Zeitschrift: Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz = Radioactivité de l'environnement et doses de rayonnements en Suisse = Radioattività dell'ambiente e dosi d'irradiazione in Svizzera

Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit, Abteilung Strahlenschutz

Band: - (1992)

Rubrik: Allgemeines

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 01.10.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

1. ALLGEMEINES

1.1. DIE NEUEN EMPFEHLUNGEN DER INTERNATIONALEN STRAHLENSCHUTZKOMMISSION (ICRP)

H. Völkle Sektion Überwachung der Radioaktivität (SUER),
Bundesamt für Gesundheitswesen, Ch. du Musée 3, 1700 FRIBOURG

Die 1928 gegründete Internationale Strahlenschutzkommission (***International Commission on Radiological Protection ICRP***) hat 1991 mit der Publikation Nr. 60 neue Empfehlungen für den Strahlenschutz herausgegeben, die die entsprechende Publikation Nr. 26 von 1977 ersetzen. Wie die meisten Länder, so basiert auch die Schweizer Strahlenschutzgesetzgebung auf den ICRP-Empfehlungen, und bei der Novellierung der Strahlenschutzverordnung (SSVO) von 1976, deren Entwurf (STRAVO) sich gegenwärtig in Vernehmlassung befindet, gelangen die neuesten ICRP-Empfehlungen zur Anwendung. Deren wichtigsten Grundsätze sollen im folgenden erläutert werden, wobei wir vor allem von den Arbeiten [2] und [3] ausgehen.

1. Grössen und Einheiten in der Dosimetrie

Die **Aktivität A** (*Activity*) einer Substanz ist gegeben durch die Anzahl Kernzerfälle pro Sekunde und wird in Bq [Becquerel] angegeben. Die **absorbierte Dosis D_T** (*Absorbed Dose*) in einem Organ oder Gewebe T (angegeben in Gy [Gray] mit 1 Gy=1 Joule/kg) ist die pro Masseneinheit in Form von Ionisation und Anregung absorbierte Strahlungsenergie und ist proportional zur Wirkung der Strahlung. Da die letztere auch von der Strahlenart abhängt, im wesentlichen von der Ionisationsdichte (d.h. vom sog. **linearen Energie-Transfer LET**, angegeben in keV/mm), wird ein Strahlen-Wichtungsfaktor w_R (*Radiation Weighting Factor*) eingeführt. Die **Äquivalentdosis H_T** (*Equivalent Dose*) in einem Organ oder Gewebe T ergibt sich dann durch Summation über alle Strahlenarten R; deren Einheit ist das Sv [Sievert] mit 1 Sv= 1 Joule/kg:

$$H_T = \sum_R w_R \cdot D_{T,R}$$

Die w_R-Werte betragen 1 für Photonen, Elektronen und Müonen; 5 für Protonen (E_P > 20 MeV); 20 für Alpha-Teilchen, Spaltfragmente und schwere Kerne sowie 5 bis 20 für Neutronen. (Für E_n < 10 keV: w_R=5; für 10 < E_n < 100 keV: w_R=10; für 100 keV < E_n < 2 MeV: w_R=20; für 2 MeV < E_n < 20 MeV: w_R=10; und für E_n > 20 MeV: w_R=5).

Durch eine gewichtete Summation der Äquivalentdosen aller Organe mit den entsprechenden Wichtungsfaktoren w_T (*Tissue Weighting Factors*) für die Strahlenempfindlichkeit der einzelnen Organe oder Gewebe, erhält man die **effektive Dosis E** (*Effective Dose*):

$$E = \sum_T w_T \sum_R w_R D_{T,R}$$

Die w_T-Faktoren betragen: 0.2 für die Gonaden, je 0.12 für Dickdarm, Lunge, rotes Knochenmark und Magen, je 0.05 für Blase, Brust, Leber, Speiseröhre, Schilddrüse und die Summe von 10 weiteren Organen sowie je 0.01 für die Haut und die Knochenoberfläche.

Bei der Aufnahme von Radionukliden mit Atemluft, Trinkwasser oder Nahrung definiert die ICRP die **effektive Folgedosis E(τ)** (*Committed Effective Dose*) als Zeitintegral der effektiven Dosis über 50 Jahre (Erwachsen) bzw. 70 Jahre (Kinder), d.h. bis die aufgenommene Aktivität z.T. abgeklungen bzw. ausgeschieden ist. Wird ein grösseres Personenkollektiv bestrahlt, z.B. Belegschaft eines Betriebes, Anwohner einer Kernanlage, so spricht man auch von der **Kollektivdosis S_T** (*Collective Effective Dose*), d.h. der Summe der effektiven Dosen all' dieser Personen.

Unter Zuhilfenahme von **Dosisfaktoren** (effektive Dosis oder Organdosis in mSv pro aufgenommenes Bq via Atemluft, Trinkwasser oder Nahrung) und den Dosisgrenzwerten können die Limiten für die Jahresaufnahme von Radionukliden (**ALI = *Annual Limits of Intake***) für beruflich exponierte Personen oder die Bevölkerung berechnet werden, sowie entsprechende Richtwerte für Atemluft und Trinkwasser. Für weitere Grössen, z.B. zur Beschreibung von Strahlenfeldern (**Ortsdosen**: H*(d) *Ambient Dose Equivalent*; bzw. H'(d) *Directional Dose Equivalent*) bzw. externen **Individualdosen** (H_p(d) *Individual Dose Equivalent, penetrating* bzw. H_s(d) *Individual Dose Equivalent, superficial*), werden die Definitionen der ICRU (*International Commission on Radiation Units*) übernommen.

