



Deutscher Wetterdienst

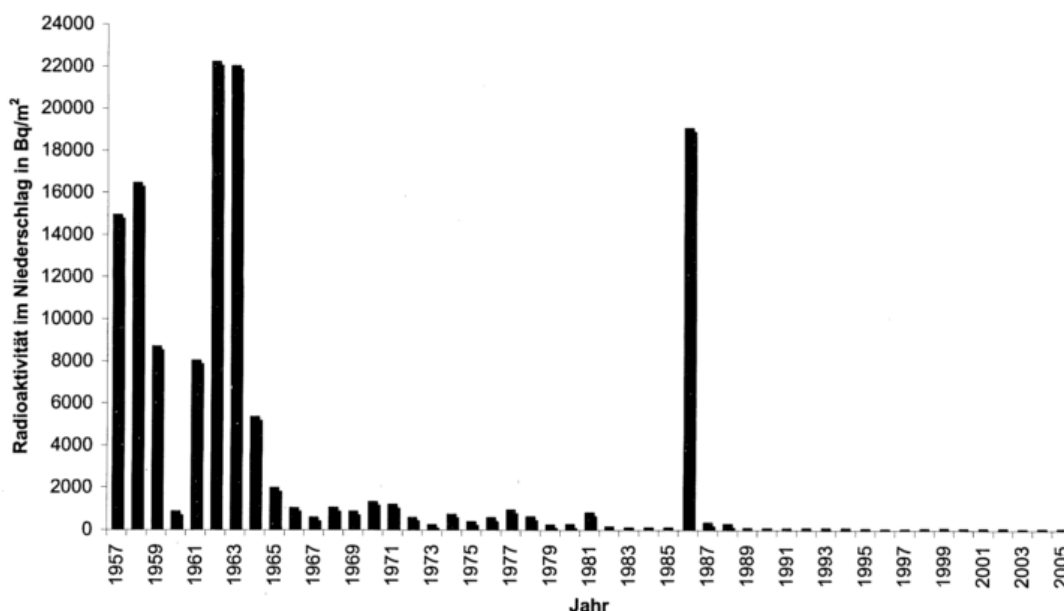
Annalen der Meteorologie

42

50 Jahre

Überwachung der Radioaktivität in der Atmosphäre
durch den Deutschen Wetterdienst

Festveranstaltung am 8./9. Juni 2005
Langen, Deutschland



Annalen der Meteorologie

Erscheinungsjahr

Nr. 1	H.G. Cannegieter: The history of the International Meteorological Organization 1872-1951	1963
Nr. 2	A. Hofmann: Der internationale Stand des Problems der Langfrist-Vorhersage	1963
Nr. 3	Die Meteorologen-Tagung in München vom 27.-30.April 1966	1967
Nr. 4	Meteorologen-Geophysiker-Tagung in Hamburg vom 1.-6.April 1968, Meteorologische Vorträge	1969
Nr. 5	XI. Internationale Tagung für Alpine Meteorologie in Oberstdorf 22.- 26.September 1970	1971
Nr. 6	Meteorologische Vorträge, gehalten auf der 36. Physikertagung 1971 in Essen	1973
Nr. 7	F. Wippermann: The Planetary Boundary-Layer of the Atmosphere	1973
Nr. 8	F. Klemm: Die Entwicklung der meteorologischen Beobachtungen in Franken und Bayern bis 1700	1973
Nr. 9	Die Meteorologen-Tagung in Bad Homburg v.d.H. vom 27.-29.März 1974	1974
Nr. 10	F. Klemm: Die Entwicklung der meteorologischen Beobachtungen in Nord- und Mitteldeutschland bis 1700	1976
Nr. 11	Simulation of large-scale atmospheric processes. International Conference Hamburg, Aug. 30-Sept.4, 1976	1976
Nr. 12	Die Meteorologen-Tagung in Garmisch Partenkirchen vom 13. bis 16. April 1977	1977
Nr. 13	F.Klemm: Die Entwicklung der meteorologischen Beobachtungen in Südwestdeutschland bis 1700	1979
Nr. 14	100 Jahre Wetterdienst in Bayern, 1878-1978	1979
Nr. 15	Deutsche Meteorologentagung 1980 in Berlin	1980
Nr. 16	Societas Meteorologica Palatina 1780-1795, Symposium Mannheim	1980
Nr. 17	Festsymposium "200 Jahre meteorologische Beobachtungen auf dem Hohenpeißenberg"	1981
Nr. 18	Symposium über Strahlungstransportprobleme und Satellitenmessungen in der Meteorologie und der Ozeanographie	1982
Nr. 19	17.Internationale Tagung für Alpine Meteorologie, Berchtesgarden, 21. bis 25.September 1982	1982
Nr. 20	Deutsche Meteorologentagung 1983 in Bad Kissingen	1983
Nr. 21	F.Klemm: Die Entwicklung der meteorologischen Beobachtungen in Österreich einschließlich Böhmen und Mähren bis zum Jahr 1700	1983
Nr. 22	Internationale Tagung für Human-Biometeorologie vom 2. bis 4. Oktober 1985 in Freiburg	1985
Nr. 23	Deutsche Meteorologentagung 1986 in Münster	1986
Nr. 24	Gedächtniskolloquium für K. H. Hinkelmann am 14. Mai 1987 in Mainz	1988
Nr. 25	Xth International Cloud Physics Conference, Bad Homburg 1988, 2 Vol.	1988
Nr. 26	Deutsche Meteorologentagung 1989 in Kiel	1989
Nr. 27	Deutsche Meteorologentagung 1992 in Berlin	1992
Nr. 28	Internationale Tagung für Human-Biometeorologie, Freiburg 1992	1992
Nr. 29	100 Jahre Meteorologisches Observatorium Potsdam	1994
Nr. 30	23. Internationale Tagung für Alpine Meteorologie 1994 in Lindau	1994
Nr. 31	Deutsche Meteorologen-Tagung 1995 in München	1995
Nr. 32	Herbstschule Radarmeteorologie 1995	1995
Nr. 33	3. Fachtagung BIOMET am 4. und 5. Dezember 1996 in München	1997
Nr. 34	4. Deutsche Klimatagung, Frankfurt am Main 1997	1997
Nr. 35	3rd European Conference on Applications of Meteorology 23 - 26 September 1997 in Lindau	1997
Nr. 36	Symposium: Vorhersage-Wetter, Klima, Umwelt, Berlin 1997	1998
Nr. 37	Deutsche Meteorologen-Tagung 1998 in Leipzig	1998
Nr. 38	Herbstschule Radarmeteorologie 1998	1998
Nr. 39	4. Fachtagung BIOMET (19.-20. April 1999 in München) des Fachausschusses BIOMET der DMG gemeinsam mit der Ges. zur Förderung Medizin-Meteorologischer Forschung e.V.	1999
Nr. 40	CD ,SIRWEC 2004, 12th Internat. Road Weather Conference, Bingen	2004
Nr. 41	17th International Congress of Biometeorology, ICB 2005	2005

Zur Herstellung dieses Buches wurde chlor- und säurefreies Papier verwendet.

ISSN 4122
ISBN 3-88148-419-1
978-3-88148-419-0

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, verboten. Kein Teil dieses Werkes darf ohne schriftliche Einwilligung des Deutschen Wetterdienstes in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren), auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung, reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden. Für den Inhalt sind die Autoren verantwortlich.

Herausgeber und Verlag:

Deutscher Wetterdienst
Kaiserleistr. 29
63067 Offenbach am Main

Abteilung Messnetze und Daten
Kaiserleistraße 42
63067 Offenbach am Main

Inhaltsangabe	Seite
Vorwort des Präsidenten des Deutschen Wetterdienstes Wolfgang Kusch	5
Rede der Vertreterin des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, parlamentarische Staatssekretärin Iris Gleicke	6
Rede des Vertreters des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Ministerialdirigent Dr. Karl Eugen Huthmacher	9
Überwachungssysteme und Berichterstattung in der Bundesrepublik Deutschland Professor Anton Bayer (Bundesamt für Strahlenschutz)	13
50 Jahre Radioaktivitätsüberwachung in der Schweiz Professor Hansruedi Völkle (Bundesamt für Gesundheit, Schweiz)	25
50 Jahre Überwachung der Radioaktivität in der Atmosphäre durch den Deutschen Wetterdienst Werner Dyck, Dr. Thomas Steinkopff (Deutscher Wetterdienst)	48
Radioaktivitätsmessstationen des Deutschen Wetterdienstes	69

Vorwort

Am 8. und 9. Juni 2005 wurde im Rahmen einer Festveranstaltung im Bildungs- und Tagungszentrum Langen daran erinnert, dass der Deutsche Wetterdienst seit dem 8.8.1955 mit der Überwachung der Radioaktivität in der Atmosphäre gesetzlich beauftragt ist. Es galt, radioaktive Beimengungen in der Luft und im Niederschlag messtechnisch zu erfassen und die Verfrachtung radioaktiver Luftmassen zu prognostizieren. Anlass waren die damals oberirdisch durchgeführten Kernwaffenversuche der Sowjetunion und der USA und die dadurch messbar erhöhte Radioaktivität in der Atmosphäre. Der Deutsche Wetterdienst bot sich mit seiner Infrastruktur für die operationelle Überwachungstätigkeit an. Der Reaktorunfall von Tschernobyl im Jahr 1986 zeigte, wie wichtig die Einschätzung der meteorologischen Lage ist, wie wichtig es ist, frühzeitig Messwerte der Luft und des Niederschlags bereit zu stellen. Das Ende 1986 verabschiedete Strahlenschutzvorsorgegesetz weist konsequenterweise dem Deutschen Wetterdienst erneut die Aufgabe zu, die Radioaktivität in der Atmosphäre zu überwachen.

Im Rahmen dieser Vorstellung gaben aus ministerieller Sicht die parlamentarische Staatssekretärin Frau Iris Gleicke des damaligen Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen und Ministerialdirigent Dr. Karl Eugen Huthmacher vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit einen Überblick über die Entwicklung und aktuelle neue Aufgaben.

In den drei folgenden Vorträgen wurden durch Herrn Professor Anton Bayer (Bundesamt für Strahlenschutz), Herrn Dipl.-Ing. Werner Dyck (Deutscher Wetterdienst) und Herrn Professor Hansruedi Völkle (Bundesamt für Gesundheit, Sektion Überwachung der Radioaktivität, Fribourg, Schweiz) aus unterschiedlichen Perspektiven Geschichte und heutiger Stand der Technik beleuchtet. Dabei waren Zwischenfälle, unabhängig von ihrer radiologischen Relevanz, immer ein Gradmesser zur Überprüfung der Leistungsfähigkeit von Mensch, Messgeräten, Messverfahren und prognostischen Systemen.

Eine besondere Mahnung an die Verantwortlichen und eine Herausforderung für den Strahlenschutz war der Reaktorunfall von Tschernobyl, der sich im Jahr 2006 zum 20. Mal jähren wird. Unsere Arbeit dient der Früherkennung von Gefahren mit weitreichenden radiologischen Folgen mit dem Ziel, dadurch mögliche Schäden zu minimieren. Im Hinterkopf bleibt der Wunsch, dass ein solches Ereignis nicht stattfinden wird.

Wolfgang Kusch
Präsident des Deutschen Wetterdienstes

Rede der Parlamentarischen Staatssekretärin des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Frau Iris Gleicke

Sehr verehrte Festgäste,

wir schreiben das Jahr 1952 ... ! Die Auswirkungen des Zweiten Weltkrieges sind im öffentlichen Leben noch vielfach zu spüren. In diesem Jahr wird am 11. November das Gesetz über den Deutschen Wetterdienst verabschiedet. Damit gelingt die Zusammenführung der westalliierten Zonenwetterdienste zu einer bundesweit agierenden nationalen Behörde im Bereich des damaligen Verkehrsministeriums. Die Aufgaben sehen vor, unterschiedlichste meteorologische Dienstleistungen zu erbringen, vor wetterbedingten Gefahren zu warnen und im besten Sinne einer „Daseinsvorsorge“ zum Wohle der



Allgemeinheit zu arbeiten. Der Deutsche Wetterdienst, kurz DWD, widmet sich dieser Aufgabe mit großem Elan und Engagement und genießt schon nach kurzer Zeit, auch international, hohe Anerkennung.

Nicht viel später, am 8. August 1955, also vor rund 50 Jahren, wird das Wetterdienstgesetz aus aktuellem Anlass erweitert. Das Wettrüsten zwischen Ost und West und die stetig zunehmende Zahl von Kernwaffenversuchen in der Atmosphäre zur Entwicklung von immer größeren und effektiveren Atom- und Wasserstoffbomben zeigen erste Folgen. Die entstehenden radioaktiven Stoffe werden global verteilt und können plötzlich in fast allen Erdregionen und in der Umwelt nachgewiesen werden.

Die Messung zunehmender radioaktiver Strahlung in der Luft und im Niederschlag über Deutschland zeigt dabei direkte Zusammenhänge zwischen den jeweiligen Bombentests irgendwo in der Welt und dem Einfluss des Wetters - ganz besonders des Windes, mit dem die Partikel rund um den Globus verfrachtet werden. Folgerichtig ist es der DWD, der zusätzlich mit der Aufgabe betraut wird, radioaktive Beimengungen in der Atmosphäre und im Niederschlag zu messen und damit die allgemeine Radioaktivität in der Atmosphäre zu überwachen.

Der DWD errichtet ein personell besetztes Messnetz von zunächst 12 Stationen, wobei die Lage der Stationen für die Überwachung der Atmosphäre repräsentativ und international abgestimmt ist. Es existieren sichere Datenübertragungswege und eine zentrale Bewertungsstelle mit ausgebildeten Experten. Besonderer Vorteil ist die Möglichkeit die gemessenen Werte direkt mit der Meteorologie und den Ausbreitungsbedingungen verknüpfen zu können. Die Daten und Berichte werden unmittelbar im sog. Leitstellenkreis diskutiert und jeweils an die zuständigen Ministerien weitergegeben.

Insgesamt 345 Kernwaffenexplosionen werden zwischen 1945 und 1962 zu Versuchszwecken oberirdisch gezündet. In den Jahren 1958 und 1962 sind es alleine 83 bzw. 77 Explosionen. Die Messungen des DWD weisen jeweils eine starke und damit problematische Zunahme der Radioaktivität in Luft und Niederschlag nach.

Endlich, nach Inkrafttreten des internationalen Vertrages über die Einstellung von Kernwaffenversuchen in der Atmosphäre, dem sog. „Atomteststop-Abkommen“ im Jahr 1963 geht die Radioaktivität in der Atmosphäre deutlich zurück. Die Volksrepublik China unterzeichnet dieses Abkommen allerdings nicht. Auch die Auswirkungen dieser oberirdischen Kernwaffenversuche, die bis 1980 in regelmäßigen Abständen stattfinden, erfasst der DWD regelmäßig an seinen Messstellen. Gleichzeitig verbessert er ständig sein messtechnisches Instrumentarium und seine Messmethodik.

Während die Zahl der oberirdischen Atomwaffentests immer weiter abnimmt, steigt jedoch in gleichem Maße die Zahl kerntechnischer Anlagen zur friedlichen Nutzung der Kernenergie. 1979 gibt der Störfall im Reaktor Three-Mile-Island in Harrisburg/USA und das Echo in den Medien einen ersten Vorgeschmack einer neuen Gefährdung der Öffentlichkeit.

Kernkraftwerke erzeugen in großem Umfang radioaktive Nuklide, die in der Natur nicht vorkommen. Gesetzliche Vorgaben sollen dem Grenzen setzen. Daher gibt es ausgefeilte Sicherheitsvorschriften für den Betrieb der deutschen Kernkraftwerke. Der Reaktorunfall in Tschernobyl im April 1986 demonstrierte auf tragische Weise, welche Folgen die Nichteinhaltung solcher Vorschriften haben kann. Große Landstriche in der Ukraine und vor allem in Weißrussland werden so stark radioaktiv kontaminiert, dass die Bevölkerung evakuiert werden muss. Auch die DWD-Messstellen registrieren sofort eine stark erhöhte Radioaktivität in der Luft und im Niederschlag. Die Berichte des DWD werden damals zu einer der wichtigsten Entscheidungsgrundlagen der Bundesregierung und der Katastrophenschutzstäbe.

Wie sich schnell zeigt, ist das damalige Katastrophenmanagement in Deutschland auf eine solche Bedrohung nicht ausreichend vorbereitet. Die unterschiedlichen Auffassungen über die Grenzwerte seitens der Bundes- und Länderbehörden und die unterschiedlichen, z.T. schwer fassbaren physikalischen Einheiten führen in der Bevölkerung zu einem großen Misstrauen gegenüber den Behörden. Dies führt wenige Monate später, im Dezember 1986, zur Verabschiedung des „Strahlenschutzvorsorgegesetzes“ und zu einer zentralen Bewertung aller Informationen und Daten in einem solchen Störfall.

Dem DWD wird wiederum die Aufgabe übertragen, die Radioaktivität in der Luft und im Niederschlag zu überwachen und mit Hilfe seiner Vorhersagemodelle Prognosen zu erstellen. Als Schwesterbehörden des DWD im Bereich des damaligen BMV wird auch die Bundesanstalt für Gewässerkunde und die Bundesanstalt für Seeschifffahrt und Hydrographie mit der Überwachung der Bundeswasserstraßen bzw. von Ost- und Nordsee betraut.

Mit diesem erweiterten gesetzlichen Auftrag, nun auch fast 20 Jahre her, konnte das Radioaktivitätsmessnetz des DWD weiter verbessert und ausgebaut werden. Es besteht heute aus 40 Messstationen zwischen Aachen und Görlitz, zwischen Sylt und der Zugspitze, ausgerüstet mit hochmodernen Messsystemen am Boden und bei Bedarf sogar vom Flugzeug aus. Dazu gehören extrem schnelle Datenübertragungsverbindungen, eine moderne, hochverfügbare Rechnerkonfiguration in Offenbach, ein auf dem neuesten Stand stehendes radiochemisches Labor und vor allem geschultes und engagiertes Personal.

Die jahrzehntelange Konstanz der Arbeit des DWD lässt auf eine hohes Maß an Professionalität aller Beteiligten schließen. Schnelle Bereitstellung von Messdaten und schnelle, gute Prognosen fordert man vom DWD. Diese Aufgabe hat der DWD mit Bravour gemeistert. Heute, 50 Jahre nach Beginn der ersten Radioaktivitätsmessungen durch den DWD, finden wir hier in Ihrem Hause einen hervorragend organisierten Bereich vor, eine Messmethodik in unglaublich feiner Auflösung. Nichts kann ihr entgehen und mit Hilfe des riesigen DWD-Rechenzentrums stehen genaue und verlässliche Prognosen der jeweiligen Ausbreitungsbedingungen weltweit zur Verfügung. Die Öffentlichkeit soll wissen, dass diese hochsensible Aufgabe beim Deutschen Wetterdienst in sicheren Händen liegt.

So möchte ich mich seitens des Ministeriums beim Deutschen Wetterdienst für die konstante und stets zielgerichtete Arbeit und für das besondere Engagement der DWD-Mitarbeiter während der letzten 50 Jahre bedanken. Es bleibt zu wünschen, dass hier auch weiterhin auf hohem Niveau ein Überwachungssystem gepflegt wird, dass stets den Blick auf die aktuelle Situation erlaubt, Veränderungen im Spurenbereich sofort zeigt und jederzeit für den Notfall bereit ist - wobei ich inständig hoffe, dass es nie zu einer solchen Bewährungsprobe kommen möge.

Rede des Vertreters des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Dr. Karl Eugen Huthmacher

Sehr geehrte Frau Staatssekretärin,
sehr geehrter Herr Präsident,
geehrte Damen und Herren,

mein Abteilungsleiter, der Leiter der Abteilung Reaktorsicherheit und Strahlenschutz (RS) im Bundesumweltministerium, hat mich gebeten die Grußworte des BMU (unseres Hauses) an Sie zu richten. Dies freut mich umso mehr, da die Unterabteilung Strahlenschutz, deren Leiter ich seit vielen Jahren bin, die stärksten fachlichen Bindungen der Abteilung Reaktorsicherheit zum Deutschen Wetterdienst, zu Ihrem Haus, hat.



Deshalb möchte ich mich für die Einladung und die Gelegenheit hier einige Worte über unsere Zusammenarbeit mit Ihnen sagen zu dürfen, herzlich bedanken.

Die Abteilung RS, respektive die Unterabteilung Strahlenschutz ist zwar nicht einzige Organisationseinheit unseres Hauses, die eng mit Ihnen zusammenarbeitet, aber sie tut dies seit langem, seit nahezu 50 Jahren, seit der DWD eben radioaktive Stoffe in der Atmosphäre überwacht. Dieses Jubiläum bedeutet auch – 50 Jahre erfolgreiche Zusammenarbeit zwischen Ihnen und uns (bzw. dem jeweiligen Ministerium, das für den Strahlenschutz zuständig war). Wir sehen uns schließlich in gewisser Weise als Rechtsnachfolger oder Erbe des damaligen Atomministeriums.

Lassen Sie mich anknüpfen an die Worte von Frau StS'in Gleicke und den Bogen schlagen zu den Dingen (Aufgaben), die Ihr Haus mit unserem Haus, insbesondere mit dem Bereich Strahlenschutz verbinden.

50 Jahre sind eine lange Zeit und wie Frau StS'In Gleicke schon ausführte war der Anlass dafür, dass radioaktive Stoffe in der Atmosphäre überwacht werden sollten, die immer stärker werdenden oberirdischen Atomwaffentests der Nuklearmächte zu Beginn der 50er Jahre in der Welt.

Das Wettüben und der damit verbundene Wahn, immer größere, wirkungsvollere Atomwaffen herzustellen, führte zu einem massiven Anstieg der Radioaktivität in der Atmosphäre. Anlass genug für eine ständige qualifizierte Überwachung der Radioaktivität in der Atmosphäre, denn diese war das Medium, das Alpha-, Beta- und Gamma-strahlende Radionuklide nach Mitteleuropa brachte. Die Begriffe „fallout“ und „washout“ wurden geläufig. Ich weiß nicht, ob es damals schon „Unworte des Jahres“ gab. Sie wären gute Kandidaten gewesen.

Dies war der Beginn der Überwachung der Umweltradioaktivität.

Lassen Sie mich bei meiner kurzen Rückschau der Entwicklung der Überwachung der Umweltradioaktivität die nächsten Stufen wie Vormarsch der friedlichen Nutzung der Kernenergie, Verpflichtungen aus dem Euratom-Vertrag, Gründung der Leitstellen oder Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen nach der REI überspringen und erst wieder im Jahr 1986 fortfahren.

Im Jahr 1986 kam Tschernobyl. Der von den Atomkraftbefürwortern kaum für vorstellbar gehaltene, von den Atomkraftgegnern jedoch immer wieder heraufbeschworene GAU war tatsächlich eingetreten. Das eher mäßige Interesse der Öffentlichkeit und der Politik an der Umweltradioaktivität trat schlagartig wieder in den Vordergrund.

Obwohl Tschernobyl weit weg war, so weit weg, dass es schwer fiel zu glauben, wir hier in Mitteleuropa könnten von dem Ereignis irgendetwas spüren, kam es anders. Weite Teile Mittel- und Nordeuropas wurden mehr oder minder stark kontaminiert.

Es wurde allen deutlich gemacht, wie komplex atmosphärische Ausbreitungsvorgänge ablaufen können, und es wurde allen klar gemacht, welche heimtückischen Gemenge radioaktive Stoffe sind, die man nicht riechen, schmecken oder gar sehen kann, die aber doch den menschlichen Organismus schleichend und nachhaltig schädigen können.

Es kam wie es kommen musste. – Hinterher weiß man das immer. –

Fachwelt und Politik waren weitgehend unvorbereitet.

Die Bevölkerung und die Medien in Deutschland reagierten hysterisch, die Fachwelt versuchte zu beruhigen. Aber wie auch immer, alle waren irgendwie beeindruckt und beunruhigt.

Die Politiker reagierten: unabgestimmt, irrational, dem Druck der Medien gehorchend. Die meisten hier im Saal haben dies miterlebt – ich kann mir die Worte sparen.

Das Ereignis hatte jedoch auch seine positiven Seiten. Unter dem Eindruck des Geschehens wussten auch einige Politiker und Fachbeamte die Gunst der Stunde zu nutzen. Ich möchte hier nur die herausragendsten Maßnahmen nennen, die in Folge des Reaktorunfalls getroffen wurden:

- Das BMU wurde gegründet – lange überfällig, es bedurfte des Anstoßes.
- Das Strahlenschutzvorsorgegesetz wurde innerhalb weniger Wochen erarbeitet und noch im gleichen Jahr verabschiedet (wer weiß, wie aufwändig es ist ein Rechtssetzungsverfahren durchzuziehen, weiß auch diese Leistung zu schätzen).
- Und es wurde der Beschluss gefasst, ein bundesweites und einheitliches System für die Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt zu errichten.

Willkommene Nebenerscheinung des Ereignisses Tschernobyl war die Bereitwilligkeit der Verwaltung, in ungeahntem Maße neues Personal für den schwächelnden Bereich der Umweltradioaktivitätsüberwachung zu genehmigen. Fast alle – wage ich einmal zu behaupten – bei Bund und Ländern, die heute mit dieser Materie zu tun haben, sind damals eingestellt worden. Dies gilt, wie mir gut unterrichtete Kreise mitgeteilt haben, auch für den DWD. Die Überwachung der Umwelt auf radioaktive Stoffe erlebte eine Renaissance.

Die neuen, alten Aufgaben des DWD wurden wie zur Bekräftigung im Strahlenschutzvorsorgegesetz im Verbund mit Aufgaben, die andere Bundes- und Länderbehörden durchzuführen hatten, erneut verankert. Die Aufgabe der Überwachung der Aktivitätskonzentration in Luft und Niederschlag war und blieb Aufgabe des DWD.

Aus insgesamt 12 nun schon in die Jahre gekommenen Messstationen des DWD-Messnetzes wurden zunächst 26 auf dem neuesten technischen Stand gerüstete Messstationen, die die Radioaktivität in der Luft rund um die Uhr überwachten – später, nach dem Beitritt der neuen Länder sollten es dann 40 sein.

Die Wassermessnetze wurden ausgebaut und das Gamma-Ortsdosisleistungsmessnetz des Zivilschutzes bekam eine neue Aufgabe und wurde den Anforderungen an eine Umweltüberwachung genügend ertüchtigt. Und die Messeinrichtungen der Länder wurden in das System so weit wie möglich integriert. Das System brauchte keinen Vergleich mit anderen Systemen in Europa zu scheuen. Es war in der Form einmalig.

Aber man war sich darüber im Klaren, dass es mit einer komfortablen Überwachung nicht getan sei. Messgeräte zeigen nur etwas an, das schon vorhanden ist. Dann ist es meist für Gegenmaßnahmen oder für vorsorgende Maßnahmen zu spät. Wenn nicht vor dem Beginn einer Kontamination durch eine radioaktive Wolke die Bevölkerung oder die Landwirte gewarnt werden können, ist das Ziel eines vorbeugenden Schutzes nicht erreicht.

Ein Tschernobyl 2 konnte jeden Tag erneut passieren, diesmal vielleicht näher an den deutschen Grenzen mit deutlich gravierenderen Auswirkungen. Man benötigte neben dem komfortablen Messsystem Hilfsmittel, die es erlaubten bereits im Vorfeld eines Ereignisses bzw. rechtzeitig vor einer Kontamination des Bundesgebietes eine Abschätzung der zu erwartenden Lage durchzuführen.

Aus diesem Grund wurde im Strahlenschutzvorsorgegesetz auch als wesentliche Aufgabe die Durchführung von Ausbreitungsrechnungen aufgenommen.

Diese Aufgabe wurde ebenfalls dem Deutschen Wetterdienst übertragen, obwohl es bereits zu damaliger Zeit in Deutschland eine Reihe von einfachen und auch fortgeschrittenen Ausbreitungsmodellen, vornehmlich jedoch für eine standortnahe Ausbreitung von radioaktiven Stoffen, gab.

Man benötigte mehr. Der Reaktorunfall hatte die Dimensionen deutlich gemacht, mit denen man zu rechnen hatte. Lokale Ausbreitungsverhältnisse und -modelle reichten hier nicht mehr aus. Es wurden Modelle benötigt, die auf der meteorologischen Vorhersage basierten. Dies konnte nur der Deutsche Wetterdienst. Auf der Basis des in Entwicklung befindlichen Europamodells und des Deutschlandmodells wurden die erforderlichen Ergänzungen für die Ausbreitung radioaktiver Stoffe durchgeführt und als Bestandteil in das IMIS-System integriert.

