

Zeitschrift: Bericht der Eidgenössischen Kommission zur Überwachung der Radioaktivität

Herausgeber: Eidgenössische Kommission zur Überwachung der Radioaktivität

Band: 24 (1980)

Rubrik: 24. Bericht der Eidg. Kommission zur Ueberwachung der Radioaktivitaet fuer das Jahr 1980 zuhanden des Bundesrates

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: 14.01.2026

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

24. BERICHT DER EIDG. KOMMISSION
ZUR UEBERWACHUNG DER RADIOAKTIVITAET FUER DAS JAHR 1980
ZUHANDEN DES BUNDES RATES ¹⁾

von PROF. DR. O. HUBER, PRÄSIDENT DER KOMMISSION, FREIBURG ²⁾

1. EINLEITUNG

Der Mensch war seit jeher ionisierender Strahlung ausgesetzt. Bis zur Entdeckung der Röntgenstrahlen im Jahr 1895 war diese Strahlung ausschliesslich natürlichen Ursprungs. Heute stammt der grösste Teil der Strahlendosis, welche die Bevölkerung im Mittel erhält, trotz der vielfältigen Anwendung radioaktiver Stoffe in Kernenergie, Industrie und Wissenschaft, immer noch von natürlichen Strahlenquellen, nämlich z.B. eine mittlere Gonadendosis von 105 mrem/Jahr ³⁾. Anwendungen von Röntgenstrahlung und radioaktiven Stoffen in der medizinischen Diagnostik liefern allerdings einen der natürlichen Strahlenbelastung vergleichbaren Beitrag.

Bei der Kernspaltung und bei Kernreaktionen werden künstlich radioaktive Nuklide erzeugt. Grundsätzlich ist die Wirkung der beim Zerfall dieser Isotope entstehenden Strahlung auf den menschlichen Körper genau gleich wie jene der natürlichen Strahlung. Künstliche Radionuklide können von jedem chemischen Element erzeugt werden. Sie unterscheiden sich voneinander durch die Art und Energie der emittierten Strahlung, durch die Halbwertszeit und durch das chemisch-biologische Verhalten im menschlichen Körper. Diese Eigenschaften sind von den in die Umwelt gelangenden Radionukliden weitgehend bekannt.

1) Texte français, voir page 50

2) Der Bericht wurde in Zusammenarbeit mit Dr. J. HALTER, Dr. H. VÖLKLE und Dr. B. MICHAUD (Freiburg) anhand der Arbeitsberichte der im Anhang aufgeführten Laboratorien verfasst.
3) Die biologische Wirkung ionisierender Strahlen wird in rem angegeben (1 rem = 1000 mrem).

Die Aufgabe der KUER besteht nicht nur in der Erfassung der Radioaktivität in der Umwelt, sondern auch in der Identifikation der einzelnen Radionuklide. Ist die Zusammensetzung der Umwelt-radioaktivität bekannt, so kann unter Berücksichtigung der physikalisch-chemisch-biologischen Eigenschaften auf die Strahlenbelastung des Menschen geschlossen werden.

In den Jahresberichten der KUER werden für Radioaktivität und Dosis in Uebereinstimmung mit der Strahlenschutzverordnung (SSVO) die Einheiten Ci und rem verwendet. Der Uebergang zu den SI-Einheiten kann mit den Umrechnungsfaktoren der Tabelle 1 vollzogen werden.

2. ALLGEMEINE UEBERWACHUNG

Am 16. Oktober 1980 zündete die Volksrepublik China in Lop Nor in der Atmosphäre eine Atombombe von 200-1000 kt. Bis zu dieser Explosion lag die der Umwelt zugeführte Aktivität im Jahr 1980 auf dem tiefsten Wert seit Beginn unserer Messungen. Im November - Dezember lagerten sich hauptsächlich Spaltprodukte kurzer und mittlerer Halbwertszeit dieser chinesischen Bombe auf dem Erdboden ab; damit wurde zwar die Neuzufuhr von Radioaktivität im Berichtsjahr etwas grösser als 1979; trotzdem erreichte der Dosisbeitrag durch radioaktiven Ausfall 1980 einen neuen Tiefstand.

