsintervall	Messbedingungen	Nachweisgrenze Sr-90 [mSv]	Nachweisgrenze Bq/m ³
1 min	$n = 10 \text{ Bq/m}^3$	0.06	10526
1 min	$n = 50 \text{ Bq/m}^3$	0.07	12280
1 min	$n = 500 \text{ Bq/m}^3$	0.2	35088

Dosiskoeffizient-Beta: $3,42 \cdot 10^{-4} \text{ mSv/Bqh m}^{-3}$

Messergebnisse in der gespeicherten Textdatei

In der gespeicherten Textdatei (Abb.5) befinden sich folgende Daten zu einer Messung:

- Gerätedaten
- Einteilung des Alpha-Spektrums in 5 Regionen
- Kalibrierdaten
- Alarmschwelle
- gemessenes Alphaspektrum

- Liste der Messergebnisse für das Messintervall
(Uhrzeit, Messzeit, Alpha-Regionen, Betazählrate, Alpha-und Betadosis, Alpha-und Betakonzentration)
- Zusammenfassung der Ergebnisse

Die in der Abb.5 gezeigte Textdatei wurden mit der Software DOSEman 1.14.4.001 erstellt. Die Messergebnisse stammen von der Messung an einem Uran-Referenzstrahler mit einer Flächen-Aktivität von $2,3 \text{ Bq/cm}^2$, auf den der Messkopf direkt platziert wurde. Die Einteilung des Alpha-Spektrums in 5 Regionen zeigt die Abbildung 6, wobei die Einteilung nach bestimmten Kriterien erfolgt.

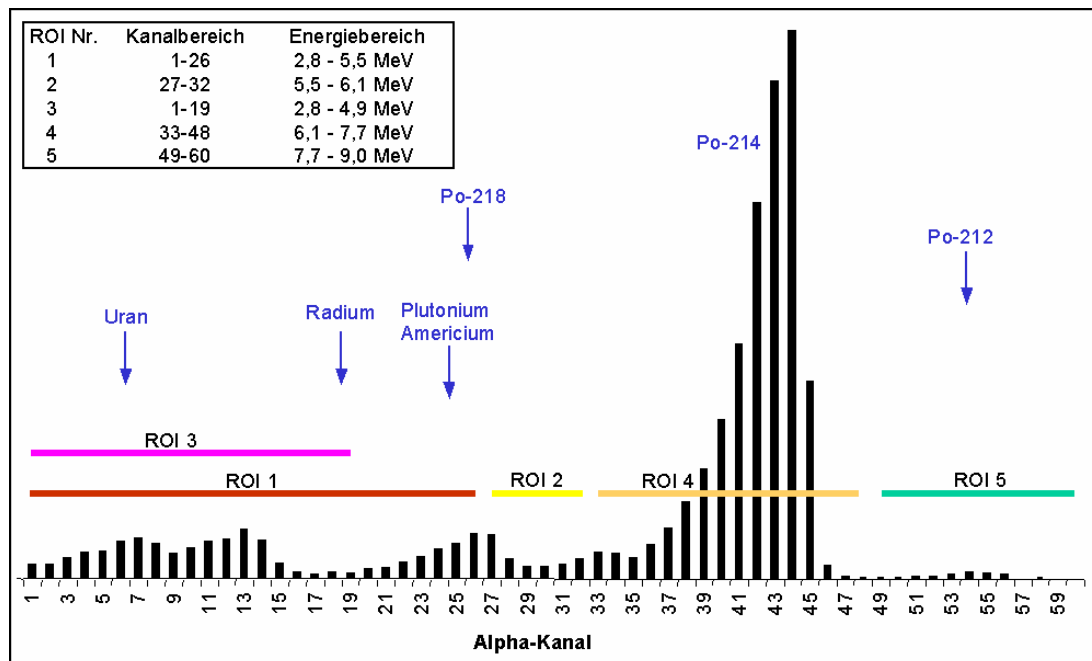


Abb.6 Einteilung des Alpha-Spektrums vom MyRIAM in 5 Regionen

- Region 1 (**ROI1**) - 2,8 bis 5,5 MeV
LLRD-Bereich: U-238, U-235, Ra-226, Pu-238/239, Po-210, Am-241
inklusive der linken Hälfte des Po-218 Bereichs (Radon-Folgeprodukt)
- Region 2 (**ROI2**) - 5,5 bis 6,1 MeV
Rechte Hälfte des Po-218 Bereichs (zur Korrektur der linken Hälfte)
- Region 3 (**ROI3**) - 2,8 bis 4,9 MeV
LLRD-Bereich: U-238, U-235, Ra-226, Pu-238/239, Po-210, Am-241
ohne Po-218
- Region 4 (**ROI4**) - 6,1 bis 7,7 MeV
Po-214 Bereich zur Korrektur der Radon-Folgeprodukte
- Region 5 (**ROI5**) - 7,7 bis 9,0 MeV
Po-212 Bereich zur Korrektur der Thoron-Folgeprodukte
- Der Beta-Bereich erstreckt sich von 120 keV bis 3000 keV

```

MyRIAM-Daten vom:      16.03.2006 10:18:47

Device Type:      3
Software Release:  2
Serial Number:    11

Spectrum Offset (channel):  27

ROI 1 (channel limits):    1; 26
ROI 2 (channel limits):    27; 32
ROI 3 (channel limits):    1; 19
ROI 4 (channel limits):    33; 48
ROI 5 (channel limits):    49; 60

Battery Level (warn): 3,41
Battery Level (off):  3,22

Calibration:
* K-Cal [0.1 min/L]: 153
* K-Po [%]: 51
* K-Pb [%]: 42
* K-Bi [%]: 70
* K-Sr [%]: 70

Country Code: 1
Region Code: 1
Entry Code: 1
User ID: 1

Alarm Level [mSv]: 25

SPECTRUM

128  156  161  163  221  227  242  249  230  246  204
152  163  136  127  104  36  2  1  1  0  2
2  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0

NUCLIDES

Started:      16.03.2006 09:09:00
Interval [min]: 10

Measuretime      Sampletime  ROI1  ROI2  ROI3  ROI4  ROI5  BETA
                [min]      [cts] [cts] [cts] [cts] [cts] [cts] [cts]
16.03.2006 09:19  9      411  0      411  0      0      252
16.03.2006 09:29  10     422  0      421  0      0      264
16.03.2006 09:39  10     473  0      473  0      0      270
16.03.2006 09:49  10     429  0      427  0      0      298
16.03.2006 09:59  10     411  0      411  0      0      291
16.03.2006 10:09  10     448  0      446  0      0      254

                Dose A      Error  C-air AError  Dose B  Error  C-air BError
                [mSv]      [%]    [Bq/m³] [%]    [mSv]  [%]    [Bq/m³] [%]
16.03.2006 09:19  19,862  5,0    1045,4  5,0    0,0577  6,4    1013,8  0,0
16.03.2006 09:29  20,395  4,9    B.D.L. -    0,0544  6,2    B.D.L. -
16.03.2006 09:39  22,866  4,6    B.D.L. -    0,0557  6,1    B.D.L. -
16.03.2006 09:49  20,734  4,8    B.D.L. -    0,0615  5,8    B.D.L. -
16.03.2006 09:59  19,862  5,0    B.D.L. -    0,0601  5,9    B.D.L. -
16.03.2006 10:09  21,655  4,7    B.D.L. -    0,0524  6,3    B.D.L. -

RESULTS

Records:      6
Exposure Time [min]:      59
max. ALPHA [mSv]:      22,86642
max. BETA [mSv]:      0,06156
max. TOTAL [mSv]:      22,92217
max. C-Air ALPHA [Bq/m³]:      1045,39600
max. C-Air BETA [Bq/m³]:      1013,76700

```

Abb.5 Textdatei mit Daten zur Messung mit dem MyRIAM

Die Berechnungen der in Abb.5 gezeigten Konzentration und Dosis für Alpha- und Beta-Aerosole (auch am Gerät angezeigt) werden folgend beschrieben.

Exposition E_A für Alphastrahler

$$E_A = Z_{RO11} / (V \cdot \eta) \quad [\text{Bq min} / \text{Liter}]$$

Der Ausdruck $1 / (V \cdot \eta)$ wird beim MyRIAM als Kalibrierfaktor angegeben

$$K_{\text{Cal}} = 15,3 \quad [\text{min} / \text{Liter}] \quad (\text{aus Abb.5})$$

$$E_A = K_{\text{Cal}} \cdot Z_{RO11} \quad [\text{Bq min} / \text{Liter}]$$

Konzentration A_{KA} für Alphastrahler

Z_{RO11} : Zählrate der Region1 für langlebige Alpha-Aerosole in $[\text{s}^{-1}]$

$$Z_{RO11} = \text{Counts}_{RO11} / t_s$$

Counts_{RO11} : Inhalt der Region 1 (Alphas)

t_s : Sample Time in [s]

V : Volumenstrom (0,255 Liter/min aus Kalibrierzertifikat)

η : Wirkungsgrad der Filter/Detektoranordnung (0,257)

t_i : Intervallmesszeit in [min]

$$A_{KA} = E_A / t_i = K_{\text{Cal}} \cdot Z_{RO11} / t_i \quad [\text{Bq} / \text{Liter}]$$

Exposition E_B für Betastrahler

Hier ist zusätzlich eine nuklidspezifische Beta-Effizienz ε erforderlich

$$E_B = Z_{\text{Beta}} / (V \cdot \eta \cdot \varepsilon) \quad [\text{Bq min} / \text{Liter}]$$

Der Ausdruck $1 / (V \cdot \eta)$ wird beim MyRIAM als Kalibrierfaktor angegeben

$$K_{\text{Cal}} = 15,3 \quad [\text{min} / \text{Liter}]$$

$$E_B = K_{\text{Cal}} \cdot Z_{\text{Beta}} / \varepsilon \quad [\text{Bq min} / \text{Liter}]$$

Konzentration A_{KB} für Betastrahler

$$A_{KB} = E_B / (t_i \cdot \varepsilon) = K_{\text{Cal}} \cdot Z_{\text{Beta}} / (t_i \cdot \varepsilon) \quad [\text{Bq} / \text{Liter}]$$

Z_{Beta} : Zählrate der Betaregion für langlebige AlphaAerosole in $[\text{s}^{-1}]$

$$Z_{\text{Beta}} = \text{Counts}_{\text{Beta}} / t_s$$

$\text{Counts}_{\text{Beta}}$: Inhalt der Betaregion

t_s : Sample Time in [s]

V : Volumenstrom (0,255 Liter/min aus Kalibrierzertifikat)

η : Wirkungsgrad der Filter/Detektoranordnung (0,257)

ε : Beta-Effizienz (0,7 aus Kalibrierzertifikat)

t_i : Intervallmesszeit in [min]

Alpha- und Beta Dosisberechnung für langlebige Aerosole

Inhalierte 50 Jahre Folgedosis H

$$H = e(50) \cdot A \quad [\text{mSv}]$$

Inhalierte Aktivität A

$$A = E \cdot r_A \quad [\text{Bq}]$$

Exposition E

$$E = A_K \cdot t_E \quad [\text{Bq h m}^{-3}]$$

Inhalierte 50 Jahre Folgedosis H

$$H = e(50) \cdot A_K \cdot t_E \cdot r_A \quad [\text{mSv}]$$

für Alphastrahlung:

$$H_A = 0,12 \cdot A_{KA} \cdot t_E \cdot 0,95 \quad [\text{mSv}]$$

$e(50)$: Dosiskoeffizient für Inhalation $[\text{mSv} / \text{Bq}]$

Beim MyRIAM benutzt:

Alphastrahlung: 0,12 $[\text{mSv} / \text{Bq}]$ vom Pu-238/Pu-239

Betastrahlung: $3,6 \cdot 10^{-4}$ $[\text{mSv} / \text{Bq}]$ vom Sr-90

A : Inhalierte Aktivität $[\text{Bq}]$

E : Exposition $[\text{Bq h m}^{-3}]$

r_A : Atemrate für Personen über 17 Jahre $[\text{m}^{-3} \text{h}]$
(8300 m^3/Jahr bzw. 0,95 m^3/h)

A_K : Konzentration $[\text{Bq m}^{-3}]$ (A_{KA} und A_{KB})

t_E : Expositionszeit in [h]

für Betastrahlung:

$$H_B = 3,6 \cdot 10^{-4} \cdot A_{KB} \cdot t_E \cdot 0,95 \quad [\text{mSv}]$$

Test des MyRIAM

Im Folgenden werden Messungen und Ergebnisse präsentiert, die überwiegend am WIS durchgeführt wurden. Ein optimaler Test des MyRIAM wäre eine Messung in einer Atmosphäre mit bekannter Konzentration an radioaktiven Aerosolen. Zur Zeit hat das WIS keinen Zugriff auf eine Versuchseinrichtung dieser Art. Deshalb konnten nur Messungen in einer normalen Umgebungsatmosphäre, in einem Lagerbunker für radioaktive Abfälle, mit kontaminierten Filtern über eine Filteranalyse (ohne Pumpe) und Messungen an Referenz-Strahlern durchgeführt werden. Es wurden noch einige elektrische, thermische und mechanische Eigenschaften getestet.

Radonmessung

Das MyRIAM ist zur Detektion und Warnung vor langlebigen radioaktiven Aerosolen ausgelegt. Da der natürliche Untergrund hinsichtlich kurzlebiger Radonfolgeprodukte korrigiert wird, zeigt das MyRIAM bei der ersten Intervallmessung eine Betakonzentration an, die in normaler Umgebungsatmosphäre in etwa der Radonkonzentration entspricht. Bei erhöhter Radonkonzentration gilt dies auch, wobei jedoch der ungünstigste Gleichgewichtsfaktor F von 1 angenommen wird.

Überall dort, wo Uran im Erdboden vorhanden ist, wird Radon freigesetzt und gelangt in die freie Atmosphäre oder in Häuser. Von entscheidender Bedeutung hierfür ist die Radiumkonzentration des Bodens. Radon-222 entsteht als Zerfallsprodukt von Radium-226, das aus dem radioaktiven Zerfall von Uran-238 hervorgeht.

Das Radon ist ein Edelgas und deshalb besonders mobil. Für die Strahlenexposition des Menschen ist nicht so sehr das Radon selbst von Bedeutung, vielmehr sind es die kurzlebigen Zerfallsprodukte.

Die Radonkonzentrationen der Außenluft beträgt im Mittel 15 Bq/m^3 und in Innenräumen im Mittel 50 Bq/m^3 . Kellerräume können teils wesentlich höhere Konzentrationen aufweisen.

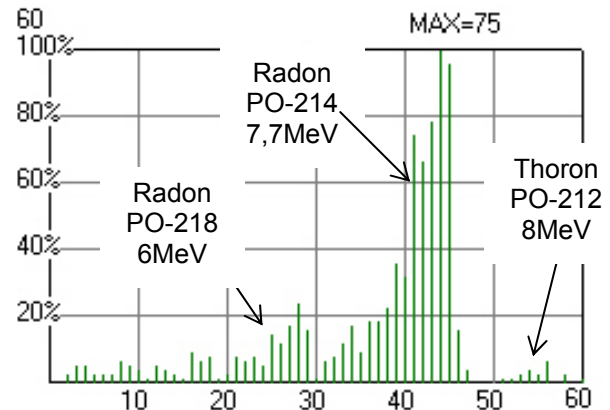
MyRIAM Messung in der Außenluft

In einem typischen Außenbereich wurde mit einer Intervallzeit von 60 min eine Stunde lang gemessen. Die angezeigte Betakonzentration von 12 Bq/m^3 war höher als die typischen Radonkonzentrationsangaben von etwa 5 Bq/m^3 , die durch Referenzmessungen mit einem komplexeren Radon-Messgerät bestimmt wurden. Das MyRIAM zeigt hier etwa das Doppelte an. Das Alphaspektrum zeigt auch nach einer Stunde Messzeit noch keine ausreichende Statistik.

MyRIAM Messung in einem Lagerbunker für radioaktive Abfälle

In einem Lagerbunker für radioaktive Abfälle, wurden Messungen mit dem MyRIAM durchgeführt und mit parallel durchgeführten Referenzmessungen verglichen. Abb.7 zeigt das Alphasppektrum mit den kurzlebigen Radonzerfallsprodukten Po-214 und Po-218, die sich aber nicht im Gleichgewicht befinden (Faktor 0,2). Das Zerfallsprodukt Po-212 aus der Thorium-Zerfallskette ist schwach zu erkennen.

Abb.7
MyRIAM Alphasppektrum,
gemessen im Lagerbunker für
radioaktive Abfälle



Das MyRIAM zeigte eine Betakonzentration von 227 Bq/m^3 an. Die Referenzmessungen ergaben 109 Bq/m^3 . Da die Referenzmessungen genauer sind, scheint das MyRIAM hier einen Faktor 2 mehr anzuzeigen.