Der Deutsche Wetterdienst war somit nicht nur zuständig für die Erfassung radioaktiver Stoffe in Luft und Niederschlag sondern auch für die Vorhersage, wann und wo und wenn möglich auch in welcher Konzentration radioaktive Stoffe das Bundesgebiet erreichen.

Die Berechnung von Trajektorien und die Berechnung der Ausbreitungsverhältnisse für radioaktive Stoffe sind heute unverzichtbarer Bestandteil der Hilfsmittel, über die ein Krisenmanagement im Ernstfall verfügen muss, um rechtzeitig halbwegs zutreffende Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung ergreifen zu können.

Wie erst kürzlich wieder in einer internationalen Übung getestet werden konnte, liegen innerhalb von 15-20 Minuten nach einer Anforderung, einem Anruf bei ihrem MvD (Meteorologe vom Dienst) die Ergebnisse der Trajektorienrechnungen für jeden beliebigen Kernkraftwerkstandort in Europa im IMIS und damit in unserem Krisenzentrum bei uns im Ministerium vor.

Diese kleinen bunten Linien – bei uns sind sie bunt - geben uns die ersten Anhaltspunkte, ob und ggf. wann das Bundesgebiet von einem Ereignis betroffen sein wird. Wohl wissend, dass dies nur Anhaltspunkte sind, die einer genaueren Verifizierung bedürfen, werden sich doch zunächst alle weiteren Maßnahmen an diesen Linien orientieren. Die nächsten Schritte sind großräumige Ausbreitungsrechnungen, die ein genaueres Bild über den sich entwickelnden Verlauf des großräumigen Radionuklidtransports in der Atmosphäre ergeben. Erst im darauf folgenden Schritt kommen die Radiologen oder besser gesagt die Radioökologen zu Wort.

Aufbauend auf den Ergebnissen der Ausbreitungsrechnungen modellieren sie die radiologische Lage, die wiederum die Basis für konkrete Entscheidungen für die Einleitung von Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung ist.

Nur das reibungslose Zusammenspiel verschiedener Disziplinen bietet heute die Gewähr dafür, dass ein Krisenmanagement die gestellte Aufgabe so erfolgreich wie möglich bewältigt.

Aber es sind nicht nur die großen, spektakulären Ereignisse, bei denen unser Haus eng mit Ihnen zusammenarbeitet. Es sind auch die weniger Aufsehen erregenden Vorgänge in der Umwelt, die einer Beobachtung und Interpretation bedürfen. Ich erinnere an die ansteigende Aktivitätskonzentration von Cs-137 in der Luft aufgrund der Torfbrände in Russland, aufgrund von Resuspensionen bei der Ernte oder aber an das Ereignis in Südspanien, wo eine Caesium-137-Quelle versehentlich in einem Hochofen eingeschmolzen wurde und eine deutlich nachweisbare Spur quer über Europa gelegt hatte.

Ich möchte hier an die Aufgabe der Spurenanalyse erinnern, die vom DWD im Verbund mit der Physikalisch Technischen Bundesanstalt (PTB) und dem Bundesamt für Strahlenschutz durchgeführt wird. Denen entgeht nichts. Sie erkennen langfristige Trends und decken solche Ereignisse wie eben genannt auf. Sie nehmen eine wichtige Aufgabe im Zusammenhang mit der Umweltüberwachung wahr.

Lassen Sie mich zum Schluss kommen und noch einmal auf Tschernobyl zurückkommen:

Tschernobyl ist fast 20 Jahre her. Fast auch ein Jubiläum, gäbe es hierbei etwas zu jubilieren.

Die Bereitschaft der Politik bei Bund und Ländern für ein Überwachungssystem – auch im erweiterten Sinne – Mittel bereitzustellen, lässt deutlich spürbar nach, obwohl sich an den Gegebenheiten seit 1986 nichts geändert hat.

Die potenzielle Gefährdung besteht nach wie vor; die Zahl der kerntechnischen Anlagen ist nicht zurückgegangen; ungünstige meteorologische Verhältnisse wird es auch immer wieder geben.

Warum dann die nachlassende Bereitschaft, die Systeme zumindest in Betrieb zu halten? Dies ist auch in unserem Haus zu spüren.

Haben wir damals wirklich so stark überzogen? Mit Verlaub gesagt: Es waren noch ganz andere Dinge geplant!

Lassen Sie mich deshalb mit einer Bitte an sie alle, die mit der weiteren Aufgabe einer Krisenbewältigung befasst und beauftragt sind, enden.

Lassen Sie uns nicht wegen eines vermeintlichen Geldmangels aufgebaute Strukturen und Systeme gefährden, die im Ereignisfall dringend benötigt werden. Die Frage der Öffentlichkeit wird andernfalls unweigerlich kommen: „Wieso habt ihr nicht....?“

Ich möchte dann darauf keine Antwort geben müssen.

Überwachungssysteme und Berichterstattung in der Bundesrepublik Deutschland

Professor Anton Bayer, Bundesamt für Strahlenschutz, 85764 Oberschleißheim

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 radioaktivem 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 Wesentlichen Radioaktivität an Luftschwebstoffen und im Niederschlag). Zu dieser Zeit erkannten einige Wissenschaftler in Laboratorien von Universitäten und Forschungseinrichtungen sowie von Ämtern und Forschungsanstalten des Bundes und von landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalten der Länder die Gefahren der ungehemmten Zunahme der Radioaktivität in der Umwelt infolge des 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]; seither erfolgt die Überwachung großräumig. Sie ist ein wesentlicher Bestandteil des vorbeugenden Gesundheitsschutzes der Bevölkerung.

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 Aufgabenaufteilung 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.

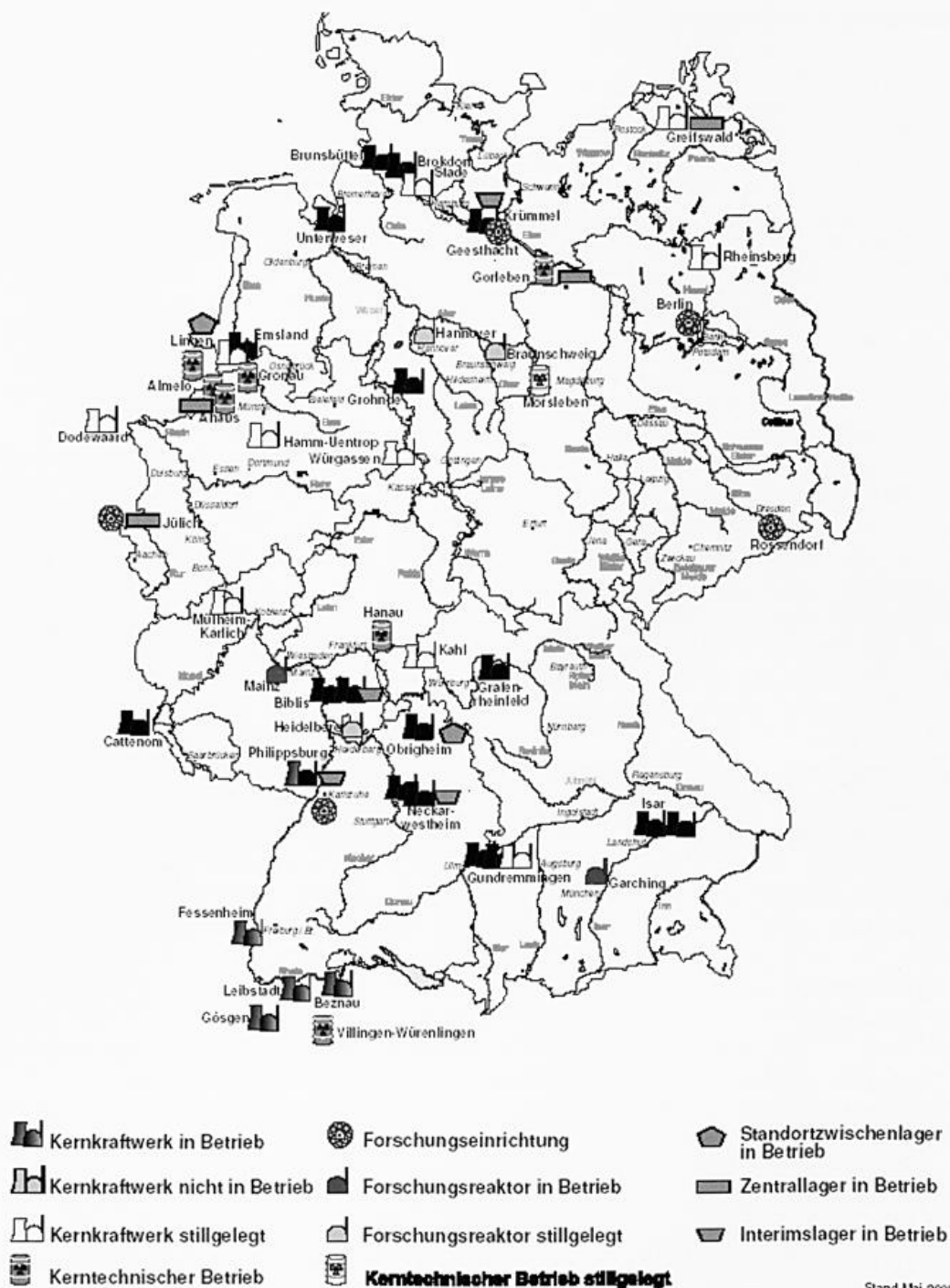


Abb. 1: Standorte kerntechnischer Anlagen in Deutschland

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 Immis-

sionsüberwachung kerntechnischer Anlagen, (REI)" [5, 5a] bzw. ihren Vorläufern. Sie ist bei den in Frage kommenden Anlagen vollständig realisiert (siehe Abb. 1).

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.

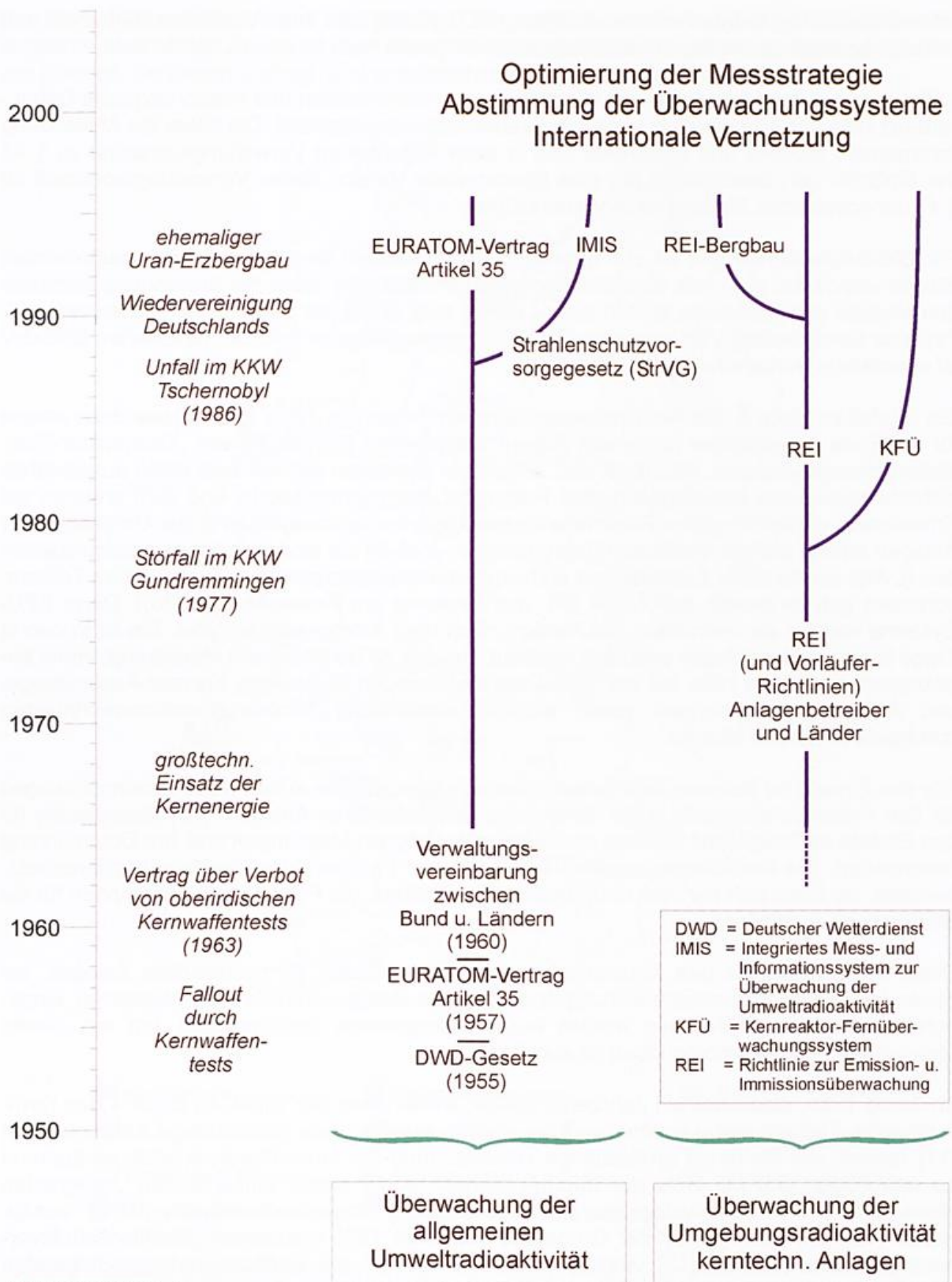
Für Störfallsituationen gibt es zur Ermittlung der bei einem derartigen Ereignis auftretenden Strahlenexposition ebenfalls eine Berechnungsgrundlage. Die dabei zur Anwendung kommenden Modelle und Parameter sind in einer Leitlinie zu § 28 (3) der StrlSchV (alt) beschrieben [7, 7a]; eine überarbeitete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



ABA070010b2005.cdr

Abb.2: Geschichte der Überwachung der Umweltradioaktivität in Deutschland (vereinfacht)

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 Strahlenschutzvorsorgebehörden (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.

Abbildung 2 zeigt schematisch die geschichtliche Entwicklung dieser Überwachungsaufgaben.

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 [16]. 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 Notstandsituation“ [17] und zum anderen das am 23.05.89 als deutsches Gesetz verkündete „Übereinkommen über die frühzeitige Benachrichtigung bei nuklearen Unfällen“ [18,19] 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 Nahrungs-

mitteln“ ein „engmaschiges Überwachungsnetz“ zur Gewinnung eines Überblicks und ein „weitmaschiges Überwachungsnetz“ für hochempfindliche Messungen vorzusehen.

In der Empfehlung wird geregelt, welche Umweltmedien/Radionuklidbestimmungen in die Radioaktivitätsüberwachung einbezogen und in welcher Dichte und Häufigkeit die Probenahmen/Messungen in den einzelnen Regionen der Mitgliedstaaten vorgenommen und an die Kommission berichtet werden sollen.

Dabei werden zwei Überwachungsnetze eingeführt: Das engmaschige (dense network) und das weitmaschige Probeentnahmenetz (sparse network). 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. Anforderungen an das Nachweisvermögen der Messverfahren werden anhand sogenannter Reporting Level (RL) definiert. Diese RL sind so ausgelegt, dass damit Expositionen von 1 $\mu\text{Sv/a}$ erfasst werden können. 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.

Überwachungsprogramme und beteiligte Institutionen

In der Abb. 3a sind die genannten nationalen Überwachungsprogramme und die gesetzlichen Grundlagen in vereinfachter schematischer Übersicht dargestellt; in Abb. 3b 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.

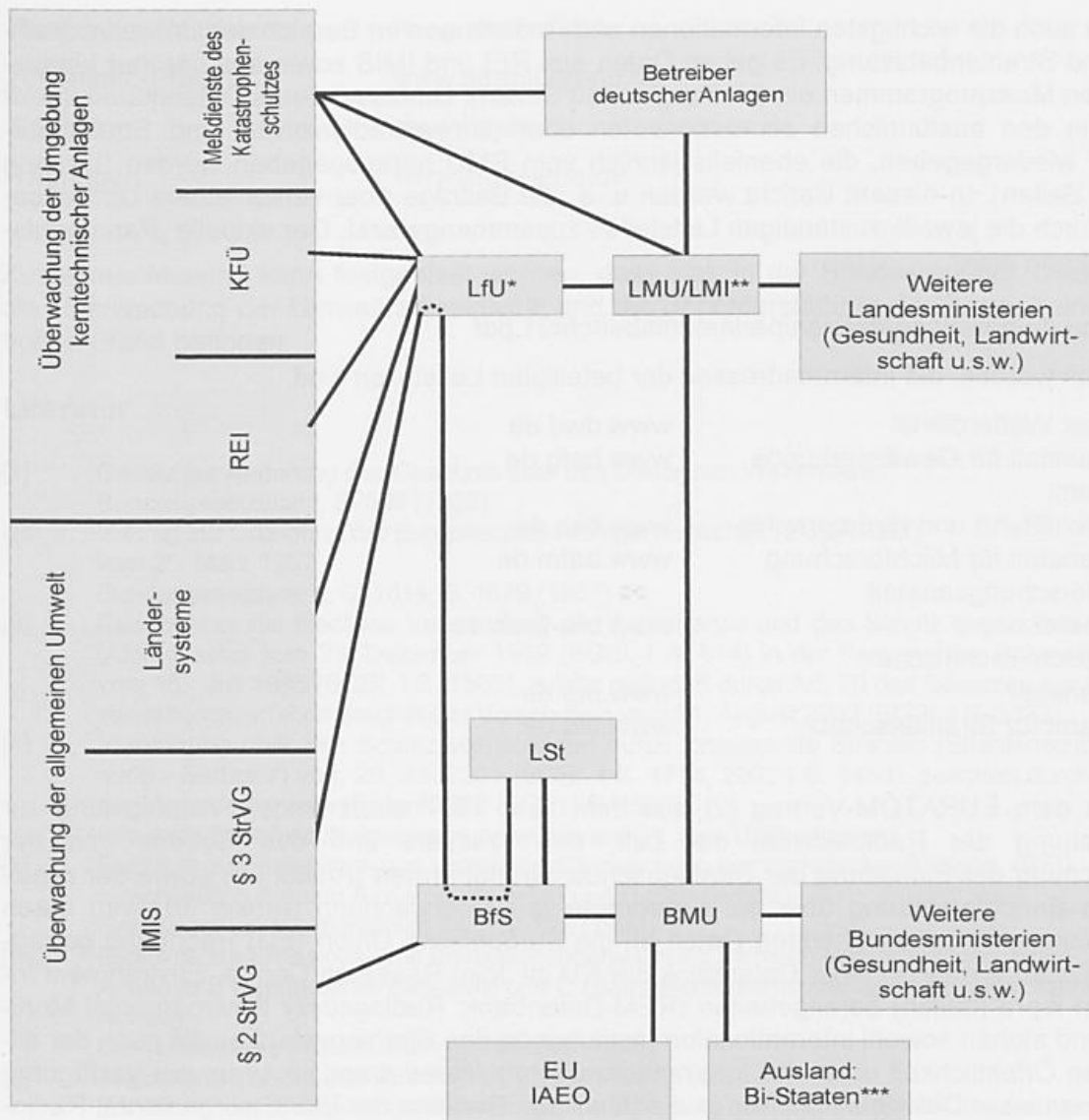
Mit eingezeichnet in Abb. 3b sind die im vorangegangenen Abschnitt beschriebenen Informationswege zur EU und zur IAEA, wobei vor allem die letztgenannte Organisation eine sehr wichtige Schaltstelle im internationalen Informations-Netzwerk darstellt.

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.

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 Bundes- auftrags- verwaltung	Ländersysteme	REI Überwachung Von Emission Und Immission	KFÜ Überwachung von Anlage, Emission, meteorolog. Parametern und Immission	Messdienste des Katastrophen- schutzes - Messtrupps - Strahlenspür- trupps - unabhängige, sachverständige Messstellen

AtG = Atomgesetz
 IMIS = Integriertes Mess- und Informationssystem zur Überwachung der Umweltradioaktivität
 KFÜ = Kernreaktor-Fernüberwachung
 REI = Richtlinie zur Emission- und Immissionsüberwachung
 StrlSchV = Strahler.schutzverordnung zum Atomgesetz
 StrVG = Strahlenschutzvorsorgegesetz

Abb.3a: Programme zur Überwachung der Umweltradioaktivität (schematisch)



- * Fachliche Landesbehörden
- ** Atomrechtliche Aufsichtsbehörden und Katastrophenschutzbehörden der Länder und ihre nachgeordneten Behörden
- *** Bi-Staaten sind Staaten, mit denen bilaterale Vereinbarungen bestehen

- BfS = Bundesamt für Strahlenschutz
- BMU = Bundesumweltministerium
- EU = Europäische Union
- IAEO = Internationale Atomenergie Organisation
- LSt = Leitstellen

ABA07017b.cdr

Abb.3b: Überwachungsprogramme und beteiligte Institutionen (schematisch)

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.

Berichterstattung über die Ergebnisse der Überwachung

Gemäß Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG) ist die Radioaktivität in der Umwelt zum Schutz der Bevölkerung zu überwachen. Im § 5 StrVG ist die Bewertung dieser Daten und die jährliche Berichterstattung über die Entwicklung der Radioaktivität durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) an den Deutschen Bundestag und den Bundesrat vorgeschrieben. In der Reihe „Umweltpolitik“ erscheint dazu die jährliche Schrift „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“, die – da sie eine Bundestagsdrucksache ist – auch als „Parlamentsbericht“ bezeichnet wird. Diese Schrift umfasst neben

anderen auch die wichtigsten Informationen und Änderungen im Bereich der Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung. Es gehen Daten aus REI und IMIS sowie aus darüber hinausgehenden Messprogrammen ein (Umfang ca. 60 Seiten). Umfassenderes Datenmaterial wird jeweils in den ausführlichen Jahresberichten über „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ wiedergegeben, die ebenfalls jährlich vom BMU herausgegeben werden (Umfang ca. 300 Seiten). In diesem Bericht werden u. a. die Beiträge über verschiedene Umweltbereiche durch die jeweils zuständigen Leitstellen zusammengefasst. Der aktuelle „Parlamentsbericht“ kann unter

www.bmu.de/download/dateien/parlamentsbericht01.pdf

abgerufen werden, die Internetadressen der beteiligten Leitstellen sind:

Deutscher Wetterdienst	www.dwd.de
Bundesanstalt für Gewässerkunde	www.bafg.de
Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie	www.bsh.de
Bundesanstalt für Milchforschung	www.bafm.de
Bundesforschungsanstalt für Fischerei	www.bfa-fisch.de
Physikalisch-Technische Bundesanstalt	www.ptb.de
Bundesamt für Strahlenschutz	www.bfs.de

Der aus dem EURATOM-Vertrag [2] aus dem Jahr 1957 stammenden Verpflichtung zur Überwachung der Radioaktivität der Luft, des Wassers und des Bodens und der Überwachung der Einhaltung der Strahlenschutz-Grundnormen (Artikel 35) sowie der regelmäßigen Berichterstattung über die Ergebnisse der Überwachung (Artikel 36) wird durch Übermittlung von entsprechenden Daten an die Europäische Union (EU) Rechnung getragen. Die Daten werden in einer Datenbank der EU im Joint Research Centre, Environment Institute, in Ispra (Italien) bereitgehalten (REM-Datenbank: Radioactivity Environmental Monitoring) und stehen sowohl internationalen Institutionen des Strahlenschutzes als auch der allgemeinen Öffentlichkeit unter der Internetadresse <http://www.rtmj.jrc.it/rem> zur Verfügung. Daten aus dieser Datenbank fließen in die jährlichen Berichte der EU „Environmental Radioactivity in the European Community“ ein, herausgegeben von der Abteilung DG XI, Nuclear Safety and Civil Protection in Luxemburg. Die Berichte sind auch im Internet zum Beispiel unter:

http://rem.jrc.cec.eu.int/downloads/MonitoringReports/MR_1995.pdf

abrufbar.

Parallel zu diesen Berichten veröffentlichen eine Reihe von Bundesländern ebenfalls vergleichbare Berichte mit dem Schwerpunkt "Umweltradioaktivität" (z.B. "Radioaktivität in Baden-Württemberg", Jahresbericht, Landesanstalt für Umweltschutz). In letzter Zeit finden diese Berichte nicht nur in Papierform Verbreitung, sondern werden vermehrt auch im Internet zur Verfügung gestellt. Beispiele finden Sie unter:

Baden-Württemberg:	www.lfu.baden-wuerttemberg.de/lfu/uis
Bayern:	www.bayern.de/lfu
Brandenburg:	www.brandenburg.de/land/mlur/s/umwradio
Hamburg:	www.hu.hamburg.de
Hessen:	www.hlug.de/medien/radioaktiv/ueberwachung/index
Niedersachsen:	www.mul.niedersachsen.de

Nordrhein-Westfalen:	www.rfue.nrw.de
Rheinland-Pfalz:	www.strahlung-rip.de
Sachsen:	www.landwirtschaft.sachsen.de
Thüringen:	www.tlug-jena.de

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass sich in der Bundesrepublik Deutschland die Überwachung der Umweltradioaktivität und die Berichterstattung darüber auf einem sehr hohen Stand befinden.

Literatur

- [1] Gesetz zur Änderung des Gesetzes über den Deutschen Wetterdienst
Bundesgesetzblatt I, S. 506 (1955)
- [2] Vertrag zur Gründung der Europäischen Atomgemeinschaft (EURATOM)
vom 25. März 1957
Bundesgesetzblatt II, S. 1014, S. 1679 (1957)
- [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
verwaltungsverfahrenrechtlicher Vorschriften vom 21. August 2002 (BGBl. I S. 3322)
- [4] Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverord-
nung - 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, 502-528 (1993)
- [5a] Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen, (REI)
Anhänge B (Brennelementfabriken) und C (Brennelementzwischenlager, Endlager für radioaktive
Abfälle)
Gemeinsames Ministerialblatt 47, 195-246 (1996)
- [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 Kernkraft-
werken mit DWR gemäß § 28 Abs. 3, StrlSchV (alt)
Bundesanzeiger 35, Nr. 245a (1983)
- [7a] Neufassung des Kapitels 4 „Berechnung der Strahlenexposition“ der Störfallberechnungs-
grundlagen 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), 4-5 (1977)
- [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, 538-588 (1999)
- [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, S. 2610 (1986)
zuletzt geändert durch Gesetz über die Neuordnung zentraler Einrichtungen des Gesundheitswesens vom 24. Juni 1994
Bundesgesetzblatt I S. 1416 (1994)
- [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-Kompendium der Sommerschule Strahlenschutz, 4. Auflage
H. Hofmann Verlag, Berlin (1995)
- [15] H. Biesold, A. Kindt, E. Ettenhuber
Bewertung bergbaulicher Hinterlassenschaften
Atomwirtschaft 41, 181-183 (1996)
- [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 IAEA-Benachrichtigungsübereinkommen zu dem IAEA-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, 37-41 (2000)
- [21] Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Integrierten Mess- und Informationssystem nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz (AVV-IMIS)
Bundesanzeiger 47, Nummer 200a, 3-40 (1995)
- [21a] Richtlinie zur Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz

50 Jahre Radioaktivitätsüberwachung in der Schweiz

Professor Hansruedi Völkle,
Leiter der Sektion Überwachung der Radioaktivität,
Bundesamt für Gesundheit, Fribourg - Schweiz

Einleitung

In unserem Leben sind wir ständig von Radioaktivität und Strahlung umgeben. Dies hat schon *Pater Alberik Zwysig* geahnt, der Komponist des Schweizer Psalms - unserer Nationalhymne - die er 1841 vertonte: « *Trittst im Morgenrot daher, Seh' ich dich im **Strahlenmeer**; Dich, du Hoherhabener, Herrlicher! ...* »



Dass Strahlung Leben schaden oder den genetischen Code im Zellkern verändern kann, wurde schon bald nach der Entdeckung der Röntgenstrahlung durch *W. C. Röntgen* und durch die Experimente von *H. J. Muller* an der *Drosophila*, dem Lieblingstier der Strahlenbiologen, bekannt. Auf der andern Seite kann sie auch nützlich sein, etwa in der Medizin bei der Diagnostik und der Krebstherapie. Zweifels- ohne stimuliert die natürliche Strahlung auch die zellulären Schutz- und Reparaturmecha- nismen und hat schliesslich, durch Erzeugung von genetischen Varianten, zur Evolution der Arten beigetragen. Nutzen und Schaden sind wie bei vielen Stoffen sehr nahe beieinander; alles ist letztlich eine Frage des Dosis wie schon *Paracelsus* festgestellt hat.

Ein kurzer Blick in die Geschichte mit einigen wichtigen Daten ist in der Tabelle 1 unter den Stichworten «Kernwaffen», «Kernanlagen», «Unfälle» und «Massnahmen» im Bereich Strahlenschutz, Überwachung und Gesetzgebung zusammengestellt.