2.1. Luft

Die Radioaktivität der bodennahen Luft ist normalerweise zum grössten Teil natürlichen Ursprunges; daran haben das radioaktive Edelgas Radon-222 (aus der Uran-Zerfallsreihe) und dessen kurzlebige Folgeprodukte mit je 50 bis 500 pCi/m³ (je nach Jahreszeit und Wetterlage) den grössten Anteil, während der Beitrag des aus der Thorium-Reihe stammenden Radon-220 und von dessen kurzlebigen Folgeprodukten je ca. 50-100 pCi/m³ ausmacht. Die beiden langlebigen Isotope Blei-210 ($T_{1/2} = 20$ Jahre)¹⁾ und Polonium-210 ($T_{1/2} = 138$ Tage) der Uran-Reihe ergeben Aktivitäten von im Mittel je ca. 10 fCi/m³²⁾. Messungen der langlebigen Alpha-Aktivität auf Luftfiltern ergaben auch 1980 rund 10 fCi/m³, was bedeutet, dass fast die gesamte langlebige Alpha-Aktivität der Luft von Polonium-210 herrührt. Die Konzentration des durch die kosmische Strahlung erzeugten Beryllium-7 lag auch 1980 im Mittel bei 100 fCi/m³. Vom in Luft und jungen Pflanzen vorhandenen Kohlenstoff-14 ($T_{1/2} = 5570$ Jahre) ist etwa 3/4, nämlich rund 6 pCi/g Kohlenstoff, natürlichen Ursprunges dh. wurde durch die kosmische Strahlung gebildet, während etwa 1/4 noch von den Atombombenversuchen stammt.

Bis Oktober 1980 lag die künstliche Radioaktivität der Aerosole in der Luft bei rund 1 fCi/m³. Ab 24. Oktober waren frische Spalt-

1) $T_{1/2}$ = Halbwertszeit

2) 1 fCi = $\frac{1}{1000}$ pCi ≈ 3,2 Kernzerfälle pro Tag

produkte der chinesischen Atombombe vom 16. Oktober in Abwischproben von Flugzeugen der Nordatlantikroute nachweisbar. Die starke Aktivität von Neptunium-239 und Uran-237 lässt darauf schliessen, dass es sich um eine Wasserstoffbombe gehandelt hat. Im November und Dezember enthielt auch die bodennahe Luft gesamthaft rund 100 fCi/m³ an jungen Spaltprodukten, was ungefähr der künstlichen Radioaktivität der Luft vom Sommer 1977 entspricht.

Bei unterirdischen Kernwaffenexplosionen wird u.a. Argon-37 gebildet, das in die Atmosphäre entweichen kann. Argon-37-Bestimmungen in der Luft ergaben 1980 Werte zwischen 40 und 260 fCi/m³. Zu den weltweit verbreiteten künstlichen Radioisotopen gehören schliesslich Tritium, Krypton-85 und Jod-129, die aus früheren Kernexplosionen und von der Nuklearindustrie stammen.

Die in der Luft enthaltene natürliche Radioaktivität in Form von Aerosolen oder Gasen bewirkt durch deren Gamma-Strahlung hauptsächlich eine externe Bestrahlung, während die Alpha- und Beta-Strahlung dieser Isotope infolge Inhalation und Einbau in Körperorgane eine interne Strahlenbelastung, hauptsächlich der Lunge (ca. 100 mrem/Jahr) und der Bronchiolen (ca. 450 mrem/Jahr), verursacht. Die in der Luft verbreiteten künstlichen Radionuklide von Kernwaffenversuchen ergaben 1980 zusammen eine Dosis durch Inhalation und externe Bestrahlung von weniger als 0,1 mrem.

2.2. Niederschläge

Die Gesamt-Beta-Aktivität der Niederschläge der 6 Regensammelstationen unterschied sich 1980 nicht systematisch von 1979. Damit ist im Niederschlag wie in den Luftfiltern die Grenze erreicht, wo der weitaus grösste Teil der Aktivität von den natürlichen Radioisotopen stammt.

Durch trockene Staubablagerung wurden dem Erdboden in Locarno rund 0,5 mCi Betaaktivität pro km² zugeführt (1979: 0,7 mCi/km²), etwa 1/10 der Absetzung durch Niederschlag.