Filteranalysen

Mit kontaminierten MyRIAM-Filtern wurden Filteranalysen (ohne Pumpe) durchgeführt. Die gemessenen Alpha- bzw. Betakonzentrationen wurden in entsprechende Aktivitäten umgerechnet. Die gleichen Filter wurden mit einem Low Level Messplatz LB530 hinsichtlich der vorhandenen Aktivität vermessen. Die Ergebnisse von beiden Messgeräten wurden dann verglichen.

Es wurden 6 MyRIAM-Filter folgendermaßen kontaminiert:

Alpha-Strahler

- Filter 1: Uranylacetat - trockene Wischprobe
- Filter 2: Uranylacetat - mit einem Tropfen flüssig kontaminiert - getrocknet

Beta-Strahler

- Filter 3: Cs-137 - mit einem Tropfen flüssig kontaminiert - getrocknet
- Filter 4: Sr-90/Y-90 - mit einem Tropfen flüssig kontaminiert - getrocknet
- Filter 5: Cl-36 - mit einem Tropfen flüssig kontaminiert - getrocknet
- Filter 6: Sr-90/Y-90 - mit zwei Tropfen flüssig kontaminiert - getrocknet

Die Tabelle 5 zeigt die Messergebnisse der Filter vom Low Level Messplatz LB530.

Tab.5: Messergebnisse der MyRIAM Filter vom Low Level Messplatz LB530
Messfehler <5%

Filter Nr.	Kontamination	Messung	Effizienz	2π	Rückstreu	Aktivität
		LB530	LB530	Emission	Faktor	4π
		1/s	%	1/s		Bq
	Alpha-Strahler					
1	Uranylacetat - Wischprobe	1,72	59	2,92	0	5,83
2	Uranylacetat - Tropfen	2,00	59	3,39	0	6,78
	Beta-Strahler					
3	Cs-137 Tropfen	168	67	250,70	0,30	385,80
4	Sr-90/Y90 Tropfen	324	68	476,50	0,29	738,70
5	Cl-36 Tropfen	38	71	53,50	0,25	85,60
6	Sr-90/Y90 Tropfen	530	68	779,40	0,29	1208,40

Der Filterträger am LB530 besteht aus Kupfer, deshalb tritt bei Betastrahlern eine Rückstreuung auf.

Die Berechnung der Aktivität erfolgt nach folgenden Schritten:

- Messung: Anzeige am LB530 Display (1/s)
- 2π Emission = Messung / Effizienz
- Alpha-Aktivität = $2 \cdot 2\pi$ Emission
- Beta-Aktivität = $2 \cdot 2\pi$ Emission / (1 + Rückstrefaktor)

Die Tabelle 6 zeigt die Messergebnisse der Filter von zwei verschiedenen MyRIAM-Geräten (Ser.Nr.: 011/06/04 und Ser.Nr.032/037/05).

Das MyRIAM wurde mit der Software "DOSEman" in den Messmodus zur Filteranalyse geschaltet, wonach die Messungen mit ausgeschalteter Pumpe erfolgen. Die Messzeit wurde auf 5 min gesetzt. Nach der Messzeit wurden die Konzentrationen am Display des MyRIAM abgelesen.

Die Berechnung der Aktivität erfolgt nach folgenden Schritten:

- Messzeit: 5 min
- Messung: Anzeige am MyRIAM Display (Bq/m³)
- Pumpleistung: 0,25 Liter/Minute (wird zu Korrektur benötigt)
- Volumen = Pumpleistung · Messzeit = 0,00125 m³ (wird zu Korrektur benötigt)
- Alpha-Aktivität = Messung · Volumen
- Beta-Aktivität = Messung · Volumen

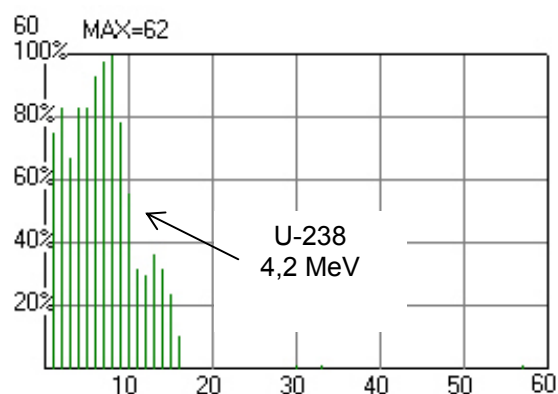
Bei der Filtermessung im MyRIAM wurde kein Rückstrefaktor berücksichtigt. Die Messergebnisse der beiden MyRIAM Geräte stimmen ausreichend genug überein. Die Unterschiede sind vermutlich abweichende Kalibrierungen.

Tab.6: Messergebnisse der MyRIAM Filter vom MyRIAM-Gerät
Messfehler <1%

Filter Nr.	Kontamination	Messung	Aktivität	Messung	Aktivität
		MyRIAM-011/06/04	4 π	MyRIAM-032/037/05	4 π
		Konzentration Bq/m ³	Bq	Konzentration Bq/m ³	Bq
Alpha-Strahler					
1	Uranylacetat - Wischprobe	4070	5,09	3659	4,57
2	Uranylacetat - Tropfen	2784	3,48	1924	2,41
Beta-Strahler					
3	Cs-137 Tropfen	144600	180,75	178564	223,21
4	Sr-90/Y90 Tropfen	422664	528,33	482481	603,10
5	Cl-36 Tropfen	34506	43,13	39767	49,71
6	Sr-90/Y90 Tropfen	655825	819,78	788079	985,10

Die Tabelle 7 zeigt eine Zusammenfassung der Messungen vom LB530 und den beiden MyRIAM-Geräten. Beim Uranylacetat stimmen die Alpha-Messergebnisse von der Filter-Wischprobe (Nr.1) sehr gut überein. Die Messergebnisse von der Filter-Tropfenprobe (Nr.2) weichen stark ab. Das Alpha-Energiespektrum der Wischprobe (Nr.1) wird durch das Filtermaterial weniger beeinflusst als das Spektrum der Tropfenprobe (Nr.2), weil der Tropfen tiefer ins Filtermaterial eingedrungen ist und die Energieverteilung zu unteren Energien verschmiert wird. Im Gegensatz zum LB530 schneidet das MyRIAM die unteren Alpha-Energien ab und zeigt daher geringere Alpha-Konzentrationen an. Die Abb.8 zeigt das Alphaspektrum vom Uran des Filters 2.

Abb.8:
Alphaspektrum vom Uran
des Filters 2



Die Beta-Konzentrationen stimmen beim Sr-90/Y-90 ausreichend genug überein. Beim Cs-137 und Cl-36 sind die Abweichungen größer, vermutlich bedingt durch die geringere Beta-Maximalenergie.

Tab.7: Zusammenfassung der Messergebnisse vom LB530 und MyRIAM

Filter Nr.	Kontamination	Aktivität	Aktivität	Aktivität
		Bq	Bq	Bq
		4π	4π	4π
		LB530	MyRIAM 011/06/04	MyRIAM- 032/037/05
	Alpha-Strahler			
1	Uranylacetat Wischprobe	5,83	5,09	4,57
2	Uranylacetat Tropfen	6,78	3,48	2,41
	Beta-Strahler			
3	Cs-137 Tropfen	385,76	180,75	223,21
4	Sr-90/Y90 Tropfen	738,71	528,33	603,10
5	Cl-36 Tropfen	85,63	43,13	49,71
6	Sr-90/Y90 Tropfen	1208,39	819,78	985,10

Messungen an Referenzstrahlern

Mit kalibrierten Flächen-Referenzstrahlern wurde die Anzeige des MyRIAM bezüglich Konzentration und Dosis für Alpha- und Beta-Strahlung überprüft.

Die unter dem MyRIAM befindliche Aktivität A des Flächen-Referenzstrahlers ist dann,

$$A = A_F \cdot F_D \quad [\text{Bq}]$$

A_F = Flächen-Aktivität des Referenz-Strahlers [Bq / cm^2]
 F_D = Fläche des MyRIAM-Detektors ($1,54 \text{ cm}^2$)

Die vom MyRIAM angezeigte Konzentration A_K sollte dann sein,

$$A_K = A / (r_P \cdot t_i) \quad [\text{Bq}/\text{m}^3]$$

r_P = Pumprate MyRIAM ($0,255 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min}$)
 t_i = Intervallmesszeit [min]

Die vom MyRIAM angezeigte inhalierte 50 Jahre Folgedosis H sollte dann sein,

$$H = e(50) \cdot A \cdot (r_A / r_P) \quad [\text{mSv}]$$

$e(50)$: Dosiskoeffizient für Inhalation [mSv / Bq]
 Beim MyRIAM benutzt:
 Alphstrahlung: $0,12 \text{ [mSv} / \text{Bq]}$ vom Pu-238/Pu-239
 Betastrahlung: $3,6 \cdot 10^{-4} \text{ [mSv} / \text{Bq]}$ vom Sr-90
 r_A : Atemrate für Personen über 17 Jahre [Liter/min]
 ($8300 \text{ m}^3/\text{Jahr}$ bzw. $0,95 \text{ m}^3/\text{h}$ bzw. $15,8 \text{ Liter/min}$)
 r_P = Pumprate MyRIAM ($0,255 \text{ Liter/min}$)
 $r_A / r_P = 62$

Die Tabelle 8 zeigt die Ergebnisse der Berechnungen und Messergebnisse mit den Flächen-Referenzstrahlern.

Tab.8: Berechnungen und Messergebnisse von Flächen-Referenzstrahlern

Referenz-Strahler	Flächen-Aktivität A_F [Bq/cm ²]	Aktivität A unter MyRIAM [Bq]	berechnete Konzentration A_K [Bq/m ³]	angezeigte Konzentration MyRIAM [Bq/m ³]	berechnete Dosis H [mSv]	angezeigte Dosis MyRIAM [mSv]
Alpha-Strahler						
MP983 Uran(nat.)	2,3	3,54	1388	1206	26,3	22,9
MP977 Am-241	313	482	189020	192362	3586	3655
MP981 Th-230	79,7	122,7	48118	51289	913	975
Beta-Strahler						
MP978 Sr-90	495,1	762	567647	533859	17,0	15,4
MP982 Cl-36	90,7	139,7	109569	102351	3,12	2,92
MP980 Cs-137	291,3	448,6	351843	248575	10,0	7,1

Die berechnete und vom MyRIAM angezeigte Konzentration und Dosis stimmt ausreichend überein. Größere Abweichungen treten nur beim Cs-137 auf und ist mit dessen geringster Beta-Energie von allen Beta-Strahlern in Tab.8 zu erklären.

Betriebsdauer

Die Betriebsdauer des MyRIAM im Batteriebetrieb wurde folgendermaßen getestet:

- Entladung der NiMH-Batterien mit dem Ladegerät (gelbe Taste)
- Laden der NiMH-Batterien mit dem Ladegerät (3 Stunden)
- Einschalten des MyRIAM
- Start der Messung mit laufender Pumpe (manueller Betrieb)
- Dauer der Messung bis zur automatischen Abschaltung
- Automatische Abschaltung nach *45 Stunden*

Die automatische Abschaltung erfolgte nach *45 Stunden* und entspricht etwa den technischen Angaben. Die Betriebszeit ist ausreichend für eine Arbeitswoche bei einem täglichen Betrieb von etwa 8 Stunden. Nach dem automatischen Abschalten bleiben die Messdaten noch ge-

speichert und müssen vor der nächsten Messung bei Bedarf mit dem Computer ausgelesen werden.

Temperaturtest

Das Temperaturverhalten des MyRIAM wurde folgendermaßen getestet:

- Test in der Temperaturkammer
- MyRIAM-Intervallmesszeit: 15 min
- Installation eines frischen Filters
- Batterien voll geladen
- Test bei -10, 0, 20 und 50°C
- 3 Stunden Verweildauer bei -10, 0 und 50°C
- Nach 3 Stunden 15min Messung (Radonkonzentration)

Tab.9: Temperaturtest des MyRIAM

Temperatur °C	Einschalten	Display	Start der Messung	Messergebnis Bq/m ³	Auschalten
-10 über 3 Stunden	+	- leicht träge	+	35	+
0 über 3 Stunden	+	+	+	40	+
+20 Raumtemperatur	+	+	+	48	+
+50 über 3 Stunden	+	+	+	60	+

+ Funktionstest bestanden - Funktionstest mit kleinen Problemen

Das MyRIAM hat den Temperaturtest von -10 bis +50°C bestanden (Tab.9). Die leichte Trägheit des Displays bei -10°C ist akzeptabel. Die Schwankungen der Messergebnisse sind bei einer Messzeit von 15 min normal.

Filterwechsel

Der Filterwechsel sollte immer dann erfolgen, wenn sich bei längerem Betrieb (ab 50 Stunden) der Filter stärker gräulich verfärbt oder Kontaminationen der Luft mit langlebigen radioaktiven Stoffen gemessen wurden.

Der Detektorkopf (Abb.1) ist mit dem beiliegenden Werkzeug leicht zu lösen und dann um nicht mehr als 90 Grad zu schwenken. Der Filterträger ist nun zugänglich und kann abgeschraubt werden. Im Filterträger wird das Filter ausgetauscht und wieder aufgeschraubt. Der Detektorkopf wird wieder über den Filterträger zurückgeschenkt und mit dem Werkzeug festgestellt.

Zusammenfassung

Harte Anforderungen sind an eine entsprechende Gerätetechnik gestellt:

- Unmittelbares Erkennen erhöhter Konzentrationen von Alpha / Beta-Strahlern in der Atemluft
- Niedrige Nachweisgrenzen, die kritische Situationen zuverlässig signalisieren
- Sichere Detektion von luftgetragenen Kontaminationen auch bei Vorhandensein der natürlichen Alpha / Beta-Strahler der Radon-Zerfallsprodukte

Mit dem MyRIAM wird diesen Anforderungen erstmals konkret Rechnung getragen:

- Die spektroskopische Analyse des Messfilters gestattet Nachweisgrenzen, die um Größenordnungen unter denen von Gamma-Alarmdosimetern liegen.
- Sowohl Mess-Signale möglicher Alpha- als auch Beta-Strahler werden erfasst. Das Spektrum von Nukliden ist damit voll abgedeckt.
- Die Real-Time Alphaspektroskopie erfasst den wechselnden Untergrund der Radon-Zerfallsprodukte und verhindert, dass diese unberechtigten Alarm auslösen. Wechselnde Gamma-Untergründe beeinflussen nicht das Messergebnis.
- Eine Alarmsituation (20 mSv Inhalationsdosis) kann innerhalb einer Minute erfasst werden, die Signifikanz des Alarms liegt bei 99,7 %.
- Nach erfolgter Exposition kann der Messfilter in einem separaten Filter-Modus hochauflösend hinsichtlich der Kontamination untersucht werden. Dem Träger des Gerätes stehen damit Angaben zu Art und Höhe seiner erhaltenen Dosis zur Verfügung.
- Das Sammeln der radioaktiven Isotope auf einem Filter entspricht der Deposition im menschlichen Respirationstrakt.

Empfohlene Anwendungsbereiche

Dosimeter-Modus

Nach Beendigung der Probennahme (Pumpe aus) zerfallen die kurzlebigen Radonfolgeprodukte (insb. Po-218) auf dem Messfilter, während die LLRD Nuklide erhalten bleiben. Im Dosimeter-Modus kann daher ohne möglichen Background durch Radon-Folgeprodukte eine detaillierte Filteranalyse durchgeführt werden. Neben einer niedrigen Nachweisgrenze (0.1 mSv/Monat mit 10% Fehler) bietet sich die Möglichkeit, durch Energiekalibrierung die Art der Kontamination zu bestimmen

Alarm-Modus

Schneller Alarmmodus mit 1 Minuten Integrationsintervall der Filteranalyse ermöglicht unmittelbare Reaktion auf Gefahrenzustände im Vorfeld einer kritischen Dosisüberschreitung. Ein langsamer Kanal integriert mit höchster Zählstatistik und erlaubt dadurch auch die Überwachung von Arbeitsplätzen.

Die akkumulierte Dosis für Alpha und Beta-Expositionen wird On-Line angezeigt. Dosisüberschreitungen werden akustisch und optisch signalisiert

Literatur

- [1] Präsentation - Konferenz NUSEC, Salzburg, Juli 2005:
Individual protection against inhalation of
long living radioactive dust due to an uncontrolled release
Streil, T., V. Oeser, R. Rambousky* and F.W. Buchholz*
SARAD GmbH, Wiesbadener Str. 10-20, D-01159 Dresden
*Armed Forces Scientific Institute for Protection Technologies- NBC Protection
PO.Box 1142, 29633 Munster, Germany

TRAGBARES HOCHLEISTUNGSSPÜRSYSTEM FÜR RADIOAKTIVE QUELLEN

PORTABLE HIGH PERFORMANCE DETECTION SYSTEM FOR RADIOACTIVE SOURCES

M. Iwatschenko-Borho
Thermo Electron (Erlangen) GmbH
Erlangen

Zusammenfassung

Um den besonderen Erfordernissen bei der Prävention von Anschlägen mit radioaktivem bzw. spaltbarem Material im Rahmen der nuklearen Gefahrenabwehr Rechnung zu tragen, wurden spezielle Messgeräte für den aktiven Intensivbetrieb und die Routineüberwachung entwickelt. Diese Instrumente können sowohl zur kleinräumigen Strahlersuche, wie auch zur Schnellvermessung von kontaminierten Gebieten und Gebäuden verwendet werden.