Entwicklung der Kernphysik in der Schweiz

Mit den Themen Radioaktivität, ionisierende Strahlung, Kernphysik und Kernenergie befas- ste man sich in der Schweiz schon vor 1956, dem Beginn der systematischen Überwachung. Bereits 1909 bis 1911 führte *Albert Gockel*, damals Physikprofessor an der Universität *Fribourg* und dort Leiter des *Institutes für kosmische Physik*, Ballonfahrten bis auf 4500 m Höhe durch und maß mit einem Elektrometer die Ionisation der Luft. Dabei stellte er fest, dass diese mit der Höhe zunahm, indem die Entladung des Elektrometers in der Höhe schneller erfolgte als am Boden, woraus er die Existenz einer von aussen kommenden *kos- mischen* Strahlung postulierte. Den Nobelpreis für die Entdeckung der kosmischen Strahlung erhielt dann allerdings 1936 der Österreicher *Viktor F. Hess*. *Albert Gockel* befasste sich auch mit der Radioaktivität von Boden und Quellen. *Friedrich Dessauer*, von 1937 bis 1950 ebenfalls Professor in *Fribourg*, beschäftigte sich mit der Wirkung von Röntgenstrahlen auf lebende Zellen. Mit seinen Untersuchungen zur Treffertheorie leistete er Pionierarbeit auf dem Gebiet der Strahlenbiophysik. Seine langjährigen Experimente mit Röntgenstrahlen führten allerdings auch zu Verbrennungerscheinungen und Entstellungen seines Gesichtes, die mehrere Hauttransplantationen erforderlich machten.

Tabelle 1: Einige Daten aus der Geschichte

Jahr	Kernwaffen	Kernanlagen	Unfälle	Massnahmen
1939	Brief A. Einstein an Präs. Roosevelt			
1942		1. Reaktor in Chicago		
1945	1. amer. A-Bombe; Hiroshima u. Nagasaki			
1949	1. russ. A-Bombe			
1952	1. amer. H-Bombe			
1952	1. engl. A-Bombe			
1955	1. russ. H-Bombe	Genf: Atoms for Peace		Gründung Reaktor-AG
1956				Beginn Überwachung Schweiz
1957		Betrieb Forschungsreaktor SAPHIR am EIR	Kysthym, Windscale	Gründung IAEA
1958	1. Fallout-Maximum			
1959				erstes Atomgesetz
1960	1. franz. A-Bombe	Betrieb Forschungsreaktor DIORITH am EIR		1. NaI-Spektrometer
1963				PTBT
1963	2. Fallout-Maximum			1. Strahlenschutzverordnung
1964	1. chin. A-Bombe		Absturz SNAP-9A	
1966			Palomares, Spanien	Gründung Fachverband
1967	1. chin. H-Bombe			
1968	1. franz. H-Bombe	Betrieb CNE LUCENS	Thule, Grönland	1. Ge(Li)-Spektrometer
1969			CNE LUCENS	
1969		Betrieb BEZNAU I		
1970				Gründung NAGRA
1971		Betrieb BEZNAU II		
1972		Betrieb MÜHLEBERG		
1974	1. ind. A-Bombe			TTBT: < 150 kT TNT-Äquivalent
1976				Rev. Strahlenschutzverordn.
1977		Stilllegung DIORITH		
1978			KOSMOS	

Jahr	Kernwaffen	Kernanlagen	Unfälle	Massnahmen
			954 Kanada	
1979		Betrieb GÖSGEN		
1979			Harrisburg (TMI)	
1983				Dosis-Massnahmen- Konzept
1983			Ciudad- Juarez	
1984		Betrieb LEIBSTADT		
1985				Dosiswarnnetz NADAM
1986			Tschernobyl	
1987			Goiânia (Brasilien)	
1990				Neue Empfehlungen ICRP Annahme 10-Jahre Moratorium
1993		Stilllegung SAPHIR		
1993				KKW-Dosiswarnnetze MADUK
1994				Neues Strahlenschutzgesetz & Strahlenschutzverordnung
1995				Aerosole-Warnnetz RADAIR
1996	Letzte franz. Bombe letzte chin. Bombe			
1996				CTBT-Abkommen
1998	Letzte ind. Bombe letzte pak. Bombe			
2002				Standort Wellenberg abgelehnt
2003				"Strom ohne Atom" abgelehnt "Moratorium-plus" abgelehnt
2004				Kernenergiegesetz & - Verordnung

Paul Scherrer schliesslich, Professor an der *ETH* in *Zürich* von 1920 bis 1969, entwickelte zusammen mit *Peter Debye* das nach ihnen benannte *Debye-Scherrer-Verfahren* zur Röntgenfeinstrukturanalyse, war ein Pionier der Kernphysik und ein Förderer der Kernenergie in der Schweiz. Eine ganze Generation von Physikern wurde von ihm ausgebildet und hat die Forschung in der Kernphysik an weiteren Schweizer Universitäten aufgebaut. 1937 beschloss er mit seinen Mitarbeitern Thorium mit schnellen Neutronen, achtete aber (leider) nicht auf die dabei entstandenen Spaltprodukte. So verpasste er die Entdeckung der Kernspaltung, die ein Jahr später *Otto Hahn*, *Fritz Strassmann* und *Liese Meitner* gelang. Bereits 1945 beschrieb er eine graphitmoderierte, gasgekühlte *Atom-Maschine* mit Natururan, die schon die wesentlichen Merkmale des heutigen Kernreaktors enthielt.

Nachdem 1953 der damalige US-Präsident *Dwight D. Eisenhower* die Kernenergie für die friedliche Nutzung freigegeben hatte, wurde 1955 in Genf die Konferenz *Atoms for Peace* durchgeführt, bei der zum ersten Mal der Öffentlichkeit ein funktionierender Kernreaktor vorgestellt wurde. Scherrer war clever genug um zu wissen, dass dieser Reaktor, der vorher mit dem Flugzeug angeliefert worden war, nach einigen Wochen Betrieb in Genf wegen der entstandenen Radioaktivität nicht mehr auf dieselbe Weise in die USA zurückgeschafft werden konnte. Er schlug daher den Amerikanern vor, die Schweiz könne ihnen diesen Reaktor abkaufen. Dazu wurde die *Reaktor-AG* in *Würenlingen*, das spätere *Eidgenössische Institut für Reaktorforschung* (EIR) und heutige *Paul Scherrer Institut* (PSI) gegründet, wo dieser Reaktor, ein Swimmingpool-Reaktor mit auf 20 % angereichertem Uran und einer thermischen Leistung von 10 kW bis 100 kW (er bekam den Namen *SAPHIR*, eine zweite Anlage hiess *DIORITH*) bis 1993 der Forschung und der Produktion von Isotopen für die Medizin diente.

Überwachung der Umweltradioaktivität nach den Kernwaffentests

Die systematische Überwachung der Radioaktivität begann in der Schweiz 1956 mit der Ernennung der *Eidgenössischen Kommission zur Überwachung der Radioaktivität* (KUER), auf Antrag von Professor *Paul Huber* von der Universität Basel. Grund war die Sorge um den stetigen Anstieg der Radioaktivität in der Umwelt der Nordhemisphäre als Folge der Kernwaffenversuche der Grossmächte. Ab dieser Zeit wurde in der Schweiz, wie in vielen anderen Ländern, ein landesweites Messnetz, vorerst für Luft und Niederschläge, später ergänzt durch Messung von Gewässern, Boden, Gras, Milch und weiteren Lebensmitteln aufgebaut, bis hin zur Bestimmung des Radionuklidgehaltes im menschlichen Körper. Da der Bund damals über keine Fachleute auf diesem Gebiet verfügte, wurden Universitäts- und Forschungsinstitute sowie weitere Stellen des Bundes, wie etwa die damalige Meteorologische Zentralanstalt, mit den Messungen beauftragt. *Paul Huber* war der erste Präsident dieser Kommission. Nach seinem allzu frühen Tod übernahm sein Bruder, *Otto Huber*, Professor in Fribourg bis 1984 und wie sein Bruder ausgebildet bei Paul Scherrer an der *ETH* Zürich, bis 1986 die Leitung der Kommission. Sein Nachfolger wurde *Heinz Hugo Loosli* von der Universität Bern. Die Kommission veröffentlichte bereits 1957 den ersten Bericht zuhanden des Bundesrates über die Radioaktivität von Luft, Niederschlägen und Gewässern. Als Beispiel zeigt Abb. 1 die Gesamt-Beta-Aktivität der Luft an der Station Payerne für die Jahre 1956 bis 1968 mit den beiden Fallout-Maxima. Bis 1984 publizierte die Kommission 28 Jahresberichte über die Umweltradioaktivität und die Strahlendosen der Bevölkerung. Seither werden diese Berichte vom Bundesamt für Gesundheit zusammengestellt und herausgegeben.

Das Messnetz wurde im Verlauf der Jahre laufend ausgebaut und angepasst. Viele der Probenahme- und Messverfahren mussten von Grund auf neu entwickelt werden. Standen anfangs nur einfache Zählrohre zur Verfügung, konnte man bereits 1960 in Fribourg das erste NaI-Spektrometer mit einem Vielkanalanalysator in Betrieb nehmen und ab Mitte der 60er-Jahre den ersten Ge(Li)-Detektor, der eine hochauflösende Gamma-Spektrometrie ermöglichte. Mit Hilfe der ersten Computerprogramme - damals noch in Fortran IV auf einem UNIVAC-III-Rechner - wurde es möglich, die aus einem dichten Wald von Linien bestehenden Gamma-Spektren von frischem Fallout der chinesischen Kernwaffenversuche qualitativ und quantitativ auszuwerten (s. Beispiel eines solchen Gammaskpektrums in Abb. 4). Diese

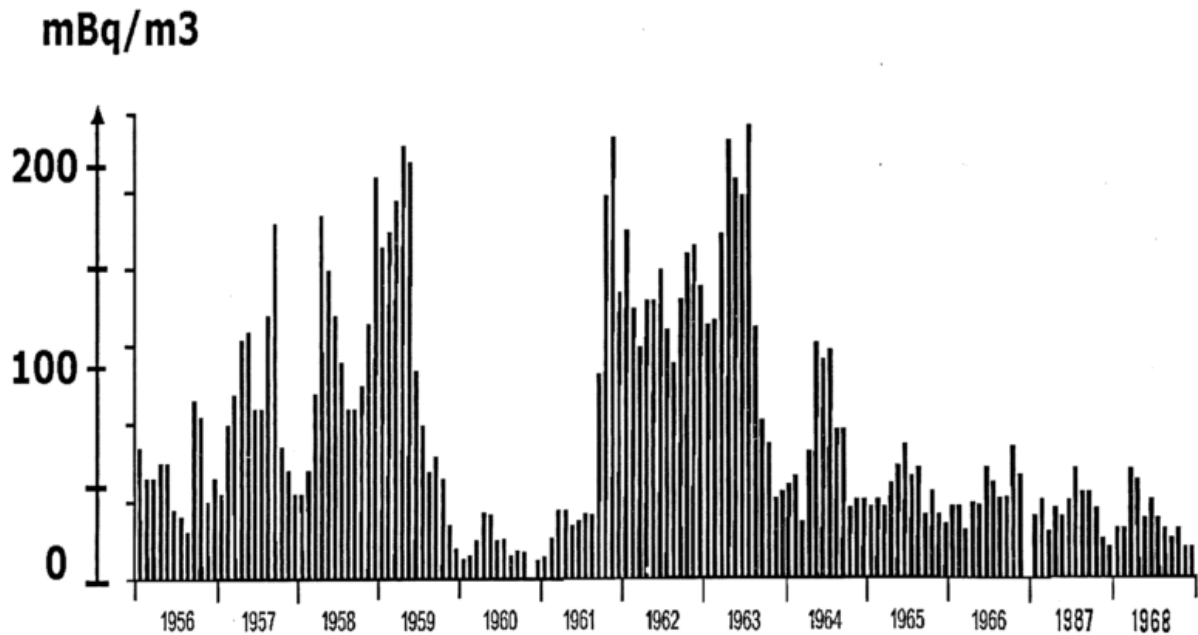


Abb. 1: Gesamt-Beta-Messung der Luft an der Station Payerne/VD für die Jahre 1956 bis 1968; Angaben in mBq/m³

Spaltprodukte wurden nicht nur in Luft und Niederschlägen, sondern auch im Boden, Bewuchs, Lebensmitteln, Sedimenten bis hin zum menschlichen Körper weiter verfolgt, was bereits früh die Bestimmung von Transferfaktoren erlaubte. Bei der Messung von ⁹⁰Sr leistete das *Institut d'Electrochimie et de Radiochimie* in Lausanne, das heutige *Institut universitaire de Radiophysique appliquée* (IRA), Pionierarbeit. Dasselbe gilt für die *Universität Bern* bei der Messung von ¹⁴C, Tritium und ³⁷Ar. Für die Überwachung von Gewässern, Sedimenten und Fischen war die *Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz* (EAWAG) in Dübendorf von Anfang an mitbeteiligt. Die Überwachung der Radioaktivität in den Lebensmitteln erfolgt in Zusammenarbeit mit den Kantonalen Laboratorien. Ganzkörpermessungen wurden am Kantonsspital in Genf und später auch an demjenigen von Basel und am PSI durchgeführt.

Die Gruppe in Fribourg, heute die *Sektion Überwachung der Radioaktivität* (SUER) des Bundesamtes für Gesundheit, die bis 1986 unter der Leitung von *Otto Huber* und *Josef Halter* stand, spezialisierte sich in der Überwachung der Atmosphäre und ab 1973 auch auf dem Gebiet der in-situ-Gamma-Spektrometrie. Sie betreibt ein landesweites Netz von Aerosol- und Regensammlern und das automatische Aerosolwarnnetz *RADAIR* mit 11 über das ganze Land verteilten Monitoren vom Typ *FHT-59S*, welche die Alpha-Beta-Kompensationsmethode anwenden. Dieses Netz wird ergänzt durch drei Monitore für gasförmiges Jod vom Typ *FHT-1700* und einen nuklidspezifischen Monitor vom Typ *FHT-59N*. Seit 1990 werden auch Hochvolumen-Aerosolsammler polnischer Fabrikation (*ASS-500*; Durchsatz 500 bis 800 m³/h) eingesetzt. Sie ermöglichen eine Nachweisgrenze von ¹³⁷Cs von wenigen Zehnteln eines µBq/m³. Mittlerweile sind 5 solche Geräte im Betrieb. Abb. 2 zeigt die Karte mit sämtlichen Geräten für die Überwachung der Atmosphäre.

In Zusammenarbeit mit der Schweizer Luftwaffe wurden in den 60er-Jahren Sammelgeräte entwickelt, welche die Entnahme von Luftproben aus 10 bis 15 km Höhe mit Militärflugzeugen ermöglichen und somit eine qualitative und quantitative Erfassung einer radioaktiven Wolke, bevor sich deren Spaltprodukte auf dem Boden ablagern können. Diese Geräte wurden 2004 an die Flugzeuge vom Typ *Tiger F-5E/F* der Luftwaffe angepasst und erneut zugelassen (Abb. 3). Sie werden jährlich im Rahmen von 6 Übungsflügen eingesetzt. Diese Methode bedeutet einen erheblichen Zeitgewinn bei der Planung und Durchführung von

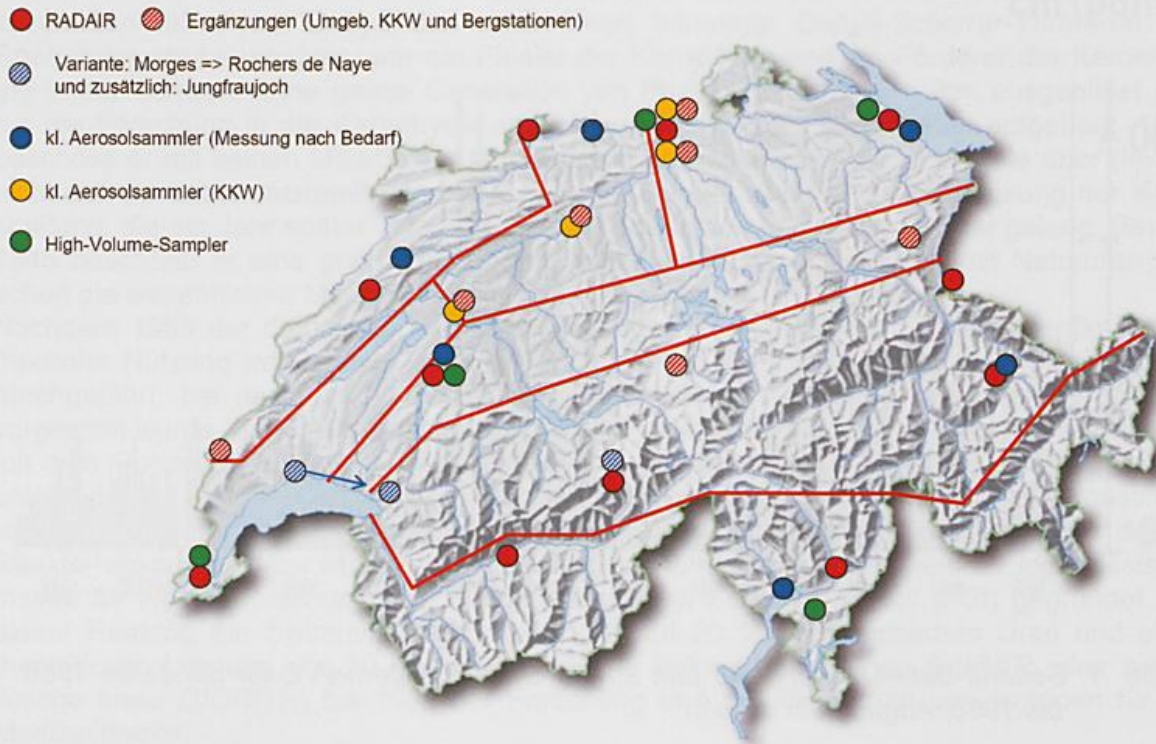


Abb. 2: Stationen der Luftüberwachung (Stand 2005): Standfilter und automat. Geräte

Schutzmassnahmen für die Bevölkerung im Falle einer gefährlichen Zunahme der Radioaktivität. Die in Abb. 3 eingefügte Graphik zeigt eine Messreihe von 2004. Heute ist nur noch das natürliche ^7Be nachweisbar. Dabei zeigt sich an der Tropopause, die semipermeable Grenzschicht zwischen der Troposphäre und der Stratosphäre, ein Konzentrationsunterschied von einem Faktor Zehn, was damit zusammenhängt, dass die mittlere Verweildauer von Aerosolen über der Tropopause rund 20 mal länger ist als darunter. Ein automatisches Dosiswarnnetz (NADAM) mit 58 Stationen wurde 1986-87 in Zusammenarbeit der SUER und der damaligen Meteorologischen Zentralanstalt (heute MeteoSchweiz) aufgebaut. Es wird von der Nationalen Alarmzentrale (NAZ) in Zürich betrieben. 1993 nahm die Aufsichtsbehörde für die Kernanlagen, die Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK) entsprechende Dosis-Warnnetze in der Umgebung der Schweizer Kernkraftwerke (MADUK) in Betrieb. Im Verlauf der 80er-Jahre wurde auch ein Aeroradiometrie-Gammaspektrometer mit einem 16-Liter NaI-Kristall beschafft, mit dem jährlich die Umgebung der Kernkraftwerke und weitere interessante Gebiet abgeflogen werden. Sein Einsatz wird von der Nationalen Alarmzentrale koordiniert.

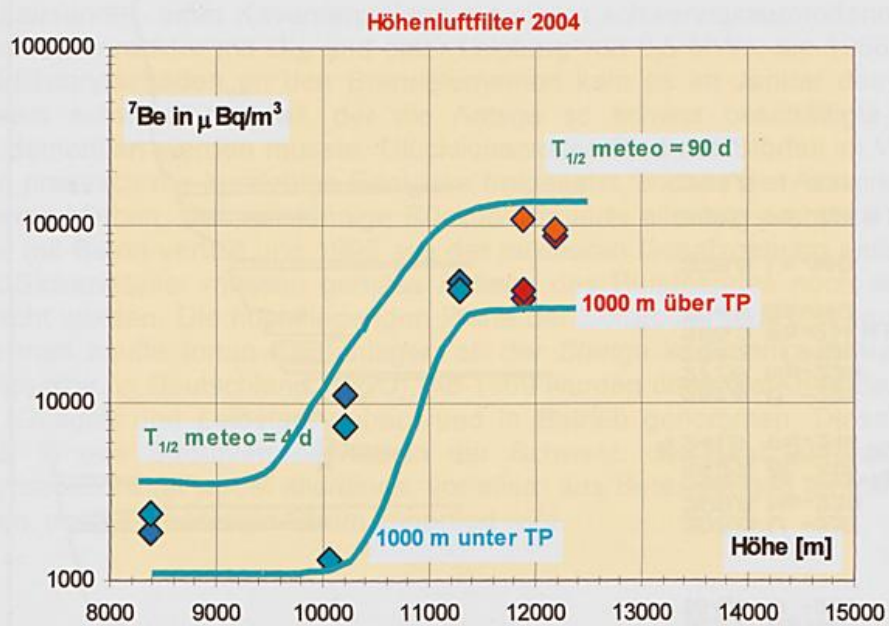


Abb. 3: Sammelaggregat zur Entnahme von Luftproben aus 10 km bis 15 km Höhe mit Flugzeugen der Schweizer Luftwaffe (Tiger 5F/E); kleine Graphik: ^7Be -Messungen 2004

Diese landesweite Zusammenarbeit bei der Überwachung der Radioaktivität ist im Laufe dieser 50 Jahre stetig gewachsen, wobei von Anfang an das Prinzip angewendet wurde, alle jene Stellen beim Bund, bei den Kantonen, den Universitäten und Forschungsinstituten über Verträge und Vereinbarungen einzubeziehen, die über fachliches Know-how und Messkapazität verfügen. Dadurch konnten Synergien effizient genutzt und gleichzeitig erheblich Kosten gespart werden. Die Koordination dieser Überwachung ging ab 1986 von der Kommission an das *Bundesamt für Gesundheit* über und dort an dessen *Sektion Überwachung der Radioaktivität* (SUER), die im Verlauf der Jahre aus der kleinen Gruppe der *KUER* an der Universität Fribourg entstanden war. Auf den 1. Januar 2001 wurde die *KUER* mit der *Eidgenössischen Kommission für Strahlenschutz* (EKS) fusioniert und heisst neu *Eidgenössische Kommission für Strahlenschutz und Überwachung der Radioaktivität* (KSR). Sie ist eine beratende Kommission.

Kernenergie in der Schweiz

War die Überwachung anfänglich auf den Bombenfallout ausgerichtet, verlagerte sich der Schwerpunkt im Laufe der Jahre mehr und mehr auf die Überwachung der Kern- und Forschungsanlagen und auf Industriebetriebe und Spitäler, die radioaktive Stoffe verwenden. Bereits 1946 wurde in der Schweiz die Studienkommission für Atomenergie ernannt und *Paul Scherrer* war deren erster Präsident. Nachdem in den 50er-Jahren in den USA, UdSSR und England erste Kernkraftwerke in Betrieb genommen wurden, studierte man auch in der Schweiz die kommerziellen Nutzung der Kernenergie. Die Schweizer Industrie, motiviert durch *Paul Scherrer*, hatte in den 60er-Jahren Grosses vor: Eine eigene Reaktorlinie sollte entwickelt werden. Dies führte zum Bau des *Versuchsatomkraftwerkes Lucens* (CNE), - 30 km NNO von *Lausanne* - einer Kavernenanlage mit einem schwerwassermoderierten, CO₂-gekühlten Druckröhrenreaktor mit U_{nat} und einer Leistung von 8,5 MWe, die 1968 in Betrieb ging. Infolge Stillstands Schäden an den Brennelementen kam es im Januar des folgenden Jahres zu einem schweren Störfall, der die Anlage so schwer beschädigte, dass sie stillgelegt und demontiert werden musste. Glücklicherweise fand der Störfall im Winter statt und es wurden praktisch nur kurzlebige Edelgase freigesetzt, sodass die Auswirkungen auf die Umwelt gering blieben. Der vollständige Rückbau dauerte allerdings rund 10 Jahre. Die Kaverne wurde mit Beton verfüllt und 1995 aus der nuklearen Gesetzgebung entlassen. Die eindringenden Sickerwässer müssen gemäss Auflage des Bundesrates noch während 30 Jahren überwacht werden. Die hochfliegenden Pläne der Schweizer Industrie wurden damit begraben und man kaufte fortan Kernanlagen *ab der Stange* in Amerika (*Westinghouse*, *General Electric*) bzw. in Deutschland (*KWU*). Ab 1969 wurden dann die *KKW Beznau I* und *II*, *Mühleberg*, *Gösgen* und *Leibstadt* gebaut und in Betrieb genommen. Diese erbringen heute rund 40 % des Stromverbrauches in der Schweiz, der Rest ist praktisch ausschliesslich Hydroelektrizität wobei allerdings, vor allem aus Beteiligungen an französischen Kernkraftwerken, auch Kernenergie-Strom importiert wird.

Tabelle 2: Kernkraftwerke in der Schweiz

Kernkraftwerk			<i>Beznau I & II</i>	<i>Mühleberg</i>	<i>Gösgen</i>	<i>Leibstadt</i>
Reaktortyp (Druck- bzw. Siedewasser)			DWR	SWR	DWR	SWR
Inbetriebnahme-Jahr			1969/72	1972	1979	1984
Elektrische Leistung in MW _e			2 x 365	355	970	1165
Emissions-Limits	Abwasser [TBq/Jahr]	Nuklidgemisch Ohne ³ H	0,4	0,4	0,2	0,2
		Tritium	70	20	70	20
	Abluft [TBq/Jahr]	Edelgase	1000	2000	1000	2000
		Aerosole	0,006	0,02	0,01	0,02
		Jod	0,004	0,02	0,007	0,02
		Kohlenstoff-14	keine	keine	keine	keine

Bemerkenswert ist die massive Kostensteigerung: Während die beiden Westinghouse-Anlagen *Beznau I* und *II* noch je 350 Mio. SFr. gekostet haben, verschlang der Bau von *Leibstadt* (Baukonsortium) bereits 4,8 Mrd. SFr. Die Stromgestehungskosten (Basis 1991) betragen bei *Beznau* 0,06 SFr. pro kWh und bei *Leibstadt* 0,09 SFr. pro kWh. Die bei *Beznau* kürzlich vorgenommenen umfangreichen sicherheitstechnischen Nachrüstungen kosteten mehr als der ursprüngliche Bau der beiden Werke und brachten diese Anlage sicherheitstechnisch auf den neuesten Stand.

Die euphorische Stimmung für die Kernenergie hat dann in der Folge einer eher kritischen Einstellung bei der Bevölkerung Platz gemacht, sodass weitere geplante Standorte wie *Kaiseraugst*, *Inwil*, *Verboix*, *Rüti*, nicht zuletzt auch wegen der massiven Proteste von Seiten der Kernenergiegegner, aufgegeben wurden. Nachdem zwar die Voraussetzungen für einen Weiterbetrieb der bestehenden Anlagen durch das Projekt *Gewähr*, d.h. den Nachweis der Machbarkeit der sicheren Endlagerung radioaktiver Abfälle erbracht war, tut sich die 1970 gegründete *Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle* (NAGRA), trotz langjähriger und aufwändiger Forschung im *Grimse*-Felslabor schwer, eine Akzeptanz für die ins Auge gefassten möglichen Endlagerstandorte für schwach- und mittelaktive Abfälle (im Kristallin bei *Wellenberg*) bzw. für hochaktive Abfälle (im Opalinuston bei *Benken* im *Zürcher Weinland*) zu erreichen. In der Tat wurde der Standort *Wellenberg* für ein Endlager durch eine kantonale Abstimmung 2002 abgelehnt. Auch in der Gegend von *Benken* im *Zürcher Weinland* und in den Gemeinden des benachbarten deutschen Auslandes regt sich der Widerstand. 1990 wurde zudem ein Kernenergiemoratorium für 10 Jahre vom Schweizer Volk angenommen. In den letzten Jahren zeichnete sich allerdings eine Änderung der öffentlichen Einstellung zur Kernenergie ab. 2003 wurde die Initiative *Moratorium-plus* deutlich und eine Initiative *Strom ohne Atom* gar mit 2/3 abgelehnt. Auch die Energiewirtschaft denkt heute, angesichts der in absehbarer Zeit stillzulegenden älteren Anlagen *Beznau* und *Mühleberg* (in der Schweiz gibt es keine Laufzeitbeschränkung, man rechnet jedoch mit einer Betriebsdauer von 50 Jahren bei den älteren bzw. 60 Jahren bei den neueren Anlagen), bereits laut über die Zukunft der Kernenergie in der Schweiz nach, wahrscheinlich auch ermutigt durch die Pläne von Finnland und Frankreich zum Bau eines *EPR* (*European Pressurized Reactor*).