Die Tritiumaktivität im Niederschlag ist im Berichtsjahr gegenüber dem Vorjahr wiederum leicht zurückgegangen. An den verschiedenen Messstationen lag sie zwischen 100 und 300 pCi/Liter. Auffallend ist der starke Rückgang der Tritiumkonzentration in Bern (von 630 auf 310 pCi Tritium/Liter Regenwasser) und La Chaux-de-Fonds (1979: 1450 pCi Tritium/Liter, 1980: 550 pCi/Liter), womit sich der Tritiumpegel im Niederschlag dieser Stationen demjenigen in der übrigen Schweiz angenähert hat. Nach wie vor weist der Niederschlag 65 m östlich der Firma Radium-Chemie A.G. in Teufen zwischen 20000 und 120000 pCi Tritium/Liter auf (siehe Kap. 4).

2.3. Oberflächenwässer

Im Jahresmittel lag die Gesamt-Alphaaktivität der Monatsmischproben von Wasser aus dem Rhein bei Rekingen und Village Neuf (unterhalb Basel), der Rhone bei Porte du Scex und Chancy, dem Ticino bei Riazzino und dem Doubs bei St. Ursanne bei rund 1 pCi/Liter, unverändert gegenüber den früheren Messungen. Auch die Gesamt-Beta-Aktivität der Monatsproben dieser Flüsse und von Stichproben aus der Tresa bei Ponte Tresa und dem Inn bei Martinsbruck

betrug praktisch immer weniger als 5 pCi/Liter und entsprach damit der Gesamt-Beta-Aktivität der Niederschläge. Eine erhöhte Gesamt-Beta-Aktivität von 19 pCi/Liter enthielt nur das Rhonewasser bei Porte du Scex vom Februar 1980. Eine anschliessende Gammaanalyse zeigte, dass es sich dabei grösstenteils um natürliche Radionuklide (hoher Feststoffgehalt in der Probe) handelte.

Die Tritiumaktivität in den Monatsmischproben von Flusswasser lag wie im Niederschlag etwas tiefer als im Vorjahr, zwischen 100 und 300 pCi/Liter. Nur der Doubs bei St. Ursanne zeigte Wochenverte bis 5000 pCi/Liter (siehe Kap. 4).

2.4. Erdboden und Gras

Erwartungsgemäss blieb die Caesium-137- ($T_{1/2} = 30$ Jahre) und die Strontium-90- ($T_{1/2} = 28$ Jahre) Konzentration im Erdboden der Probenahmestellen innerhalb der üblichen Schwankungen von 1979 bis 80 konstant. Dagegen hat sich die Caesium-137-Aktivität im Gras um rund einen Faktor 3 gegenüber 1979 vermindert. Sie liegt in den Mittellandstationen jetzt nahe der Nachweisgrenze bei ca. 20 pCi/kg Trockensubstanz, in Stillberg-Davos ist sie von 240 auf rund 100 pCi/kg Trockensubstanz zurückgegangen. Der Rückgang der Strontium-90-Konzentration im Gras betrug dagegen im Mittel der Stationen nur rund 20%. Dieses unterschiedliche Verhalten ist darauf zurückzuführen, dass das Gras Strontium vorwiegend aus dem Boden und Caesium hauptsächlich durch Ablagerung aus der Luft aufnimmt. Systematische Unterschiede zwischen Stationen in der Nähe und in grösserer Entfernung der KKW waren nicht zu erkennen.

Andere langlebige Radioisotope aus dem Bomben-Fallout, wie Cer-144 ($T_{1/2} = 285$ Tage), Antimon-125 ($T_{1/2} = 990$ Tage) und Rutherfordium-Rhodium-106 ($T_{1/2} = 368$ Tage), waren nur in einzelnen Boden- und Grasproben noch nachweisbar.

Da sich die Caesium-137-Aktivität in der obersten Bodenschicht praktisch nicht geändert hat, bleibt auch die durch dieses Isotop hervorgerufene externe Dosis bei dauerndem Aufenthalt im Freien bei knapp 2 mrem/Jahr.