2. Wirkung der Strahlung

Grundsätzlich unterscheidet die ICRP zwischen zwei Arten von biologischer Strahlenwirkung:

1) **deterministische Strahlenschäden**, die erst oberhalb einer Dosisschwelle auftreten und bei denen die Schwere des Schadens proportional zur Dosis ist. Dies sind i.a. Früh-, möglicherweise auch Spätschäden, erkennbar als Störungen der Körperfunktion oder direkte Schäden des Gewebes oder der Organe, z.B. Verbrennungen der Haut, Strahlenkrankheit mit Fieber, geistige Zurückgebliebenheit bei Neugeborenen (*Mental Retardation*) etc. Diese Schäden wurden früher *nicht-stochastische Effekte* genannt.

2) **Stochastische Strahlenschäden**, bei denen es keine erkennbare untere Dosisschwelle gibt, und bei denen nicht die Schwere des Schadens, sondern dessen Eintretenswahrscheinlichkeit proportional zur Dosis ist. Dies sind Schäden, die relativ lange nach einer Bestrahlung auftreten und aus einer Entartung der Zelle resultieren (z.B. Leukämie, Krebs, Erbschäden an Nachkommen bestrahlter Personen).

Die ICRP geht davon aus, dass deterministische Schäden mit dem Zelltod, stochastische dagegen mit der Zellmutation gekoppelt sind. Der Zusammenhang zwischen Strahlendosis und –Wirkung hängt beim Zelltod mit der deponierten Energie (d.h. der Anzahl Treffer pro Zelle) zusammen, bei der Zellmutation mit der Wahrscheinlichkeit des Mutierens der überlebenden Zellen.

Die durch niedrige Strahlendosen verursachten stochastischen Schäden, bzw. das durch die Strahlung erhöhte Risiko für einen solchen Schaden wird von der Kommission als ***"Detriment"*** bezeichnet. Dieses Strahlenrisiko hat vier Hauptkomponenten:

1) Das Sterberisiko für durch Strahlung ausgelöste tödlich verlaufende Krebserkrankung (*fatal cancer*),

2) das gewichtete Risiko eines Verlustes an Lebensqualität durch nicht-tödlich verlaufende Krebserkrankungen (*morbidity of non fatal cancers*),
3) das gewichtete Risiko von schweren strahlenbedingten Erbkrankheiten bei den Nachkommen der bestrahlten Person (*Severe hereditary effects in all future generations*).

4) bei Krebserkrankungen mit langer Latenzzeit der Verlust an Lebenserwartung (*loss of life expectancy for fatal cancers*),

3. Risikofaktoren für stochastische Effekte

Aus den epidemiologischen Daten besonders strahlenexponierter Personengruppen (z.B. die überlebenden der Atombomben von Hiroshima und Nagasaki sowie grössere Kollektive von strahlenexponierten Berufstätigen und Patienten, die für bestimmte Erkrankungen mit Strahlung behandelt wurden) lassen sich Rückschlüsse über die **Beziehung zwischen Strahlung und Risiko** abschätzen. Die Daten von Hiroshima und Nagasaki wurden durch die gemeinsame japanisch-amerikanische Kommission (RERF= *Radiation Effects Research Foundation*) ausgewertet. Die ICRP empfiehlt die folgenden Risikofaktoren:

Für die Ganzkörperbestrahlung (E) bei kleinen Dosen oder Dosisraten beträgt das Risiko, an einem **Krebsleiden** zu sterben 5%/Sv bei der gesamten Bevölkerung (Mittel über alle Altersklassen), bzw. 4%/Sv bei den Berufstätigen. Unter den gleichen Bedingungen beträgt das Risiko für einen **Erbschaden** bei allen nachfolgenden Generationen 1%/Sv bei der gesamten Bevölkerung bzw. 0.6%/Sv bei den Berufstätigen. Berücksichtigt man weiter auch die nicht-tödlich verlaufenden Krebserkrankungen, gewichtet mit ihrer Mortalitätsrate, und die verursachte Verminderung der Lebensqualität bzw. Lebenserwartung, erhält man ein Gesamt-Risiko von 7.2%/Sv für die gesamte Bevölkerung, bzw. 5.5%/Sv für die Berufstätigen für das Auftreten eines strahlenbedingten Schadens (am bestrahlten Individuum oder seinen Nachkommen). Weil dieser Faktoren auch die nicht-tödlich verlaufenden Erkrankungen miteinbezieht wird neu bei der effektiven Dosis auch die Hautdosis mit 1% berücksichtigt. Wird ein Foetus in utero (vor allem zwischen der 8. und 15. Woche der Gestation) bestrahlt, kann die **geistige Entwicklung des werdenden Kindes** beeinträchtigt werden. Die vorhandenen Daten zeigen nach einer Bestrahlung mit 1 Sv in der genannten Zeitperiode einen allgemeinen Intelligenzverlust von etwa 30 IQ-Punkten.

Es muss betont werden, dass alle diese Risikofaktoren mit einer gewissen **Unbestimmtheit** behaftet sind (Unsicherheitsfaktor etwa 5) und sie daher nur eine grobe Schätzung des Strahlenrisikos, vor allem bei sehr kleinen Dosen, ermöglichen.

4. Der Dosis- und Dosisraten-Effektivitäts-Faktor (DDREF)

Die aus den japanischen Daten ermittelten Riskofakten gelten für hohe Dosen im Bereich von über 0.2 Sv. Es gibt Experimente und Daten, die darauf hindeuten, dass sie das Strahlenrisiko bei tiefen Dosen eher überschätzen. Die ICRP wendet daher für Dosen unter 0.2 Sv mit locker ionisierender Strahlung (d.h. mit w_R=1) einen sog. *"Dose and Doserate Effectiveness Factor"* (DDREF; auf Deutsch: **Dosis- und Dosisraten-Effektivitäts-Faktor**) von rund 2 an; d.h. der

Effekt ist in diesem Dosisbereich zweimal kleiner. (N.B.: Bei den in Abschnitt 3 genannten Risikofaktoren ist der DDREF bereits inbegriffen). Er hängt damit zusammen, dass die von der Natur vorgesehenen zellulären Reparaturmechanismen bei kleinen Dosen einen Grossteil der Schäden wiederherstellen können. Die natürliche Strahlendosis führt dazu, dass jeder Zellkern des Körper pro Jahr etwa einmal getroffen wird; etwa ein Fünftel der Zellen werden zweimal getroffen. Die Wahrscheinlichkeit, dass in der selben Zelle zwei Treffer kurz hintereinander erfolgen (d.h. ein zweiter Treffer, solange der erste noch nicht repariert ist) ist in diesem tiefen Dosisbereich sehr klein, weshalb auch die Wahrscheinlichkeit einer Fehlreparatur oder eines bleibenden Schadens geringer ist, als aufgrund einer linearen Extrapolation zu erwarten wäre.