Anwendungen von Radionukliden in der Industrie

Ein weiterer Anwender radioaktiver Stoffe ist in der Schweiz vor allem die Uhrenindustrie, die früher ^{226}Ra für Zifferblätter verwendete, in den letzten Jahren aber ausschliesslich *Tritium*. Zwei Firmengelände und einige Uhren-Setzateliers mussten denn auch bezüglich Radium - insbesondere wegen des aus Sickergruben in die Häuser einströmenden Radons - saniert werden. Tritium wird in grösseren Mengen von zwei Firmen im Kanton Appenzell bzw. in der Region Bern verarbeitet. Im ersten Fall wird Leuchtfarbe, im zweiten werden Tritiumgas-Leuchtquellen u.a. für Taucheruhren und für diverse (auch militärische) Instrumente hergestellt. Der Verbrauch von *Tritium*-Leuchtfarbe in der Uhrenindustrie, vor allem im Jura und dort in erster Linie in der Region der Stadt *La Chaux-de-Fonds* hat in den letzten 10 Jahren um einen Faktor 100 abgenommen, da immer mehr nicht-radioaktive Leuchtstoffe verwendet werden und einige Uhrenhersteller schon seit längerem auf die Verwendung von Tritium für Leuchtziffern verzichtet haben. Der Abfluss von *Tritium* aus *La Chaux-de-Fonds* über die städtische Kläranlage sowie über das Rauchgaswaschwasser aus der Kehrlichtverbrennung infolge Verbrennung von leicht kontaminierten Abfällen ist denn auch in den letzten 10 Jahren ebenfalls deutlich zurückgegangen. Dies ist auch beim Tritiumpegel im *Doubs*, in den diese Abwässer abgeleitet werden, zu erkennen. Auch bei den Rauchmeldern (^{241}Am) und bei anderen Gebrauchsgegenständen (z.B. Schweisselektroden mit *Thorium*) wird immer mehr auf die Verwendung von Radionukliden verzichtet, was dem Prinzip der Rechtfertigung, wie es von der *ICRP* empfohlen wird, Rechnung trägt; dies insbesondere in denjenigen Fällen, wo technisch und kommerziell attraktive Alternativen vorliegen.

Medizinische Anwendungen von Radionukliden

In der Medizin werden diverse Radionuklide sowohl für die Diagnose wie auch für die Therapie eingesetzt. Nebst ^{186}Re , ^{90}Y , ^{153}Sm und ^{177}Lu macht das ^{131}I den weitaus grössten Anteil aus. Bis Aktivitäten von 200 MBq darf es ambulant angewendet werden, d.h. die Patienten werden nach der Therapie nach Hause entlassen. Über dieses Limit von 200 MBq müssen die Patienten während mindestens 48 Stunden in speziellen Therapieziimmern isoliert werden. Die Ausscheidungen dieser Patienten werden in hierfür vorgeschriebenen Abwasserkontrollanlagen gesammelt und erst nach Abklingen unterhalb der bewilligten Abgaberate in das Abwasser abgeleitet. Alle grösseren Kliniken verfügen über solche Kontroll-einrichtungen, was eine Bilanzierung der Jod-Abgaben erleichtert. Im Bezug auf die Belastung der Umwelt sind denn auch diese kontrollierten Ableitungen von geringerer Bedeutung als jene der ambulanten Patienten, da das für die Therapie eingesetzt Jod innerhalb von 48 Stunden wieder ausgeschieden wird.

Radon im Wohnbereich

Ein Thema, das in der Schweiz bereits seit den frühen 80er-Jahren intensiv bearbeitet wird und zur Schaffung einer eigenen Sektion im *Bundesamt für Gesundheit* führte, ist *Radon* in Wohn- und Arbeitsräumen. Hauptquelle ist in der Schweiz in erster Linie der Bauuntergrund, während Baustoffe und Trinkwasser keine wichtige Rolle spielen. Vier Faktoren sind für den Radongehalt im Hausinneren ausschlaggebend: 1) der *Radiumgehalt* des Bodens, 2) die *Gaspermeabilität* des Bauuntergrundes, 3) die *Gasdurchlässigkeit* der Gebäudestruktur - vor allem der Fundamente - und schliesslich 4) das *Volumen* des Gebäudes zusammen mit dem *Kamineffekt* im Hausinneren. Die Radonfolgeprodukte bestrahlen das Lungengewebe und ihr Beitrag zum Lungenkrebs beträgt in der Schweiz zwischen 5 und 10 Prozent. Die 1994 in Kraft gesetzte neue *Strahlenschutzverordnung* legt für Wohn- und Aufenthaltsräume einen *Grenzwert* von 1000 Bq/m^3 und einen *Richtwert* von 400 Bq/m^3 fest, wobei der letztere vor allem für Neu- und Umbauten, sowie Sanierungen und andere bauliche Massnahmen gilt. Für Arbeitsräume wird ein über die monatliche Arbeitszeit gemittelter *Grenzwert* von 3000 Bq/m^3 festgelegt. Die Radonkonzentration muss durch (vom *BAG*) anerkannte Messstellen ermittelt werden. Die Kantone sorgen dafür, dass auf ihrem Gebiet eine genügende Anzahl von Messungen durchgeführt wird. Das Bundesamt erstellt eine nationale Radonkarte.

Gebäude, deren Radonkonzentration über dem Grenzwert liegen, müssen zulasten des Eigentümers saniert werden. Priorität haben Schulen und Kindergärten. Das Bundesamt berät Eigentümer und das Baufachgewerbe bei den Sanierungsmaßnahmen. Bis 2004 wurden in der Schweiz über 50.000 Gebäude untersucht. Als Radongebiete werden jene Gegenden bezeichnet, in denen entweder der Mittelwert über 200 Bq/m^3 liegt oder in denen mindestens in einem Fall der Grenzwert überschritten ist. Der mit der Bevölkerungsverteilung gewichtete Mittelwert beträgt unter Berücksichtigung der Verteilung der Bewohner auf die einzelnen Stockwerke rund 75 Bq/m^3 . In 700 Häusern ist der Grenzwert von 1000 Bq/m^3 überschritten. Erhöhte Werte treten vor allem in den Alpen und Südalpen, z.T. aber auch im Jura auf. Im Schweizerischen Mittelland wurden erhöhte Werte nur vereinzelt festgestellt. Eher höher ist der Radongehalt in älteren und kleineren Gebäuden. Die durchschnittliche Radon-Dosis beträgt in der Schweiz $1,6 \text{ mSv}$ pro Jahr wobei die Dosis in einem Prozent der Fälle über 10 mSv pro Jahr und in einem Promille über 20 mSv pro Jahr liegt.

Die Auswirkungen des Reaktorunfalls Tschernobyl auf die Schweiz

Der schwere Reaktorunfall vom 26. April 1986 um 11h24 Lokalzeit, bei dem der Block Nr. 4 des russischen Kernkraftwerkes *Tschernobyl* explodierte und grosse Mengen radioaktiver Stoffe freisetzte, traf selbst überzeugte Kernenergiebefürworter wie ein Blitz aus heiterem Himmel. Bei diesem schwersten, je in einer zivilen Kernanlage aufgetretenen Unfall wurde der Reaktor vollständig zerstört und brannte während zehn Tagen. Die freigesetzte Radioaktivität wurde hauptsächlich in den heute unabhängigen Staaten *Ukraine*, *Weissrussland* und *Russische Föderation* abgelagert, ein Teil gelangte jedoch nach Westen so dass ab dem 30. April auch die Schweiz vom radioaktiven Ausfall betroffen war. Die Wolke erreichte um 02h00 die Messstation auf dem *Weissfluhjoch* bei *Davos* und um 15h00 desselben Tages jene in *Fribourg* in der Westschweiz (s. Abb. 5 mit der Registrierung der Gesamt-Beta-Aktivität an den genannten zwei Stationen). Sie wanderte somit mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 15 km/h von Osten nach Westen. Da beim Durchzug der radioaktiven Wolke im *Tessin* Regen fiel, wurde in dieser Region am meisten Radioaktivität auf Boden und Pflanzen abgelagert. Etwas weniger betroffen waren der Bodenseeraum und einzelne Gebiete des Juras; in der übrigen Schweiz waren die Ablagerungen geringer als diejenigen des Kernwaffenausfalles.

Der Unfall Tschernobyl zeigte deutlich auf, wie wichtig die Überwachung der Atmosphäre bei einer Radioaktivitätsfreisetzung ist. Dabei sind zwei Parameter ausschlaggebend: die Empfindlichkeit der Messung und das Zeitintervall, nach dem eine Erhöhung festgestellt werden kann. Überlegungen die "Performances" der bestehenden Überwachung zu verbessern, ergaben, dass ein einziges System nicht gleichzeitig extrem empfindlich und sehr schnell sein kann. Das Ergebnis dieser Überlegungen ist in Abb. 6 veranschaulicht: Oben links ist das RADAIR-Netz eingetragen, das die Alpha-Beta-Kompensationsmethode verwendet (FHT-59S), mit den drei automatischen Warnschwellen 1 , 5 und 30 Bq/m^3 für die künstliche Beta-Aktivität und einer Reaktionszeit von $\frac{1}{2}$ bzw. 5 Stunden, letztere für den Wert 1 Bq/m^3 . Unten rechts sind die klassischen Standfilter bzw. Hochvolumensammler aufgetragen, bei denen nach einer Woche Sammlung und Labormessung, also nach rund 10 Tagen (inkl. Postversand der Filter) eine Nachweisgrenze von im günstigsten Fall $0,1 \mu\text{Bq/m}^3$ für ^{137}Cs erreicht wird, was einem ^{137}Cs -Zerfall pro Kubikmeter Luft und Vierteljahr entspricht. Als Vergleichswerte sind für die Gesamt-Beta-Aktivität der Luft die Summe der Beta-Strahler der Tschernobyl-Wolke eingetragen sowie für das Nuklid ^{137}Cs der Immissionsgrenzwert der Schweizer Strahlenschutzverordnung (StSV), der Maximalwert im *Tessin* nach Tschernobyl sowie nach dem *Algeciras-Zwischenfall* im Mai/Juni 1998 (s. Kap. 8a).

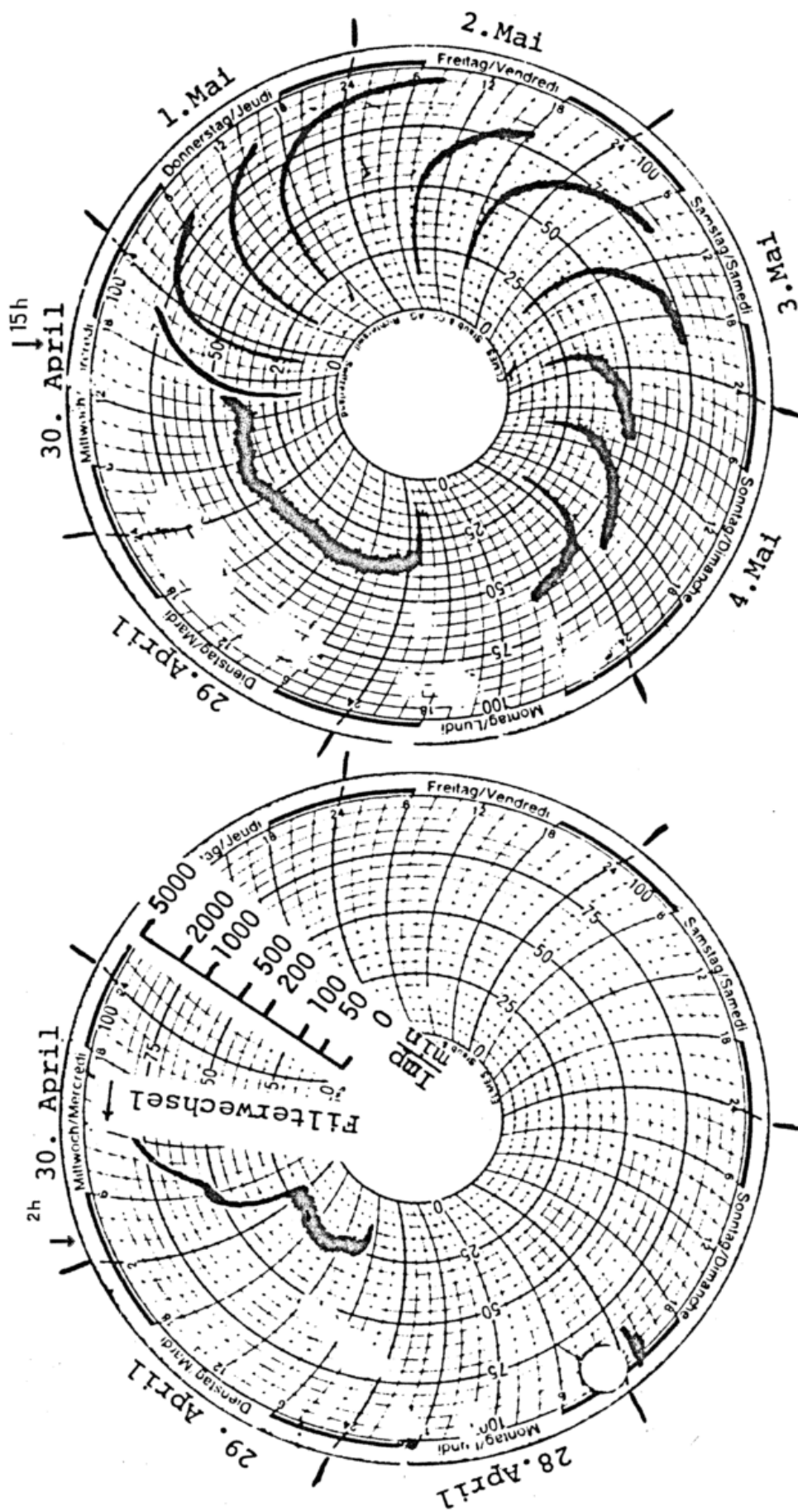


Abb. 5: Registerscheiben (Gesamt β -Aktivität in Imp./min in log. Skala) der Luftüberwachungsanlagen von Weissfluhjoch bei Davos (links) und Fribourg (rechts) von Anfang Mai 1986 mit der Ankunft der Tschernobyl-Wolke

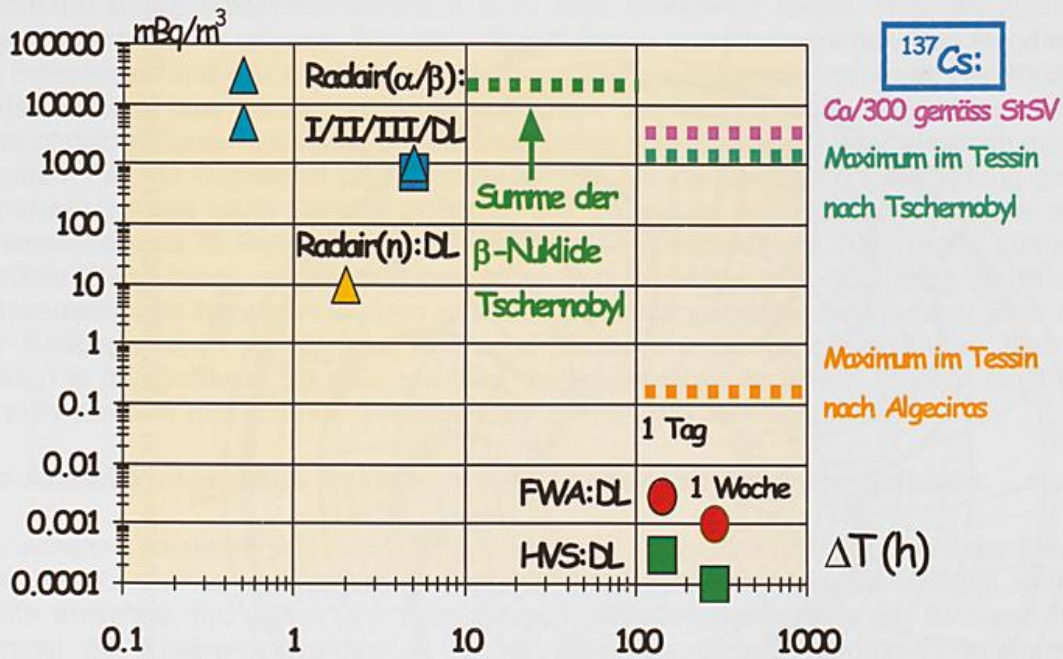


Abb. 6: Nachweisgrenzen (Ordinate) und Reaktionszeiten (Abszisse) verschiedener Überwachungssystem für die Radioaktivität der Atmosphäre.

Oben links: RADAIR-Netz (α/β -Kompensationsmethode) mit den 3 Warnschwellen (Δ) 1, 5 und 30 Bq/m^3 für die künstliche β -Aktivität, 2) unten rechts: Standfilter mit Labor- γ -Spektrometrie; mit den Hochvolumensammlern (HVS) kann im besten Fall eine Nachweisgrenze für ^{137}Cs von $0,1 \mu Bq/m^3$ erreicht werden, was einem Zerfall pro Vierteljahr und m^3 entspricht.

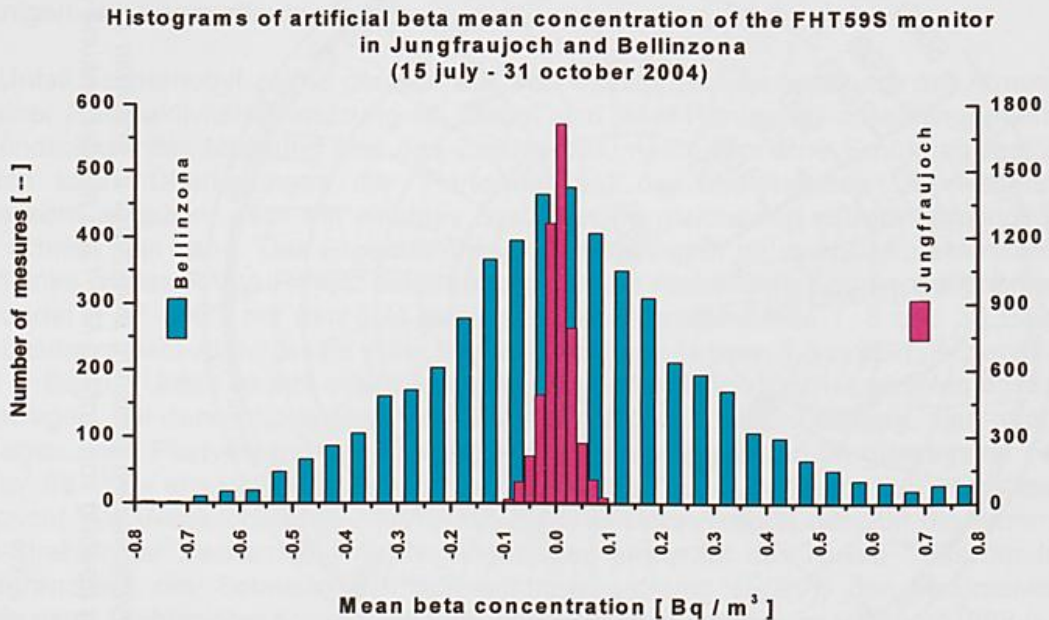


Abb. 7: Vergleich der Nachweisgrenzen der β_{netto} -Aktivitäten für RADAIR (FTH 59S mit dem α/β -Kompensationsverfahren) für die Bergstation auf dem Jungfraujoch, 3400 m und für die Talstationen in Bellinzona/TI: Die tiefere Konzentration an Radonfolgeprodukten an der Bergstation ermöglicht eine um eine GO tiefere Nachweisgrenze für die künstliche β -Aktivität

Zur Strahlendosis haben drei Radionuklide am meisten beigetragen: das kurzlebige ^{131}I mit einer Halbwertszeit von acht Tagen, sowie die beiden Cäsium-Nuklide ^{134}Cs und ^{137}Cs mit Halbwertszeiten von zwei beziehungsweise 30 Jahren. Die Ablagerungen des letzteren betragen im Tessin, welches am stärksten betroffen war, bis einige zehntausend Becquerel pro m^2 . Im ersten Jahr nach dem Unfall lag die durchschnittliche Strahlendosis der Schweizer Bevölkerung durch diesen Unfall bei 0,2 mSv, das Dosisintegral über alle Folgejahre beträgt 0,5 mSv. Der Hauptbeitrag wurde durch kontaminierte Lebensmittel verursacht, wobei die beiden Cäsium-Nuklide zusammen 40 Prozent und ^{131}I etwa 30 Prozent der Strahlendosis ausmachten. In den am meisten betroffenen Regionen – und dort insbesondere bei Selbstversorgern – betragen die Strahlendosen bis etwa zehnmals mehr. In den folgenden Jahren nahmen die Dosen deutlich ab und liegen heute weit unter dem *de-minimis-Wert* der Strahlenschutzverordnung von 0,01 mSv/Jahr. Im Vergleich dazu beträgt die gesamte jährliche Strahlendosis der Schweizer Bevölkerung im Mittel 4 mSv wovon der größte Anteil wie bereits erwähnt mit 1,6 mSv/Jahr dem *Radon* und seinen Folgeprodukten im Hausinneren zuzuordnen ist.

Die für solche Fälle vorbereitete Alarmorganisation unter der Leitung von *Otto Huber* mit der damaligen *Sektion Überwachungszentrale* (heute die *Nationale Alarmzentrale NAZ*) in Zürich war bereits ab dem 29. April funktionsfähig und wurde durch militärisches Personal verstärkt. Sie wertete laufend alle Informationen und Messergebnisse aus und erstellte Dosisprognosen. Ein Netz von Laboratorien des Bundes, der Kantone und der Hochschulen im ganzen Land analysierte bis im Frühjahr 1987 rund 20.000 Proben aller Art, wie Luft, Niederschläge, Boden, Gras, Pflanzen, Lebensmittel, Importwaren, etc. auf Radioaktivität. Auf der Basis dieser Messungen, ergänzt durch in-situ-Messungen, konnten einerseits Kontaminationskarten erstellt und andererseits Schutzmaßnahmen geplant und durchgeführt werden. Das schweizerische *Dosis-Maßnahmen-Konzept* von 1982 diente dabei als Entscheidungsgrundlage (Tabelle 3).

Tabelle 3: *Dosis-Maßnahmen-Konzept*

(gemäß der Verordnung über die Einsatzorganisation, SR 732.32)

Schutzmassnahme	Dosis	Untere	obere
		Dosischwelle	
Aufenthalt im Haus	$H_{\text{eff, ext} + \text{Inh}}$	1 mSv	10 mSv
Aufenthalt im Keller/Schutzraum	$H_{\text{eff, ext} + \text{Inh}}$	10 mSv	100 mSv
Evakuierung, sofern geschützter Aufenthalt ungenügend oder nicht länger möglich/zumutbar	$H_{\text{eff, ext} + \text{Inh}}$	100 mSv	500 mSv
Einnahme von Iodtabletten	$H_{\text{Sch, Inh, Iod}}$	30 mSv	300 mSv
Einschränkungen im Lebensmittelkonsum	$H_{\text{eff, Ing}}$	1 mSv	20 mSv

Erläuterungen: Ziel ist es, durch Anordnung von Schutzmaßnahmen das gesundheitliche Risiko der Bevölkerung nach einem Ereignis mit erhöhter Aktivität klein zu halten. Für jede der hauptsächlich in Frage kommenden Schutzmaßnahmen gilt ein Dosisband mit einer unteren und einer oberen Dosischwelle. Liegt die erwartete Dosis unterhalb der unteren Schwelle, wird die betreffende Schutzmaßnahme nicht getroffen. Liegt die erwartete Dosis oberhalb der oberen Schwelle, muss die betreffende Schutzmaßnahme, wenn irgend möglich und sinnvoll, getroffen werden. Dazwischen werden für die Entscheidung über Schutzmaßnahmen Optimierungskriterien angewendet, dabei wird auch die durch Maßnahme eingesparte Dosis berücksichtigt.

Die einzige harte Maßnahme war das Verbot der Fischerei im *Luganersee* vom 3.9.1986 bis 9.7.1988. Die Empfehlungen beinhalteten den Verzicht auf den Verzehr von Frischmilch

und Frischgemüse für schwangere Frauen, stillende Mütter und Kleinkinder bis Mitte Mai; in der gleichen Zeitperiode den Verzicht auf den Gebrauch von Zisternenwasser (wo dieses bei einzelnen, abgelegenen Bauernhöfen noch der Fall ist), sowie bis im August 1986 den Verzicht auf den Konsum von Schafmilch und Schafkäse aus dem Tessin und den Bündner Südtälern und schließlich in denselben Gegenden das Zuwarten beim Schlachten von Schafen und Ziegen bis Ende August. Mit dem *Zentralverband Schweizerischer Milchproduzenten* wurde vereinbart, dass Milch aus den am meisten betroffenen Gebieten im Tessin in die Zentralschweiz gebracht und dort hauptsächlich für die Verarbeitung zu Rahm, Butter und Käse verwendet wurde. Diese Maßnahme bewirkte einerseits eine Verdünnung und andererseits eine Reduktion der Radioaktivität, da das Jod bis zum Konsum abklingen konnte und das Cäsium nur zum Teil in die Milchprodukte übergeht. In Übereinstimmung mit der *Europäischen Gemeinschaft* wurde für Milch, Rahm, Milchprodukte und Kindernahrung ein Limit von 370 Bq/kg für die Summe der beiden Cäsium-Nuklide angewendet, für die übrigen Nahrungsmittel ein Wert von 600 Bq/kg. Für Importe von Pilzen aus Osteuropa wird ein Radioaktivitätszertifikat verlangt.

Auch heute, fast 20 Jahre danach, sind immer noch Spuren des langlebigen ^{137}Cs nachweisbar, vor allem im Tessin, obwohl dieses Nuklid seither etwas abgeklungen und in tiefere Erdschichten eingedrungen ist. Folgende Maximalwerte wurden noch 2003 im Tessin gemessen: 200 Bq/kg im Boden, 10 Bq/kg Trockenmasse Gras und 20 Bq/L in der Milch. Der letztgenannte Wert lag noch über dem Schweizer Toleranzwert von 10 Bq pro Liter, betrifft aber nur die Milch eines Einzelhofs im Tessin. Obwohl diese Milch im Sinne des Lebensmittelgesetzes als verunreinigt gilt, ist deren Abgabe an die Milchzentrale unbedenklich und erfordert keine Einschränkung, da deren Cäsium-Gehalt dort erheblich verdünnt wird.

Einige Spezialfälle sind zu erwähnen, die noch erhöhte Cäsium-Werte zeigen. Dies sind Wildfleisch – insbesondere Wildschweine – sowie einheimische Wildpilze und Importpilze. Während importiertes Reh- und Hirschfleisch heute unter 30 Bq/kg liegt, ergab Wildschweinfleisch aus dem Tessin vom Winter 2001/02 vereinzelt bis einige Tausend Bq/kg, während bei den übrigen im selben Winter geschossenen 187 Tieren der Cäsium-Gehalt deutlich tiefer und unbedenklich war. Bei den einheimischen Wildpilzen zeigten Röhrlinge und Zigeunerpilze – allerdings mit abnehmender Tendenz – 2003 noch Cäsium-Werte bis rund 270 Bq/kg Frischgewicht. Für importierte Pilze verlangt die Schweiz seit 1999 ein Radioaktivitätszertifikat, um zu vermeiden, dass Ware mit zu hohem Cäsiumgehalt in die Schweiz gelangt. Abgesehen von diesen Ausnahmen hat der Gehalt an künstlicher Radioaktivität in den Grundnahrungsmitteln bereits ab 1987 deutlich abgenommen und ist heute meist nicht mehr messbar.

Eine Person, die sich heute während der gesamten Arbeitszeit im Freien in der am stärksten betroffenen Gegend im Tessin aufhält, bekommt eine zusätzliche jährliche Strahlendosis von 0,1 mSv. Bei einem Erwachsenen, der täglich drei Deziliter Milch mit den erwähnten 20 Bq ^{137}Cs pro Liter trinkt, beträgt die zusätzliche Dosis 0,03 mSv/Jahr. Berücksichtigt man die geringen Verzehrsmengen von Wildpilzen und Wildfleisch im Vergleich zu den Grundnahrungsmitteln, dann sind die daraus resultierenden Strahlendosen unbedenklich.