Das komplette tragbare System ist unkompliziert zu bedienen und extrem leichtgewichtig. Zwei großvolumige He-3 Zählrohre sind in einen kleinen Rucksack integriert und dienen der schnellen Erkennung von Neutronenstrahlung. Ein ebenfalls eingebauter NBR-Detektor (**N**atural **B**ackground **R**ejection) gewährleistet die Erkennung von geringsten Beiträgen künstlicher Gamma-Quellen auch bei ausgeprägten Fluktuationen der natürlichen Hintergrundstrahlung. Zusätzlich sorgt ein am Gürtel getragener Gamma Pager mit NaI(Tl)-Detektor für ein möglichst isotropes Ansprechvermögen des Gesamtsystems auch gegenüber sehr niederenergetische Gamma- und Röntgenstrahlung. Dieses Taschengerät von der Größe eines Mobiltelefons ist ebenfalls mit einem Verfahren zur Unterdrückung von umgebungsstrahlungsbedingten Alarmen ausgerüstet und kann deshalb auch als alleiniges, am Körper getragenes oder im Fahrzeug befestigtes Warngerät, im Dauereinsatz betrieben werden.

A new generation of portable instruments was developed in order to meet the specific requirements of a search for hidden improvised radiation devices respectively special nuclear material. These detectors can be used for the local search as well as for the immediate screening of contaminated areas and buildings.

The complete portable system is easy to use and extremely light weight. Neutron detection is performed by two large volume He-3 tubes which are integrated into a small size backpack. Even in case of large variations of the natural background during the search, very small contributions of artificial gamma radiation can be detected by a NBR-detector (**N**atural **B**ackground **R**ejection). Isotropic response even to low energy gamma and x-rays is achieved by an additional gamma pager worn at the belt. This pocket-size instrument incorporates a similar natural background rejection technique as the main NBR-detector of the system. Thus it can be used as a routine personal radiation detector – alternatively worn at the belt or installed behind the windshield of any car.

1 Grundüberlegungen zum Aufspüren radioaktiver Strahlenquellen

Die 3 Grundparameter des Strahlenschutzes (Abstand, Abschirmung und Expositionszeit) beschreiben die Problematik beim rechtzeitigen Auffinden versteckter Strahlenquellen im Rahmen der nuklearen Gefahrenabwehr: Das Abstandsgesetz ($1/r^2$) für die Dosisleistung führt bereits ohne Berücksichtigung von Streuung und Absorption dazu, dass die Signalstärke im **Abstand** von 10 m bereits auf ein hundertstel des entsprechenden Wertes in 1 m Abstand abgesunken ist.

Eine in den meisten Szenarien anzunehmende **Abschirmung** (z. B. Transportbehälter) führt zu einer weiteren Signalabschwächung – im Extremfall um mehrere Größenordnungen. Da sich bei der Suche Quelle und Messgerät stets relativ zueinander bewegen, beträgt die **Zeitdauer** der größten Annäherung, und damit die zur Verfügung stehende Messzeit nur wenige Sekunden oder gar nur Sekundenbruchteile. Aufgrund dieser Überlegungen ist es unabdingbar, dass möglichst viele Detektoren mit möglichst hoher Zählwirksamkeit zum Einsatz kommen. Bei der Auswahl der geeigneten Messtechnik ist dabei zunächst zwischen Gamma und Neutronenstrahlung zu unterscheiden.

1.1 Gammadetektion – Spektroskopie oder „Brute Force“?

Hier zeigt sich bereits aufgrund einfacher qualitativer Überlegungen, dass die Verwendung hochauflösender Spektrometer für die Quellensuche in den meisten Szenarien nicht erforderlich bzw. sinnvoll ist: Comptonstreuung in der Quellenabschirmung kann zu einer weitgehenden Auslöschung des „nuklearen Fingerabdrucks“ führen und die geringe Zählwirksamkeit und kurze Messzeit macht in der Regel mangels statistischer Aussagekraft eine spektroskopische Suche nicht möglich. Darüberhinaus sind es natürlich auch Kostengründe, die den massiven Einsatz von Detektoren mit hohem energetischen Auflösungsvermögen verbieten. Große, und damit auch schwere NaI(Tl)-Detektoren stellen einen Kompromiss in Bezug auf Kosten und Auflösungsvermögen dar und erlauben in Kombination mit einer zur Spektralanalyse geeigneten Elektronik in bestimmten Fällen nach Auffinden einer Quelle eine Interpretation der gemessenen Strahlung – zur Alarmgebung im Spürbetrieb muss jedoch aufgrund der oben genannten Problematik abgeschirmter Quellen die Messung der Gesamtzählrate verwendet werden. Auf der anderen Seite ist jedoch das Leistungsvermögen einer rein quantitativen Messung stark limitiert. Die Schwankungsbreite des Gehalts natürlicher Radioaktivität in der Umgebung manifestiert sich gerade in Städten durch eine kleinräumige Variation der Gammadosisleistung zwischen etwa 10 nSv/h und 200 nSv/h. Ein schönes Beispiel ist die Fassade im Eingangsbereich des Tagungsgebäudes in Bonn! Man hat daher zunächst nur die Wahl zwischen häufigen Fehlalarmen bei niedrigen Warnschwellen oder höheren Schwellen mit entsprechend schlechterer Nachweisgrenze.

Um einen Ausweg aus diesem Dilemma zu finden, wurde bereits im Jahr 1996 in Erlangen das sogenannte NBR-Verfahren (Natural Background Rejection) [1,2] durch die Firma Thermo Electron (Erlangen) GmbH entwickelt und patentiert. Diese Methode, wird in Deutschland seit vielen Jahren unter anderem bei den ABC-Erkundern eingesetzt [3], während in den USA das Potential dieser Kompensationsmethode erst vor kurzem erkannt wurde [4].

Das NBR-Verfahren basiert auf der empirischen Beobachtung, dass bei organischen Szintillatoren ein hohes Maß an Stabilität für die gemessene Energieverteilung im natürlichen Strahlungsfeld zu verzeichnen ist. Durch permanente Auswertung der Intensitätsverhältnisse zwischen verschiedenen Bereichen des Impulshöhenspektrums, lassen sich künstliche

Strahlungsanteile im 20 % Bereich der jeweiligen natürlichen Strahlungsintensität innerhalb weniger Sekunden erkennen. Für den besonders interessanten Bereich unterhalb von ca. 400 keV (U-235 und Pu-239) genügen damit auch bei tragbaren Geräten Dosisleistungsbeiträge von wenigen nSv/h um einen Alarm auszulösen. Zwar werden durch das NBR-Verfahren auch medizinische Nuklide (z. B. bei Patienten der Nuklearmedizin) als „künstlich“ erkannt – die Zahl der so verursachten „unschuldigen“ Alarme ist jedoch auch beim mobilen Einsatz in Großstädten um Größenordnungen niedriger als es bei der Anwendung eines Gesamt-Gammaverfahrens gleicher Empfindlichkeit der Fall wäre (Abb. 1).

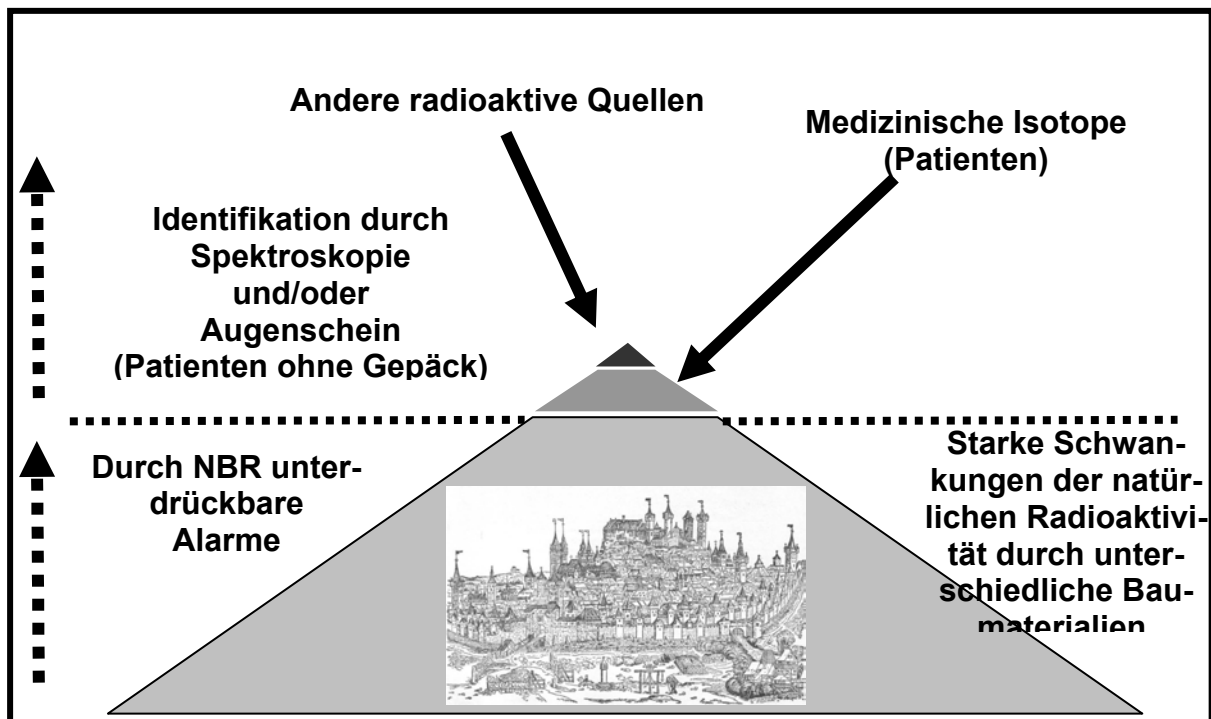


Abb. 1: Qualitative Darstellung der Gamma-Alarmhäufigkeit bei hoher Alarmempfindlichkeit für die mobile Suche in städtischer Umgebung.

Betrachtet man ein anderes Einsatzszenario, bei dem z. B. die Lastkraftwagen auf einer Autobahnraststätte (Abb.2.) überprüft werden sollen, kann die Störgröße „Patient“ praktisch völlig vernachlässigt werden. Die signifikante Anzahl an Fahrzeugen mit erhöhter natürlicher Radioaktivität (NORM), die erfahrungsgemäß meist ca. 1 – 3 % der Gesamtfahrzeuge ausmacht, führt bei Anwendung des NBR-Verfahrens zu keinen Alarmen.

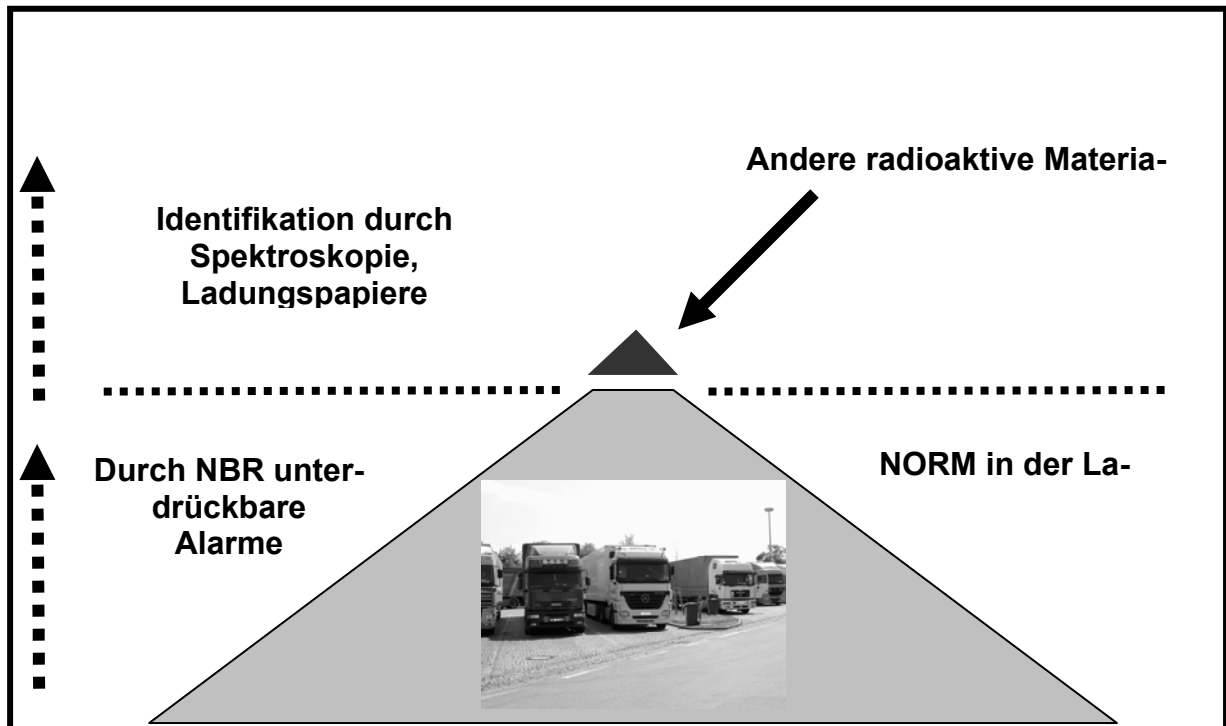


Abb. 2: Qualitative Darstellung der Gamma-Alarmhäufigkeit bei hoher Empfindlichkeit und bei der Überprüfung von Transportfahrzeugen.

1.2 „Bigger is better“ – das Maß der Dinge beim Aufspüren von Neutronenquellen

Da bei Neutronenstrahlung im Gegensatz zum natürlichen Gammauntergrund keine signifikante zeitliche und örtliche Schwankungen während des Suchbetriebs auftreten, kommt es hier nur auf die Nachweisempfindlichkeit und die hohe Trennschärfe gegenüber Gammastrahlung an. Bei tragbaren Geräten ist daneben auch ein möglichst geringes Gewicht von Bedeutung, so dass He-3 Zählrohre die erste Wahl darstellen. Da hier auf Moderatormaterial weitgehend verzichtet werden muss, ist es zur Erhöhung der Empfindlichkeit für schnelle Neutronen von großem Vorteil, die Zählrohre möglichst nahe am Körper des Benutzers anzuordnen. Einem Rucksackdesign ist deshalb nach Möglichkeit der Vorzug gegenüber alternativen Anordnungen (z. B. Tragekoffern) zu geben.

2 Aufbau des Spürsystems

Das komplette aktive Spürsystem besteht aus der Kombination eines hochempfindlichen Gamma-Neutronen Spürsacks (FHT 1377) und einem am Gürtel getragenen Gammapagers mit NaI(Tl)-Detektor (RadEye PRD).

2.1 Gamma-Neutronen Spürsack FHT 1377

Dieses Instrument beinhaltet einen zylindrischen NBR-Detektor (ca. 800 cm³ Detektionsvolumen) zur Erfassung künstlicher Gamma-Quellen und 2 großvolumige He-3 Zählrohre (je ca. 800 cm³, 2,5 bar) zur Neutronendetektion. Die Detektoren sind zusammen mit dem Vorver-

stärker und Auswerteprozessor sowie dem Batteriemodul in einem ultraleichten Rucksack mit 700 g Leergewicht integriert. Eine für den Spüreinsetz optimierte Anzeigeeinheit mit Leuchtdioden und abschaltbarem Schallgeber erleichtert die Strahlersuche. Ein Ohrhörer kann zur verdeckten Ermittlung bzw. in lauter Umgebung angesteckt werden. Alarme können drahtlos zu einem oder mehreren Empfängern übertragen werden und z.B. per Vibrator signalisiert werden. Ebenso ist eine online Funkübertragung der Messdaten optional möglich. Der Stromverbrauch ist sehr niedrig, die typische Betriebsdauer der wiederaufladbaren Batterien liegt bei ca. 72 h für das Gesamtsystem. Für wissenschaftliche Untersuchungen und retrospektive Datenanalysen kann ein PDA zur Datenspeicherung in den Rucksack integriert werden.