5. Prinzipien der Begrenzung der Strahlendosen

Die Kommission geht vom Prinzip aus, dass die Dosen so tief zu halten sind, dass:

a) **deterministische Effekte vermieden werden, und dass**
b) **stochastische Effekte auf ein tolerierbares Minimum begrenzt werden.**

Die ICRP unterscheidet zwei Arten von menschlicher Tätigkeit, die im Strahlenschutz zu berücksichtigen sind:

1) **Praktiken (PRACTICES)**, d.h. Tätigkeiten, die durch Benutzung bestehender oder neuer kontrollierbarer Strahlenquellen zu einer zusätzliche Dosis bzw. einem zusätzlichen Risiko führen und

2) **Interventionen (INTERVENTIONS)**, d.h. Tätigkeiten, die eine vorhandene Situation verbessern (durch Veränderung der Strahlenquellen, der Exposition von Personen oder der Expositionszeit) und damit zu einer **Vermeidung von Strahlendosen** führen.

Die ICRP verlangt, dass die folgenden drei Grundprinzipien im Strahlenschutz, d.h. bei den "Praktiken" und den "Interventionen" angewendet werden, wobei nicht nur der Normalfall sondern auch Unfallsituationen probabilistisch zu berücksichtigen sind:

1) **Rechtfertigung**: Jede mit einer Strahlendosis verbundene Tätigkeit muss gerechtfertigt sein, d.h. der Nutzen soll grösser sein als der damit verbundene Schaden.

2) **Optimierung**: Die Praktiken sind so auszuführen, dass die dabei aufgenommenen Strahlendosen so weit reduziert werden, wie dies mit vernünftigem Aufwand möglich ist (ALARA: "As Low As Reasonably Achievable", unter Einbezug sozialer und wirtschaftlicher Aspekte). Auch bei den Interventionen ist mit vernünftigem Aufwand ein möglichst grosser Nutzen anzustreben, d.h. zu optimieren, indem verschiedene Optionen verglichen werden und versucht wird, sowohl die Individualdosen wie auch die Anzahl der bestrahlten Personen minimal zu halten.

3) **Begrenzung**: Die Strahlendosen bzw. die Risiken (potentielle Strahlendosen) einzelner Personen sollen in dem Bereich bleiben, der von der Kommission als annehmbar definiert wurde. Für die **beruflich strahlenexponierten Personen** schlägt die Kommission einen Richtwert für die durchschnittliche Jahresdosis, gemittelt über einen Zeitraum von 5 Jahren, von 20 mSv/Jahr vor, wobei die Dosis in einem einzelnen Jahr 50 mSv nicht übersteigen soll. Für die **Haut, sowie Hände und Füsse** wird ein Grenzwert von 500

mSv/Jahr (bei der Haut gemittelt über 1 cm^2) vorgeschlagen; für die **Augenlinsen** 150 mSv/Jahr. Für beruflich-exponierte **schwangere Frauen** soll ab dem Zeitpunkt wo eine Schwangerschaft erkannt wurde, die zusätzliche Dosis an der Oberfläche des Abdomens 2 mSv/Jahr nicht übersteigen, mit dem Ziel, für die Dosis des Foetus die gleiche Limite anzusetzen, wie für die nicht-strahlenexponierte Bevölkerung. Für die **Bevölkerung** soll die zusätzliche jährliche Dosis (ohne Strahlendosen durch Radon), im Mittel über einen Zeitraum von 5 Jahren, 1 mSv nicht überschreiten, und darf in Ausnahmefällen nicht über 5 mSv pro Jahr liegen.

Als **Interventionsrichtwerte** werden Dosisbereiche festgelegt, ab wann Interventionen als sinnvoll zu betrachten sind. In einer Unfallsituation sollen Interventionen eine deutliche Einsparung der Dosis zur Folge haben. Die vermiedene Dosis ist das Hauptbewertungskriterium. Bei den Praktiken kann auf Strahlenschutzmassnahmen verzichtet werden, wenn die Individualdosen unter 0.01 mSv/Jahr sind (sog. *"de-minimis-Konzept"*) und wenn die Kollektivdosis kleiner als 1 man-Sv/Jahr ist. Für den Strahlenunfallfall sollen in der sich gegenwärtig in Revision befindlichen Publikation Nr. 40 zwei Schwellen definiert werden. Unter der unteren Schwelle wird keine Massnahme angeordnet, zwischen der unteren und der oberen ist zu optimieren, und über der oberen Schwelle sind Massnahmen zu ergreiffen.

Ausgehend von Wahrscheinlichkeitsüberlegungen für gewisse Ereignisse/Unfälle, die eine Strahlenexposition zur Folge haben können, schlägt die Kommission auch die **Begrenzung des Risikos** vor. Aus dem Produkt der Wahrscheinlichkeit, eine bestimmte Strahlendosis in einem bestimmten Unfallszenario zu erhalten und der Wahrscheinlichkeit, als Folge dieser Strahlendosis, falls sie eintritt, zu sterben ergibt sich die Sterbewahrscheinlichkeit für ein potentielles Ereignis. Die Kommission empfiehlt, auch hier die Einführung von Richtwerten, die bei der Planung von technischen Einrichtungen und Schutzmassnahmen einzubeziehen sind. Diese Überlegungen, ausgehend von probabilistischen Risikoanalysen führen in das Gebiet der technischen Sicherheit, d.h. in die Unfallverhütung. Indem die ICRP auch potentielle Bestrahlungen berücksichtigt, verallgemeinert sie ihr Schutzkonzept und macht es auch auf das Risiko anwendbar.