Eine Frage die häufig gestellt wird, betrifft die gesundheitlichen Auswirkungen dieses schweren Unfalles auf die Schweizer Bevölkerung. Dazu müssen die oben genannten 0,5 mSv, welche die Schweizer Bevölkerung während rund einer Generation zusätzlich erhält, mit der gesamten Strahlenexposition während dieser Zeit – nämlich rund 120 mSv – verglichen werden. Die zusätzliche Dosis beträgt demnach nur ein halbes Prozent. Die Internationale Strahlenschutzkommission *ICRP* hat aus den Statistiken der Überlebenden von Hiroshima und Nagasaki Strahlenrisiko-Faktoren hergeleitet. Diese besagen, dass in einer Gruppe von 100 Personen, die einer einmaligen Strahlendosis von 1000 mSv ausgesetzt sind, im Mittel fünf zusätzliche Krebstodesfälle zu erwarten sind. In der Schweiz treten

pro Generation und pro Million Einwohner rund 66'000 spontane Krebstodesfälle auf. Basierend auf der *LNT-Hypothese* der *ICRP* (*Linear No Threshold Hypothesis*) bedeuten die genannten 0,5 mSv somit eine hypothetische, statistisch nicht nachweisbare, Zunahme der Krebsinzidenz um weniger als ein halbes Promille.

Welche Konsequenzen wurden in der Schweiz für den Bevölkerungsschutz gezogen? Nebst internationaler Abkommen über die rasche gegenseitige Benachrichtigung bei Unfällen und der Harmonisierung von Maßnahmen wurden die Radioaktivitätsüberwachung und die Einsatzorganisation optimiert, die Nationale Alarmzentrale verstärkt, die Messkapazität verbessert und durch automatische Überwachungs- und Warnnetze ergänzt. Des Weiteren wurden in den Zonen I und II, d.h. bis zu einem Radius von 20 km KI-Tabletten an die Bevölkerung verteilt. Auch auf dem Gebiet der Gesetzgebung wurden Verbesserungen vorgenommen (s.u.).

Der "Algeciras"-Zwischenfall vom Mai/Juni 1998

Die nach dem Tschernobyl-Unfall vorgenommene Verbesserung der Überwachung der Atmosphäre und die Intensivierung der Kommunikation zwischen praktisch allen europäischen Spurenmessstellen über das Internet im Rahmen des «RO5» (Ring of Five) konnte beim Algeciras-Zwischenfall unter Beweis gestellt werden. Eine irrtümlich mit dem Schrott in ein spanisches Stahlwerk gelangte ^{137}Cs -Quelle wurde bei der Anlieferung infolge eines defekten Portalmonitors nicht festgestellt. Beim Einschmelzen des Stahls verdampfte das Cäsium und wurde mit dem Wind nach Nordosten über ganz Europa hinweg verfrachtet.

Das Ereignis war zwar radiologisch völlig irrelevant – die maximalen Cs-Konzentrationen im Tessin betragen beispielsweise nur 1/10.000 des Maximums nach Tschernobyl – fast sämtliche europäische Laboratorien sind jedoch heute in der Lage auch so geringe Aktivitätsmengen mit Hochvolumen-Aerosolsammlern nachzuweisen.

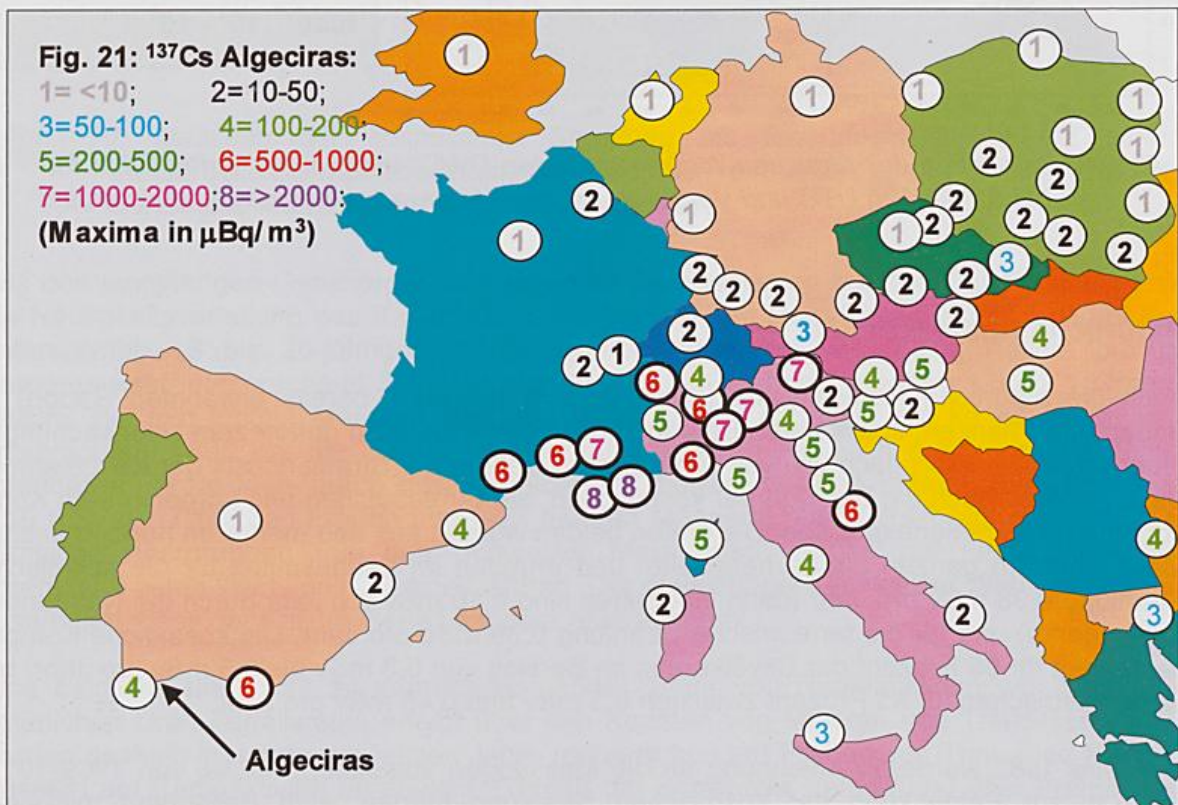


Abb. 8: ^{137}Cs -Aktivität in der Luft, gemessen durch verschiedene Messstellen Europas, nach dem ALGECIRAS-Ereignis von Mai/Juni 1998

Damit ist man auch bei radiologisch unbedeutenden Ereignissen in der Lage den Informationsbedürfnissen der Behörden, der Medien und der Bevölkerung rasch nachzukommen. Innerhalb weniger Tage konnten u.a. über den «RO5» und zusätzliche Internet-Kontakte die Messdaten der meisten europäischen Laboratorien gesammelt werden, was die Erstellung einer Karte dieser Wolke ermöglichte (Abb. 8). Der Verlauf der Ausbreitung über die Balearen, Südfrankreich, Norditalien, Österreich, Polen konnte so verdeutlicht werden. Dass auch die grossräumigen Ausbreitungsmodelle verbessert wurden zeigt Abb. 9 mit einer Simulation dieser Freisetzung durch den DWD. Sowohl mit der Form der Ausbreitung als auch der gemessenen Aktivität ergab sich eine recht gute Übereinstimmung. In der kleinen Graphik in Abb. 9 sind für die Bereiche Gelb, Grün und Rot die mittleren gemessenen Konzentrationen (mit Standardabweichung) eingetragen. Die berechneten Werte sind rund einen Faktor 3 höher als die gemessenen mittleren Konzentrationen.

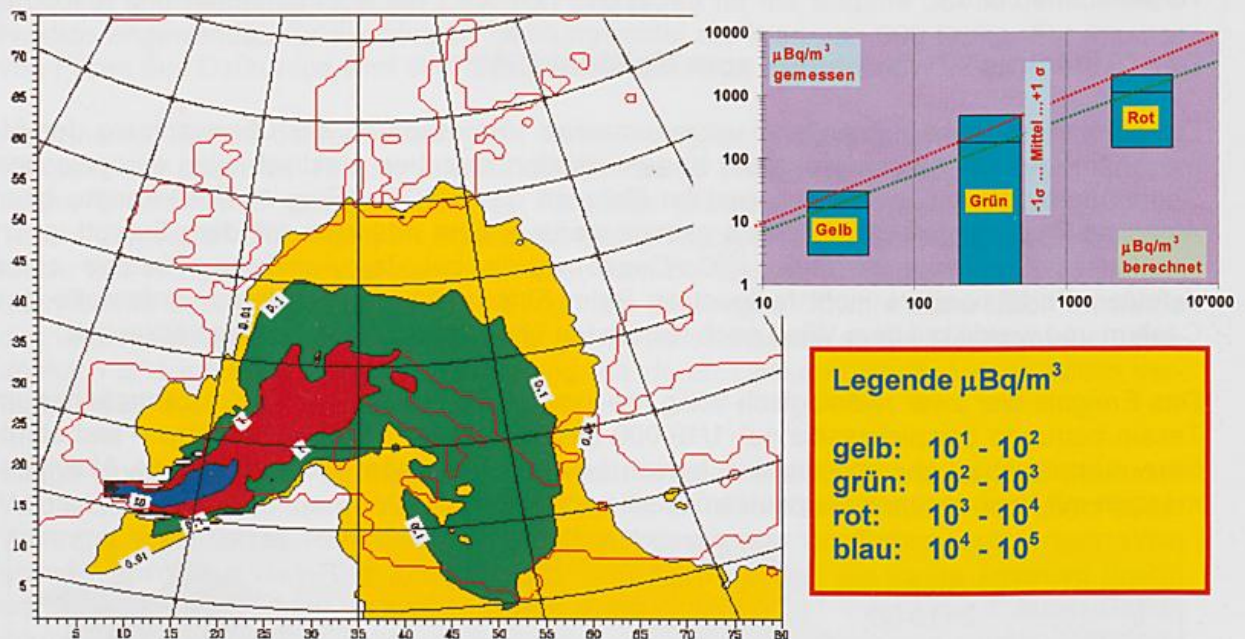


Abb. 9: Simulation der Algeciras-Wolke durch den DWD: Integral der Luftaktivität für ^{137}Cs bis 6.6.98 12h UTC und Vergleich mit den Messwerten (kleine Graphik rechts)

Natürliche Radioaktivität

Auch die natürliche Radioaktivität (nebst dem in Kapitel 7 bereits erwähnten Radon) in Boden und Pflanzen, sowie deren Beitrag zur Strahlenexposition gehört zum Überwachungsprogramm. Sie liefert nach wie vor den grössten Beitrag zur Strahlendosis der Bevölkerung. Dazu gehören auch die Beiträge der kosmischen, der terrestrischen und körperinneren Komponente der Strahlenexposition. Die ersten beiden wurden aus den mehreren hundert in-situ-Messungen im ganzen Lande hergeleitet und ergeben im Landesmittel für die kosmische Strahlung 0,38 mSv pro Jahr (darin inbegriffen sind 0,10 mSv pro Jahr durch die Neutronenkomponente) und für die terrestrische Strahlung 0,35 mSv pro Jahr. Die kosmische Komponente liegt für 95 Prozent der Bevölkerung im Bereich von 0,3 mSv bis 0,5 mSv pro Jahr; bei der terrestrischen für 95 Prozent zwischen 0,3 mSv und 0,45 mSv pro Jahr.

Im Jahre 1982 wurde, in Anlehnung an die Messungen von *Albert Gockel* von 1909-1911, die u.a. zur Entdeckung der kosmischen Strahlung führten, eine Ballonfahrt mit einer *Reuter&Stokes*-Ionisationskammer zur Bestimmung der Ortsdosisleistung bis auf eine Höhe von 3500 m durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Abb. 10 aufgetragen; sie stimmen gut mit der an verschiedenen Stellen publizierten empirischen Exponentialfunktion für die Höhenabhängigkeit der Gammakomponente kosmischer Strahlung überein: $(E_C(Z)=E_C(0)e^{0.38Z})$ und

$E_c(0)=3,7 \mu\text{R/h}$. Der schraffierte Teil ist die terrestrische Komponente die mit der Entfernung vom Boden abnimmt. Die Messserie wurde durch eine Messung auf dem Neuenburgersee ergänzt, wo die terrestrische Komponente durch das Wasser abgeschirmt ist.

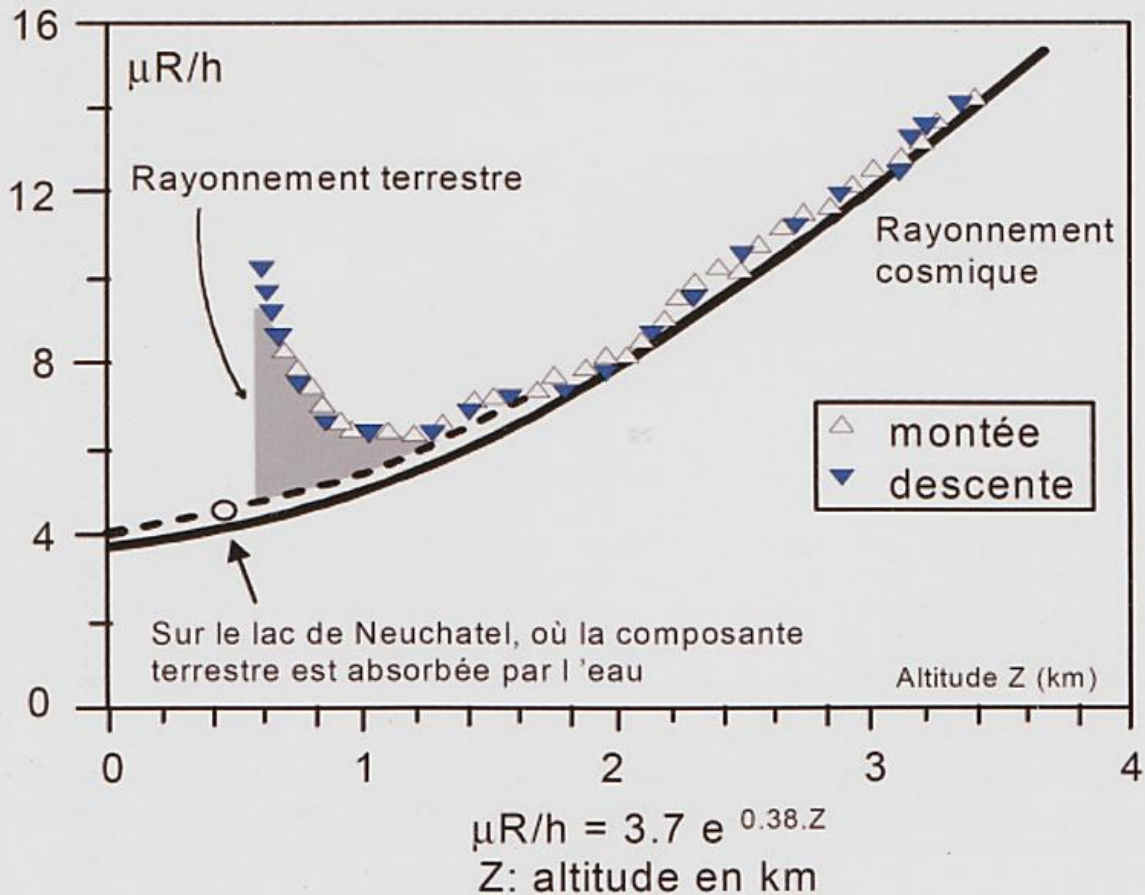


Abb. 10: Messung der kosmischen Strahlung als Ionendosis ($\mu\text{R/h}$) mit einer Reuter&Stokes-Ionisationskammer anlässlich einer Ballonfahrt (1982) ergänzt durch eine Messung auf dem Neuenburgersee

Aus den langjährigen Ganzkörpermessungen an Gymnasiasten aus Genf und Basel wurde die Häufigkeitsverteilung des Kalium-Gehaltes ermittelt. Im Durchschnitt ergibt sich bei den untersuchten 18 bis 20-jährigen jungen Frauen ein Mittel von 1,9 g Kalium pro kg Körpergewicht, entsprechend 3300 Bq; die 20 - 80 %-Perzentile ergeben 1,6 - 2,1 Gramm Kalium. Bei den jungen Männern liegt das Mittel bei 2,4 g Kalium pro kg Körpergewicht, entsprechend 4600 Bq; die 20 - 80 %-Perzentile ergeben 2,0 - 2,6 g Kalium. Die durchschnittliche Jahresdosis durch das natürliche ^{40}K beträgt bei den untersuchten Personen 0,19 mSv (0,17 bei den Frauen und 0,23 bei den Männern). UNSCEAR gibt gemittelt über sämtliche Altersgruppen (bei den Schweizer Messungen wurden nur junge Menschen untersucht) einen Wert von 0,17 mSv/Jahr an. Der etwas höhere schweizer Wert hängt damit zusammen, dass der Kalium-Gehalt mit dem Alter abnimmt.

Eine mögliche und nicht zu vernachlässigende Zufuhr von Radionukliden, vor allem der natürlichen Uran-Zerfallsreihe erfolgt über den Konsum von Mineral- und Trinkwässern. Es wurden deshalb im Laufe der letzten Jahre mehrere hundert Proben von Trink- und Mineralwässern auf Radioaktivität untersucht. Gemäß der Schweizer *Verordnung über Fremd- und Inhaltsstoffe* (FIV) gilt für flüssige Lebensmittel, hier insbesondere für Trinkwasser, ein Grenzwert von 1 Bq pro Liter für die Summe der Radionuklide ^{210}Pb , ^{210}Po , ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{230}Th , ^{232}Th und ^{231}Pa bzw. ein Wert von 10 Bq pro Liter für die Summe der Nuklide ^{224}Ra , ^{228}Th , ^{234}U , ^{235}U und ^{238}U . Aufgrund dieser Limits musste bisher erst ein importiertes Mineral-

wasser aus dem Verkehr gezogen werden. Stellvertretend für die zahlreichen Messungen sei eine Serie von 260 Trinkwasser- und 42 Mineralwasserproben aus dem Kanton Graubünden erwähnt, die im Jahre 2003 durch *Otmar Deflorin* und *Heinz Surbeck* untersucht wurden und folgende Resultate ergaben (Quelle: Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz 2003, BAG, Kapitel 4.5):

Tabelle 4: Radioaktivität in Trink- und Mineralwässern aus Graubünden

Nuklid	Median (10 - 90 Perzentile)	Median (10 - 90 Perzentile)
	Trinkwasser	Mineralwässer
²²² Rn	5 (< 5 bzw. 30)	
²³⁸ U	19 (< 5 bzw. 80)	
²²⁶ Ra	13 (< 5 bzw. 27)	32 (10 bzw. 100)
²²⁸ Ra	< 5 (< 5 bzw. 12)	33 (< 5 bzw. 160)

Gesetzgebung auf dem Gebiet des Strahlenschutzes

Das erste Gesetz über die friedliche Nutzung der Atomenergie und den Strahlenschutz in der Schweiz stammt aus dem Jahr 1959, die erste *Strahlenschutzverordnung* aus dem Jahr 1963, sie wurde novelliert im Jahre 1976. Der Unfall *Tschernobyl* und auch die Empfehlungen Nr. 60 der *ICRP* von 1990 haben dazu geführt, Kernenergie und Strahlenschutz getrennt zu legitimieren¹⁾ und so war die Schweiz eines der ersten Länder, das mit der novellierten *Strahlenschutzverordnung* von 1994 diese neuen Empfehlungen umgesetzt hat.

Im folgenden sind die wichtigsten Gesetze, Verordnungen und Richtlinien, die mit dem Schutz vor ionisierender Strahlung im Zusammenhang stehen, ohne Anspruch auf Vollständigkeit aufgelistet.

- Strahlenschutzgesetz vom 22. März 1991 (StSG)
- Strahlenschutzverordnung vom 22. Juni 1994 (StSV)
- Verordnung des EDI vom 31. Oktober 2001 über die Eidgenössische Kommission für Strahlenschutz und Überwachung der Radioaktivität (KSR)
- Verordnung vom 15. September 1998 über die Ausbildungen und die erlaubten Tätigkeiten im Strahlenschutz (Strahlenschutz-Ausbildungsverordnung)
- Verordnung vom 7. Oktober 1999 über die Personendosimetrie (Dosimetrieverordnung)
- Verordnung vom 31. Januar 2001 über den Strahlenschutz bei nichtmedizinischen Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlung (Strahlenschutz-Anlagenverordnung)
- Verordnung vom 15. November 2001 über den Umgang mit geschlossenen radioaktiven Strahlenquellen in der Medizin (Medizinische Strahlenquellen-Verordnung, MeSV)
- Verordnung des EDI vom 15. Dezember 2004 über den Strahlenschutz bei medizinischen Elektronenbeschleuniger-Anlagen (Beschleunigerverordnung, BeV)
- Verordnung vom 1. Juli 1992 über die Versorgung der Bevölkerung mit Jodtabletten (Jodtabletten-Verordnung)
- Prüfungsreglement des EDI vom 1. Februar 1977 über Strahlenschutz für Zahnpraktiker und ausländische Zahnärzte
- Verordnung vom 25. Mai 1981 über Vergütungen an Lehrkräfte in Strahlenschutzkursen des Bundes
- Verordnung vom 20. Januar 1998 über den Strahlenschutz bei medizinischen Röntgenanlagen (Röntgenverordnung)

¹⁾ Recht erlassen

- Verfügung des EDI vom 12. September 1969 über den Strahlenschutz in Atomkernforschungsinstituten
- Verordnung vom 21. November 1997 über den Umgang mit offenen radioaktiven Strahlenquellen
- Verordnung vom 3. September 2002 über die ablieferungspflichtigen radioaktiven Abfälle
- Verordnung vom 24. März 1999 über die Gebühren im Strahlenschutz (GStSV)
- Verordnung vom 18. August 1998 über die Entschädigung für ungedeckte Kosten von verpflichteten Personen und Unternehmungen durch Ereignisse mit erhöhter Radioaktivität
- Verordnung vom 5. Dezember 1983 über den Stilllegungsfonds für Kernanlagen (Stilllegungsfondsverordnung, StiFV)
- Reglement des UVEK vom 21. Februar 1985 für den Stilllegungsfonds für Kernanlagen
- Verordnung vom 6. März 2000 über den Entsorgungsfonds für Kernkraftwerke (Entsorgungsfondsverordnung, EntsFV)
- Reglement des UVEK vom 15. Oktober 2001 für den Entsorgungsfonds für Kernkraftwerke
- Kernenergiegesetz vom 21. März 2003 (KEG)
- Kernenergieverordnung vom 10. Dezember 2004 (KEV)
- Safeguardsverordnung vom 18. August 2004
- Verordnung vom 14. März 1983 über die Eidgenössische Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen
- Verordnung vom 26. Juni 1991 über die Einsatzorganisation bei erhöhter Radioaktivität (VEOR)
- Verordnung vom 28. November 1983 über den Notfallschutz in der Umgebung von Kernanlagen (Notfallschutzverordnung)
- Verordnung vom 3. Dezember 1990 über die Nationale Alarmzentrale
- Verordnung vom 14. Dezember 1995 über den Einsatz militärischer Mittel im Rahmen des koordinierten AC Schutzes und zugunsten der Nationalen Alarmzentrale (VEMAC)
- Kernenergiehaftpflichtgesetz vom 18. März 1983 (KHG)
- Kernenergiehaftpflichtverordnung vom 5. Dezember 1983 (KHV)
- Verordnung vom 30. September 1985 über die Gebühren auf dem Gebiet der Kernenergie
- Verordnung vom 23. August 1978 über zusätzliche Vereinbarungen zum Sperrvertrags-Kontrollabkommen
- Verordnung vom 26. März 1957 betreffend die Durchführung des Abkommens über die Zusammenarbeit zwischen der schweizerischen Regierung und der Regierung der Vereinigten Staaten von Amerika auf dem Gebiete der friedlichen Verwendung der Atomenergie
- Bundesgesetz vom 9. Oktober 1992 über Lebensmittel und Gebrauchsgegenstände (Lebensmittelgesetz, LMG)
- Verordnung des EDI vom 26. Juni 1995 über Fremd- und Inhaltsstoffe in Lebensmitteln (Fremd- und Inhaltsstoffverordnung, FIV)

Ausblick

Rückblickend kann heute nach fast 50 Jahren der kontinuierlichen Überwachung festgehalten werden, dass bei Strahlenschutz und Überwachung der Umweltradioaktivität ein hoher Stand erreicht wurde, und von Anfang an beim Schutz von Mensch und Umwelt proaktiv und nicht re-aktiv gehandelt wurde. Dies, obwohl die Probenahme- und Messverfahren, bzw. Messtechnik aber auch die Kriterien für die Beurteilung der Ergebnisse praktisch von Null auf entwickelt werden mussten. In der Schweiz wurden gute Erfahrungen gemacht mit dem Konzept, alle Stellen, sowohl bei den Bundesämtern, bei den Hochschulen als auch bei den Kantonen in die Überwachung einzubeziehen, die über die entsprechende fachliche Kompetenz und über Messkapazität verfügen. Synergien konnten dadurch wirksam genutzt und sicher auch Kosten eingespart werden. Glücklicherweise mussten bis heute keine

gefährlich erhöhten Strahlendosen bei der Bevölkerung festgestellt werden. Als Beispiel zeigt Abb. 11 die einzelnen Komponenten des mittleren Dosisintegrals bis heute für die schweizer Bevölkerung durch Kernwaffenausfall und den Unfall *Tschernobyl*. Um dem Bedarf nach einer raschen Information bei Behörden und Entscheidungsträgern, aber auch bei den Medien und der Öffentlichkeit Rechnung zu tragen, wurden und werden Überwachungsnetze automatisiert und die Technik der Datenfernübertragung sowie auch die Möglichkeiten des Internet immer mehr genutzt. Der Unfall *Tschernobyl* hat im Bereich der internationalen Zusammenarbeit zu Verbesserungen geführt; so sei nur die *INES*-Klassifizierung der Unfälle, die *Assistance Convention*, die Harmonisierung von Schutzmaßnahmen und der grenzüberschreitende Datenaustausch bei den Messnetzen erwähnt. Auch die Zwischenstaatlichen Kommissionen mit Deutschland und Frankreich im Bereich der Sicherheit der Kernanlagen haben die Zusammenarbeit verbessert, sodass die Vorbereitung der Behörden, der Entscheidungsträger und der Bevölkerung auf einen schweren Kernkraftwerk-Unfall heute besser ist.

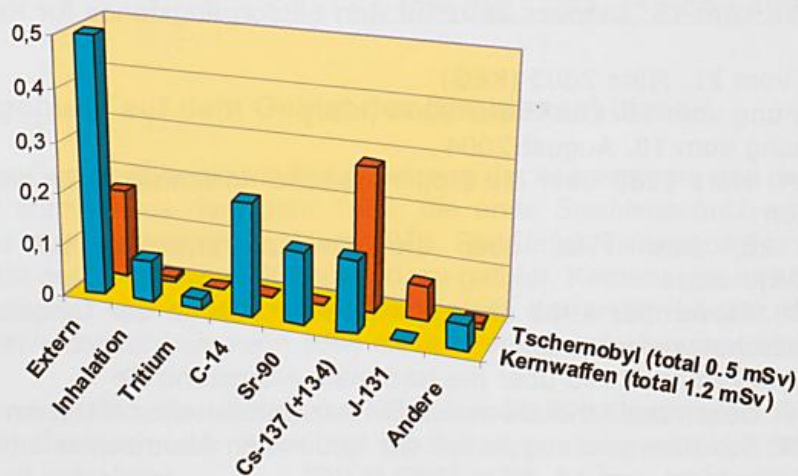


Abb. 11: Berechnete durchschnittliche integrale Strahlendosen in mSv der schweizer Bevölkerung durch den Kernwaffenausfall und den Reaktorunfall *Tschernobyl*

Für die Zukunft wird in einigen Ländern die Diskussion um eine weitere Verwendung der Kernenergie weitergeführt, wenn auch ein gewisses Umdenken angesichts der Begrenzung der Vorräte fossiler Brennstoffe und des steigenden CO_2 -Gehaltes der Atmosphäre und der dadurch möglicherweise verursachten Klimaänderungen zu erkennen ist. Auch wenn die erneuerbaren Energiequellen (Sonne, Wind, Geothermie, etc.) besser genutzt werden könnten und müssen, werden wir wahrscheinlich während der nächsten zwei Generationen, bis die Fusionsenergie technisch anwendbar sein wird, weiterhin auf die Kernenergie angewiesen sein. In naher Zukunft wird Wasserstoff als Energieträger, vor allem beim Verkehr, immer mehr zur Anwendung kommen und dieser könnte beispielsweise mit Kernreaktoren der vierten Generation erzeugt werden. Ein weiteres Problem, das unsere Generation lösen muss, ist die sichere Endlagerung radioaktiver Abfälle bis zum Abklingen auf Werte, die der natürlichen Radioaktivität entsprechen. Es ist zu hoffen, dass bei der Anwendung der Transmutation demnächst ein Durchbruch erzielt wird. Im Strahlenschutz warten wir auf die neuen Empfehlungen der internationalen Strahlenschutzkommission *ICRP* und sind gespannt, ob sie wirklich grundsätzlich neues bringen werden und wie schnell diese Empfehlungen dann allenfalls umgesetzt werden können. Die Diskussion, ob der Schutz des Menschen vor Radioaktivität und Strahlung auch automatisch einen adäquaten Schutz von Fauna und Flora (der so genannten *Non-Human-Species*) bedeutet, oder ob es Situationen gibt, wo dies nicht der Fall ist und daher zusätzliche Maßnahmen erforderlich sind, wurde von der *ICRP* angeregt und sollte von einer anthropozentrischen Sicht wegführen zu einer mehr holistischen und biozentrischen Betrachtungsweise. Ein Aspekt mit dem wir vor allem

bei der Radioaktivität und beim Strahlenschutz immer wieder konfrontiert werden, ist die Glaubwürdigkeit der Behörden und wie das Strahlenrisiko gegenüber der Bevölkerung verständlich kommuniziert werden kann. Schliesslich stellt sich auch die Frage, ob wir eine systematische Überwachung, wie wir sie bisher durchgeführt haben, in diesem Ausmaß in Zukunft weiterführen können, angesichts der Verknappung der öffentlichen Mittel und der Sparanstrengungen beim Personal der öffentlichen Dienste, wie sie uns für die nächsten Jahre angekündigt werden.