Abb. 3: Ansicht und Aufbau des Gamma- und Neutronenspürrucksacks FHT 1377

2.2 Gammapager RadEye PRD

Dieses nur 160 g leichte Messgerät der Größe eines Mobiltelefons (Abb.4) beinhaltet einen NaI(Tl)-Detektor mit Photomultiplier (PMT), Hochspannungserzeuger, Vorverstärker, Auswerteprozessor mit Datenspeicher und graphischem LC-Display. Es dient neben der kompletären Erfassung von sehr niederenergetischer Gamma- und Röntgenstrahlung, auch der bequemen und genauen Lokalisierung einer Quelle. Neben der rein quantitativen Anzeige in Impulsen pro Sekunde (cps) der nachgewiesenen Gammastrahlung ab ca. 30 keV wird aus der gemessenen Impulshöhenverteilung zusätzlich die Gammadosisleistung berechnet ($\pm 30\%$ im Bereich von 60 keV bis 1.3 MeV). Durch den permanent durchgeführten Vergleich der Impulzzählrate mit der berechneten Dosisleistung erkennt das RadEye PRD Abweichungen des Strahlungsfeldes von der normalen Energieverteilung der Umgebungsstrahlung. Damit kann ähnlich wie bei dem „klassischen“ NBR-Verfahren auf der Basis großvolumiger Plastikdetektoren auch mit dem relativ kleinen anorganischen Szintillator des RadEye PRD ein Kompensationsverfahren zur gesteigerten Empfindlichkeit künstlicher Gammastrahlung bzw.

zur Unterdrückung von umgebungsstrahlungsbedingten Alarmen durchgeführt werden. Starke Abweichungen gegenüber dem natürlichen Strahlungsfeld können zur Alarmgenerierung verwendet werden und werden im Display als „niederenergetisch“ oder „hochenergetisch“ angezeigt.



Abb. 4: Gammager RadEye PRD.

Das Gerät enthält einen PMT, NaI(Tl) und arbeitet mit 2 AAA Batterien für ca. 600 h – bei permanenter Auswertung der Energieverhältnisse. Statt am Gürtel getragen zu werden, kann man das RadEye PRD auch zur mobilen Überwachung kurzfristig in jedem beliebigen Fahrzeug installieren.

3 Betrieb und erreichbare Nachweisgrenzen

Unter typischen Einsatzbedingungen können mit dem FHT 1377 auch geringe künstliche Strahlungsbeiträge in wenigen Sekunden nachgewiesen werden. Die Auswertung wird dabei im 100 ms Takt aktualisiert, um eine möglichst verzögerungsfreie Reaktion zu gewährleisten. Durch die Verwendung von besonders selektiertem Szintillationsmaterial in Verbindung mit einem rauscharmen PMT wird auch niederenergetische Gammastrahlung durch den NBR-Detektor erfasst. Der in den Vorverstärker integrierte Auswertrechner berechnet aus der energetischen Verteilung der Gammastrahlung sowohl die Umgebungs-äquivalentdosisleistung gemäß $H^*(10)$ als auch die mögliche Präsenz künstlicher Strahlung. Ein solcher so genannter „künstlicher Gammaalarm“ wird durch eine blinkende rote LED angezeigt (Abb. 3).



Abb. 5: Anzeigeeinheit des FHT 1377. Durch die verzögerungsfreie analoge Darstellung kann der Strahlungsintensität ermüdungsfrei auch aus den Augenwinkeln erfasst werden. Jede LED der Intensitätsskalen für Gamma (orange) und Neutronen (blau) kennzeichnet eine Verdoppelung des betreffenden Wertes. Darüberhinaus wird durch grüne bzw. rote LED der Charakter des Gammastrahlungsfeldes (natürlich bzw. künstlich) angezeigt.

Bei einer typischen natürlichen Gesamtdosisleistung (= kosmische Höhenstrahlung und terrestrische Gammastrahlung) von z. B. 100 nSv/h entsprechen diese erkennbaren Signalstärken für Gammastrahlung einer zusätzlichen Dosisleistung ca. 1 nSv/h bei 100 keV ca. 10 nSv/h bei 1 MeV. Bei Neutronenstrahlung liegen die alarmlösenden Dosisleistungen bei ca. 30 nSv/h für 2 MeV und wenigen nSv/h für stark moderierte Neutronen. Damit übertrifft das System FHT 1377 die für „Pager“ geforderte Empfindlichkeit [5] um mehr als 1 Dekade bei Gammastrahlern und um 2 Dekaden bei Neutronenstrahlern.

Sowohl der Körper des Rucksackträgers als auch der neben den He-3 Zählrohren befindliche NBR-Detektor haben eine deutliche Moderationswirkung und erhöhen damit die Nachweisesempfindlichkeit - ohne zusätzliches Gerätegewicht. Experimentell ergibt sich bei einer unmoderierten Cf-252 Testquelle eine Verdreifung des Ansprechvermögens für eine Einstrahlrichtung von vorne. Dagegen bewirkt in dieser Geometrie der Körper des Benutzers für niederenergetische Gammastrahlung eine erhebliche Abschwächung. Aus diesem Grunde sollte der Benutzer des FHT 1377 das RadEye PRD stets zusätzlich vorne rechts am Gürtel (also genau 180° gegenüber dem im Rucksack befindlichen NBR-Detektor) tragen. Im Bereich unterhalb von 100 keV ist das RadEye PRD dabei dem großvolumigen NBR-Detektor im Rucksack FHT 1377 durchaus ebenbürtig, unterhalb von 50 keV sogar überlegen.

4 Schlussfolgerungen

Die spezifischen messtechnischen Probleme beim Aufspüren gefährlicher radioaktiver Quellen erfordern bezüglich der Geräteauswahl eine sorgfältige Trennung der Messaufgaben „Suche“ und „Auswertung“. Kostspielige Spektroskopiesysteme sind hierbei für den primären Schritt des Aufspürens von Quellen weder erforderlich noch geeignet. Um einen effektiven Schutz der Bevölkerung zu ermöglichen und unter dem Aspekt einer bestmöglichen Mittelverwendung sollten daher bei den Einsatzteams für den Spürbetrieb optimierte System zum Einsatz kommen.

Für die intensive und aktive Strahlersuche im konkreten Verdachtsfall, anlässlich von Großereignissen oder zur punktuellen mobilen Überprüfung von Transportfahrzeugen stellt die Kombination des Gamma-Neutronen Rucksacks FHT 1377 mit dem Gamma Pager RadEye PRD eine optimale tragbare und sofort betriebsbereite Ausrüstung dar. Im passiven Routinebetrieb, z. B. bei Polizei und Zoll, könnte das permanent am Gürtel getragene oder im Fahrzeug befestigte RadEye PRD einen wesentlichen Beitrag zum großflächigen Schutz gegenüber „radioaktiven Überraschungen“ liefern.

5 Literatur

- [1] M. Iwatschenko-Borho, Schnellerkennung von Gammakontaminationen, Internationale Zeitschrift für Kernenergie, atw 42 (1997) 98-99
- [2] M. Iwatschenko-Borho, L.Dederichs, F. Nürbchen, W. Schiefer, W. Rieck, Schnellerkennung von künstlichen Gammastrahlern mit dem NBR-Verfahren, 10. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Hamburg (1998) 157 -162
- [3] W. Tschauder, M. Iwatschenko-Borho, W. Schiefer, Radiologische Aufgaben und Ausstattung der neuen ABC-Erkundungsfahrzeuge des Bundesamts für Zivilschutz, Gemeinsame Tagung des Österreichischen Verbandes für Strahlenschutz und des Fachverbandes für Strahlenschutz e.V. für die Bundesrepublik Deutschland und die Schweiz, Gmunden (2001) 430 – 434
- [4] J.H. Ely, R.T. Kouzes, B.D. Geelhood, J.E. Schweppe, R.A. Warner, Discrimination of Naturally Occurring Radioactive Material in Plastic Scintillator Material, Conference Nuclear Science Symposium Conference Record, 2003 IEEE, 1453- 1457 Vol.2
- [5] ANSI 42.32-2003, American National Standard Performance Criteria for Alarming Personal Radiation Detectors for Homeland Security

EINSATZ EINES MOBILEN UND AUTARK BETRIEBENEN MESSNETZES BEIM ZIVIL- UND KATASTROPHENSCHUTZ

W. Bürkin, R. Dielmann
Genitron Instruments GmbH
Frankfurt/Main

Die derzeitige wachsende Bedrohung durch den internationalen Terrorismus rückt auch die Gefahr von Anschlägen unter Verwendung atomarer, biologischer und chemischer Substanzen in den Bereich des Möglichen. Solche Gefahren müssen frühestmöglich erkannt und validiert werden können, um das Risiko für die Bevölkerung gering zu halten. Dazu müssen verlässliche Echtzeit-Messungen verfügbar sein, die unmittelbare Auswertung und zeitnahe Weiterleitung der Daten an die Krisenstäbe ist notwendig.

Es wird ein kompaktes und hoch flexibles Messsystem zur Überwachung der Gamma-Ortdosisleistung mit funkgestützter Datenübertragung vorgestellt. Im Gegensatz zu üblichen Funkmessnetzen, die auf öffentliche Mobilfunkdienste (D1, D2...) zurückgreifen, wird hier eine proprietäre Datenfunktechnologie eingesetzt. Da öffentliche Mobilfunkdienste in Katastrophenszenarien als nicht ausreichend zuverlässig gelten, liegt ein besonderes Augenmerk auf der Frage nach der Verfügbarkeit dieses anwendereigenen Systems sowie seiner Messdaten unter Störfallbedingungen.

Schlussworte von

Herrn Regierungsdirektor Dr. Andreas Bühling
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Meine sehr verehrten Damen und Herren, liebe Kolleginnen und Kollegen,

so wie ich die Gelegenheit hatte, Sie hier vor zwei Tagen zu begrüßen, so möchte ich doch auch die Gelegenheit wahrnehmen, einige Schlussworte zu Ihnen zu sprechen, ehe Sie Bonn mit hoffentlich guten Erinnerungen verlassen.

Ich hatte Sie begrüßt mit der Versicherung, dass die Zahl 13 kein schlechtes Omen sei. Ich habe Recht behalten.

Wir haben in den vergangenen Tagen ein interessantes Fachgespräch erlebt mit einer Vielzahl von Vorträgen aus verschiedenen Disziplinen und Aufgabenbereichen. Die Breite des Spektrums unserer und vor allem ihrer Arbeit unter dem Oberbegriff „Überwachung der Umweltra dioaktivität“ ist dabei, glaube ich, allen deutlich geworden, auch wenn der Schwerpunkt der Tagung diesmal eindeutig auf dem Notfallschutz lag. Ich hoffe aber, dass auch diejenigen, die nicht unmittelbar mit diesem Aufgabenbereich zu tun haben, mit Interesse zugehört haben.

Ich hatte eingangs auch behauptet, dass wir gut gerüstet seien im Hinblick auf die Bewältigung eines kerntechnischen Ereignisses; ich glaube auch das ist bestätigt worden. Wir haben in diesen Tagen einen guten Überblick erhalten, über die Anstrengungen, die in den vergangenen Jahren unternommen worden sind, um im Falle eines Falles reaktionsfähig zu sein.

Lassen Sie mich nur einige Beispiele nennen:

- Es wurde berichtet, dass das für den Ereignisfall vorgesehene Messprogramm nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz, das Intensivmessprogramm, den zeitlichen Abläufen eines Ereignisses angepasst wurde.
- Ich persönlich wurde dahingehend beruhigt, dass unsere Messnetze in Zukunft ein lokales Ereignis mit radioaktiven Freisetzungen vielleicht doch nicht übersehen werden.
- Wir haben weiterhin gehört, wie Anstrengungen unternommen werden, Modellaussagen mit Hilfe erster Messwerte zu korrigieren bzw. zu verbessern.
- Und heute noch haben wir Beiträge über Hilfsmittel zur Unterstützung des Krisenmanagements in den Ländern und beim Bund gehört.

Aber es wurden auch Vorschläge zur Verbesserung gemacht oder auf Notwendigkeiten weiterer Arbeiten hingewiesen:

- Wie zum Beispiel auf die Notwendigkeit zur Einbeziehung von so genannten Stakeholdern in den Entscheidungsprozess bei der Planung und Durchführung von Maßnahmen,
- oder auf die Abstimmung mit unseren Nachbarstaaten bei der Einleitung von Maßnahmen oder den internationalen Datenaustausch.

Kernkraftwerksunfälle kennen keine Grenzen, die europäischen Bürger auch nicht mehr. Wir werden dies berücksichtigen, wie wir es bereits bei jüngeren Übungen getan haben.

Ich hatte in meiner Begrüßung auch auf die entstandene neue Bedrohung hingewiesen und gesagt, dass es trotz einiger Anstrengungen, die schon unternommen worden sind, noch viel zu tun gibt. Ich glaube, wir konnten uns überzeugen, dass diese Bedrohungssituation erkannt ist und an diesem Problem gearbeitet wird. Es wurden in diesem Zusammenhang einige Vorschläge unterbreitet, denen wir im BMU und sicher auch die Vertreter der Länder aufmerksam gelauscht haben.

Ich glaube, das Programm war rund - mit Ihrer Hilfe; der Aufwand hat sich gelohnt.

Es bleibt mir zum Abschluss nur noch, den Organisatoren dieses Fachgesprächs, insbesondere unserem Cheforganisator, Herrn Professor Bayer, dem Programmausschuss, den Organisatoren hier vor Ort, sowie allen, die zum Gelingen des Fachgesprächs beigetragen haben, herzlich zu danken.

Ich danke auch besonders den Vortragenden für ihre interessanten Ausführungen und ich danke nicht zuletzt auch Ihnen allen hier im Saal für Ihre Teilnahme, Aufmerksamkeit und ihre Diskussionsbeiträge, – und dass unsere Bitte, die Handys stumm zu schalten, doch beachtet wurde.

Ich wünsche Ihnen eine gute Heimfahrt und hoffe, dass wir uns spätestens beim 14. Fachgespräch wieder sehen, wo auch immer dieses stattfinden wird.

Vielen Dank!

Das 13. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität – ein Resümee

A. Bayer, F. Eberbach, G. Haase, M. Müller-Neumann,
St. Mundigl, Chr. Salfeld, H. Schnadt, Th. Steinkopff, U. Stöhlker

Nachdem im Jahre 2003 das 12. Fachgespräch sich mit allen Komponenten der Überwachung der Umweltradioaktivität befasste, lag der Schwerpunkt des 13. Fachgesprächs auf der Überwachung im Ereignisfall.

Für drei Tage – vom 04. bis 06. April 2006 – versammelten sich etwa 160 Fachleute aus Bundes- und Länderbehörden, von Universitäten und Forschungszentren sowie von Messgeräte- und Softwareherstellern zur gegenseitigen Information über die neueren Forschungsergebnisse und zu intensivem Gedankenaustausch. Über 50 wissenschaftliche Beiträge wurden in Form von Vorträgen präsentiert. Am Rande des Fachgesprächs hatten etwa 15 Messgeräte- und Softwareaussteller die Gelegenheit zu einer kleinen Ausstellung, bei der sie die neuesten Entwicklungen und Produkte vorstellten.

Die in den wissenschaftlichen Beiträgen behandelten Themengruppen umfassten:

A Richtlinien und Regelungen für die Überwachung im Ereignisfall

Das Fachgespräch wurde mit einem Überblick über die historische Entwicklung der Überwachung der Umweltradioaktivität in der Bundesrepublik Deutschland seit Anfang der fünfziger Jahre bis heute eröffnet. Dabei wurde gezeigt wie diese Entwicklung durch die oberirdischen Kernwaffentest und den resultierenden Fallout, den Beginn der großtechnischen Nutzung der Kernenergie und schließlich den Unfall in Tschernobyl entscheidend geprägt wurde.

Anschließend wurde eine der jüngsten Anpassungen der Programme zur Überwachung der Umweltradioaktivität, die Überarbeitung des Intensivmessprogramms zur AVV-IMIS, das im kommenden Jahr mit der neuen AVV-IMIS in Kraft treten soll, vorgestellt. Eine wesentliche Änderung besteht in der neuen Strukturierung des Intensivmessprogramms, die sich konsequent an den drei verschiedenen Zeitabschnitten orientiert, die bei großräumigen Kontaminationen der Umwelt in einem Ereignisfall – gegebenenfalls auch mehrfach – aufeinander folgen können.

B Europäische und internationale Strategien, Planungen für den Ereignisfall, Erfahrungen aus Übungen

Die Sitzung wurde eingeleitet durch einen Vortrag über die Aufgaben und Möglichkeiten des deutschen Wetterdienstes (DWD) im Rahmen des Notfallmanagements im Inland sowie internationaler Vereinbarungen mit der IAEA und der WMO. Dazu gehören vor allem die numerische Wettervorhersage und darauf aufbauend weiträumige Ausbreitungsprognosen, die im Rahmen des IMIS und auch für das System RODOS zur Verfügung gestellt werden (u.a. Trajektorienanalysen).

In einem Vortrag aus dem Forschungszentrum Karlsruhe wurde über ein von der europäischen Kommission mit dem 5. Rahmenprogramm gefördertes Netzwerk berichtet, welches die Kommunikation und das Verständnis zwischen dem operationellen Natfallschutzmanagement einerseits und den Entwicklern von Methoden und Werkzeugen für den Natfallschutz andererseits intensivieren sollte. Unter dem Acronym DSSNET (Decision Support System Network) beteiligten sich 37 Institutionen aus 21 Ländern, es wurden fünf problemorientierte Übungen mit verschiedenen Szenarien (vom Nahbereich bis zu großen Entfernungen, auch grenzüberschreitend) durchgeführt, deren Analyse zu weiteren Verbesserungen u.a. des RODOS-Systems geführt hat.