Zusammenfassend bringen die neuen ICRP-Empfehlungen einige, allerdings nicht grundsätzlich neue, Präzisierungen bei den verwendeten Einheiten und Grössen sowie eine Neu-Bewertung des Strahlenrisikos, basierend auf der neuen Auswertung der Daten von Hiroshima und Nagasaki, was zu tieferen Risikofaktoren führt. Auf dieser Basis werden für Strahlendosen sowohl bei den Berufstätigen wie auch bei der Bevölkerung tiefere Limiten empfohlen. Dass strengere Grenzwerte sinnvoll sind und ohne technischen Mehraufwand eingehalten werden können, zeigen auch die Statistiken der beruflich strahlenexponierten Personen und die Daten der Umweltüberwachung.

Literaturhinweise

[1] **1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection.** Annals of the ICRP, Vol. 21/1-3. (1991), Pergamon Press, Oxford.

[2] Prêtre: **Die neuen ICRP-Empfehlungen.** SVA-Vertiefungskurs "Strahlenschutz im Kernkraftwerk - Neue Vorschriften und Massnahmen", 2. - 4. Nov. 1992, Technikum Winterthur.pp. B-2.1 - B-2.24

[3] N.Parmentier: **Les Recommandations de la Publication 60 de la CIPR:** Bref résumé des points importants. RADIOPROTECTION Vol. 26/4, (1991), pp.671-680.

[4] Ph. Hubert: **Evaluation du risque sur la vie entière dans les analyses de l'UNSCEAR, du BEIR et de la CIPR.** RADIOPROTECTION Vol. 25/4, (1990), pp. 363-383.

[5] H. Mole: **ICRP and impairment of mental function following prenatal irradiation.** J. Radiol. Prot. Vol. 12/2, (1992), pp. 93-105.

[6] R. H. Mole: **ICRP (1991) and deterministic effects.** J.Radiol.Prot.Vol.12/2, (1992), p.107-110.

[7] Roger H. Clarke: **The 1990 Recommendations of ICRP.** NRPB-Bulletin Nr. 119 (Febr. 1991).

1.2. DIE NEUE SCHWEIZERISCHE STRAHLENSCHUTZVERORDNUNG (STRAVO)

Werner Zeller Sektion Physik und Biologie, Bundesamt für Gesundheitswesen
Postfach 2644, 3001 BERN

1.2.1. Ausgangslage

Das neue Strahlenschutzgesetz (StSG), mit welchem der Strahlenschutz erstmals auf eine breite materielle Basis gestellt wird, ist am 22. März 1991 durch die Eidg. Räte verabschiedet worden. Die Referendumsfrist ist am 8. Juli 1991 unbenützt abgelaufen. Das StSG bedingt eine Totalrevision der geltenden Strahlenschutzverordnung (SSVO). Der vorliegenden Entwurf für eine neue Strahlenschutzverordnung (STRAVO) ist durch eine Arbeitsgruppe erstellt worden, in welcher das Bundesamt für Gesundheitswesen (BAG), das Bundesamt für Justiz, die Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK), die Schweiz. Unfallversicherungsanstalt (SUVA), das Paul-Scherrer-Institut (PSI) und die Nationale Alarmzentrale (NAZ) vertreten waren. Die Arbeitsgruppe konnte sich auf Grundlagen stützten, die von verschiedenen anderen Arbeitsgruppen erarbeitet worden sind. Es ist vorgesehen, das StSG mit der STRAVO 1994 in Kraft zu setzen.

1.2.2. Gründzüge des Entwurfs

Die STRAVO hat die neuesten Grundsatzempfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP), welche im Jahr 1991 publiziert wurden, weitgehend übernommen. Damit ist gewährleistet, dass die Strahlenschutzvorschriften der Schweiz auf die weltweit akzeptierten neuen Erkenntnisse und Entwicklungen abgestimmt sind. Der Schutz der beruflich strahlenexponierten Personen sowie der Bevölkerung und insbesondere des ungeborenen Kindes wird mit der STRAVO verstärkt. Es wird dabei den neuen Erkenntnissen der Wissenschaft Rechnung getragen. Bei der Umsetzung der neuen Empfehlungen in die Gesetzgebung leistet die Schweiz Pionierarbeit.

Die STRAVO enthält Ausführungsbestimmungen zu den vom StGS geregelten Bereichen. Es wurde versucht, ein für den Anwender taugliches Arbeitsinstrument zu schaffen. Einzelheiten sollen in Departemementsverordnungen geregelt werden.

Ein besonderer Stellenwert wird der **Ausbildung** im Strahlenschutz und den **medizinischen Strahlenanwendungen** beigemessen. Wesentliche Bestimmungen der bisherigen Richtlinien des Eidg. Departementes des Innern (EDI) zum Schutz des Patienten sind in verpflichtender Form in die STRAVO aufgenommen worden.

Die **Dosisgrenzwerte** sollen in Übereinstimmung mit den neuen Empfehlungen der ICRP auf 20 mSv pro Jahr für beruflich strahlenexponierte Personen und auf 1 mSv pro Jahr für nichtberuflich strahlenexponierte Personen festgelegt werden. Damit werden auch alle aus den Dosisgrenzwerten abgeleiteten Richtwerte und Vorschriften (Richtwerte für die Konzentration von Radionukliden in der Luft, Abschirmungen, Immissionsgrenzwerte, etc.) verschärft. Der Dosimetrie zur Bestimmung einer internen Strahlenexposition kommt in der STRAVO

gegenüber der SSVO eine grössere Bedeutung zu: Neu müssen auch Dosimetriestellen für die Ermittlung der internen Strahlenexposition anerkannt werden.