Literatur

J. Halter, B. Michaud und H. Völkle: Cs-137 in Milch und im menschlichen Körper. Bull. Soc. Fri. Sc. Nat. 65/1 (1976) 6-17.

J. Halter, O. Huber, B. Michaud, H. Völkle, J. Czarnecki und J.-J. Geering: Die Überwachung der Radioaktivität in der Schweiz. Jahrestagung des Fachverband für Strahlenschutz, Lausanne 30. September -2. Oktober 1981, Proceedings p. 377-388.

O. Huber, J. Halter, H. Loosli und H. Völkle: 25 Jahre Radioaktivitätsüberwachung in der Schweiz, Eidg. Kommission zur Überwachung der Radioaktivität, CH-1700 Fribourg / Schweiz, November 1982.

O. Huber und H. Völkle: Ergebnisse der Radioaktivitätsüberwachung in der Schweiz und Schutz der Bevölkerung bei einer Gefährdung durch Radioaktivität. In: Fachgespräch Nr. 6 über die Überwachung der Umweltradioaktivität, 15.-17.4.1986 in Karlsruhe, Proceedings p. 11-51.

M. Winter, H. Völkle, J. Narrog, P. Meyer und K. Kirchhoff: Die Radioaktivität in der Bundesrepublik Deutschland und in der Schweiz nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl. Jahrestagung des Fachverband für Strahlenschutz im Oktober 1986 in Salzburg. Proceedings p. 729-734.

H. H. Loosli und H. Völkle: Components of total irradiation dose in Switzerland. Soz. Präventivmed. 36 (1991) 286-293.

O. Huber, W. Jeschki, S. Prêtre and H. Völkle: Effects in Switzerland of the Chernobyl Reactor accident. Kerntechnik 61 (1996), pp. 271-277, Carl Hanser Verlag München

H. Völkle: 40 Jahre Überwachung der Radioaktivität in der Schweiz – Geschichte und Geschichten. Bull. Soc. Frib. Sc. Nat. 89/1 (2000), p. 11-38. Beitrag zu einem gemeinsamen Seminar KUER/BAG/Universität Fribourg vom 24.11.1998 im Bürgerspital Fribourg

H. Völkle: 50 Years of radiation protection and nuclear power in Switzerland: A brief history. Atoms for Peace: An International Journal, Vol 1, Nos. 0/3, 2006, pp. 239-244.

H. H. Loosli et al. (Editors): Proceedings des Schweizer „Tschernobyl-Symposium“ vom 20.-22.10.1986 am Inselspital Bern; Herausgeber: Universität Bern, Eidg. Kommission zur Überwachung der Radioaktivität und Bundesamt für Gesundheit, CH-3003 Bern

O. Huber et al. Berichte der Eidg. Kommission zur Überwachung der Radioaktivität zuhanden des Bundesrates. (ab 1856 bis 1988). Beilage zum Bulletin des Bundesamtes für Gesundheit, CH-3003 Bern.

Verschiedene Autoren: Jahresberichte zu Umweltradioaktivität und Strahlendosen der Bevölkerung, ab 1989; Bundesamt für Gesundheit, CH-3003 Bern/Schweiz.

s.: <http://www.bag.admin.ch/themen/strahlung/00043/00065/02239/index.html?lang=de>

50 Jahre Überwachung der Radioaktivität in der Atmosphäre durch den Deutschen Wetterdienst

Dipl.-Ing. Werner Dyck,
Leiter Referat Radioaktivitätsüberwachung
Deutscher Wetterdienst

Zusammenfassung

Der Deutsche Wetterdienst (DWD) ist über das Wetterdienstgesetz, das Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG) und die Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) mit Aufgaben aus dem Bereich des Strahlenschutzes im Sinn der Daseinsvorsorge betraut. Seit 1955 wird die Radioaktivität in der Atmosphäre durch Messungen überwacht und bei erhöhten Werten meteorologische Prognosen erstellt. Die Anfänge und die aktuellen Aufgaben des DWD im Rahmen des Integrierten Mess- und Informationssystem zur Überwachung der Umweltradioaktivität (IMIS) werden im Rahmen dieser Festschrift umfassend beschrieben. Dazu gehören die Messtechnik zur Bewältigung der Aufgaben, das Messnetz, die Flugzeugmessungen, die Trajektorienrechnungen und Ausbreitungsprognosen, wie auch die Nutzung der Niederschlagsvorhersage durch Produkte des Radarverbands. Die Rolle des DWD im Rahmen der Vereinbarungen der WMO und der IAEA zur schnellen Bereitstellung von Ausbreitungsprognosen wird dargestellt. Anhand langjähriger Messreihen zeigt sich, wie sich der Pegel der Radioaktivität durch einzelne Ereignisse verändert. Durch Übungen und den kontinuierlichen Messbetrieb wird eine ständige Überprüfung der Qualität der Gesamtorganisation gewährleistet.



Der Deutsche Wetterdienst (DWD) ist über das Wetterdienstgesetz, das Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG) und die Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) mit Aufgaben aus dem Bereich des Strahlenschutzes im Sinn der Daseinsvorsorge betraut. Seit 1955 wird die Radioaktivität in der Atmosphäre durch Messungen überwacht und bei erhöhten Werten meteorologische Prognosen erstellt. Die Anfänge und die aktuellen Aufgaben des DWD im Rahmen des Integrierten Mess- und Informationssystem zur Überwachung der Umweltradioaktivität (IMIS) werden im Rahmen dieser Festschrift umfassend beschrieben. Dazu gehören die Messtechnik zur Bewältigung der Aufgaben, das Messnetz, die Flugzeugmessungen, die Trajektorienrechnungen und Ausbreitungsprognosen, wie auch die Nutzung der Niederschlagsvorhersage durch Produkte des Radarverbands. Die Rolle des DWD im Rahmen der Vereinbarungen der WMO und der IAEA zur schnellen Bereitstellung von Ausbreitungsprognosen wird dargestellt. Anhand langjähriger Messreihen zeigt sich, wie sich der Pegel der Radioaktivität durch einzelne Ereignisse verändert. Durch Übungen und den kontinuierlichen Messbetrieb wird eine ständige Überprüfung der Qualität der Gesamtorganisation gewährleistet.

Überwachung der Radioaktivität der Atmosphäre seit 1955

Die Einbindung des Deutschen Wetterdienstes (DWD) in Aufgaben aus dem Bereich des Strahlenschutzes findet seinen Anfang in den 50er Jahren. Zwischen 1945 und 1955 waren in der nördlichen Hemisphäre von den USA, der ehemaligen Sowjetunion, Frankreich und dem U.K. in zunehmendem Maße Kernwaffenversuche in der Atmosphäre durchgeführt worden, die zu einer stetigen Erhöhung der Radioaktivität in der Atmosphäre führten. Dies wurde seit 1952/53 auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland auch durch routinemäßige Messungen der Luft und des Niederschlags einiger Institute, wie z.B. durch die Universitäten Heidelberg, Freiburg und München belegt [1]. Um eine weitere Überwachung dieses Effekts durch eine Bundesbehörde sicherzustellen, wurde der DWD mit der Aufgabe betraut, die Atmosphäre auf radioaktive Beimengungen und deren Verfrachtung kontinuierlich zu überwachen. Dies wurde im Wetterdienstgesetz mit seiner Ergänzung vom 08.08.1955 gesetzlich verankert.

Zur Erfüllung dieses gesetzlichen Auftrags wurden bis 1957 10 Wetterstationen des synoptisch-klimatologischen Messnetzes des DWD mit Probeentnahme- und Messgeräten zur Messung der Gesamtbetaaktivität in der Luft und im Niederschlag ausgestattet. Bis 1986 wurde das Messnetz auf 12 Messstellen erweitert. Es wurden regelmäßig Messungen durchgeführt und die Ergebnisse in den Berichten des Bundes zur Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung veröffentlicht. Die Ergebnisse aus allen Bereichen der Umweltradio-

aktivitätsüberwachung wurden in einem "Sonderausschuss Radioaktivität", der sich bereits am 1. Oktober 1956 im Auftrag des Bundesministers für Atomfragen auf Initiative des Bundestages, konstituiert hatte, wissenschaftlich aufgearbeitet und dokumentiert. Im ersten Bericht von Januar 1958 [1] gab es nach Ansicht des "Sonderausschusses Radioaktivität" keinen Anhalt für eine akute Gefährdung der Bevölkerung durch die Kontamination, doch erachtete es der Ausschuss als ein dringendes Erfordernis, die weitere Entwicklung der Kontamination der Luft, des Niederschlags und des Übergangs radioaktiver Substanzen in Pflanze, Tier und Mensch, durch systematische Messungen unter Anwendung vereinheitlichter Messmethoden zu verfolgen.

Als Beispiel für ein Ergebnis aus den Anfangstagen der Überwachungstätigkeit des DWD konnte im Oktober 1957 an allen Messstellen des DWD zeitgleich ein Maximum der spezifischen Betaaktivität der bodennahen Luft registriert werden, eine Folge des Reaktorunfalls in Windscale/U.K. (Abb.1).

Eine genaue Konstruktion der Frontverlagerung war mit Hilfe der vorliegenden synoptischen Karten gut möglich (Abb.2). Es wurde deutlich, dass die Auswirkung einer derartigen Quelle radioaktiver Aerosolpartikel imstande sein kann, weite Landstriche zu überdecken, wenn die meteorologischen Gegebenheiten hierfür günstig sind [2].

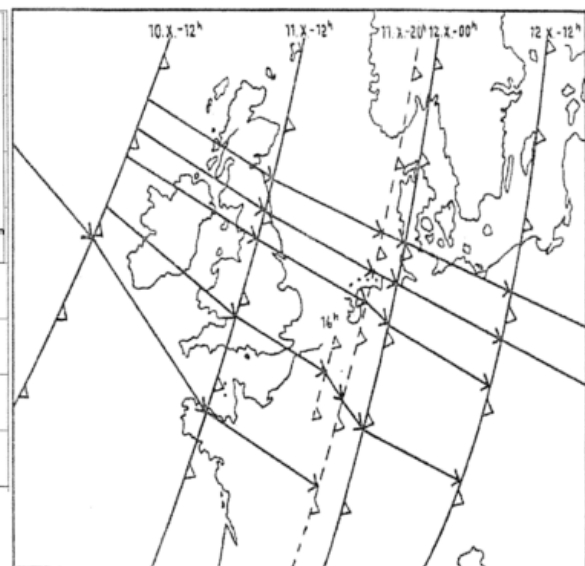
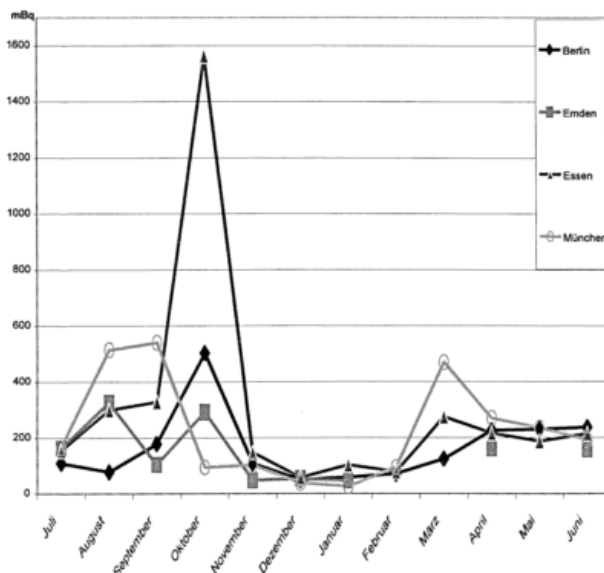


Abb. 1: Monatliche Extremwerte der spezifischen Betaaktivität der Luft von Juli 1957 bis Juni 1958

Abb. 2: Luftbahnen über Westeuropa, 10. -12.10.1957

Die langjährige Messtätigkeit des DWD ist durch eine Messreihe der langlebigen Gesamtbetaaktivität im Niederschlag ausgehend von 1957 dokumentiert (Abb.3). Die Jahressummen gebildet als Mittelwert der stationsspezifischen Jahressummen zeigen die Maxima der durch die Kernwaffenversuche freigesetzten Radionuklide in den Jahren 1957/58 und 1962/63. Die Höhepunkte der Kernexplosionsversuchsreihe wurden in den Jahren 1958 mit 80 Tests und 1962 mit 76 Tests erreicht. Demzufolge waren die Monatsmittelwerte der langlebigen Gesamtbetaaktivität der bodennahen Luft in den Frühjahren 1959 und 1963 relativ hoch. Es wurden 259 mBq/m^3 beziehungsweise 389 mBq/m^3 erreicht. Der höchste Tagesmittelwert gemittelt über alle Stationen dieser Messperiode wurde am 10. November 1962 mit 925 mBq/m^3 gemessen. In diesen Monat fiel auch der höchste Tageswert einer einzelnen Station mit 1988 mBq/m^3 . Nach Abschluss des Kernwaffenteststoppabkommens über die Durchführung von Tests in der Atmosphäre, im Jahr 1963, war ein signifikanter Rückgang der Messwerte festzustellen, mit kleineren Erhöhungen in den Jahren 1976/77 und 1980/81, bedingt durch die Kernwaffenversuche der chinesischen Volksrepublik [3]. Dies ließ sich mit den Messeinrichtungen des DWD

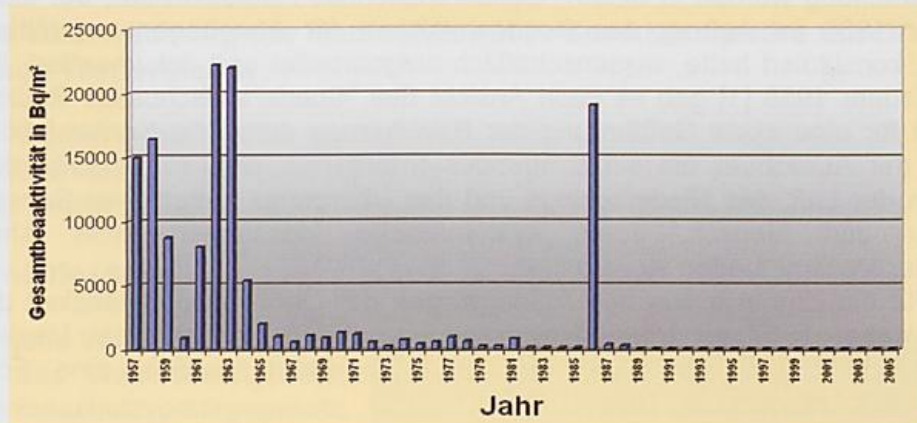


Abbildung 3: Langlebige Gesamtbetaaktivität im Niederschlag 1957-2005

dokumentieren. Ein markanter Anstieg des Radioaktivitätspegels über der Bundesrepublik Deutschland in den 70er Jahren war im Oktober 1976 zu verzeichnen. Damals gelangte eine ziemlich unverdünnte radioaktive Wolke von China sehr rasch nach Mitteleuropa, da die Windgeschwindigkeit am Explosionsort in großen Höhen bis 150 km/h betrug und für den Transport der Spaltprodukte vorherrschende Strömungsbedingungen günstig waren. Die Höchstwerte der langlebigen Betaaktivität der bodennahen Luft betragen am 10.10.1976 in Offenbach 41 mBq/m³ und am 17.10.1976 in Schleswig 49 mBq/m³. Neben dem ¹³¹I waren die für Kernwaffentestexplosionen typischen Spaltnuklide in unterschiedlichen Konzentrationen auf Aerosolfiltern feststellbar.

Der letzte oberirdische Kernwaffenversuch auf der Nordhalbkugel, der offiziell bekannt wurde, fand am 16.10.1980 in China statt. Zunächst konnten nur Spuren frischer Spaltprodukte festgestellt werden, da die radioaktiven Luftmassen in ca. 15.000 m Höhe über Mitteleuropa hinwegzogen. Erst im November und Dezember 1980 gelangten, bedingt durch die zwischen Stratosphäre und Troposphäre stattfindenden Austauschvorgänge, vermehrt Spaltprodukte in die bodennahe Luft.

Ein deutliches Maximum stellten die Messwerte dar, die sich als Folge des Reaktorunfalls von Tschernobyl im Jahr 1986 mit einem Jahreswert vergleichbar mit den maximalen Werten durch den radioaktiven Fall-out in den Jahren 1957/58 und 1962/63 einstellten. Tschernobyl war eine Zäsur in der Wertung der Aufgaben zur Überwachung der Umweltradioaktivität. Seit 1986 bis zum heutigen Jahr waren zwar keine nennenswerten Aktivitätskonzentrationen in der Luft in diesen Größenordnungen mehr messbar aber die gesamte Strategie der Radioaktivitätsüberwachung wurde neu bedacht. Eine Ergänzung des gesetzlichen Auftrags des DWD und gleichzeitig auch Bestätigung der bisherigen Aufgaben fand sich in der Formulierung des Strahlenschutzvorsorgegesetzes vom 19. Dezember 1986. Danach ist der DWD gemäß §11 Absatz.1 für die Überwachung der Radioaktivität in der Luft und im Niederschlag zuständig, sowie für die Erstellung von Ausbreitungsprognosen.

Allgemeine Überwachung der Umweltradioaktivität und Überwachung der kerntechnischen Anlagen

Die Überwachungsaufgaben der Umweltradioaktivität wurden infolge der großtechnischen friedlichen Nutzung der Kernenergie und wegen der Umsetzung der Verpflichtungen des EURATOM-Vertrags von 1957 ausgeweitet sowie über das Atomgesetz und die daraus abgeleitete Strahlenschutzverordnung, geregelt. Der DWD konnte in diesem Zusammenhang an vielen Regelwerken durch den meteorologischen und messtechnischen Sachverstand seiner Experten mitwirken, besonders zu nennen das Regelwerk des kerntechnischen Ausschusses KTA 1508 (Instrumentierung zur Ermittlung der Ausbreitung radioaktiver Stoffe

in der Atmosphäre), die Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung (REI) kerntechnischer Anlagen [4] und die Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu §45 der Strahlenschutzverordnung [5].

Im Rahmen der Errichtung der amtlichen Überwachung der Umweltradioaktivität und deren Auswertung wurden die "Leitstellen" eingerichtet [6]. Sie sind jeweils verantwortlich für die Überwachung bestimmter Umweltbereiche. So ist der DWD zuständig für den Bereich Luft und Niederschlag. Zur Aufgabe der Leitstelle gehört die Beschreibung und Weiterentwicklung der Probeentnahme-, Analyse- und Messverfahren. Ferner gehört die regelmäßige Prüfung der Messdaten auch von anderen amtlichen Messstellen im zugeordneten Umweltbereich und die Verfassung von Lageberichten zur Umweltradioaktivität und Strahlenexposition zu den Aufgaben einer Leitstelle wie auch die Durchführung von Vergleichsanalysen zur externen Qualitätskontrolle.

Im Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG) und in der novellierten Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) des Jahres 2001 sind diese Aufgaben festgelegt und die Leitstellen als sogenannte Verwaltungsbehörden des Bundes benannt. In den dazugehörigen Verwaltungsvorschriften bzw. den Richtlinien sind die genauen Messprogramme beschrieben

Die Rolle des DWD im IMIS

Das Strahlenschutzvorsorgegesetz unterscheidet sich von den Bestimmungen des Atomgesetzes und der abgeleiteten Strahlenschutzverordnung, die sich auf die Radioaktivität bezieht, die aus Anlass der Nutzung der Kernenergie entsteht. Es bezieht sich auf den Schutz der Bevölkerung vor Radioaktivität in der Umwelt, wie sie sich z.B. aus dem Fall-out nach Kernwaffenversuchen oder aufgrund solcher Ereignisse wie dem Unfall von Tschernobyl ergibt. Auf der Basis dieses Strahlenschutzvorsorgegesetzes wurde die bestehende Organisation der Umweltradioaktivitätsüberwachung in Deutschland neu strukturiert und unter Federführung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) der Rechnerverbund eines Integrierten Mess- und Informationssystems zur Überwachung der Umweltradioaktivität (IMIS) aufgebaut [7,8]. Dieser Rechnerverbund IMIS ist seit Dezember 1993 im operationellen Betrieb. Der DWD ist für die Bereitstellung von Messdaten der Luft und des Niederschlags sowie für die Bereitstellung von Ausbreitungsprognosen

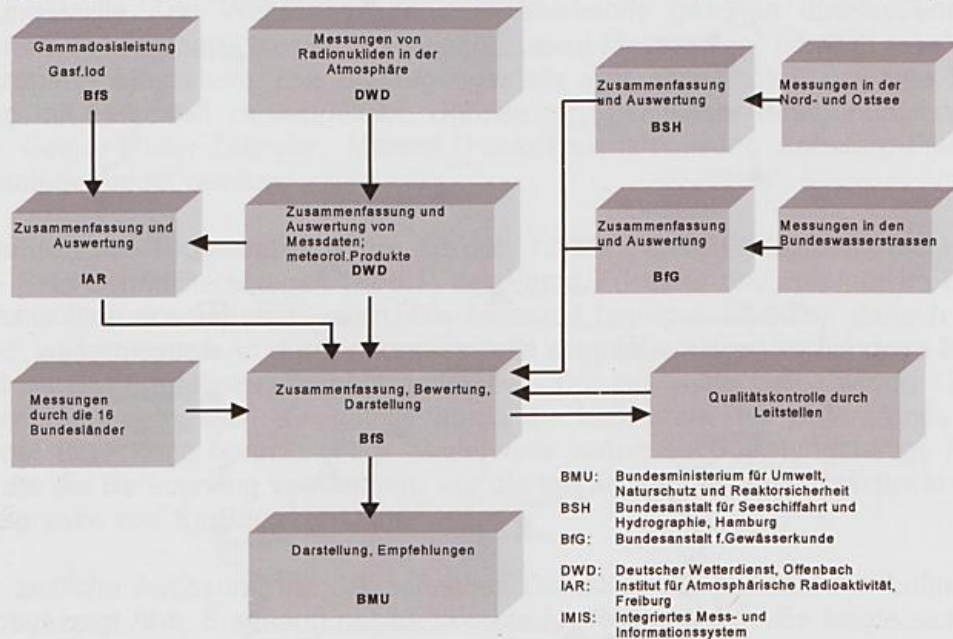


Abb.4: Der DWD im Integrierten Mess- und Informationssystem zur Überwachung der Umweltradioaktivität (IMIS)

zuständig. Die Einbindung des DWD in dieser Organisation ist in Abbildung 4 grob skizziert. Über Trajektorienrechnungen und Ausbreitungsprognosen erfolgt eine Vorhersage der Transportzeit, der Transportrichtung, der Konzentrationen und der Deposition. Die frühe Erkennung radioaktiver Beimengungen in der Luft und deren nuklidspezifische Messung der Aktivitätskonzentrationen ist für das Dosisprognosemodell PARK (Programmsystem zur Abschätzung und Begrenzung radiologischer Konsequenzen) des Bundesamts für Strahlenschutz (BfS) von größter Bedeutung. Aufgrund der Daten des DWD werden frühe Abschätzungen der zu erwartenden Dosen erstellt und daraus abgeleitet Schutz- und Gegenmaßnahmen empfohlen.

Das Routinemessprogramm des Normalbetriebs wie auch das Intensivmessprogramm des Intensivbetriebs ist in der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum IMIS [9] beschrieben.

Darüber hinaus werden auch die notwendigen Messungen zur Erfassung von Radionukliden im Spurenbereich, mit Werten unter $100 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ Luft, beschrieben. Diese Aufgaben erfüllt der DWD neben dem Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), Freiburg und der Physikalisch Technischen Bundesanstalt (PTB).

Als wesentliche Aktivitäten des DWD zur Realisierung des neuen integrativen Konzepts in den Jahren nach 1986 wurde ein interaktives Notfallsystem mit Trajektorien und Lagrangeschem Partikel-Dispersions-Ausbreitungsmodell (LPDM) entwickelt sowie das Messnetz des DWD erweitert und mit modernen Messsystemen ausgestattet.

Radioaktivitätsmessnetz des DWD im IMIS



Abb. 5: Radioaktivitätsmessnetz des DWD, Stand 2005

Zur Durchführung der großräumigen Überwachungsmessungen stehen jetzt 40 Wetterwarten und Flugwetterwarten des synoptisch-klimatologischen Messnetzes des DWD als Radioaktivitätsmessstellen zur Verfügung [10,11]. Dazu wurde nach 1986 das Messnetz von 12 auf 40 Messstellen erweitert, auch unter Berücksichtigung der Gegebenheiten nach der Wiedervereinigung 1990 (Abb. 5).

Wichtigste Voraussetzung zur Gewährleistung einer fast vollständigen Verfügbarkeit von Technik und Personal ist der 24h-Betrieb des DWD. Die Dichte des Messnetzes ist das Resultat der Forderung nach einer großräumigen Abdeckung des Gebiets der Bundesrepublik Deutschland und der Forderung der frühzeitigen Erfassung von Radionukliden, die durch grenznahe Quellen freigesetzt werden.

Radioaktivitätsmesstechnik

Im einfachsten Fall des manuellen Betriebs wird ein Filter über ein festgelegtes Zeitintervall besaugt, anschließend in eine Messkammer gelegt und ausgemessen.

Zur kontinuierlichen Überwachung der aerosolgebundenen Radionuklide wurden aber vollautomatische Messsysteme benötigt. Durch Verwendung eines Filterbandes und rechnergesteuertem Betrieb wurde dies erreicht. Luft wird durch ein Glasfaserfilterband gesaugt, das für ein Teilchenspektrum zwischen 0,1 μm und 20 μm aerodynamischen Durchmesser auf einen optimalen Rückhaltegrad ausgelegt ist. Das bestaubte Filter wird nach einem festgelegten Zeitintervall weitertransportiert und gemessen. Für die weitere Besaugung steht ein frisches Segment des Filterbands zur Verfügung.

Schon die ersten Bandfiltergeräte der 60er Jahre waren in der Lage zwischen natürlicher und künstlicher Aktivität zu unterscheiden. Die natürliche Aktivität weist Halbwertszeiten in der Größenordnung von Stunden auf. Künstliche Radionuklide sind in der Regel langlebiger, so dass sich über die Analyse der Zerfallszeiten eine Unterscheidung treffen lässt.

Das wurde technisch dadurch realisiert, dass die Filterbänder nach Durchlaufen einer Verzögerungsstrecke einer zweiten Messstelle zur Verfügung standen. Die Verzögerungszeit betrug bis zu 5 Tage. Dadurch war gewährleistet, dass nur noch die sogenannte langlebige (künstliche) aerosolgebundene Aktivitätskonzentration gemessen wurde.

Eines der ersten Geräte, die für die Umgebungsüberwachung sowohl vom Institut für Atmosphärische Radioaktivität in Freiburg als auch vom Deutschen Wetterdienst in Offenbach eingesetzt wurden, waren die Geräte des Schweizer Herstellers Landys & Gyr, D133 (Abb.6). Diese Geräte benutzten ein 5 cm breites Glasfaserfilter und eine 4 cm breite Bestaubungsstelle. Der Weitertransport des Filterbands geschah überlappend. In einer modifizierten Version hatte dieses Modell schon zwei Messstellen, nämlich eine direkte und eine verzögerte Messstelle. Die Besaugungsstelle war abgedichtet, um eine Filterbeaufschlagung mit Falschluf zu vermeiden. Unmittelbar über dieser Bestaubungsstelle befand sich ein Geiger-Müller-Zählrohr. Mittels Druckdifferenzmessung konnten Filterbandrisse automatisch gemeldet werden.