In einem Folgevortrag wurde über die Fortführung des Projektes im Rahmen des EURANOS berichtet. Ziel ist die Steigerung der Leistungsfähigkeit des anlagenexternen Natfallschutzes bei nuklearen oder radiologischen Notfällen in Europa. Insgesamt bilden dabei 17 nationale Natfallschutzzentren und 33 Forschungsinstitutionen eine Plattform, um in einem strukturierten Dialog die in den letzten Jahren entwickelten Produkte und Methoden in sog. Demonstrationsprojekten zu testen und die dabei gewonnenen Erfahrungen mit den Entwicklern dieser Produkte rückzukoppeln. Daraus ergeben sich dann weitere Forschungs- und Entwicklungsarbeiten.

In einem weiteren Vortrag wurde über die Verfahren des bilateralen Daten- und Informationsaustausches zwischen den Niederlanden und Deutschland berichtet. Diese Verfahren wurden von einer Unterarbeitsgruppe der Niederländische-Deutschen Kommission für Kernanlagen (NDKK) erarbeitet und von dem dafür zuständigen Gremium der NDKK verabschiedet. Es wurden die verschiedenen behördlichen Ebenen, die unterschiedlichen Meldeverfahren sowie die technische Realisierung aufgezeigt.

Im letzten Vortrag zu dem Gruppenthema wurde über die Implementierung von Entscheidungshilfesystemen in Österreich berichtet. Es wurde über die verschiedenen in Österreich eingesetzten Entscheidungshilfesysteme informiert: TAMOS zur Berechnung großräumiger Trajektorien, das im Testbetrieb befindliche RODOS-System und das aufgrund einer bilateralen Vereinbarung zwischen Österreich und der tschechischen Nuklearaufsichtsbehörde auch von Österreich genutzte System Este (für die Kernkraftwerke Dukanovy und Temelin). Alle Systeme sind über ein internes Netzwerk verknüpft. Weiterhin wurde über den Einsatz und dieser Systeme bei verschiedenen Natfallschutzübungen (ConvEx-2005, INEX-3 u.a.) berichtet.

C Quelltermabschätzung

In dem einzigen Beitrag zum Thema "Quellterm" wurde über ein schnelles und einfach zu bedienendes Rechenprogramm berichtet, mit dem im Ereignisfall in einem Kernkraftwerk eine frühzeitige Prognose der Art und Menge der Radionuklidfreisetzung („Quellterm“) in die Umgebung vorgenommen werden kann. Das oberste Ziel dabei ist, die Zuverlässigkeit der Eingabedaten für das Entscheidungshilfesystem RODOS und somit der Ergebnisse für die Lagebewertung zu erhöhen und dadurch den erforderlichen Schutz der Bevölkerung optimal zu gewährleisten. Dieses Rechenprogramm wurde in einer Notfallübung in einer Referenzanlage getestet. Durch eine elektronische Übermittlung des Quellterms in einem mit RODOS kompatiblen Format wird eine schnelle und zuverlässige Lagebewertung seitens der zuständi-

gen Behörden ermöglicht und Fehlerquellen und zeitliche Verzögerungen nach Möglichkeit minimiert.

D Messtechnik, Schnellmethoden

In einem Ereignisfall (Intensivbetrieb nach AVV-IMIS, Störfall/Unfall nach REI) gilt es, so früh wie möglich über verlässliche Messwerte zur weiteren Bewertung der Situation zu verfügen. Bei der kontinuierlichen Überwachung einerseits sind also Verfahren gefragt, die gegenüber den Messwerten des Normalbetriebs signifikant eine Erhöhung durch künstliche Radionuklide erlauben. Bei der Erhebung von Messwerten bei erhöhten Aktivitätskonzentrationen andererseits sind Verfahren gefragt, die schnell Ergebnisse liefern. Dabei werden höhere Nachweisgrenzen als im Normalbetrieb in Kauf genommen. In dieser Sitzung wird ein Einblick gegeben in die Verfahrensoptimierung bei der kontinuierlichen Überwachung, in moderne komplexe Systeme zur direkten Bestimmung einzelner Isotope und in Optimierungen bei der radiochemischen Analyse.

Die Sitzung wurde durch den Deutschen Wetterdienst, der ein Monitorverfahren zur direkten Bestimmung der aerosolpartikelgebundenen künstlichen Alpha- und Betaaktivität im Messnetzbetrieb vorstellte, eröffnet. Der Deutsche Wetterdienst wird gemäß den Vorgaben der Messprogramme für den Normal- und den Intensivbetrieb die Aktivitätskonzentration aerosolpartikelgebundener Radionuklide kontinuierlich an seinen Radioaktivitätsmessstationen überwachen. Dort wird neben einem gammaspektrometrisch messenden Verfahren ein zweiter Monitor zur direkten Messung der künstlichen Alpha- und künstlichen Betaaktivität eingesetzt. Das BfS erörterte den Einsatz der Aerogammaspektrometrie nach einem kerntechnischen Unfall. Hierbei kommt ein Hubschrauber zum Einsatz, der mit einem Gammaspektrometrie-Messsystem ausgestattet ist. Dadurch ist es möglich, schnelle, großräumige und nuklidspezifische Messungen der Umweltradioaktivität nach einer Freisetzung radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen durchzuführen. Weitere Aufgaben der Aerogammaspektrometrie sind das Aufspüren, Lokalisieren und Kartieren natürlicher Strahlungsanomalien infolge industrieller oder bergbaulicher Tätigkeiten sowie die Suche nach verloren gegangenen radioaktiven Quellen. Ein weiterer Vortrag diskutierte die Qualitätssicherungsmaßnahmen im Gamma-Ortsdosisleistungsmessnetz des BfS bei der Umstellung auf die neue Dosisleistungsmessgröße \dot{H}^* (10). Entsprechend werden von der PTB neue Anforderungen an die Ortsdosimeter zur Messung der Umgebungs-Äquivalentdosisleistung definiert. Da ein Austausch der existierenden Sonden nicht in Frage kommt, werden die Eigenschaften dieser untersucht, um so durch geeignete Maßnahmen den gesetzlichen Anforderungen auch nach einer Übergangsfrist zu entsprechen. Die fachliche Weiterentwicklung des BfS-Radioaktivitätsmessnetzes zur Nachweisbarkeit auch kleinräumig erhöhter, unfallbedingter Umweltkontamination wurde in einem weiteren Vortrag aufgezeigt. Im Rahmen dieser Studie wurde eine Verfeinerung der Prüfalgorithmen durchgeführt und eine Modernisierung der Hardwarekomponenten für die Datenerfassung und Übertragung realisiert, so dass künftig auch der frühzeitige Nachweis kleinräumiger erhöhter Umweltradioaktivität geführt werden kann. Die anschließenden Ausführungen beschäftigten sich primär mit Störeinflüssen auf Messdaten zur Ortsdosisleistung. So können z.B. Regenereignisse, Gebäude oder Vegetation die Interpretierbarkeit der Daten sowie deren Auswertung durch die Entscheidungssysteme stören. Diese Störungen der ODL-Sonden lassen sich allerdings in der Zukunft durch automatisierbare und verfeinerte Prüfungen der Rohdaten erkennen.

Die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) erläuterte die Messprogramme des Normal- und des Intensivbetriebs bei der Überwachung der Bundeswasserstraßen. Hier lässt sich unterscheiden zwischen einem Frühwarnsystem mit Eigenmeldungen bei einer Überschreitung von Schwellenwerten zum Beispiel >25 Bq/l für die Gesamt-Gamma-Aktivität, Probeentnahme und getrennter Messung im Isotopenlabor sowie Ausbreitungsprognosen. Zur kontinuierlichen Qualitätssicherung tragen Übungen bei.

Die Vorteile eines speziell entwickelten Messbehälters mit automatischer Spülvorrichtung wurden vorgestellt. Dieser soll Schwebstoffablagerungen verhindern, die zu Störungen der Messung führen.

Im Zusammenhang mit den geforderten Messungen im Stör- und Unfallbetrieb eines Endlagers für radioaktive Abfälle stellte die Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel (BFEL) ein Trennverfahren zur Bestimmung von I-129 in Rohmilchproben mit einer NWG von 2 Bq/l vor. Zur Bestimmung von Thoriumisotopen in Pflanzen und Bewuchs bezogen auf den Stör- und Unfallbetrieb von Brennelementfabriken wurde eine Methode beschrieben, mit der Nachweisgrenzen von 5 mBq/kg FM erreicht werden. Weiter wurde auch die Analyse von Strontium-90 in Pflanzen, Futter und Nahrungsmittel anhand des radiochemischen Trennungsgangs diskutiert.

Zur Bestimmung von Uran $^{234}/^{235}/^{238}$ und Th-232 in Klärschlamm, Sedimenten, Bewuchs, Boden, Oberflächen- und Grundwasser wird vom Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) ein ICP-MS System mit Spiegeloptik in Verbindung mit einem Mikrowellenaufschluss eingesetzt. Die Auswertung einer Ringanalyse zeigte, dass die Ergebnisse der ICP-MS vergleichbar waren mit denen der alphaspektrometrischen Messungen. Das Verfahren stellt insbesondere für die Bestimmung langlebiger Alphastrahler eine Alternative dar.

Das Einsatzkonzept der NLWKN für die Messfahrzeuge zur Überwachung kerntechnischer Anlagen im Störfall/Unfall wurde vorgestellt. Dazu zählt auch ein Messfahrzeug mit zwei festinstallierten Germanium-Halbleiterdetektoren zur Messung vor Ort.

Von der Rheine-Main Water Research GmbH wurde eine alternative Methode zur Bestimmung der Gesamt-Alpha- und der Gesamt-Beta-Aktivität im Trinkwasser beschrieben. Nach Gefriertrocknung einer Trinkwasserprobe (150 - 200 ml) wird die Messung mit Flüssigszintillationsspektrometrie bei simultaner Alpha/Beta-Trennung durchgeführt. Die Nachweisgrenzen für die Gesamt-Alpha-Aktivität liegen bei weniger als 20 mBq/l und für die Gesamtbetaaktivität bei kleiner 300 mBq/l.

Die Ergebnisse der „Ringanalyse Babynahrung 2005“ (Cäsium-134, Cäsium-137 und Strontium-90) der Kieler Leitstelle zur Überwachung der Umweltradioaktivität für Boden, Bewuchs, Pflanzen sowie Nahrungsmittelpflanzlicher und tierischer Herkunft wurden in dem folgenden Vortrag präsentiert. Ziel war es die Qualität der 69 teilnehmenden radioanalytischen Labors in Deutschland zu überprüfen. Die Aktivitäten im Ringversuch wurden so gewählt, dass sie nahe an den EU-Höchstwerten liegen, die für das Inverkehrbringen von Lebensmitteln nach Stör- und Unfällen maßgeblich sind.

Im Folgenden wurde das Messnetz E.ON-BELLA - System zur Online-Überwachung der Radioaktivität in der Umgebung der Brennelemente-Zwischenlager bei KKI (Isar) und KKG (Grafenrheinfeld) vorgestellt. Dieses Messnetz dient zur kontinuierlichen Erfassung der Gamma- und Neutronen-Ortsdosisleistung in der Umgebung der Anlagen. Im Normalbetrieb werden die Daten alle 24 Stunden und im Intensivbetrieb alle 10 Minuten abgerufen. Der

vollautomatisierte Betrieb reduziert die Betriebskosten und erhöht die Verfügbarkeit und Qualität der Messdaten.

Für die Ultrapurenanalyse von Plutonium und die Messung von Isotopenverhältnissen eignet sich auch die Laser-Resonanzionisations-Massenspektrometrie (RIMS). Professor Kratz vom Institut für Kernchemie der Universität Mainz beschrieb die Möglichkeiten des Systems. Es wurde ein von einem Nd:YAG-Laser gepumptes Titan-Saphir-Lasersystem entwickelt und mit einem Flugzeitmassenspektrometer gekoppelt. Für ein einzelnes Plutonium-Isotop lässt sich eine Nachweisgrenze von 2×10^6 Atomen erreichen.

E Expositionsabschätzung aus Prognoserechnungen, aus Messdaten, Datenassimilation

Mit der Modellierung aquatischer bzw. atmosphärischer Ausbreitungsvorgänge befassten sich zwei Referate.

Für den Rhein und seine schiffbaren Nebenflüsse liegt bereits ein validiertes Ausbreitungsmodell der Bundesanstalt für Gewässerkunde (PROGNOS) vor. Im Rahmen von mehrwöchigen Feldversuchen wurden zwischenzeitlich die Dispersionsparameter für die Weser unterhalb des Kernkraftwerks Grohnde und für die Quellflüsse Werra und Fulda ermittelt. Diese Parameter sollen durch einen weiteren Markierungsversuch im Oberlauf verifiziert werden. Für die Anwendung des Modells auf die weiteren großen Flussgebiete sind in naher Zukunft keine qualitativ vergleichbaren Daten zu erwarten.

Bei der Modellierung der atmosphärischen Ausbreitung hat ein Lagrange-Partikel-Modell in Verbindung mit einem vorgeschalteten Windfeldmodell gegenüber vielen anderen Ausbreitungsmodellen im Hinblick auf die Genauigkeit große Vorzüge, sofern die erforderlichen Eingabegrößen verfügbar sind. Insbesondere bei kurzzeitigen Emissionen (Emissionsdauer < 1 h) dürfte die Verwendung dieses Modells auch im Ereignisfall attraktiv sein. Zur Verwendung für Prognosen über mehrere Stunden dürfte dieses Modell jedoch weniger in Frage kommen, da nach Angaben des Autors die Rechenzeit des Modells ca. 10% der Echtzeit beträgt. Im Ereignisfall dürfte eine Rechenzeit von mehr als 2 Stunden für eine einzige 24 Stundenprognose jedoch weniger akzeptabel sein.

Drei Vorträge befassten sich mit der Lageaufbereitung für die Fachberater Strahlenschutz bei der Katastrophenschutzsinsatzleitung bzw. in der Notfallstation. Das Programm SAFER2 setzt -wie seinerzeit sein Vorgänger- den aktuellen Leitfaden für den Fachberater Strahlenschutz um; alle für die Berechnung erforderlichen Daten werden off-line eingegeben. Für Forschungszentrum Jülich wurde ein Programmsystem für die Dosisermittlung im Ereignisfall entwickelt, das sowohl auf on-line- als auch off-line-Dateneingabe zurückgreifen kann. Auch bei diesem Programmsystem können die Ergebnisse in grafischer und tabellarischer Form ausgegeben werden. Als Entscheidungshilfe für den Arzt in der Notfallstation wurde ein Verfahren vorgestellt, mit dem Individualdosen aus externer Dosis bzw. aus der Inhalation von Iod aufgrund von Angaben zum Aufenthalt der jeweiligen Person ermittelt werden sollen. Ausgangsdaten sind die Ortsdosisleistungsmessungen und Messungen der Iodkonzentration in der Luft.

Der Maßnahmenkatalog beschreibt die Maßnahmen, die nach einer nicht unerheblichen Immission radioaktiver Stoffe ergriffen werden können. Die beiden im Jahre 1999 erschienenen Bände wurden im Jahre 2005 durch einen dritten Band ergänzt, der die Behandlung und Be-

seitigung von Abfällen im Bereich Landwirtschaft und Ernährung zum Gegenstand hat. Im Laufe dieses Jahres soll ein umstrukturierter Maßnahmenkatalog erscheinen, der auch die Aspekte der Akzeptanz näher beleuchtet und die sich daraus ergebenden Konsequenzen für eine Gesamtstrategie darstellt.

Zwei Vorträge befassten sich mit der Verbesserung der Dosisprognose im Ereignisfall mit Hilfe der Datenassimilation. Bei beiden Verfahren werden die Depositionsprognosen unmittelbar nach Wolkendurchzug mit Ortsdosisleistungsmessungen kombiniert, umso zu einer an die Realität angepassten Lagedarstellung zu kommen. Beide Verfahren befinden sich noch in der Entwicklung.

Die Bestimmung realer Dosen wurde in zwei weiteren Vorträgen vorgestellt. Der Einsatz von Ganzkörperzählern zur in-vivo-Dosimetrie von gammastrahlenden Nuklide bzw. die Verwendung von in-vitro-Verfahren wurde auch im Hinblick auf den jeweiligen Zeitbedarf erläutert. In Anbetracht des Bedarfs an entsprechender Messkapazität im Ereignisfall schlagen die Autoren vor, dass die Messstellen, die von den zuständigen Behörden für die Inkorporationsüberwachung beruflich strahlenexponierter Personen bestimmt sind, auch für die Inkorporationsüberwachung im Ereignisfall befähigt werden.