Der wichtige Bereich der **radioaktiven Abfälle** wird in der STRAVO eingehender geregelt als in der SSVO. Für Abfälle aus Medizin, Forschung und Industrie hat bereits das StGS die Ablieferungspflicht beibehalten. Die Beseitigung der Abfälle aus der Kernenergie ist ebenfalls wie bisher Sache ihrer Verursacher. Es ist vorgesehen, Zwischen- und Endlager dieser Abfälle im Kernenergiegesetz zu regeln. Das StGS statuiert bekanntlich den Grundsatz, dass die radioaktiven Abfälle grundsätzlich in der Schweiz beseitigt werden müssen. Die STRAVO legt nun fest, unter welchen Voraussetzungen ausnahmsweise eine Ausfuhr möglich ist.

Speziell geregelt werden auch die **Störfälle**. Massnahmen in Bezug auf Störfälle werden bisher v.a. in Richtlinien der HSK festgehalten. Die Bestimmungen sollen einerseits gewährleisten, dass die nötigen Massnahmen zur Störfallvorsorge getroffen werden und dass andererseits eingetretene Störfälle effizient bekämpft und den zuständigen Stellen gemeldet werden.

Die Radioaktivität der **Lebensmittel** ist seit Tschernobyl ein aktuelles Thema. Die STRAVO setzt nun erstmals Toleranz- und Grenzwerte für radioaktive Nuklide in Lebensmitteln fest. Radioaktive Nuklide kommen sowohl als Fremd- wie Inhaltsstoffe vor und sind grundsätzlich unerwünschte Stoffe. Die Kontrolle soll gleich wie für andere Fremdstoffe (Rückstände, Verunreinigungen, mikrobielle Toxine) nach dem Lebensmittelgesetz erfolgen.

Die STRAVO enthält neu Bestimmungen über erhöhte **Radon**konzentrationen. Das radioaktive Edelgas Radon verursacht bekanntlich einen wesentlichen Teil der Strahlendosis der Schweizer Bevölkerung. Die STRAVO setzt nun erstmals Grenzwerte fest für Radongas-Konzentrationen in Wohn-, Aufenthalts- und Arbeitsräumen sowie im Bergbau. Werden die Grenzwerte überschritten, so sind entsprechende Massnahmen zu ergreifen (z.B. Gebäudesanierung, ausreichende Belüftung oder Beschränkung der Aufenthaltsdauer). Der Vollzug ist Sache der Kantone. Das BAG steht ihnen dabei beratend zur Seite.

Die STRAVO sieht neu ein **Konzept** für **Wartung** und **Kontrolle von medizinischen Röntgenanlagen** vor. Damit werden Routineprüfungen weitgehend an Dritte delegiert, was eine häufigere Durchführung als bisher ermöglicht. Die Realisierung dieses neuen Konzeptes wird es dem BAG erlauben, neben der Aufgabe als Bewilligungsbehörde und der Kontrolle der neuen delgierten Aufgaben, seine Tätigkeit im Rahmen strahlenschutztechnischer Nachkontrollen auf eigentliche Aufsichtsfunktionen zu konzentrieren.

1.2.3. Verhältnis zum europäischen Recht

Da weltweit und somit auch in der EG und in der Schweiz der Strahlenschutz auf den Konzepten und Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission (International Commission on Radiological Protection, ICRP) und einiger anderer internationaler Gremien und Organisationen basiert, gibt es **keine grundsätzlichen Unterschiede zwischen den Strahlenschutzgesetzgebungen der EG und der Schweiz.**

1.3. DAS ÜBERWACHUNGSPROGRAMM UND DIE BETEILIGTEN STELLEN

H. Völkle Sektion Überwachung der Radioaktivität (SUER)
Bundesamt für Gesundheitswesen, Chemin du Musée 3, 1700 FRIBOURG

Einleitung

Seit 1956 werden in der Schweiz Radioaktivitätsmessungen in Umwelt und Lebensmitteln durchgeführt. Unter Koordination durch das Bundesamt für Gesundheitswesen (früher durch die Eidg. Kommission zur Überwachung der Radioaktivität, KUER) und Beteiligung weiterer Fachstellen des Bundes, der Hochschulen und der Kantonslaboratorien wird in der Schweiz ein entsprechendes Messprogramm durchgeführt, über dessen Ergebnisse der vorliegende Bericht Rechenschaft ablegt. All' diesen Stellen sei für die gute Zusammenarbeit bei den Messungen und der Berichterstattung sowie das Bereitstellen der Ergebnisse bestens gedankt.

N.B.: Im Falle gefährlich erhöhter Radioaktivität übernehmen andere Stellen des Bundes (die Nationale Alarmzentrale NAZ, der Leitende Ausschuss Radioaktivität LAR, die Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen HSK etc.) die Verantwortung für das Messprogramm, und insbesondere für die Führung der Messorganisation, die Auswertung der Ergebnisse, die Information von Behörden und Öffentlichkeit und im Bedarfsfall das Anordnen von Schutzmassnahmen.

1. Das Überwachungsprogramm

Praktisch seit Beginn der Radioaktivitätsmessungen in der Schweiz werden Luft (Aerosole), Niederschläge, Flusswasser, Erdboden, Gras und die Milch überwacht. Das Netz für die landesweite Überwachung umfasst folgende Messungen:

a) **Externe Dosen**: Die automatische Überwachung der externen Dosen erfolgt seit 1986/87 durch das aus 58 Stationen bestehende NADAM-Netz (siehe Kap. 3.8.).

b) **Luft**: 9 Aerosolsammler mit direkter Gesamt-Beta-Messung, deren Filter bei Bedarf im Labor analysiert werden, werden ergänzt durch 4 Aerosolsammler in der Nahumgebung der Kernanlagen und zwei Hochvolumensammler (Oberschrot/FR und Monte Ceneri/TI). Die letzteren ermöglichen eine extrem hohe Messempfindlichkeit von etwa einem halben $\mu Bq/m^3$ (Cs-137), d.h. etwa ein Zerfall pro m^3 und Monat. Bei Bedarf führt die Armee mit einem speziellen Luftfilter-Aggregat Probenahmeflüge in 10 - 15 km Höhe durch. Messungen von langlebigen radioaktiven Edelgasen (Kr-85, Ar-37) und von Kohlenstoff-14 (in Baumblättern) werden von der Universität Bern (Abt. Klima- und Umweltphysik) durchgeführt. Ein automatisches Warnnetz für die Radioaktivität der Aerosole der Luft (RADAIR) ist ab 1993 im Aufbau.