2.5. Milch, Getreide und andere Lebensmittel (In Zusammenarbeit mit der ARL 1))

Die meisten Milchproben von den Mittellandstationen wiesen eine Caesium-137-Aktivität von weniger als 4 pCi/Liter auf (Nachweisgrenze), einige eine solche knapp darüber. Die Milchprobe aus Davos blieb mit 60 pCi Caesium-137/Liter (1979: 76 pCi Caesium-137/Liter Milch) praktisch auf dem Vorjahresniveau. Dies ergibt einen Widerspruch zum starken Rückgang des Caesium-137 im Gras, der durch zusätzliche Messungen abzuklären ist.

Die Strontium-90-Aktivität in der Milch blieb mit 3-6 pCi/Liter im Mittelland und 56 pCi/Liter in Davos (1979: 44 pCi/Liter) ebenfalls unverändert gegenüber 1979.

1) Arbeitsgemeinschaft zur Ueberwachung der Radioaktivität der Lebensmittel

Im Weizen der Ernte 1980 zeigten die Proben von der Umgebung der Kernkraftwerke, eine Mischprobe aus dem gesamten schweizerischen Mittelland und eine Probe aus Bellinzona Caesium-137-Aktivitäten unter 7 pCi/kg. Eine Probe von Asche von 6 kg Getreide (Ernte 1979) erlaubte eine Bestimmung der natürlichen Radionuklide und von Caesium-137: Radium-226 25 ± 7 pCi/kg Weizen; Blei-Wismut-214 je 14 ± 2 pCi/kg; Actinium-228 11 ± 4 pCi/kg; Blei-212 6 ± 1 pCi/kg; Kalium-40 3800 ± 100 pCi/kg; Caesium-137 10 ± 1 pCi/kg.

Einzelne Strontium-90-Messungen in Gemüse ergaben Aktivitäten der Grössenordnung 10 pCi/kg, wie im Vorjahr. Alle untersuchten Lebensmittel sind vom Strahlenschutzstandpunkt aus unbedenklich.

2.6. Menschlicher Körper

Auch 1980 ergab die Bestimmung von Strontium-90 in menschlichen Wirbeln aus der Umgebung von Lausanne umgerechnet auf das Skelett einen Mittelwert von 0,7 pCi Strontium-90/g Calcium und damit eine jährliche Belastung der blutbildenden Organe von rund 2 mrem.

Die Messungen von je 20 Männern und Frauen von 16 - 19 Jahren mit dem Ganzkörperspektrometer des Service Cantonal de Contrôle des Irradiations (SCCI) in Genf zeigte eine durchschnittliche Caesium-137-Konzentration von 12 pCi/kg Körpergewicht bei den Männern und 10 pCi/kg bei den Frauen. Dies bedeutet gegenüber dem Vorjahr eine Reduktion um rund 1/3 und führt noch zu einer Ganzkörper-Jahresdosis von etwa 0,1 mrem. Die mittleren Kalium-40-Konzentrationen von 2000 pCi/kg Körpergewicht bei den Männern und 1600 pCi/kg bei den Frauen führen zu einer Ganzkörperdosis von 18 bzw. 15 mrem/Jahr.

3. KERNANLAGEN (In Zusammenarbeit mit der Abteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (ASK), S. Prêtre)

3.1. Uebersicht

Kernkraftwerke (KKW) geben - auch bei Normalbetrieb - radioaktive Stoffe an die Umwelt ab. Es sind dies hauptsächlich Edelgase, Aerosole und Jod-Isotope (gasförmig und an Aerosole angelagert) sowie Kohlenstoff-14, die über die Abluft in die Umgebung gelangen und zunächst eine externe Bestrahlung von Personen verursachen, sowie radioaktive Spalt- und Aktivierungsprodukte und Tritium, die über das Abwasser in den Vorfluter abgegeben werden. Freigesetzte radioaktive Stoffe lagern sich teilweise auf Boden und Pflanzen ab bzw. gelangen aus dem Wasser in Wasserpflanzen, Fische und Flussedimente. Sie können über Atemluft, Trinkwasser und Nahrung in den menschlichen Körper aufgenommen werden, wo sie eine interne Bestrahlung verursachen.