In den Jahren vor Tschernobyl waren an den 12 Messstellen des DWD technisch hochmoderne Beta-Schrittfilteranlagen (Abb.7) der Firma Frieseke und Höpfner im Einsatz, die mit 2 Messstellen ausgestattet waren. Die Messzeit betrug 2 Stunden, danach wurde das Filterband weiterbewegt. An der Direktmessstelle wurde die aktuell vorhandene Betaaktivität mittels eines GM-Endfensterzählrohrs gemessen. Die bestaubte Stelle wurde 120 Stunden später nochmals gemessen. Gleichfalls wurde die Impulsrate des Untergrunds gemessen und bei der Berechnung berücksichtigt. Mittlerweile waren auch leistungsfähige Rechner im Einsatz, die die Berechnung vornahmen. Für die langlebige Gesamtbetaaktivität wurde eine Nachweisgrenze von 1 mBq/m^3 erreicht.

Die gute zeitliche Auflösung bei der schnellen Detektion der radioaktiven Luftmassen von Tschernobyl zeigt Abb. 8 anhand der Messwerte für Regensburg. Es zeigte sich allerdings auch ein Problem bei der Messkonfiguration, da die weiteren Messungen an der Direktmessstelle deutlich von der Strahlung der schon beaufschlagten Aerosolpartikel beeinflusst waren.

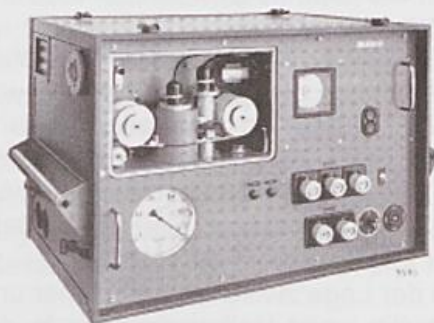


Abb. 6: Beta-Schrittfilteranlage, Landys & Gyr, D133



Abb. 7: Beta-Schrittfilteranlage, Frieseke und Höpfner

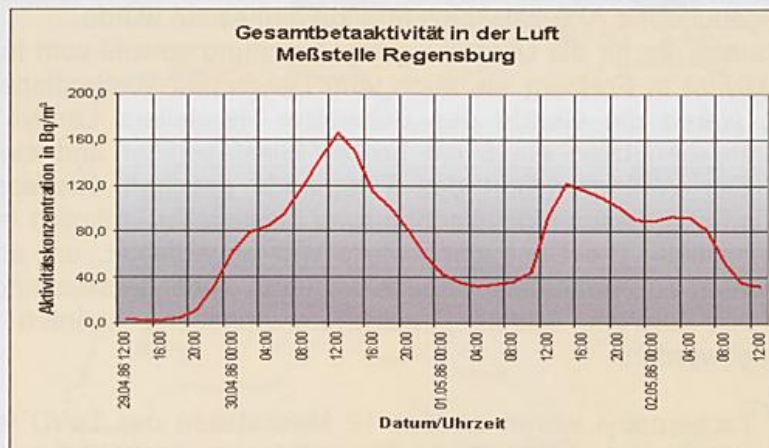


Abb. 8: Detektion der radioaktiven Luftmassen von Tschernobyl anhand der Messwerte für Regensburg

Auf der Grundlage des IMIS wurde mit den nuklidspezifisch messenden Gamma-Schrittfiltergeräten neben kompensierenden Messgeräten zur Messung der Künstlichen Alpha- und Betaaktivität eine neue Qualität eingeführt.

Die Grundausstattung einer Radioaktivitätsmessstelle lässt sich heute (2005) wie folgt beschreiben:

- Gamma-Schrittfiltersystem des Typs FHT59N1 zur kontinuierlichen Überwachung der aerosolgebundenen Gammastrahler (Abb.9)

- Messplatz zur Bestimmung der künstlichen Alpha- und der künstlichen Beta-Aktivität in der bodennahen Luft nach dem ABPD-Verfahren oder ein Alpha/Beta-Monitor FHT59SI (Abb.10)
- Probeentnahmevorrichtung für gasförmige Komponenten des Iods (elementares Iod, organisch gebundenes Iod) (Abb.11)
- zwei Niederschlagsauffangwannen (Abb.12)
- Messplatz zur Bestimmung der Betaaktivität im Niederschlag (Abb.13)
- Staubprobensammler mit einem Luftdurchsatz größer als 100 m³/h (Abb.14)
- In-situ-Gammaspektrometriemesssystem zur Bestimmung der deponierten Radioaktivität, wie auch zur Abschätzung der Aktivität radioaktiver Edelgase (Xe-133) in der Luft (Abb.15)
- Handmonitor zur Bestimmung von Alpha- und Betakontaminationen (Abb.16)

Die erweiterte Messstelle ist zusätzlich mit einem Gammaspektrometrie-Messplatz zur direkten nuklidspezifischen Messung von Aerosol-, Niederschlags- und Iodproben ausgerüstet.

Hier stehen an ausgewählten Stationen auch leistungsstarke Aerosolsammler mit Luftdurchsätzen bis zu 1000 m³/h zur Verfügung (Abb.17).

Das Messprogramm des DWD im Normalbetrieb ist in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Probeentnahme- und Messprogramm im Normalbetrieb des DWD

Umweltproben	Messung	Messmethode	Probeentnahme/ Messintervall	Nachweis- grenze
Aerosole, 40	γ -Strahler	Gammaschrittfilter Messsystem	Täglich	10 mBq/m ³
Aerosole, 40	γ -Strahler	Gammaspektrome- trie	Wöchentlich	0,005 mBq/m ³
Aerosole, 40	Künstl.Alpha Aktivität	ABPD*, Alpha/Beta- Monitor	Täglich	100 mBq/m ³
Aerosole, 40	Künstl.Beta Aktivität	ABPD*, Alpha/Beta- Monitor	Täglich	1000 mBq/m ³
Aerosole, 4	⁹⁰ Sr, ⁸⁹ Sr	GM-Zählrohr	Monatlich	0,001 mBq/m ³
Aerosole, 4	²³⁵ U, ²³⁹ Pu	Alphaspektrometrie	Monatlich	0,0001 mBq/m ³
Gasförmiges Iod, 20	γ -Strahler	Gammaspektrome- trie	Wöchentlich	5 mBq/m ³
Niederschlag, 40	γ -Strahler	Gammaspektrome- trie	Monatlich	5 mBq/l
Niederschlag, 4	⁹⁰ Sr, ⁸⁹ Sr	GM-Zählrohr	Monatlich	1 mBq/l
Niederschlag, 4	²³⁵ U, ²³⁹ Pu	Alphaspektrometrie	Monatlich	0,02 mBq/l
Niederschlag, 4	Tritium	Flüssigszintillation	Monatlich	1 Bq/l
Niederschlag, 40	β -Aktivität	GM-Zählrohr	Täglich	500 mBq/l
Boden, 38	γ -Strahler	In-situ-Gamma Spektrometrie	Monatlich 1h	200 Bq/m ²

*ABPD: Alpha-Beta-Pseudokoinzidenz-Differenz



Abb. 9: Gamma-Schrittfiltersystem des Typs FHT59N1



Abb. 10a: ABPD-Messplatz



Abb. 10b: Alpha/Beta-Monitor FHT59SI

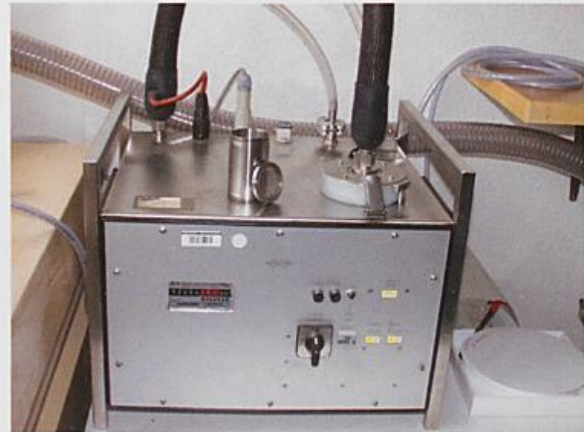


Abb. 11: Probeentnahmeverrichtung für gasförmige Komponenten des Iods



Abb. 12: Niederschlagsauffangwannen



Abb. 13: Messplatz zur Bestimmung der Betaaktivität im Niederschlag



Abb. 14a: Staubprobensammler mit einem Luftdurchsatz größer als 100 m³/h



Abb. 14b: Staubprobensammler mit einem Luftdurchsatz größer als 100 m³/h



Abb. 15: In-situ-Gamma-spektrometriemesssystem



Abb 16: Handmonitor zur Bestimmung von Alpha- und Betakontaminationen



Abb. 17: Staubprobensammler mit einem Luftdurchsatz von ca. 1000 m³/h

Die Messwerte werden über das Kommunikationsnetz des DWD in die zentrale Datenbank in Offenbach eingelesen.

Proben werden zur weiteren Bearbeitung an die Spurenmessstellen oder an das Zentrallabor in Offenbach versandt (Abb.18). Dort werden Aerosolfilter und eingedampfte bzw. flüssige Niederschlagsproben gammaspektrometrisch analysiert. Anschließend werden nach Durchführung radiochemischer Trennungsgänge die Radionuklide ^{89}Sr und ^{90}Sr sowie die Alphastrahler Uran, Plutonium und Americium für den Bereich Luft und die Radionuklide ^{89}Sr , ^{90}Sr und Tritium sowie die Alphastrahler Uran, Plutonium und Americium für den Bereich Niederschlag gemessen. Zur Bestimmung von Tritium im Niederschlag wird ein elektrolytisches Anreicherungsverfahren eingesetzt (Abb.19).

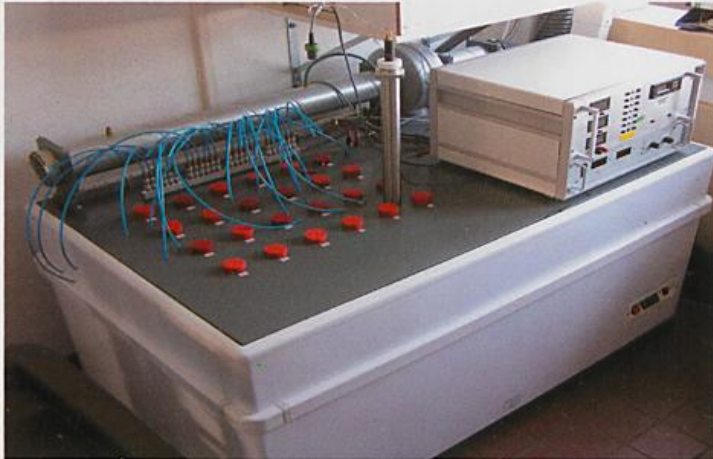


Abb. 19: Elektrolytisches Anreicherungsverfahren zur Bestimmung von Tritium im Niederschlag



Abb.18: Zentrallabor in Offenbach (Nicole Hermann, Monika Schmidt)

Flugzeugmessungen



Abb.20: Flugzeuggestützte Probeentnahme von Aerosolen

In Abhängigkeit vom Typ des Unfalls müssen radioaktive Luftmassen auch in großen Höhen bis hin zur Tropopause erwartet werden. Aus diesem Grund sind flugzeuggestützte Messungen als Ergänzung zu den bodengestützten Messungen erforderlich, insbesondere auch dann, wenn keine Information über die Quelle radioaktiver Freisetzung und Details über den Unfall verfügbar ist. Die Ziele der Flugzeugmessungen sind die Lokalisierung der radioaktiven Wolke, die Messung der Gamma-Ortsdosisleistung der radioaktiven Wolke in der horizontalen und der vertikalen Ausbreitung, die Probeentnahme von Aerosolen und die Gammaskpektro-

metrie der Aerosolfilter und des Wolkenwassers an Bord [12]. Eigens für die Installation an einem Düsenjet wurde ein spezielles Aerosolsammelsystem entwickelt (Abb.20). Die meteorologischen Messwerte (Luftdruck, Temperatur, relative Luftfeuchte) und die Messwerte der Gamma-Ortsdosisleistung werden über spezielle Kommunikationskanäle an den Zentralrechner in Offenbach übermittelt. Die Ausbreitungsprognosen werden über die zusätzlichen Daten aus der Höhe wesentlich verifiziert.

Besondere Messprogramme

Radionuklide in der Atmosphäre lassen sich als Indikatoren zur Beschreibung von Transportvorgängen nutzen. Daher ist die Messung von speziellen Radionukliden auch ein wesentlicher Bestandteil des Messprogramms der Weltorganisation der Meteorologie (WMO) zur Analyse der Zusammenhänge, die zu einer Klimaänderung führen können, das „Global Atmospheric Watch Programme“ (GAW), ein Messprogramm, das an einer Auswahl von global verteilten Stationen alle relevanten Spurenstoffe messen soll. Der DWD ist gleichfalls in diesem Messprogramm involviert. Als Messplattform dient das Meteorologische Observatorium Hohenpeißenberg und die Umweltforschungsstation Schneefernerhaus auf der Zugspitze. Im Rahmen dieses GAW-Messprogramms wurden von 2001 bis 2004 die radioaktiven Edelgase ^{85}Kr und ^{133}Xe beprobt und in Offenbach gemessen (Abb.21) [13]. Seit 10 Jahren werden an der Wetterwarte Zugspitze kontinuierlich die Messwerte für ^7Be und die Radonfolgeprodukte erfasst. Die Auswertung dieser Daten erlaubt, die Herkunft der Luftmassen zuzuordnen [14]. Dazu dienen auch Rückwärtstrajektorien, die von beiden Stationen seit 14 Jahren berechnet und archiviert werden, für sämtliche globalen GAW-Stationen seit 4 Jahren. Abbildung 21 zeigt eine 3-jährige Messreihe für ^{85}Kr am Standort Zugspitze.

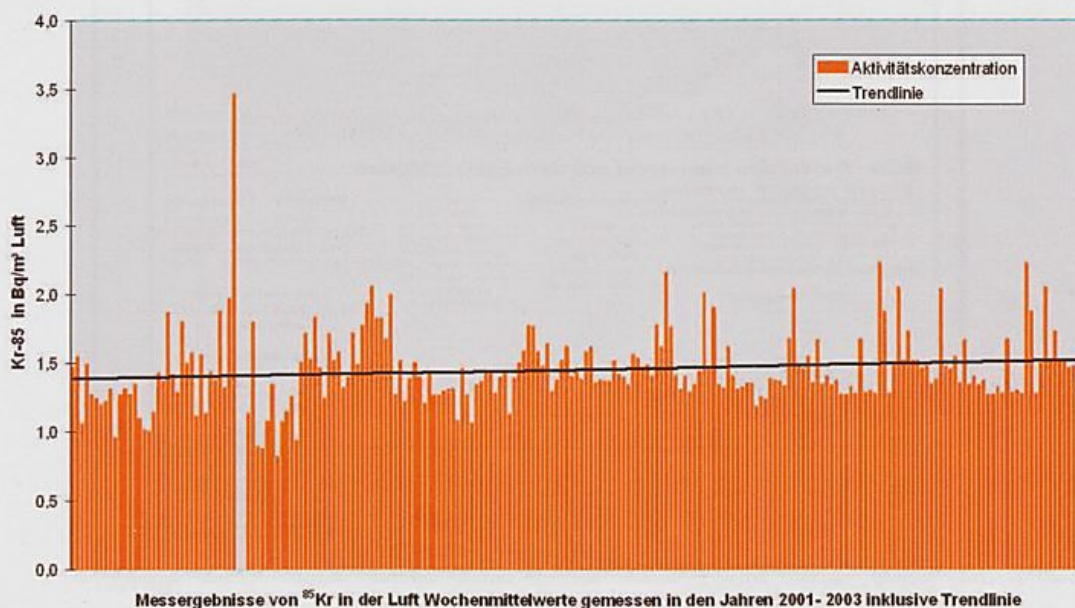


Abb. 21: ^{85}Kr in der Luft am Standort Zugspitze

Ausbreitungsrechnungen des DWD für IMIS

Gleichbedeutend mit den Radioaktivitätsmessungen sind die Berechnungen zur Verfrachtung von radioaktiven Luftmassen unter Nutzung des aktuell eingesetzten numerischen Wettervorhersagesystems (NWV-System) des DWD, mit dem GME-Modell (GME – horizontale Maschenweite etwa 55 km) und dem Lokal-Modell (LM - horizontale Maschenweite

etwa 7 km). Je nach Kapazität der installierten IT-Anlage und der räumlichen Auflösung des Modells variieren die Rechenzeiten. Es wird jedoch sichergestellt, dass eine Ausbreitungsprognose über einen Zeitraum von 72 Stunden höchstens 20 Minuten Rechenzeit benötigt. Pfad und Reisezeit der kontaminierten Luftmassen werden mit einem schnellen und gleichzeitig genauen Trajektorienprogramm berechnet (Abb. 22) [15, 16, 17, 18, 19, 20]. Routinemäßig werden zweimal täglich (0 UTC und 12 UTC) zur Auswertung von Routinemessungen und Ausfallsicherung des Notfallsystems für eine Auswahl von meteorologischen Stationen und von allen Radioaktivitätsmessstellen des DWD Rückwärts-trajektorien bzw. für die europäischen kerntechnischen Anlagen Vorwärtstrajektorien in unterschiedlichen Höhen berechnet. Die Berechnung der Trajektorien erfolgt dreidimensional. Für IMIS werden die Ergebnisse beim DWD in Meter über NN umgerechnet. Beliebige Trajektorienrechnungen bis zu 7 Tagen Reisezeit benötigen höchstens 5 Minuten Rechenzeit.

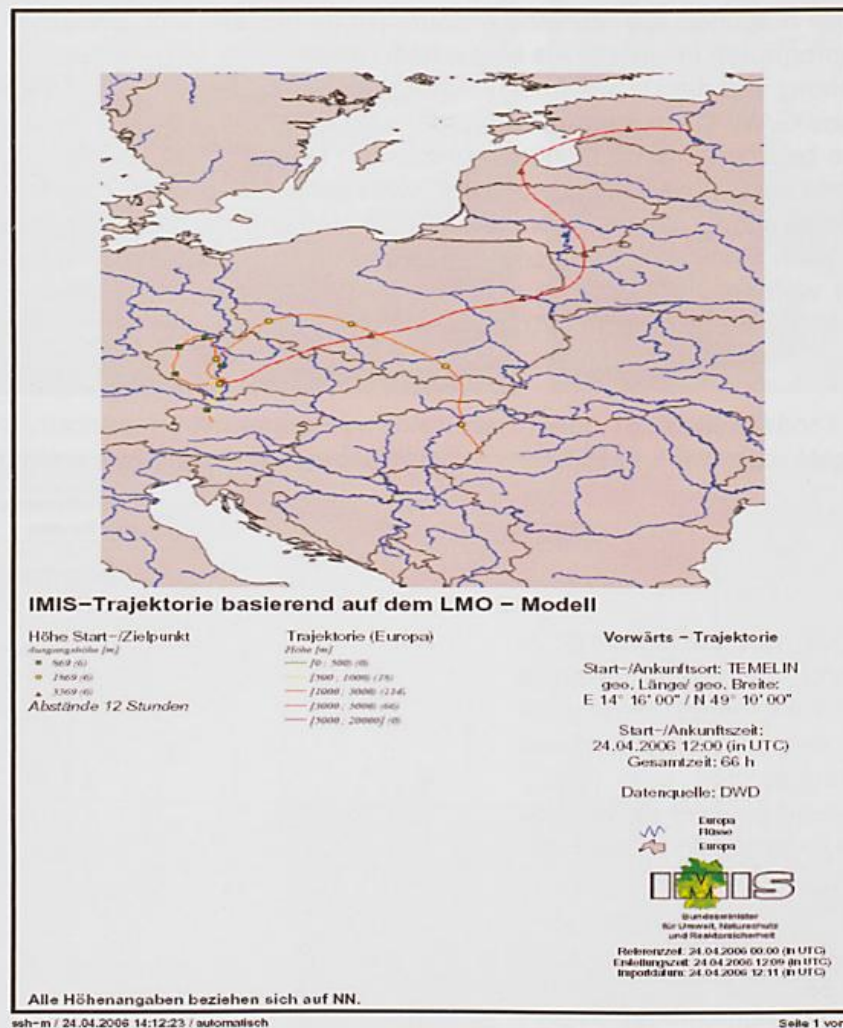
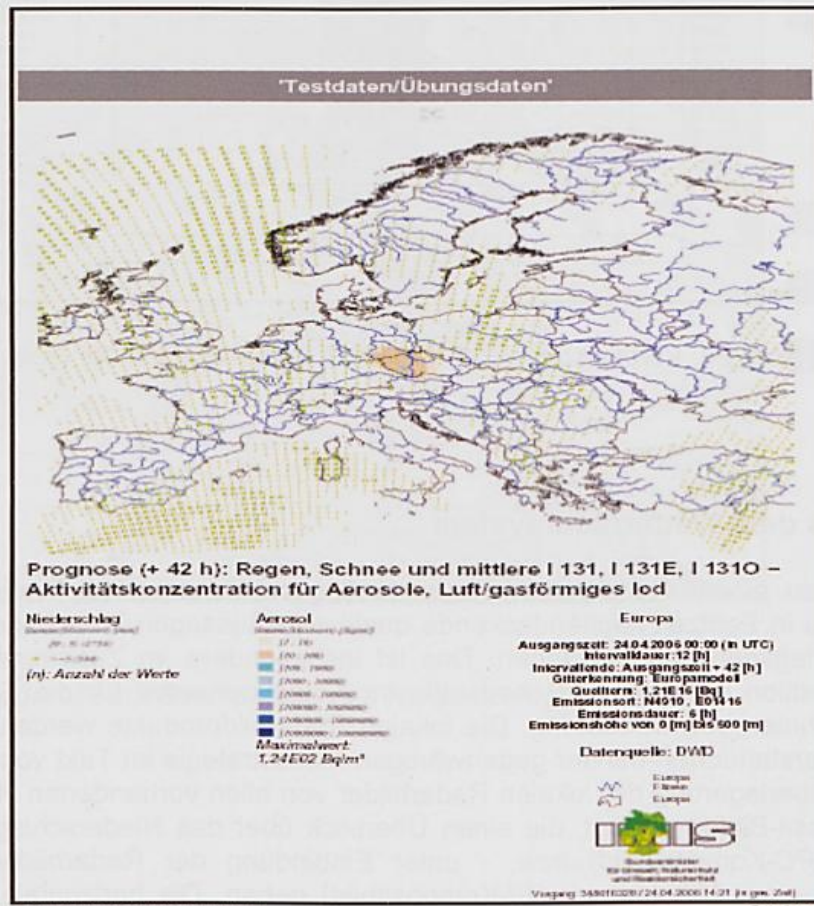


Abb. 22: Trajektorienrechnung, Start 24.04.2006, 12 UTC

Konzentrationen und Depositionen werden mit einem Lagrangeschen Partikel-Dispersions-Modell (LPDM) bestimmt. Das LPDM simuliert die atmosphärischen Prozesse des Transportes, der turbulenten Diffusion sowie der trockenen und nassen Deposition. Durch Berechnung einer großen Anzahl repräsentativer Partikelbahnen der Luftbeimengungen und anschließendem Auszählen der Partikelmassen in einem Raumgitter wird die Konzentration bestimmt [16, 17, 18, 19, 20, 21]. Die trockene Deposition wird durch nuklidspezifische Depositionsgeschwindigkeiten, die Nassdeposition durch niederschlagsabhängige Auswasch-

raten berücksichtigt. Die Simulation des radioaktiven Zerfalls erfolgt über die Zerfallskonstanten entsprechend der Halbwertszeiten.

Bei den Ausbreitungsprognosen wird der jeweilige Informationsstand über die Quelle berücksichtigt. Sind nur der Ort und der Zeitpunkt einer Freisetzung bekannt, wird im Einklang mit internationalen Vereinbarungen mit einer konstanten Quellstärke von 10^{15} Bq, verteilt über 6 h zwischen dem Boden und 500 Metern Höhe, gerechnet. Liegen Daten über den Quellterm vor, so können der zeitliche Verlauf der Emission, seine Zusammensetzung und die Freisetzungshöhe berücksichtigt werden. Die Ausbreitungsrechnungen zur Prognose der Konzentrationen in der Luft, der trockenen und nassen Deposition werden für 9 voreingestellte Leitnuklide, ^{95}Zr , ^{131}I (Aerosol), ^{131}I (Gas), ^{131}I (organisch gebundenes Jod), ^{132}Te , ^{137}Cs , ^{133}Xe , ^{140}Ba , ^{103}Ru und für festgelegte Zeitintervalle durchgeführt (Abb.23).



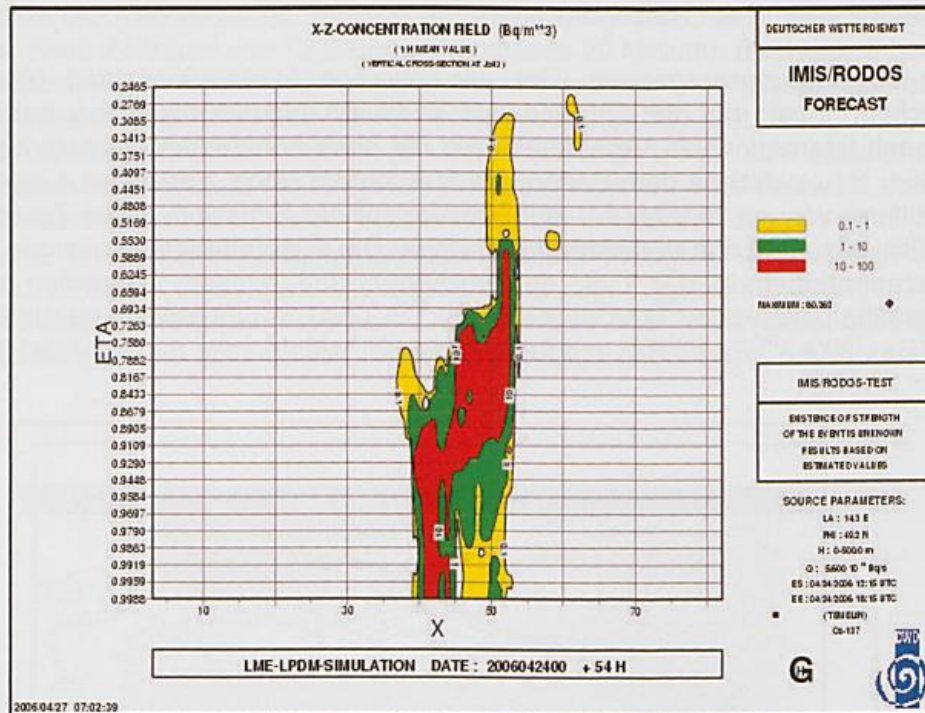


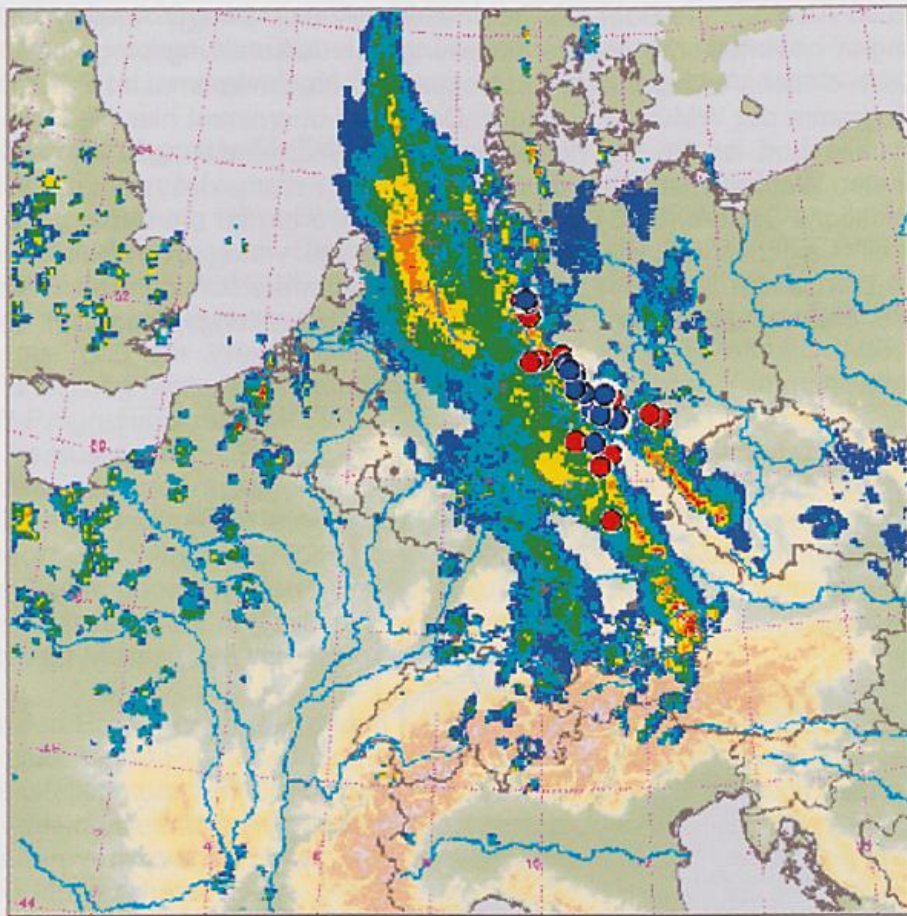
Abb. 24: Vertikalschnitt zur Prognose der Aktivität in der Höhe

Produkte aus dem Wetterradarsystem

Mit Hilfe der zu einem Radarverbund zusammengeschlossenen 16 Wetterradarsysteme werden nahezu in Echtzeit flächendeckende qualitative Aussagen über Lage und Intensität von Niederschlagsgebieten gewonnen. Das ist insbesondere im Zusammenhang mit der nassen Deposition radioaktiver Schadstoffe im Katastrophenfall für die Empfehlung von Schutzmassnahmen von Bedeutung. Die lokalen Radarbildprodukte werden an allen operationellen Radarstandorten bei der gegenwärtigen Messstrategie im Takt von 15 Minuten erzeugt. Durch Überlagerung der lokalen Radarbilder von allen vorhandenen Radarstandorten werden Komposit-Bilder erzeugt, die einen Überblick über das Niederschlagsgeschehen in Deutschland (PC-Kompositbild) bzw. - unter Einbindung der Radarbilder benachbarter Wetterdienste - von Mitteleuropa (PI-Kompositbild) geben. Die horizontale Auflösung der Radarechowerte beträgt bei den Kompositprodukten 4 km * 4 km. Das nationale Komposit umfasst ein Gebiet von 920 km * 920 km, das internationale Komposit 1440 km * 1440 km (Abb.25). Eine weitergehende, quantitativ exakte Bestimmung der Niederschlagshöhen an bestimmten Orten erfordert eine Anreichung an Bodenniederschlagswerte.