c) **Niederschläge**: An 7 Regensammelstationen mit $1m^2$-Sammelfläche (incl. die Stationen bei den KKW Gösgen und Leibstadt), werden Niederschlagsproben zur monatlichen Messung im Labor gesammelt. Zur Bestimmung der Tritium-Aktivität erhebt die Universität Bern an weiteren Stellen Niederschlagsproben.

d) **Ablagerungen auf Boden und Bewuchs**: Diese werden überwacht durch (in der Regel jährlich) erhobene Proben von Erde (0-5 cm Tiefe) und Gras an rund 15 Stellen, worunter auch solche in der Alpen bzw. auf der Alpensüdseite.

e) **Gewässer**: Die Überwachung umfasst automatische Probenahmen (in der Regel wöchentliche Sammelproben) in allen grösseren Flüssen, insbesondere beim Verlassen der Schweiz, sowie unterhalb und oberhalb der Kernanlagen. Die Probenahmen erfolgen z.T. durch die Landeshydrologie des BUWAL sowie durch die EAWAG, der für die zur Verfügung gestellten Proben bestens gedankt sei. Bei den Kernanlagen werden zudem auch Grundwasser, Wasserpflanzen, Fische und Sedimente zur Analyse erhoben.

f) **Lebensmittel**: Insbesondere Milch (rund 20 Stellen) und Getreide (sämtliche Regionen der Schweiz, erhoben durch die Eidg. Getreideverwaltung), aber auch weitere Lebensmittel (z.B. auch Pilze, Gemüse, Wildfleisch, Importwaren etc.) werden zum grossen Teil durch die Kantonalen Laboratorien erhoben und untersucht.

g) **Ganzkörpermessungen** d.h. in-vivo-Bestimmungen der Radioaktivität im menschlichen Körper mittels Gamma-Spektrometrie (z.B. K-40 und Caesium) werden regelmässig am Kantonsspital Genf (jährlich zwei Schulklassen) und am Paul Scherrer Institut PSI (Mitarbeiter des Institutes) durchgeführt. Sie ermöglichen eine Endkontrolle der gesamten Belastungskette.

h) **Strontium in menschlichen Knochen und Zähnen**: wird regelmässig an Wirbeln von Verstorbenen und Milchzähnen bestimmt.

i) **Radon in Häusern**: Radon-Messungen werden in der Schweiz systematisch seit Anfang der 80er-Jahre durchgeführt. Ziel ist die Ermittlung nationaler und regionaler Mittelwerte, der Wertebereiche und heute vor allem das Auffinden von Extremwerten sowie die Sanierung von Häusern mit hohen Werten. Mit 2.2 mSv/Jahr ist Radon der grösste Einzelbeitrag zur Strahlendosis und weist auch die höchsten Extremwerte auf. (vergl. Kap. 2 und RAPROS-Bericht).

k) **Umgebungsüberwachung der Kernanlagen**: In Zusammenarbeit mit der HSK und weiteren Stellen wird für jede Anlage ein eigenes, den lokalen Gegebenheiten angepasstes Überwachungsprogramm aufgestellt und durchgeführt. (Siehe Kap. 4).

l) **Überwachung weiterer Betriebe**: Industriebetriebe, die radioaktive Stoffe in grösseren Mengen verarbeiten (z.B. Tritium) werden ebenfalls durch entsprechende Probenahmen überwacht. Die Abgaben von Jod-131 aus Spitälern werden durch wöchentliche Sammelproben aus den Kläranlagen der grösseren Städte erfasst. Bei einzelnen Abfalldeponien werden in Zusammenarbeit mit kantonalen und Gemeindebehörden Stichproben der Entwässerung zu Analyse erhoben (siehe Kap. 5).

m) **Spezialprogramme**: Diese umfassen u.a. die in-situ-Gammaspektrometrie mit tragbarem Ge-Gamma-Sepktrometer, ergänzt durch Messungen der Ortsdosen, im Freien und im Hausinnern in verschiedenen Gegenden der Schweiz (siehe Kap. 3.3).

2. Die verwendeten Messverfahren

Die verwendeten Probenahme- und Messverfahren entsprechen dem international anerkannten Stand der Wissenschaft. Im Rahmen der *Deutsch-Schweizerischen Kommission für die Sicherheit kerntechnischer Einrichtugen* (DSK), des *Fachverband für Strahlenschutz* und der *Société Française de Radioprotection* besteht hier ein regelmässiger Informations- und Erfahrungsaustausch. Schweizer Labors nehmen auch regelmässig an internationalen Ringversuchen und Vergleichsmessungen teil. Betreffend die Analyseverfahren für die Radioaktivität in Lebensmitteln wird zudem ein entsprechendes Kapitel im Eidg. Lebensmittelbuch vorbereitet.

Ein Grossteil der künstlichen und natürlichen Radionuklide lassen sich mittels Gamma-Spektrometrie mit Ge-Detektoren quantitativ nachweisen; das Germanium-Spektrometer mit der computergesteuerten Datenauswertung ist daher das wichtigste Instrument für die Überwachung der Umweltradioaktivität. Einige Nuklide (Tritium, Edelgase, Strontium-90, Alpha-Strahler etc.) können jedoch mit diesem Verfahren nicht nachgewiesen werden und verlangen eine physikalische oder chemische Abtrennung verbunden mit einer Spezialmessung wie Beta-Messung, Alpha-Spektrometrie oder den Nachweis mit Flüssig-Szintillation.