Die Reproduzierbarkeit von Thermoluminiszenz-Messungen von Ziegelsteinproben an fünf Gebäuden eines Dorfes in der Umgebung von Tschernobyl zur Rekonstruktion von Gamma-Ortsdosen wurde von 3 Laboratorien untersucht. Dabei konnten trotz unterschiedlicher Probenaufbereitung und Messtechnik bei vergleichbaren Proben weitgehende übereinstimmende Resultate gewonnen werden.

F Lagedarstellung, Bewertung und Maßnahmen

In der Sitzung F wurden in zwei Vorträgen die Angebote des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) für den nuklearen Notfallschutz dargestellt. Dazu gehört die ergänzende Ausstattung in Form von 371 Dekon P Fahrzeugen (Dekontamination Personen) sowie 367 ABC-Erkundungskraftwagen (ABC ErkKW), die durch den Bund den Ländern zur Verfügung gestellt wurden. Die Messsysteme des ABC ErkKW ermöglichen eine schnelle und zuverlässige Erkundung großer Gebiete. Ein Fahrzeug stand den Teilnehmern während der Veranstaltung zur Besichtigung zur Verfügung. Die Führung der Fahrzeuge soll zukünftig durch eine Messleitkomponente erleichtert werden. Entwicklungsbedarf besteht derzeit noch bei der Übermittlung der Daten an die bei den Ländern angesiedelten Stellen zur Ermittlung der radiologischen Lage. denis II (deutsches Notfallvorsorge-Informationssystem ist ein vom BBK aufgebautes und betriebenes Informationssystem zur Unterstützung des Krisenmanagements. Hierzu werden Daten von Bundesressorts, Ländern, Instituten und internationaler Institutionen zentral zusammengefasst, aufbereitet und berechtigten Bedarfsträgern zur Verfügung gestellt.

Vier Beiträge beschäftigten sich mit der elektronischen Lagedarstellung, die sich zunehmend webbasierter Techniken bedient. Das hat u. a. den Vorteil, dass die Stelle, die die Lage erstellt, von der Aufgabe entlastet wird, die Lagedarstellung an eine Vielzahl von Empfängern zu versenden (Push-Prinzip). Vielmehr holen sich die Empfänger die benötigten Informationen (Pull-Prinzip) Wie berichtet wurde, können die Zeiten zur Bereitstellung der Lageinformationen deutlich verkürzt werden.

Eine Mitarbeiterin des BfS stellte die zur Unterstützung der Aufgaben des Bundes in der Strahlenschutzvorsorge und bei der Unterstützung der internationalen Verpflichtungen entwickelte elektronische Lagedarstellung ELAN dar. Autorisierte Stellen können sich vorwiegend auf der Basis von Standarddarstellungen aus IMIS, PARK und RODOS schnell ein übersichtliches Lagebild verschaffen.

Die drei weiteren Beiträge zu diesem Thema beschäftigten sich mit der Lösung für die schleswig-holsteinischen Kernkraftwerke. Dabei arbeiteten die betroffenen norddeutschen Länder Schleswig-Holstein, Hansestadt Hamburg, Niedersachsen und Mecklenburg-Vorpommern zusammen. Ein Mitarbeiter der hamburgischen Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt stellte die aus der Sicht des Katastrophenschutzes zu stellenden Anforderungen an die Informationsbereitstellung vor. Die DV-technische und organisatorische Lösung der elektronischen Lagedarstellung ELDA wurde von einer Mitarbeiterin der schleswig-holsteinischen Aufsichtsbehörde, die das System betreibt, vorgestellt. Im dritten Vortrag dieser Reihe wurden die Erfahrungen aus der Übung Krümmel 2005 dargestellt, u. a. die schon oben dargestellte deutliche Zeitersparnis.

Mit der Entsorgung von Milch und Milchprodukten nach einer großräumigen Kontamination befasste sich ein Vortrag eines Mitarbeiters der Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Standort Kiel. Darin wurde auch auf die Ergebnisse eines Seminars mit Betroffenen (Milchindustrie, Abfallwirtschaft, Handel, Behörden im Bereich Landwirtschaft) eingegangen, bei dem knapp eine Woche zuvor die im Maßnahmenkatalog dargestellten Strategien kritisch diskutiert worden waren.

Ein Beitrag befasste sich mit den Technologien, die für einen miniaturisierten tragbaren Gammaskpektrometer zum Aufspüren und Identifizieren radioaktiver Substanzen vor Ort verwendet wurden.

Eine Mitarbeiterin des BMU stellte zum Abschluss der Sitzung das Konzept zur Verteilung der Iodtabletten dar. Das Konzept beschreibt eine Möglichkeit, die Verteilung der Iodtabletten im Entfernungsbereich 25-100 km bundesweit einheitlich zu organisieren und durchzuführen. Es wurde nicht verschwiegen, dass aufgrund von Zuständigkeitsfragen die Frage des Transports von den Zentrallagern zu den Hauptanlieferungspunkten der Länder noch nicht abschließend geklärt ist.

G Überwachung bei der „Nuklearen Nachsorge“

In den vergangenen 10 Jahren hat das Problem des Nuklearterrorismus wegen des sprunghaften Anstiegs nuklearer Schmuggelfälle und der Proliferation waffenfähiger Spaltstoffe zunehmend an Bedeutung gewonnen. Entsprechend haben die Länder, BMI und BMU sowie als nachgeordnete Behörde das BfS Maßnahmen im Bereich der nukleare Nachsorge getroffen. Heute ist die im BfS eingerichtete Arbeitsgruppe „Nuklearspezifische Gefahrenabwehr“ Bestandteil der beim BMI eingerichteten Zentralen Unterstützungsgruppe des Bundes (ZUB), die in bestimmten Bedrohungslagen mit Kernbrennstoffen/Kritikalität oder der Dispersion von radioaktiven Stoffen auf Anforderung der Länder Amtshilfe leistet. Nicht zuletzt wegen der Fußball Weltmeisterschaft 2006 liegt zur Zeit ein besonderer Augenmerk auf diesem Bereich und von unterschiedlichen Behörden wurden technische und organisatorische Maßnahmen eingeleitet, die auch über den Zeitraum der Fußball Weltmeisterschaft 2006 hinaus bei Großveranstaltungen Gültigkeit besitzen wird.

Ein Mitarbeiter des BMU berichtet in einem Vortrag über die grundsätzlichen Entwicklungen der letzten Jahre und bezieht die Definition der Begriffe „nukleare Nachsorge“ und „Nuklear-

spezifische Gefahrenabwehr“ in seinen Beitrag mit ein. Die nukleare Nachsorge ist der Oberbegriff über sämtliche Aktivitäten, die in Zusammenhang mit nuklearen Schmuggelfällen und der Proliferation waffenfähiger Spaltstoffe stehen. Mit Nuklearspezifische Gefahrenabwehr wird eine spezielle Aktivität von Ländern, BMI und BMU bezeichnet, um in bestimmten Bedrohungslagen mit Kernbrennstoffen/Kritikalität oder der Dispersion von radioaktiven Stoffen der Bedrohungslage entsprechend angemessen zu reagieren und sämtliche verfügbaren Kräfte von Bund und Ländern zur Abwehr der Gefahr koordiniert einzusetzen.

In einem GRS-Beitrag zu den „Randbedingungen für die Bewertung von Szenarien“ wird über die Möglichkeit berichtet mit Hilfe sogenannten Einhausungen unter Zuhilfenahme handelsüblichen Löschschaums das Rückhaltevermögen lungengängiger Partikel nach Auslösung einer unkonventionellen Spreng- und Brandvorrichtung (USBV) zu überprüfen. Zusätzlich wurden im Rahmen mehrerer Sprengversuche empirische Methoden zur realistischen Abschätzung der Anfangsdimensionen der Schadstoffwolken als Eingangsparameter für das Ausbreitungsmodell LASAIR abgeleitet und eine Formel zur Abschätzung der Wolkenabmessungen als Funktion der Sprengstoffmasse ermittelt.

In dem sich anschließenden BfS-Vortrag wurde über aktuelle Methoden zur Ausbreitungsrechnung und der konkrete Erfahrungen bei der Abschätzung der Strahlenexposition berichtet. Im Zentrum des Vortrags stand das Programmpaket LASAIR und dessen Optimierungen sowie dessen Einsatz im Rahmen der Nuklearspezifischen Gefahrenabwehr im BfS.

Ein Vortrag des Öko-Instituts stellte kritische Fragen in Bezug auf die Tauglichkeit der bestehenden Überwachungssysteme zur Detektion gezielter Freisetzung von Radioaktivität in stark bevölkerten Gebieten. Das BfS betreibt seit ca. 20 Jahren Systeme zur Überwachung der Umweltradioaktivität im Rahmen des IMIS. Ursprüngliches Ziel dieser Mess- und Informationssysteme war die Erkennung großräumiger Freisetzungen und die Abschätzung der sich ergebenden radiologischen Konsequenzen. Es wurde an die Betreiber des IMIS appelliert, der neuen Bedrohungsform durch neue Szenarien des nuklearen Terrorismus gerecht zu werden. Dabei wurde ausdrücklich die bereits eingeleitete Modernisierung des ODL-Messnetzes begrüßt, bei der erreicht werden soll, dass auch bei einem Anstieg der ODL an einer einzelnen Messstelle eine Frühwarnung ausgelöst werden kann.

Ein Beitrag der Universität Bremen konzentrierte sich auf die Darstellung eines einjährigen Forschungsprojekt der Universität Bremen in dem unterschiedliche Anschlagsszenarien entwickelt wurden, in denen in Deutschland verwendete Strahlenquellen aus Medizin und Industrie zugrunde gelegt wurden.

Im Rahmen von zwei weiteren, sich von den vorhergehenden Vorträgen thematisch abgrenzenden Beiträgen wurde über aktuelle technische Weiterentwicklungen berichtet. Ein Vertreter der Firma Thermo-Electron stellte mehrere in den letzten Jahren kontinuierlich weiterentwickelte Messsysteme vor. Neben dem sehr leichten Messgerät RadEye zur genauen Lokalisierung einer Quelle basierend auf einem NaI-Detektor wurde die großvolumigen und sehr empfindlichen NBR-Detektoren eingegangen. Ergänzt durch He-3-Zählrohre wird somit ein umfangreiches und inzwischen vielfach genutztes Repertoire mobiler Detektionssysteme angeboten. Ein Vertreter der Firma Genitron beschreibt in seinem Vortrag ein kompaktes und flexibel nutzbares Messsystem zur Messung der Gamma-Ortsdosisleistung, das unabhängig von öffentlichen Funknetzen eingesetzt werden kann. Ziel ist die Installation der Messsysteme in der Umgebung von öffentlichen Bereichen, in denen ein besonderes Gefährdungspotential

besteht. Vorrangiger Einsatzzweck ist die Lageermittlung im Überwachungsbereich im Rahmen der Nachsorge.

Die Vorträge des 13. Fachgesprächs wurden intensiv diskutiert. Die Diskussionen setzten sich in den Kaffee- und Mittagspausen fort und bezogen die neuesten Entwicklungen und Produkte der Gerätehersteller im Foyer mit ein. Insgesamt bot die „Monitoring Community“ das Bild einer lebendigen Fachgemeinschaft.

Die Beiträge zeugten insgesamt von dem qualitativ hohen Stand der allgemeinen und der anlagebezogenen Umweltüberwachung im Ereignisfall in Deutschland.

Häufig gebrauchte Akronyme

AB	Alpha-Beta
ABI	Alpha-Beta-Iodine
ADONOS	Arbeitsorganisation und Dokumentenmanagement für den Notfallschutz in der RS-Stabsorganisation des BMU
AMS	Accelerator Mass Spectrometry
AtG	Atomgesetz
BBK	Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe
BELLA	Brennelementbehälterlager
BfG	Die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) ist eine dem Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung nachgeordnete Oberbehörde mit Sitz in Koblenz
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz (Federal Office for Radiation Protection)
BKG	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
BMLFUW	Österreichisches Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
BMU	Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety
BORI	Back-Office Radiological Information
BSB	biologischer Sauerstoffbedarf
BWStr	Bundeswasserstraße(n) sind die schiffbaren Flüsse und Kanäle Deutschlands, die unter der Verwaltung des Bundes stehen
CalWeb	Emergency Management System
CAs	Competent Authorities (zuständige Behörden der Teilnehmerstaaten im internationalen Informationsaustausch)
CoDecS	Coding/Decoding Software bei ECURIE
CSB	chemischer Sauerstoffbedarf
D	Germany
DeMM	Deposition Monitoring Module
deNIS	deutsches Notfallvorsorge-Informationssystem
DGM	Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen, wissenschaftliches Fachblatt der BfG (Herausgeber)
DLM1450	Dosisleistungs-Messstation Typ 1450 („Daten-Logger“)
DWD	Deutscher Wetterdienst
EC	European Community
ECURIE	European Community Urgent Radiological Information Exchange. Gemeinschaftsvereinbarung über den beschleunigten radiologischen Informationsaustausch der EU
ELAN	Elektronische Lagedarstellung für den Notfallschutz (des Bundes)
ELD	Elektronische Lagedarstellung
ELDA	System zur elektronische Lagedarstellung im Land Schleswig-Holstein
EMERCON	Emergency Convention
ENAC	Emergency Notification and Assistance Convention

ENATOM	Emergency Notification and Assistance Technical Operations Manual zum Informationsaustausch der IAEO
ERMIN	European Model for Inhabited Areas
ESD	Electronic Situation Display
ESTE	Emergency Source Term Evaluation System
EURANOS	European Approach to Nuclear and Radiological Emergency Management and Rehabilitation Strategies
EURDEP	European Radiological Data Exchange Platform
EVU	Energieversorgungsunternehmen
FHT 762	Neutronen-Sonde
FoMM	Food Monitoring Module
GCMS	Government Content Management System
GDR	Gamma dose rate
GHz	Gigahertz
GMLZ	Gemeinsames Melde- und Lagezentrum von Bund und Ländern
GMZ	gemeinsame Messzentrale des Landes Schleswig Holstein
GSM	Global System for Mobile Communications
HFS	Hyperfeinstruktur
HIRLAM	High Resolution Limited Area Model
IAEA	International Atomic Energy Agency
IAMM	Inhabited Areas Monitoring Module
ICP-MS	Induktively Coupled Plasma-Mass Spektrometry
IDF	International Data Exchange Format
IGS421	Intelligente Gamma-Sonde Typ 421
IMIS	Integriertes Mess- und Informationssystem (des Bundes)
IMK	Innenministerkonferenz
ISDN	Integrated Services Digital Network
KFÜ	Kernkraftwerk-Fernüberwachung (Fernüberwachungssystem für kerntechnische Anlagen)
KKG	Kernkraftwerk Grafenrheinfeld
KKI	Kernkraftwerk Isar
KKK	Kernkraftwerk Krümmel
KKW	Kernkraftwerk
KWG	Kernkraftwerk Grohnde
LAN	Local Area Network
LAN	Local Area Network
MQ	mittlerer (langjähriger) Abfluss in m ³ /s
NDKK	Niederländisch-Deutsche Kommission für grenznahe kerntechnische Einrichtungen
NIST	National Institute for Standards and Technology
NL	The Netherlands

NLWKN	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
NMC	Network Monitoring Centre (Messnetzzentrale)
NMC-RAD	Applikationssoftware der Messnetzzentrale
NMR	National Radioactivity Monitoring Network
NPP	Nuclear Power Plant
OSPAR	Oslo-Paris-Kommission. Schutz der Nordsee und des Nordatlantiks
PARK	Programmsystem zur Abschätzung radiologischer Konsequenzen
pdf	Portable Document File, Datenformat
PROGNOS	Rechnergestützte Anwendung in Excel zur Ermittlung von Ausbreitungsprognosen wasserlöslicher und/oder radioaktiver Stoffe in Fließgewässern
Q	Abfluss in m ³ /s
RIMS	Resonanzionisations-Massenspektrometrie
RIS	Resonanzionisations-Spektroskopie
RIVM	National Institute for Public Health and the Environment
RODOS	Real-time On-line Decision Support System
SMS	Short Message Service
StrVG	Strahlenschutzvorsorgegesetz
THW	Technisches Hilfswerk
USV	Unterbrechungsfreie Stromversorgung
VROM	The Netherlands Ministry of Spatial Planning, Housing and the Environment
WAK	Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe
WAN	Wide Area Network
WinREM	Windows Radiological Emergency Model
W-Q-Tabelle	Wasserstand-Abfluss-Tabelle zur Berechnung des aktuellen Abflusses
WSV, WSÄ	Die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) ist zuständig für die Verwaltung der Bundeswasserstraßen der Bundesrepublik Deutschland und die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs. Die dem Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung nachgeordnete WSV gliedert sich in die Wasser- und Schifffahrtsdirektionen (WSDen) mit den zugeordneten Wasser- und Schifffahrtsämtern (WSÄ)
XML	Extensible Markup Language, unabhängiges Datenaustauschformat