PI: Mittel-Europa
10.07.02 /15:00

Warnungen: Ein
● 32 Schauer
● 18 Hagel
● 0 Shear wind



	dBZ	mm/h
	55	150.0
	46	35.0
	37	8.1
	28	1.9
	19	0.4
	7	0.06

Abb. 25: Radarbild zur Bestimmung des Niederschlags

Einbindung des DWD in internationale Notfallprogramme der IAEA/WMO

Zwischen der Weltorganisation der Meteorologie, World Meteorological Organisation (WMO), und der Internationalen Atomenergie Behörde, International Atomic Energy Agency (IAEA), wurden Vereinbarungen getroffen, die die Bereitstellung von Ausbreitungsprognosen vorsehen. Die Ergebnisse dieser Vereinbarungen schlagen sich im Environmental Emergency Response (EER)-Programm der WMO/IAEA nieder. Der DWD übernimmt hier die Rolle der technischen Schnittstelle und ist für die Weiterleitung von Alarmmeldungen, Daten und Texten an die nationalen Wetterdienste über das Internationale Fernmeldesystem der WMO, Global Telecommunications System (GTS), zuständig. Die WMO hat für die Versorgung von Staaten, die über keine eigenen Möglichkeiten zur Vorhersage verfügen und als Ausfallsicherung für andere Dienste ein System regionaler spezialisierter meteorologischer Zentren, Regional Specialized Meteorological Centers (RSMC), für Ausbreitungsprognosen eingerichtet.

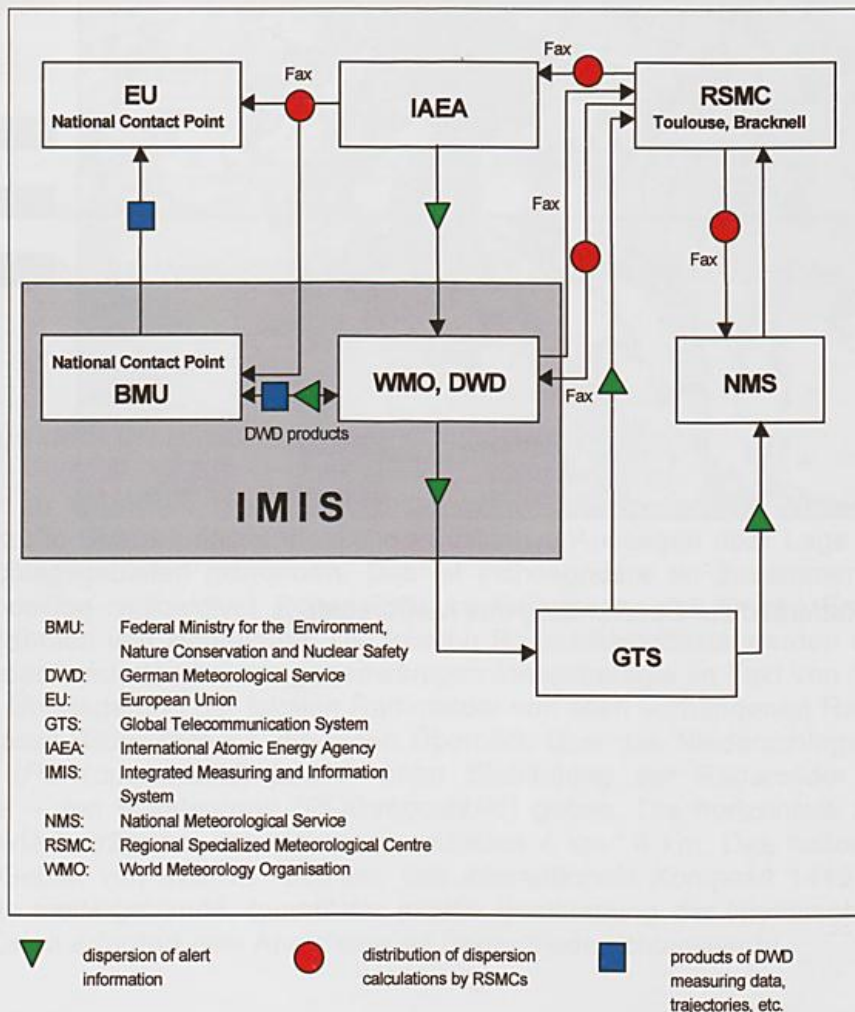


Abb. 26: Einbindung des DWD im Environmental Emergency Response Programm der WMO/IAEA

Diese sind zur Zeit Exeter (vormals Bracknell) (U.K.), Melbourne (Australien), Montreal (Kanada), Obninsk (Russland), Beijing (China), Tokyo (Japan), Toulouse (Frankreich) und Washington (U.S.A.).

Wie in Abbildung 26 skizziert, erfolgt die Meldung über einen wahrscheinlich grenzüberschreitenden nuklearen Unfall durch eine Notifikation der IAEA an den DWD und die nationalen Notfallzentren. Der DWD leitet die Meldung über das GTS an die RSMCs und die nationalen Wetterdienste weiter. Die für die betroffene Region zuständigen RSMCs erstellen

die geforderten Ausbreitungsprognosen und leiten diese an die IAEA und die zugeordneten nationalen Wetterdienste per Fax weiter. Die IAEA leitet diese wiederum an die nationalen Notfallzentren weiter.

Aus Abbildung 26 geht auch die unterschiedliche Einbindung des DWD und des BMU hervor. Hier ist im Vorfeld eine einheitliche Bewertung der vorliegenden Produkte der RSMCs und des DWD durch meteorologisch geschultes Personal zwingend erforderlich

Qualitätssichernde Maßnahmen

Zur Sicherstellung der Bereitschaft in einem Notfall werden im nationalen und im internationalen Rahmen Übungen durchgeführt (IMIS, EU, OECD/NEA, WMO/IAEA), an denen sich auch der DWD beteiligt. Schwerpunkte der Übungen des DWD liegen auf den Tests zur Datenerhebung (Messung und Datenübertragung) von den Messstationen an die Zentrale und der Weiterleitung der Daten an den IT-Verbund IMIS, auf der schnellen Bereitstellung von Ausbreitungsprognosen und auf der Kommunikation im Rahmen des EER-Programms der WMO/IAEA.

Als herausragendes Beispiel eines international organisierten Tests zur Überprüfung der Qualität von großräumigen Ausbreitungsrechnungen ist das European Tracer Experiment (ETEX) im Jahre 1994 zu nennen [22]. Durch dieses Experiment sollte die Fähigkeit der meteorologischen Institutionen zur Bereitstellung von Ausbreitungsrechnungen unter real-time Bedingungen getestet werden. Gleichzeitig sollte die Genauigkeit dieser Ergebnisse durch Messungen anhand eines freigesetzten Tracers an insgesamt 170 über Europa verteilten Messstellen verglichen werden.

Aus den Ergebnissen des ersten Experiments ETEX-1 war ersichtlich, dass alle Teilnehmer die geforderten Produkte innerhalb der vorgegebenen Zeit von 6 Stunden nach Alarmierung bereitstellen konnten. Das Prognosemodell des DWD zeigte sich sehr erfolgreich, indem es die Ankunftszeit für verschiedene Messstellen in Europa mit einer Genauigkeit von 3 bis 6 Stunden vorhersagte. Unter Berücksichtigung einer Quellentfernung von teilweise mehr als 1000 km erscheint dieses Ergebnis mehr als gut. Im ATMES-II-Report [23] wurde die Simulationsgüte der Dispersionsmodelle in Bezug auf das Freisetzungsexperiment ausgewertet. Der DWD nahm hierbei im Vergleich mit 49 Modellen von 25 Ländern den ersten Rang ein. Das zweite Experiment ETEX-2 zeigte jedoch bei allen Modellen die zahlreichen ungelösten Probleme bei einer komplexeren meteorologischen Lage auf.

Ein anderes Beispiel zeigt die Empfindlichkeit der Spurenmessstellen bei den Messungen der Radioaktivität in der Luft. Im Sommer 1998 wurden Aktivitätskonzentrationen von ^{137}Cs mit $0,01\text{-}2,5\text{ mBq/m}^3$ Luft, als Ergebnis von Wochenproben, durch zahlreiche europäische Spurenmessstellen festgestellt. Iterative Vorwärts- und Rückwärtstrajektorienrechnungen für mehrere Tage ermöglichten zusammen mit ersten Messwerten auf der Zugspitze eine im Nachhinein bestätigte, auf einen Tag genaue Zuordnung auf eine vermutete Quelle an der spanischen Südspitze (Abb. 27). Nachdem die Quelle bekannt war, eine Emission von ca. $10^{12}\text{ Bq }^{137}\text{Cs}$ über den Kamin einer Stahlschmelze in Algeciras/Spanien, wurden Ausbreitungsprognosen basierend auf den archivierten meteorologischen Daten gerechnet. Die Modellergebnisse waren in sehr guter Übereinstimmung mit den Messergebnissen und legten so Zeugnis für die hohe Qualität der Ausbreitungsprognosen des DWD ab (Abb.28).

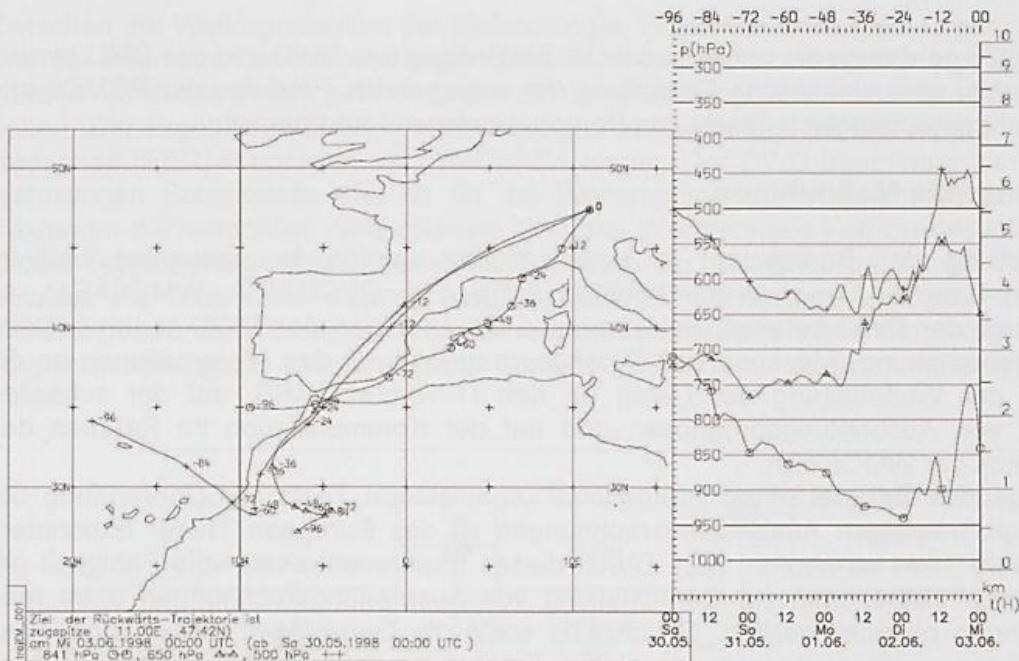


Abb. 27: Rückwärtstrajektorie ausgehend von der Wewa Zugspitze

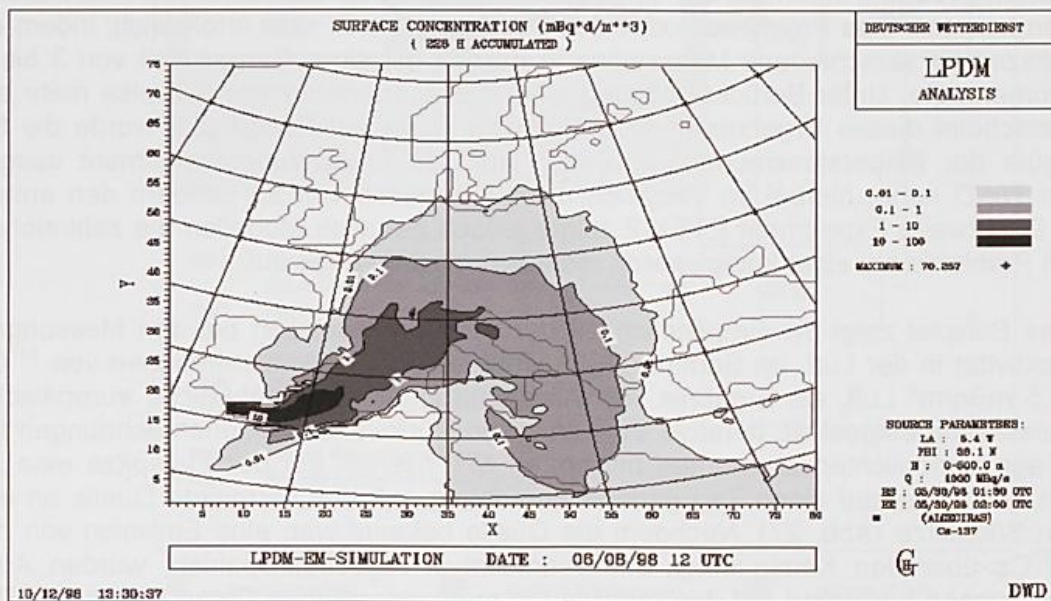


Abb. 28: Ausbreitungsprognose für Cs-137, freigesetzt in Algeciras/Spanien

Fortführung der Aufgaben des DWD im Strahlenschutz

Die Überwachung der Umweltradioaktivität in Luft und Niederschlag wird auch zukünftig über das Gesetz über den Deutschen Wetterdienst von 1998, über das Strahlenschutzvorsorgegesetz und die Verantwortlichkeit als Leitstelle für Luft und Niederschlag ein fester Bestandteil im Aufgabenbereich des DWD sein. Auch die sich abzeichnende langfristige Entwicklung einer Überwachungskonzeption, in der Daten aus der Kernkraftwerksfernüber-

wachung (KfÜ), Daten der Eigenüberwachung, der Umgebungsüberwachung und aus dem IMIS unter einer Programmoberfläche zusammenfließen, schließt für den nationalen meteorologischen Teil die kontinuierliche Bereitstellung von meteorologischen Daten und die Bereitstellung der Ausbreitungsrechnungen ein.

Die kontinuierliche Bereitstellung von Messwerten erfordert im operationellen Betrieb auch weiterhin die ständige Anpassung der Messsysteme an den Stand der Technik sowie die Wartung und Pflege der Kommunikations- und Datenbankrechner. Hier werden auch zukünftig hohe Maßstäbe an die Verfügbarkeit der technischen Infrastruktur gesetzt, die wiederum nur mit entsprechend qualifiziertem Personal im Labor und an den Messstellen eingehalten werden können.

In Hinblick auf die Erfahrungen aus Tschernobyl muss weiter intensiv an einer europäischen Lösung, einer vernetzten Struktur der nationalen Strahlenschutzzentren mit einem schnellen Datenaustausch harmonisierter Messwerte und einer zentralen Koordinierung, gearbeitet werden, um eine einheitliche Lagedarstellung im Notfall schnell zu ermöglichen. In diesem Rahmen sollten auch die wichtigen Flugzeugmessungen, die von verschiedenen Ländern eingeplant sind, koordiniert werden.

Über die Aufgaben des DWD im Strahlenschutz hinausgehend bieten sich die Messstationen des DWD mit der vorhandenen technischen Infrastruktur auch für die Installation und den Betrieb von Messsystemen zur Überwachung konventioneller Schadstoffe an. Die Auswertung der Daten könnte von den zuständigen Behörden erfolgen. Damit ließe sich ein Grundnetz von Stationen zur Überwachung der Atmosphäre betreiben und vorhandene Ressourcen optimal nutzen.

Literatur

- [1] *Sonderausschuss Radioaktivität, Bundesrepublik Deutschland, Erster Bericht, Georg Thieme Verlag Stuttgart (1958)*
- [2] *M.Hinzpeter, F.Becker, H.Reifferscheid
Atomtechnisches Aerosol und atmosphärische Radioaktivität, Strahlenschutz 7, Schriftenreihe des Bundesministers für Atomenergie und Wasserwirtschaft, Gersbach u.Sohn Verlag GmbH, Braunschweig (1959)*
- [3] *W. Kiesewetter
Die Radioaktivitätsüberwachung der Niederschläge und ihre Bedeutung
Fachgespräch - Überwachung der Umweltradioaktivität, Praxis der Überwachung der allgemeinen Umweltradioaktivität, München, 10.-12. März 1981, 101-121 (1981)*
- [4] *„Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen“ (REI). Gemeinsames Ministerialblatt Nr.29 vom 19.08.1993, S.502 ff (1993)*
- [5] *Modelle, Annahmen und Daten mit Erläuterungen zur Berechnung der Strahlenexposition bei der Ableitung radioaktiver Stoffe mit Luft oder Wasser zum Nachweis der Einhaltung der Dosisgrenzwerte nach §45 StrlSchV
Veröffentlichung der Strahlenschutzkommission Band 17, Herausg. Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Gustav Fischer Verlag Stuttgart-Jena-New York 1992*
- [6] *Die Leitstellen zur Überwachung der Umweltradioaktivität
Herausg. der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 1999*
- [7] *A.Bayer, D.Noßke, J.Burkhardt, A.Löbke-Reinl, M.Wemer
Messen, Auswerten und Bewerten im Integrierten Mess- und Informationssystem für die Überwachung der Umweltradioaktivität (IMIS). Strahlenschutz für Mensch und Umwelt, 25 Jahre Fachverband für Strahlenschutz, Aachen, Fortschritte im Strahlenschutz, FS-91-55-T, 194-199 (1991)*
- [8] *A.Bayer
The Integrated Measuring and Information System for the Monitoring of Radioactivity in the Environment (IMIS): Tasks, Aims, and Components.in: 2nd Expert Symposium on the „Integrated Measuring and Information System (IMIS) for the Monitoring of Environmental Radioactivity“, The Federal Minister for the Environment, Nature Conservation, and Nuclear Safety(Editor): Federal Office for Radiation Protection, Berlin, (1992)*
- [9] *Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Integrierten Mess- und Informationssystem nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz (AVV-IMIS) vom 27. September 1995 mit den Anlagen 1 und 2, Bundesanzeiger Jahrgang 47, Nummer 200a, 24. Oktober 1995 AVV-IMIS*

- [10] T.Steinkopff, B.Fay, H.Glaab, I.Jacobsen, W.Kiesewetter
Großräumige Überwachung der Radioaktivität in der Atmosphäre durch den Deutschen Wetterdienst. Umweltradioaktivität, Radioökologie, Strahlenwirkung; 25.Jahrestagung des Fachverbands für Strahlenschutz e.V., Binz auf Rügen, Fortschritte im Strahlenschutz, FS-93-67-T, 167-172 (1993)
- [11] Th.Steinkopff, B.Fay, H.Glaab, I.Jacobsen, W.Kiesewetter
The Surveillance of Radioactivity in the Atmosphere by the Deutscher Wetterdienst. Proceedings of the Second International Meeting on Low-level Air Radioactivity Monitoring, Madralin 14 - 18 February 1994, Warsaw, 29-34 (1995)
- [12] W.Dyck, H.Brust, E.Müller
Airborne Measurement of Radioactivity. Environmental Impact of Nuclear Installations, Proceedings of the Joint Seminary from September 15th to 18th 1992 at the University of Fribourg/Switzerland, 375-379 (1993)
- [13] Steinkopff T., Dyck W., Frank G., Frenzel S., Salvamoser J.
The measurement of radioactive noble gases by DWD in the frame of the Global Atmospheric Watch Programme of WMO, Applied Radiation and Isotopes 61, 225 – 230 (2004)
- [14] WMO GAW 1st International Expert Meeting on Sources and Measurements of Natural Radionuclides Applied to Climate and Air Quality Studies, Gif sur Yvette, France, 3 - 5 June 2003 (WMO TD No.1201)
- [15] C. Kottmeier, B. Fay
Trajectories in the Antarctic lower troposphere. Jour. Geophys. Res. 103, D9, 10947-10959 (1998)
- [16] B. Fay, H. Glaab, I. Jacobsen and A. Klein
Air pollution forecasts of the German Weather Service for IMIS. Kerntechnik 69, no. 5-6, 209-213 (2004)
- [17] B.Fay, H.Glaab, I.Jacobsen
Modelle des Deutschen Wetterdienstes für die Ausbreitungsprognose. 9.Fachgespräch zur Überwachung der Radioaktivität, München-Neuherberg 25. bis 27.04.1995, 441-456 (1995)
- [18] B.Fay, H.Glaab, I.Jacobsen, R.Schrodin
Evaluation of Eulerian and Lagrangian Atmospheric Transport Models at the Deutscher Wetterdienst using ANATEX Surface Tracer Data. Atmos.Environment, Vol.29, No.18, 2485-2497 (1995)
- [19] Quarterly Report of the Operational NWP-Models of the Deutscher Wetterdienst. Deutscher Wetterdienst, Offenbach, Januar 1995
- [20] B.Fay, H.Glaab, I.Jacobsen, R.Schrodin
Radioactive Dispersion Modelling and Emergency Response System at the German Weather Service. Pollution Modelling and its Application X, Herausg. S.-E. Gryning and M.M.Millan, NATO-Challenges of Modern Society Vol.18, Plenum Press, New York and London, 395-403 (1994)
- [21] H.Glaab, B.Fay, I.Jacobsen
Evaluation of the Emergency Dispersion Model at the Deutscher Wetterdienst using ETEX Data, Atmos.Environment, Vol.32, No.24, 4359 – 4366 (1998)
- [22] EUR 17346 - ETEX Symposium on Long-Range Atmospheric Transport, Model Verification and Emergency Responses, Proceedings, K.Nodop(editor) Vienna(Austria), 13 - 16 May 1997, Challenges of Modern Society Vol.18, Plenum Press, New York and London, 395-403 (1994)
- [23] S.Mosca, R.Biancani, R.Bellasio, G.Graziani, W.Klug
ATMES-II-Evaluation of long-range Dispersion Models using data of the 1st ETEX release. European Commission, Official Publication of the European Communities, EUR 17756 EN, Luxembourg (1998)



Wewa Angermünde



Wewa Aachen



Wewa Brocken



Wewa Arkona, Frau Meier



Wewa Artern, Frau Andres



Wewa Bad Salzuffen, Herr Bobbert



Fww Bremen, Herr Fritsch



Fww Berlin Tempelhof



Wewa Fürstzell, Herr Wildenauer



Wewa Garmisch-Partenkirchen, Herr Kristen



Wewa Nürnberg-Barweiler



Wewa Essen



Wewa Cottbus



Wewa Gera, Herr Brossmann



Wewa Görlitz, Herr Diesl



Wewa Greifswald, Frau Pagels



Wewa Lingen



Fww Hannover



Wewa Hof



Fww Hamburg-Fuhlsbüttel



Wewa Konstanz



Wewa Lahr, Herr Jordan



Wewa Kahler Asten



Wewa Magdeburg



Wewa Norderney, Frau Hohendahl



Wewa München-Oberschleißheim, Herr Schmölz



Zentrallabor Offenbach



Fww Nürnberg, Frau Stowe



Wewa Regensburg, Herr Fröbel



Wewa Rostock, Frau Herrbrodt



Fww Saarbrücken



Wewa Schleswig



Wewa Seehausen



Wewa Stötten, Herr Schmidt



Wewa Trier



Wewa Stuttgart-Schnarrenberg



Wewa Westermarkelsdorf



Wewa Würzburg



Wewa Wasserkuppe



Wewa Zinnwald, Frau Förster



Wewa Zugspitze, Herr Schmid



Wewa Aachen, Herr ter Horst



Wewa Cottbus, Frau Städter



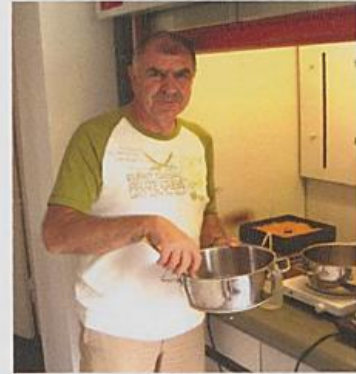
Fww Hamburg-Fuhlsbüttel, Herr Wixford



Wewa Konstanz, Herr Grässer



Wewa Lingen, Frau Golke



Wewa Magdeburg, Herr Willmann



Fww Saarbrücken, Herr Domberg



Wewa Schleswig, Herr Reichard



Wewa Stötten, Herr Schmidt



Wewa Seehausen, Frau Penquitt



Wewa Stuttgart-Schnarrenberg, Herr Schade

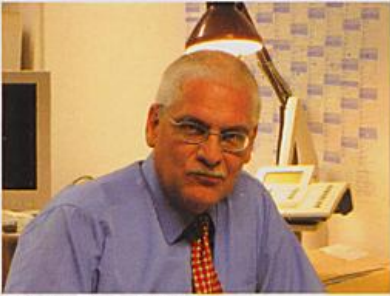


Wewa Würzburg, Herr Gutbrod



Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen im Radioaktivitätsmessdienst, 09. Juni 2005

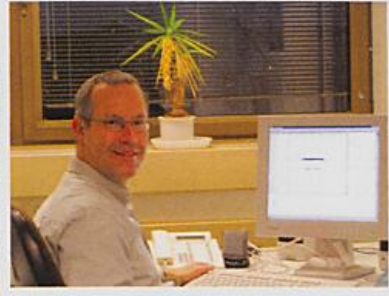
Personal im Referat Radioaktivitätsüberwachung



Werner Dyck, Leiter



Dr. Thomas Steinkopff



Dr. Axel Dalheimer



Thomas Naatz



Michael Mirsch



Stephanie Achstetter, Nicole Hermann



Andreas Nenke



Hans-Jürgen Janke



Bodo Wolfsheimer



Gudrun Pelz



Helga Ulbricht



Ines Pöhlend



Erika Föller



Jolanthe Jonas



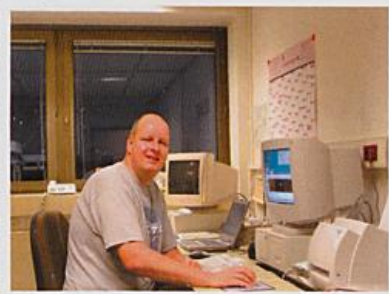
Birgit Pohl



Gabriele Frank



Monika Schmidt



André Ehlers