3. Die an den Messungen beteiligten Stellen

Am Routinemessprogramm sind die folgenden Stellen beteiligt, wobei in Klammern die jeweiligen Spezialgebiete dieser Labors angegeben sind.

1) Kantonale Laboratorien (Gamma-Spektrometrie, z.T. auch Sr-Bestimmungen in Lebensmitteln).

2) EAWAG Dübendorf, Abt. Umweltphysik (Gamma-Spektrometrie, Tritium-, Alpha- und Beta-Messungen in aquatischen Systemen).

3) ETH-Zürich, Institut für Geophysik (Aero-Gamma-Spektrometrie).

4) HSK Villigen, Abt. Strahlenschutz (Emissionsüberwachung der KKW, Strahlendosen in der Nahumgebung der KKW, in-situ-Messungen, Gamma-Spektrometrie).

5) Inselspital Bern, Abt. Medizinische Strahlenphysik (Thermolumineszenz-Dosimetrie).

6) Kantonsspital Genf, Abt. Nuklearmedizin (Ganzkörper-Gamma-Spektrometrie).

7) Paul Scherrer Institut, Villigen, Abt. Strahlenhygiene (Ganzkörper-Gamma-Spektrometrie, Radon-Messungen, Thermolumineszenz-Dosimetrie, Gamma-Spektrometrie, Umgegebungsüberwachung, ...).

8) SUVA, Luzern, Sektion Physik (Tritium-Messungen in Gewässern).

9) Universität Bern, Abt. Klima- und Umweltphysik (C-14-Messungen, Ar-37- und Kr-85-Bestimmungen in der Luft, Tritium-Messungen im Low-Level-Bereich).

10) Institut de Radiophysique Appliquée (Sr-90-Bestimmungen in Umweltproben, Lebensmitteln, Zähnen und Knochen; Gamma-Spektrometrie, Dosismessungen, Kalibrierungen).

11) BAG, Sektion Überwachung der Radioaktivität in Fribourg (Gamma-Spektrometrie in Umweltproben; in-Situ-Messungen, Messung der Ortsdosen, Radon und Tritium-Messungen).

4. Die Bewertung der Ergebnisse

Die Bewertung der Ergebnisse der Überwachung, und insbesondere der aus den Messungen hergeleiteten Strahlendosen der Bevölkerung basiert auf den entsprechenden Richtwerten und Dosisfaktoren der SSVO (bzw. der neuen STRAVO), abgestützt auf Empfehlungen der ICRP (siehe Kap. 1.1). Insbesondere werden Immissiongrenzwerte für Luft und Wasser, Grenzwerte für Strahlendosen im öffentlich zugänglichen Bereich sowie neu in der STRAVO Toleranz- und Grenzwerte für Radionuklide in Lebensmitteln festgelegt. Dabei soll auch im Bereich Radon eine entsprechende Regelung eingeführt werden. Die Strahlendosen (effektive Dosis) der Bevölkerung, d.h. der nichtberuflich strahlenexponierten Personen, durch kontrollierbare Strahlenquellen darf gemäss STRAVO 1 mSv pro Jahr nicht überschreiten. Die ICRP verlangt, dass bei Tätigkeiten mit Strahlung und Radioaktivität die Strahlenanwendung zu rechtfertigen sind, wobei unterhalb 0.01 mSv/Jahr (sog. "de-minimis-Dosis") auf weitere Strahlenschutzmassnahmen verzichtet werden kann.