Teilnehmerverzeichnis**Abraham, Antje**

UBG/GB Umweltradioaktivität

Altwahnsdorf 12

01445 Radebeul

Telefon: 0351 831 2633

E-Mail: antje.abraham@ubg.smul.sachsen.de

Arnold, Dr. Dirk

Physikalisch-Technische Bundesanstalt

Bundesallee 100

38116 Braunschweig

Telefon: 0531 592 6120

E-Mail: dirk.arnold@ptb.de

Baldauf, Daniela

Bundesamt für Strahlenschutz

Postfach 12 06 29

53048 Bonn

Telefon: 01888 305 3739

E-Mail: dbaldauf@bfs.de

Bayer, Prof. Dr. Anton

Birkenweg 16

85304 Ilmmünster

Telefon: 08441 492919

E-Mail: abayer-m@t-online.de

Beetz, JoachimLandesamt für Verbraucherschutz und
Landwirtschaft des Landes Brandenburg

Sachsenhausener Straße 7b

16515 Oranienburg

Telefon: 03301 702 163

E-Mail: joachim.beetz@llb.brandenburg.de

Bendzko, Ralf

Bircomp GmbH

Alte Haggelingerstraße 43

CH 5605 Dottikon

Telefon: 0041 566 244 677

E-Mail: ralf.bendzko@bircomp.ch

Berndt, JürgenLandesamt für Umweltschutz Sachsen-
Anhalt

Reideburger Straße 47

06116 Halle

Telefon: 0345 570 4260

E-Mail: berndt@lau.mlu.lsa-net.de

Bielefeld, Tom

Landesmessstelle Bremen

Otto-Hahn-Allee 1

28359 Bremen

Telefon: 0170 5432 679

E-Mail: biel@physik.uni-bremen.de

Bieringer, Jacqueline

Bundesamt für Strahlenschutz

Rosastraße 9

79098 Freiburg

Telefon: 01888 333 6771

E-Mail: jbieringer@bfs.de

Bleher, Dr. Martin

Bundesamt für Strahlenschutz

Ingolstädter Landstraße 1

85764 Oberschleißheim

Telefon: 01888 333 2710

E-Mail: mbleher@bfs.de

Bock, Dr. Andrea

Bundesamt für Strahlenschutz

Robert-Schuman-Platz 3

53175 Bonn

Telefon: 01888 305 3760

E-Mail: abock@bfs.de

Borchers, Reiner

Kernkraftwerk Brunsbüttel GmbH

Otto-Hahn-Straße

25541 Brunsbüttel

Telefon: 04852 892 522

E-Mail: reiner.borchers@kkb.de

Bühling, Dr. Andreas

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit
Robert-Schuman-Platz 3
53175 Bonn
Telefon: 01888 305 2965
E-Mail: andreas.buehling@bmu.bund.de

Burak, Andrei

Universität Bremen, Institut für Umweltphysik
Otto-Hahn-Allee 1
28359 Bremen
Telefon: 0421 218 2913
E-Mail: aburak@iup.physik.uni-bremen.de

Bürkin, Walter

Genitron Instruments GmbH
Heerstraße 149
60488 Frankfurt
Telefon: 069 9765 1415
E-Mail: wbuerkin@genitron.de

Catto, Graeme

GC Technology GmbH
Freidling 12
84172 Buch am Erlbach
Telefon: 08706 941 500
E-Mail: cstrasser@gctech-gmbh.com

Corr, Bernhard

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe
Deutschherrenstraße 93 – 95
53177 Bonn
Telefon: 01888 550 346
E-Mail: bernhard.corr@bbk.bund.de

Dalheimer, Dr. Axel

Deutscher Wetterdienst
Kaiserleistraße 29/35
63067 Offenbach
Telefon: 069 8062 2770
E-Mail: axel.dalheimer@dwd.de

Dersch, Dr. Gerhard

Bundesanstalt für Gewässerkunde
Am Mainzer Tor 1
56086 Koblenz
Telefon: 0261 1306 5328
E-Mail: dersch@bafg.de

Diehl, Roland

GKSS-Forschungszentrum Geesthacht
GmbH
Max-Planck-Straße 1
21502 Geesthacht
Telefon: 04152 872 430
E-Mail: roland.diehl@gkss.de

Dietrich, Dr. Jörg

Landeslabor Brandenburg
Ringstraße 130
15236 Frankfurt
Telefon: 0335 5271 278
E-Mail: joerg.dietrich@llb.brandenburg.de

Dombrowsky, Prof. Dr. Wolf

Katastrophenschutzstelle Universität Kiel
Westring 400
24098 Kiel
Telefon: 0431 880 3465
E-Mail: dombrowsky@kfs.uni-kiel.de

Dusemund, Hans-Wilhelm

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit
Robert-Schuman-Platz 3
53175 Bonn
Telefon: 01888 305 2952
E-Mail: hans-wilhelm.dusemund@
bmu.bund.de

Dyck, Werner

Deutscher Wetterdienst
Kaiserleistraße 42
63067 Offenbach
Telefon: 069 8062 2776
E-Mail: werner.dyck@dwd.de

Eberbach, Friedrich

Ministerium für Umwelt und Forsten des
Landes Rheinland-Pfalz
Kaiser-Friedrich-Straße 1
55116 Mainz
Telefon: 06131 164627
E-Mail: friedrich.eberbach@muf.rlp.de

Ebsen, Wolfgang

Kernkraftwerk Brunsbüttel GmbH
Otto-Hahn-Straße
25541 Brunsbüttel
Telefon: 04852 892 551
E-Mail: wolfgang.ebsen@kkb.de

Eppinger, Horst

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit
Robert-Schuman-Platz 3
53175 Bonn
Telefon: 01888 305 2893
E-Mail: horst.eppinger@bmu.bund.de

Erdmann, Claudia

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geo-
logie
Ludwig Mond Straße 33
34121 Kassel
Telefon: 0561 2000 188
E-Mail: c.erdmann@hlug.de

Fessen, Dipl.-Ing. Winfried

GRAETZ Strahlungsmesstechnik GmbH
Westiger Straße 172
58762 Altena
Telefon: 02352 70070
E-Mail: stma-graetz@t-online.de

Fiebig, Dr. Claudia

Umweltministerium NRW
Schwannstraße 3
49476 Düsseldorf
Telefon: 0211 4566 679
E-Mail: claudia.fiebig@munlv.nrw.de

Fischer, Dr. Paul-Günther

Landesanstalt für Arbeitsschutz
Ulenbergerstraße 127 – 131
40225 Düsseldorf
Telefon: 0211 3101 2432
E-Mail: fischer@lafa.nrw.de

Frenzel, Dr. Eberhard

FCI-Frenzel Consulting Instruments
Steinweg 12/1
75334 Straubenhardt
Telefon: 07082 948 290
E-Mail: eberhard.frenzel@aol.com

Fritz, Ulrich

Landesamt für Umwelt, Naturschutz und
Geologie
Badenstraße 41
18439 Stralsund
Telefon: 03831 696 600
E-Mail: ulrich.fritz@lung.mv-regierung.de

Füger, Joachim

Thüringer Landesanstalt für Umwelt und
Geologie
Göschwitzer Straße 18
00745 Jena
Telefon: 03641 684 252
E-Mail: j.fueger@tlugjena.thueringen.de

Geick, H.G. Gunther

Dataport
Altenholzer Straße 10-14
24161 Altenholz
Telefon: 0431 3295 6606
E-Mail: gunther.geick@dataport.de

Geisler, Erhard

Ministerium für ländliche Entwicklung,
Umwelt und Verbraucherschutz
Lindenstraße 34a
14467 Potsdam
Telefon: 0331 866 7940
E-Mail: erhard.geisler@mluv.brandenburg.de

Genkel, Dr. Simone

Bundesamt für Strahlenschutz
Robert-Schuman-Platz 3
53175 Bonn
Telefon: 01888 305 3752
E-Mail: sgenkel@bfs.de

Grimm, Christian

Umweltministerium Baden-Württemberg
Kernerplatz 9
70182 Stuttgart
Telefon: 0711 126 2533
E-Mail: christian.grimm@um.bwl.de

Haase, Dr. Gerhard

Bundesforschungsanstalt für Ernährung und
Lebensmittel
Hermann-Weigmann-Straße 1
24103 Kiel
Telefon: 0431 609 2266
E-Mail: gerhard.haase@bfe.de

Hable, Kathrin

Bundesamt für Strahlenschutz
Rosastraße 9
79098 Freiburg
Telefon: 01888 333 6722
E-Mail: khable@bfs.de

Haffa, Klaus

Canberra Eurysis GmbH
Walter-Flex-Straße 67
65428 Rüsselsheim
Telefon: 06142 738 2109
E-Mail: dfaulstroh@canberra.com

Hahn, Michael

Landesamt für Verbraucherschutz Branden-
burg
Müllroser Chaussee 50
15236 Frankfurt an der Oder
Telefon: 0335 560 3127
E-Mail: michael.hahn@lvlf.brandenburg.de

Hartkopf, Dr. Jens

Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft
und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz
Amtsgerichtsplatz 1
55276 Oppenheim
Telefon: 06131 603 31681
E-Mail: Jens.Hartkopf@luwg.rlp.de

Hartmann, Sören

Techni Data AG
Hans-Pinsel-Straße 4
85540 Haar
Telefon: 089 456 6578 03
E-Mail: soeren.hartmann@technidata.de

Hartmann, Dr. Rainer

Bundesforschungsanstalt für Ernährung und
Lebensmittel
Hermann-Weigmann-Straße 1
24103 Kiel
Telefon: 0431 609 2265
E-Mail: rainer.hartmann@bfe.de

Heide, Lydia

Bundesamt für Strahlenschutz
Ingolstädter Landstraße 1
85764 Oberschleißheim
Telefon: 01888 333 2342
E-Mail: lheide@bfs.de

Heinz, Wolfgang

Ministerium für Umwelt und Forsten des
Landes Rheinland-Pfalz
Kaiser-Friedrich-Straße 1
55116 Mainz
Telefon: 06131 162 455
E-Mail: wolfgang.heinz@muf.rlp.de

Hilsberg, Joachim

Ingenieurbüro WKP
Adersleber Weg 14
12685 Berlin
Telefon: 030 543 962 86
E-Mail: johils@web.de

Hingmann, Hans

FH Gießen Friedberg

Wiesenstraße 14

35390 Gießen

Telefon: 0641 309 2317

E-Mail: hans.hingmann@mni.fh-giessen.de

Hofer, Peter

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Abt.

Strahlenschutz

Radetzkystraße 2

A 1031 Wien

Telefon: 0043 1711 00 4453

E-Mail: peter.hofer@bmlfuw.gv.at

Hoffmann, Christoph

FST Außenstelle Freiburger Sensortechnik

Am Stocker 12 b

83661 Lenggries

Telefon: 08042 501 486

E-Mail: fst.hoffmann@t-online.de

Höfner, Dieter

Bayrisches Staatsministerium für Umweltschutz

Rosenkavalierplatz 2

81925 München

Telefon: 089 9214 2107

E-Mail: dieter.hoefner@stmugv.bayern.de

Iwatschenko-Borho, Dr. Michael

Thermo Electron (Erlangen) GmbH

Frauenaauracher Straße 96

91056 Erlangen

Telefon: 09131 909 364

E-Mail: michael.iwatschenko@thermo.com

Jakuszeit, Reinhard

Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt

Olvenstedter Straße 4

39108 Magdeburg

Telefon: 0391 567 3269

E-Mail: jakuszeit@mlu.lsa-net.de

Jansen, Karlheinz

Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik

Bautzner Landstraße 128

01328 Dresden

Telefon: 0351 269 3398

E-Mail: karlheinz.jansen@vkta.de

Jelinski, Marianne

Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel

Hermann-Weigmann-Straße 1

24103 Kiel

Telefon: 0431 609 2377

E-Mail: marianne.jelinski@bfel.de

Kaden, Michael

Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik

Bautzner Landstraße 128

01328 Dresden

Telefon: 0351 269 3398

E-Mail: michael.kaden@vkta.de

Kaiser, Dr. Jan Christian

GSF Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit

Ingolstädter Landstraße 1

85764 Oberschleißheim

Telefon: 08931 874 028

E-Mail: christian.kaiser@gsf.de

Kaut, Dr. Helmut

Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Stuttgart

Schaflandstraße 3/2

70736 Fellbach

Telefon: 0711 3426 1024

E-Mail: helmut.kaut@cvuas.bwl.de

Kirsch, Heinz

Strahlenschutz, Entwicklungs- und Ausrüstungs GmbH

Ostdamm139

48249 Dülmen

Telefon: 02594 942 424

E-Mail: kirsch@sea-duelmen.de

Klein, Dr. Peter

Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben
Am Schacht 105
39343 Morsleben
Telefon: 039 050 8253
E-Mail: kleinp@dbe.de

Koch, Doris

Ministerium für Soziales, Gesundheit, Jugend und Senioren
Adolf-Westphal-Straße 4
24143 Kiel
Telefon: 0431 988 4219
E-Mail: doris.koch@sozmi.landsh.de

König, Karl

Bundesamt für Strahlenschutz
Ingolstädter Landstraße 1
85764 Oberschleißheim
Telefon: 01888 333 2430
E-Mail: kkoenig@bfs.de

Kraus, Dr. Gerald

Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz
Mainzer Straße 80
65189 Wiesbaden
Telefon: 0611 815 1571
E-Mail: gerald.kraus@bhmulv.hessen.de

Krause, Dr. Walter

Bundesanstalt für Gewässerkunde
Am Mainzer Tor 1
56068 Koblenz
Telefon: 0261 1306 5443
E-Mail: walter.krause@bafg.de

Kretner, Dr. Ralf

GSF Forschungsanstalt für Umwelt und Gesundheit
Ingolstädter Landstraße 1
86764 Neuherberg
Telefon: 089 318 72327
E-Mail: ralf.kretner@gsf.de

Krüger, Siegfried

target-systemelectronic gmbh
Kölner Straße 99
42651 Solingen
Telefon: 0212 222 090
E-Mail: s.krueger@target-systems-gmbh.de

Kuhlen, Johannes

Bundesministerium Für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
Robert-Schuman-Platz 3
53175 Bonn
Telefon: 0228 305 2970
E-Mail: johannes.kuhlen@bmu.bund.de

Kühne, Dr. Jürgen

Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie
Badenstraße 18
18439 Stralsund
Telefon: 03831 696 610
E-Mail: juergen.kuehne@lung.mv-regierung.de

Kümmerle, Dr. Eberhard

Forschungszentrum Jülich
FZ Jülich
52425 Jülich
Telefon: 02461 616 159
E-Mail: e.kuemmerle@fz-juelich.de

Küppers, Christian

Öko-Institut e.V.
Rheinstraße 95
64295 Darmstadt
Telefon: 06151 819 123
E-Mail: c.kueppers@oeko.de

Lange, Dr. Florentin

Matari-Straße 3
40667 Meerbusch
Telefon: 0172 2654 705
E-Mail: florentin.lange@t-online.de

Lange, Dr. Hans-Jürgen

Canberra Eurysis GmbH
Walter-Flex-Straße 66
65428 Rüsselsheim
Telefon: 06142 738 2109
E-Mail: dfaulstroh@canberra.com

Langner, Andrea

Berthold Technologies GmbH & Co KG
Calmbacher Straße 22
75323 Bad Wildbad
Telefon: 07081 177 200
E-Mail: andrea.langner@berthold.com

Lettmann, Werner

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie
Kasinostraße 60
64293 Darmstadt
Telefon: 06151 898 927
E-Mail: w.lettman@kfue.hessen.de

Leuschner, Charis

Thüringisches Umweltministerium
Beethovenstraße 3
99096 Erfurt
Telefon: 0361 3799 419
E-Mail: charis.leuschner@tmlnu.thueringen.de

Lochte, Andreas

Bundesamt für Strahlenschutz
Willy-Brandt-Straße 5
38226 Salzgitter
Telefon: 01888 333 1652
E-Mail: alochte@bfs.de

Lommatzsch, Sven

Bundesanstalt für Gewässerkunde
Am Mainzer Tor 1
56068 Koblenz
Telefon: 0261 1306 5329
E-Mail: lommatzsch@bafg.de

Ludwig, Oliver

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit
Robert-Schuman-Platz 3
53175 Bonn
Telefon: 01888 305 2852
E-Mail: oliver.ludwig@bmu.bund.de

Lüer, Fritz

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit
Robert-Schuman-Platz 3
53175 Bonn
Telefon: 01888 305 2945
E-Mail: fritz.lueer@bmu.bund.de

Madaric, Manuel

Berthold Technologies GmbH & Co KG
Calmbacher Straße 22
75323 Bad Wildbad
Telefon: 07081 177 264
E-Mail: manuel.madaric@berthold.com

Mahler, Bernhard

Umweltministerium Mecklenburg-
Vorpommern
Alexandrinestraße 1
19055 Schwerin
Telefon: 0385 588 8561
E-Mail: bernhard.mahler@um.mv-regierung.de