5. Der Aufbau des Berichtes

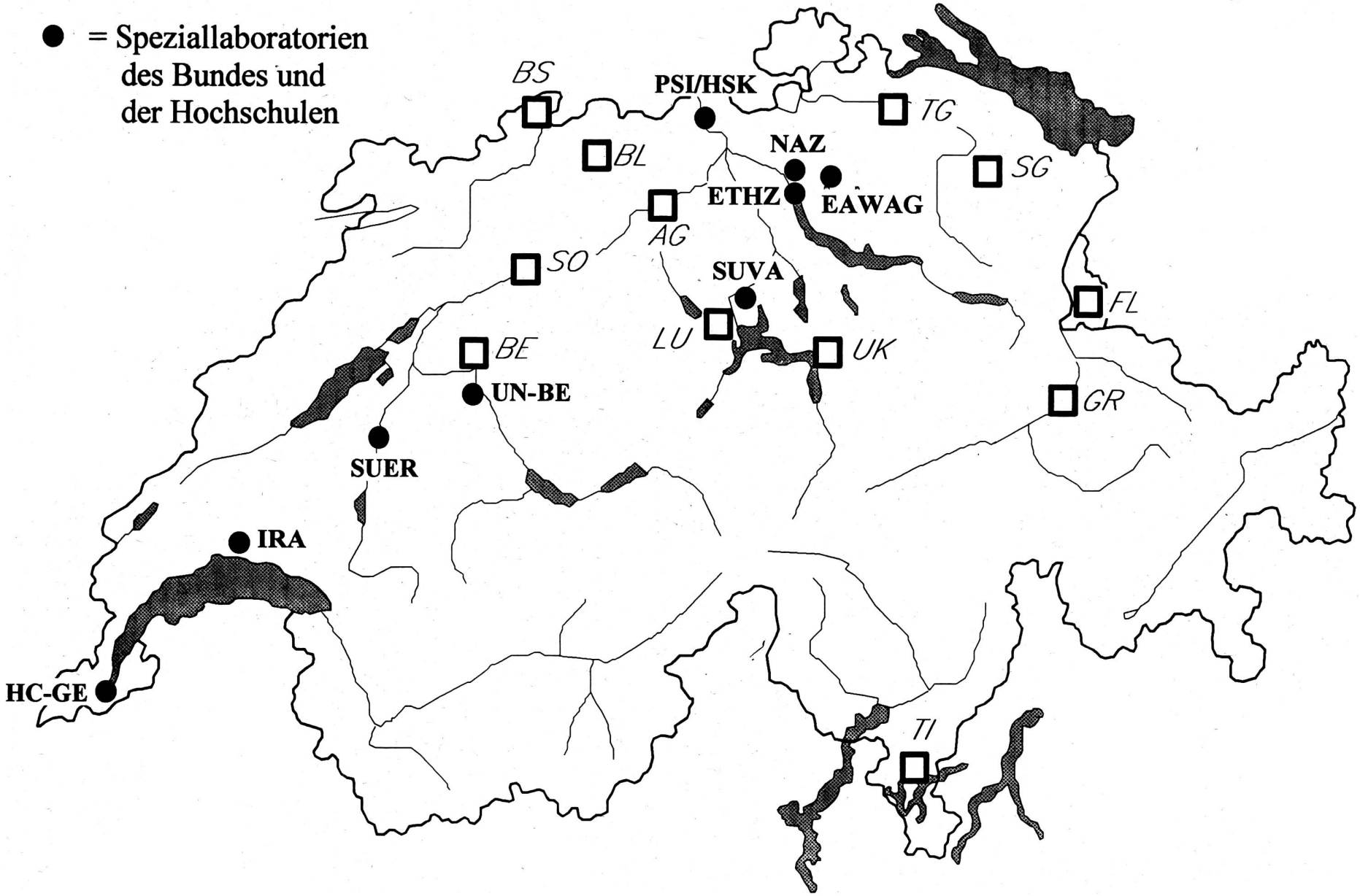
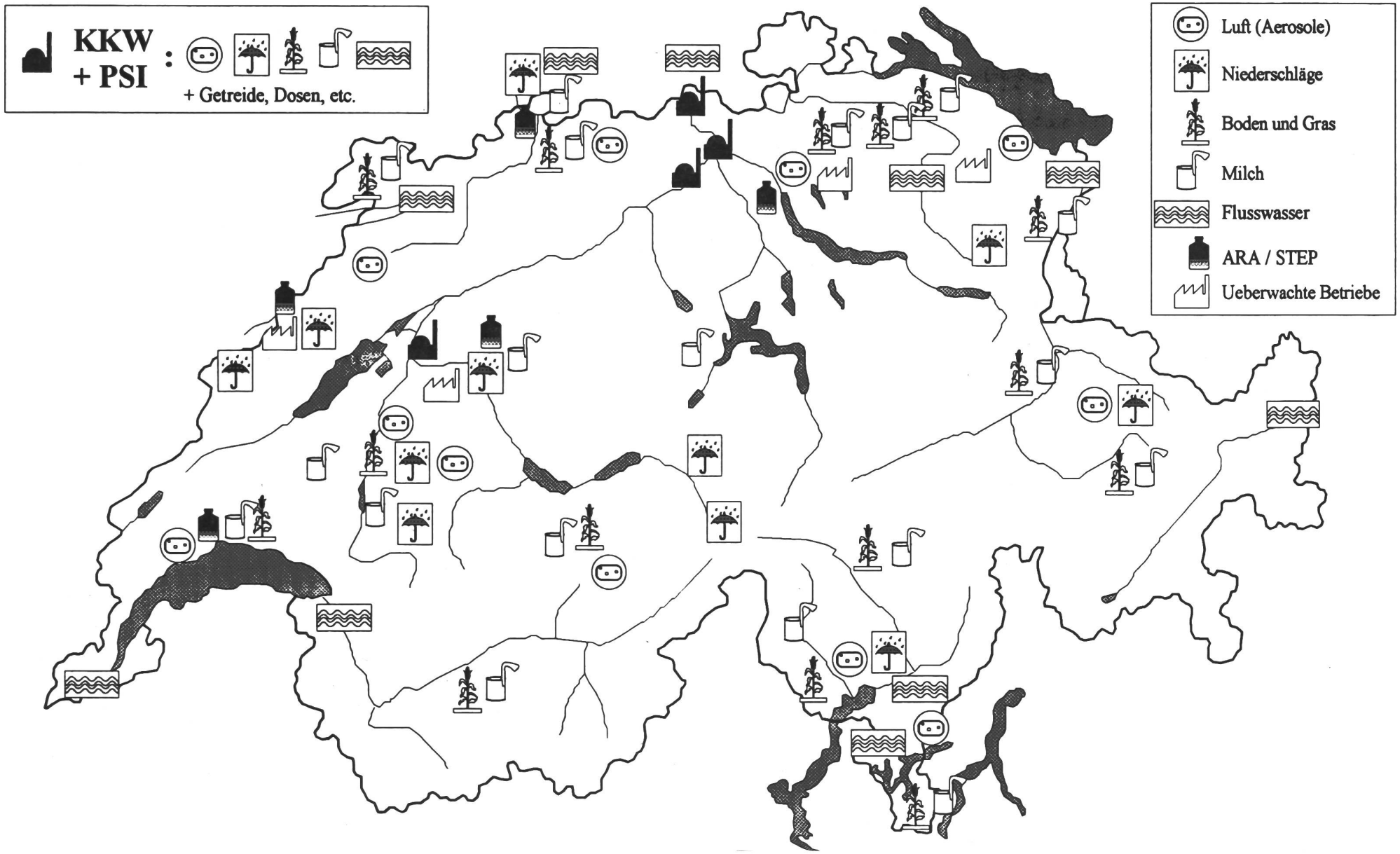
Der folgende Teil des Berichtes enthält die vier Hauptkapitel: 1) Radon, 2) Allgemeine Überwachung der Umweltradioaktivität, 3) Überwachung der Kernanlagen, 4) Überwachung weiterer Betriebe, die radioaktive Stoffe verwenden. Die einzelnen Kapitel, bzw. Unterkapitel wurden von den Laboratorien, die die Messsungen durchführen, verfasst.

An den Messungen beteiligte Laboratorien

□ = Kantonale Laboratorien

● = Speziallaboratorien des Bundes und der Hochschulen

(Erläuterungen siehe Kap. 1.3)



Ueberwachungsprogramm für die Umweltradioaktivität 1992