Maier, Dr. Dietrich

Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt
Stuttgart
Schaflandstraße 3/2
70736 Fellbach
Telefon: 0711 3426 1024
E-Mail: dietrich.maier@cvuas.bwl.de

Meyer, Volker

Aufsichts- und Dienstleistungsdirektion
Willy-Brandt-Platz 3
54290 Trier
Telefon: 0651 9494 149
E-Mail: volker.meyer@add.rlp.de

Möllmann-Coers, Michael
 Forschungszentrum Jülich GmbH
 Wilhelm-Johnen-Straße
52428 Jülich
 Telefon: 02461 616 728
 E-Mail: moe@fz-juelich.de

Müller-Neumann, Monika
 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz
 und Reaktorsicherheit
 Robert-Schuman-Platz 3
53175 Bonn
 Telefon: 01888 305 2941
 E-Mail: monika.mueller-neumann@
 bmu.bund.de

Mundigl, Dr. Stefan
 Bundesamt für Strahlenschutz
 Köpenicker Allee 120-130
10318 Berlin
 Telefon: 01888 333 4300
 E-Mail: smundigl@bfs.de

Neu, Alfred
 Landesanstalt für Umwelt, Messungen und
 Naturschutz Baden-Württemberg
 Hertzstraße 173
76187 Karlsruhe
 Telefon: 0721 5600 2226
 E-Mail: alfred.neu@lubw.bwl.de

Nöckel, Michael
 RaTec Messtechnik GmbH
 Birkenweg 3-5
25451 Quickborn
 Telefon: 04106 797 620
 E-Mail: info@ratec.de

Nürbchen, Friedhelm
 Thermo Elektron M & P
 Frauenaucher Straße 96
91056 Erlangen
 Telefon: 0913 1909 332
 E-Mail: dieter.backer@thermo.com

Pomplun, Ekkehard

Oleszynski-Wichmann, Brigitte
 Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen
 Wallneyer Straße 6
45133 Essen
 Telefon: 0211 1590 2330
 E-Mail: brigitte.oleszynskiwichmann@
 lua.nrw.de

Otto, Peter
 Sozialministerium des Landes Schleswig –
 Holstein
 Adolf-Westphal-Straße 4
24143 Kiel
 Telefon: 0431 9885342
 E-Mail: peter.otto@sozmi.landsh.de

Pauly, Jan
 Energiesysteme Nord GmbH
 Lise-Meitner-Straße 25 – 29
24223 Raisdorf
 Telefon: 04307 821 182
 E-Mail: pauly@esn.de

Pistner, Christoph
 Öko-Institut e.V.
 Rheinstraße 95
64295 Darmstadt
 Telefon: 06151 819 190
 E-Mail: c.pistner@oeko.de

Plath, Susanne
 FFH – BWG – Institut für Hygiene und Um-
 welt
 Marckmannstraße 129b, Haus 6
20539 Hamburg
 Telefon: 040 428 4538 20
 E-Mail: susanne.plath@hu.hamburg.de

Pohl, Herbert
 Umweltministerium Baden-Württemberg
 Kernerplatz 9
70182 Stuttgart
 Telefon: 0711 126 2659
 E-Mail: herbert.pohl@um.bwl.de

Reinen, Henk

Forschungszentrum Jülich
 FZ Jülich
52425 Jülich
 Telefon: 02461 615 297
 E-Mail: e.pomplun@fz-juelich.de

Portius, Uta
 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz
 und Reaktorsicherheit
 Robert-Schuman-Platz 3
53175 Bonn
 Telefon: 01888 305 2943
 E-Mail: uta.portius@bmu.bund.de

Post, Hartmut
 RWE Nukem GmbH
 Industriestraße 13
63754 Alzenau
 Telefon: 060 2391 1490
 E-Mail: hartmut.post@rwe.com

Prüßmann, Stefan
 Kerntechnische Hilfsdienst GmbH
 Am Schröcker Tor 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen
 Telefon: 0724 781 135
 E-Mail: s.pruessmann@khgmbh.de

Raskob, Wolfgang
 Forschungszentrum Karlsruhe
 Hermann von Helmholtz-Platz
76344 Eggenstein-Leopoldshafen
 Telefon: 07247 822 480
 E-Mail: wolfgang.raskob@iket.fzk.de

Reich, Petra
 Institut für Hygiene und Umwelt
 Marckmannstraße 129b
20539 Hamburg
 Telefon: 040 428 453 819
 E-Mail: petra.reich@hu.hamburg.de

Sachde, Dr. Zuhair Georg

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Mi-
 lieu
 P.O. Box 1
NL 3720 BA Bilthoven
 Telefon: 0031 302 74 3828
 E-Mail: henk.reinen@rivm.nl

Rieck, Dr. Wolfgang
 Thermo Electron GmbH
 Frauenaauracher Straße 96
91056 Erlangen
 Telefon: 09131 909 339
 E-Mail: wolfgang.rieck@thermo.com

Riepenhausen, Martin
 Hessisches Landesamt für Landwirtschaft
 und Umwelt
 Ludwig-Mond-Straße 33
34121 Kassel
 Telefon: 0561 200 0170
 E-Mail: m.riepenhhausen@hlug.de

Rieth, Dr. Ulrich
 Bundesforschungsanstalt für Fischerei
 Palmaille 9
22767 Hamburg
 Telefon: 040 4281 7611
 E-Mail: ulrich.rieth@ifo.bfa-fisch.de

Rox, Dr. Axel
 Materialprüfungsamt Nordrhein-Westfalen
 Marsbruchstraße 186
44287 Dortmund
 Telefon: 0231 4502 550
 E-Mail: rox@mpanrw.de

Rupp, Alexander
 Bundesamt für Strahlenschutz
 Köpenickerstraße Allee 120 – 130
10318 Berlin
 Telefon: 03018 333 4446
 E-Mail: arupp@nfs.de

Schmelz, Gregor

Institut für Hygiene und Umwelt
 Marckmannstraße 129a
20539 Hamburg
 Telefon: 040 428 457 368
 E-Mail: zuhair.sachde@hu.hamburg.de

Salfeld, Hans-Christoph
 Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz Göttinger Straße 14
30449 Hannover
 Telefon: 0511 444 6435
 E-Mail: christoph.salfeld@nlwkn-h.niedersachsen.de

Sardella, Rosa
 Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen
CH 5232 Villigen HSK
 Telefon: 0041 563 103 860
 E-Mail: rosa.sardella@hsk.ch

Sattler, Petra
 Genitron Instruments GmbH
 Heerstraße 149
60488 Frankfurt
 Telefon: 069 976 514 16
 E-Mail: psattler@genitron.de

Schiefer, Wilfried
 Thermo Electron GmbH
 Frauenaauracher Straße 96
91056 Erlangen
 Telefon: 02248 3767
 E-Mail: wilfried.schiefer@thermo.com

Schiffmann, Edgar
 Landesbetrieb Mess- und Eichwesen NRW
 Kronprinzenstraße 51
44135 Dortmund
 Telefon: 0231 450 2567
 E-Mail: ibme.schiffmann@mpanrw.de

Seher, Carsten

E.ON Kernkraft GmbH
 Tresckowstraße 5
30457 Hannover
 Telefon: 0521 439 2120
 E-Mail: gregor.schmelz@eon-energie.com

Schmidt, Harald
 TÜV NORD EnSys Hannover
 Am TÜV 1
30519 Hannover
 Telefon: 0511 986 1834
 E-Mail: harschmidt@tuev-nord.de

Schnadt, Horst
 TÜV Rheinland Industrie Service GmbH
 Am Grauen Stein
51105 Köln
 Telefon: 0221 806 2542
 E-Mail: Horst.schnadt@de.tuv.com

Schupfner, Dr. Robert
 Universität Regensburg
 Universitätsstraße 31
93053 Regensburg
 Telefon: 0941 943 4939
 E-Mail: robert.schupfner@chemie.uni-regensburg.de

Schröder, Kristin
 Landesuntersuchungsamt, Institut für Lebensmittelchemie
 Nikolaus-von-Weis Straße 1
67346 Speyer
 Telefon: 06232 652 147
 E-Mail: poststelle.ilcsp@lua.rlp.de

Schumacher, Peter
 TÜV NORD
 Große Bahnstraße 31
22525 Hamburg
 Telefon: 040 855 723 39
 E-Mail: pschumacher@tuev-nord.de

Stockfleth, Stefan

Umweltministerium NRW
Schwannstraße 3
40476 Düsseldorf
Telefon: 0211 456 66 52
E-Mail: carsten.seher@munlv.nrw.de

Seider, Werner
Kernkraftwerk Philippsburg
Rheinschanzinsel
77652 Philippsburg
Telefon: 07256 9532 53
E-Mail: w.seider@kkp.enbw.com

Sperling, Hanna
Bundesinstitut für Berufsbildung
Robert-Schuman-Platz 3
53175 Bonn
Telefon: 0228 107 1625
E-Mail: sperling@bibb.de

Städe, Dr. Wolfgang
Niedersächsischer Landesbetrieb für Was-
serwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
An der Scharlake 39
31135 Hildesheim
Telefon: 05121 509 524
E-Mail: wolfgang.staede@nlwkn-
hi.niedersachsen.de

Steinkopff, Dr. Thomas
Deutscher Wetterdienst
Kaiserleistraße 29/35
63067 Offenbach
Telefon: 069 806 227 74
E-Mail: thomas.steinkopff@dwd.de

Steinmetz, Dr. Karl-Heinz
Senatsverwaltung für Stadtentwicklung
Brückenstraße 6
10179 Berlin
Telefon: 030 902 520 43
E-Mail: karl-heinz.steinmetz@sen.stadt.
verwalt-berlin.de

Trautmann, Dr. Norbert

Landesanstalt für Arbeitsschutz NRW
Ulenbergersraß 127 – 131
40225 Düsseldorf
Telefon: 0211 3101 2438
E-Mail: stockfleth@lafa.nrw.de

Stöhlker, Dr. Ulrich
Bundesamt für Strahlenschutz
Rosastraße 9
79098 Freiburg
Telefon: 01888 333 6730
E-Mail: ustoehlker@bfs.de

Streil, Dr. Thomas
SARAD GmbH
Wiesbadener Straße 10
01159 Dresden
Telefon: 0351 658 0712
E-Mail: info@sarad.de

Strobl, Dr. Christopher
Bundesamt für Strahlenschutz
Ingolstädter Landstraße 1
85764 Oberschleißheim
Telefon: 01888 333 2519
E-Mail: cstrobl@bfs.de

Tait, Dr. David
Bundesforschungsanstalt für Ernährung und
Lebensmittel
Hermann-Weigmann-Straße 1
24103 Kiel
Telefon: 0431 609 2267
E-Mail: david.tait@bfel.de

Tillack, Susann
Ministerium für ländliche Entwicklung,
Umweltschutz und Verbraucherschutz
Lindenstraße 34a
14467 Potsdam
Telefon: 0331 866 7940
E-Mail: susann.tillack@
mluv.brandenburg.de

Wagner, Annette

Institut für Kernchemie, Universität Mainz
Fritz-Strassmann-Weg 2
55128 Mainz
Telefon: 06121 392 5847
E-Mail: norbert.trautmann@uni-mainz.de

Twenhöfel, Christoph
Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
A; van Leeuwenhoeklaan 9
NL 3720 BA Bilthoven
Telefon: 0031 302 743 570
E-Mail: chris.twenhofel@rivm.nl

Ullrich, Frank
Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie
Hermann-Drechler-Straße 7
07548 Gera
Telefon: 0365 8275 728
E-Mail: fraull@tiscali.de

Urbach, Michael
Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt
Postfach 26 11 51
50501 Hamburg
Telefon: 040 428 454 128
E-Mail: michael.urbach@bsu.hamburg.de

Van Severen, Dr. Jörg
AMETEK GmbH
Rudolf Diesel Straße 16
40670 Meerbusch
Telefon. 02159 913 640
E-Mail: uwejoerg.vanseveren@ametek-online.com

Voß, Ulrich
Amt für Umweltschutz
Marckmannstraße 129b
20539 Hamburg
Telefon: 040 428 453 31
E-Mail: ulrich.voss@hu.hamburg.de

Wigge, Andreas

Behörde für Wissenschaft und Gesundheit
Billstraße 80
20530 Hamburg
Telefon: 040 428 372 404
E-Mail: annette.wagner@bwg.hamburg.de

Walter, Hartmut
Bundesamt für Strahlenschutz
Ingolstädter Landstraße 1
85764 Oberschleißheim
Telefon. 01888 333 2573
E-Mail: hwalter@bfs.de

Weinberg, Stefan
Materialprüfungsamt
Marsbruchstraße 186
44287 Dortmund
Telefon: 0231 450 2531
E-Mail: weinberg@mpanrw.de

Weiß, Harald
Energiesystem Nord GmbH
Lise-Meitner-Straße 25 – 29
24223 Raisdorf
Telefon: 04307 821 117
E-Mail: weiss@esn.de

Wellnitz-Meier, Marion
Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Ostwestfalen
Westerfeldstraße 1
32758 Detmold
Telefon: 05231 911 750
E-Mail: marion.wellnitz-meier@cvua-owl.nrw.de

Voß, Werner
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
Robert-Schuman-Platz 3
53175 Bonn
Telefon: 01888 305 2870
E-Mail: werner.voss@bmu.bund.de

Wilbert, Stefan

Forschungszentrum Karlsruhe
Postfach 3640
76021 Karlsruhe
Telefon: 07247 823 670
E-Mail: wigge@hs.fzk.de

Wieczorek, Dr. Claus
Chemische Landes - und Staatliches Veteri-
näruntersuchungsamt
Joseph-Königsstraße 40
48147 Münster
Telefon: 0251 9821 237
E-Mail: wieczorek@cvua.nrw.de

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Ka-
tastrophenhilfe
Deutscherrenstraße 93 – 95
531777 Bonn
Telefon: 01888 550 480
E-Mail: stefan.wilbert@bkk.bonn.de

Wisser, Dr. Sascha
Rhein-Main-Wasserforschung GmbH
Justus-von-Liebig-Straße 10
64584 Biebesheim
Telefon: 069 254 908 010
E-Mail: sascha.wisser@hessenwasser.de

Ausstellerverzeichnis**AMETEK GmbH/ AMT Division**

Rudolf-Diesel-Straße 16
40670 Meerbusch
 Telefon: 02159 913 640
 E-Mail: uwejoerg.vanseveren@ametek-online.com
 Internet: www.ametek.de

Berthold Technologies

Calmbacher Straße 22
75323 Bad Wildbad
 Telefon: 07081 177 200
 E-Mail: Manuel.Madaric@berthold.de
 www.berthold.com

Canberra Eurysis GmbH

Walter-Flex-Straße 66
65428 Rüsselsheim
 Telefon: 06142 738 2109
 E-Mail: dfaulstroh@canberra.com
 Internet: www.canberra.com

DWW Nukleare Messtechnik GmbH

Von-Mylius-Straße 41
50354 Hürth
 Telefon: 02233 3741 41
 E-Mail: dwwsales@t-online.de

FCI Frenzel Consulting & Instruments

Steinweg 12/ 1
75334 Straubenhardt
 Telefon: 07082 948 290
 E-Mail: eberhardfrenzel@aol.com
 Internet: www.fci-frenzel.de

FST- Freiburger Sensortechnik

Beutstraße 12
09599 Freiberg
 Telefon: 03731 267 840
 E-Mail: sensortechnik@t-online.de
 Internet: www.fst-sensortechnik.com

GC Technology GmbH

Freidling 12
84172 Buch am Erlenbach
 Telefon: 08706 951 500
 E-Mail: cstrasser@gctech-gmbh.com

GRAETZ Strahlungsmesstechnik GmbH

Westiger Straße 172
58762 Altena
 Telefon: 0235 270 070
 E-Mail: stma-graetz@t-online.de
 Internet: www.graetz.com

RATEC Messtechnik GmbH

Birkenweg 3 – 5
25451 Quickborn
 Telefon: 04106 797 620
 E-Mail: info@ratec.de
 Internet: www.ratec.de

SARAD GmbH

Wiesbadener Straße 10 – 20
01159 Dresden
 E-Mail: info@sarad.de
 Internet: www.sarad.de

**Strahlenschutz, Entwicklungs- und Aus-
rüstungsgesellschaft**

S.E.A. GmbH
 Ostdamm 139
48249 Dülmen
 Telefon: 02594 942 424
 E-Mail: info@sea-duelmen.de
 Internet: www.sea-duelmen.de

Target Systemelectronic GmbH

Kölner Straße 99
42651 Solingen
 Telefon: 0212 222 090
 E-Mail: s.krueger@target-systems-gmbh.de
 Internet: www.target-systems-gmbh.de

TechniData AG

Hans-Pinsel-Straße 4

85540 Haar

Telefon: 089 456 657 803

E-Mail: soeren.hartmann@technidata.de

Internet: www.technidata.de

Thermo Electron GmbH

Frauenauracher Straße 96

91056 Erlangen

Telefon: 09131 9090

E-Mail: info@thermo-esm.com

Internet: www.thermo.com