Einzelpersonen der Bevölkerung dürfen gemäss der Strahlenschutzverordnung höchstens eine Ganzkörperdosis von 500 mrem/Jahr akkumulieren. An allgemein zugänglichen Stellen ausserhalb von Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlen und Lagerstellen von ra-

dioaktiven Strahlenquellen darf die Ortsdosis gemäss dieser Verordnung 10 mrem/Woche (d.h. ca. 500 mrem/Jahr) nicht übersteigen. Ferner dürfen Abgaben radioaktiver Stoffe aus Betrieben an die Umwelt Konzentrationen von Radionukliden in Luft und Wasser von höchstens 1/300 der für beruflich strahlenexponierte Personen geltenden Richtwerte verursachen. Diese Konzentrationen würden zu höchstens je 50 mrem/Jahr Ganzkörperdosis über Atemluft ($20 \text{ m}^3/\text{Tag}$) und Trinkwasser (2,2 Liter/Tag) führen. Die Festlegung der Abgabelimiten für KKW basiert auf einer Richtlinie¹⁾, gemäss der keine Person der Umgebungsbevölkerung durch Immissionen aus dem Werk eine Dosis von mehr als 20 mrem/Jahr erhalten darf. Eine eventuelle Direktstrahlung aus dem Werk (z.B. durch hochenergetische Gamma-Strahlung vom Zerfall von Stickstoff-16 im Primärkreislauf) darf ausserhalb des umzäunten Areals höchstens eine Ortsdosis von 10 mrem/Woche verursachen. Diese Direktstrahlung beschränkt sich stets auf ein eng begrenztes und unbewohntes Gebiet ausserhalb der Umzäunung, in dem sich Personen der Umgebungsbevölkerung nur kurze Zeit aufhalten. Eine weitere zahlenmässige Beschränkung dieser Ortsdosisisleistung soll dann erfolgen, wenn die über sämtliche Belastungspfade akkumulierte Jahresdosis von Einzelpersonen der Bevölkerung unter Berücksichtigung der zu erwartenden Expositionszeiten bzgl. direkte Strahlung den Wert 30 mrem überschreiten würde. Die zu erwartende Expositionszeit ist unter konservativen Annahmen und unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten festzusetzen.

Aufgrund dieser Richtlinie wird die Freisetzung radioaktiver Stoffe aus den Kernanlagen von der Bewilligungsbehörde (ASK) so limitiert, dass keine Person in der Umgebung eines Werkes unzulässig bestrahlt wird. Der Betreiber des Werkes ist verpflichtet, sämtliche radioaktiven Emissionen kontinuierlich zu messen und zu bilanzieren. Die Abteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (ASK) kontrolliert die Angaben des Betreibers durch stichprobenartige eigene Messungen und durch Ueberprüfung seiner Messgeräte. Darüber hinaus kontrollieren die Labors von ASK und KUER die Messresultate des Betreibers durch Parallelmessungen.

Zur Festlegung der Abgabelimiten²⁾ sowie zur Berechnung der Strahlenbelastung durch die tatsächlich erfolgten Abgaben des Werkes werden mathematische Modellrechnungen benutzt, die die Ausbreitung radioaktiver Stoffe, den Uebergang in Pflanzen und Nahrung und die Aufnahme in den menschlichen Körper beschreiben. Diese Modelle setzen unter anderem Kenntnisse über die meteorologische und topographische Situation am KKW-Standort sowie über die Ernährungsgewohnheiten der Bevölkerung voraus. Zur Bestimmung der Ablagerungsgeschwindigkeit von Jod (gasförmig) und Aerosolen auf Boden und Bewuchs, der Uebergangsfaktoren Luft → Gras → Milch, Boden → Pflanzen, Wasser → Fische etc. dienen nebst gezielten Experimenten auch die langjährigen Messreihen von radioaktivem Ausfall

1) "Ziele für den Schutz von Personen vor ionisierender Strahlung im Bereich von Kernkraftwerken". R-11, ASK-KSA-KUER (Mai 1980)

2) Diese Limiten können jederzeit neuen Verhältnissen oder Erkenntnissen angepasst werden

nach atmosphärischen Atombombenversuchen als wichtige Erfahrungswerte. Die Berechnung der Strahlendosen für einzelne Isotope oder Isotopengemische aufgrund vorgegebener Aktivitätskonzentrationen in Luft, Wasser und Nahrung geschieht gemäss der SSVO. Darin sind die nötigen Angaben zur Berechnung der Strahlenbelastung enthalten sowie für die meisten Isotope die Umrechnung Jahresaufnahme → Ganzkörper-bzw. Organdosis.

Die Emissionsüberwachung im KKW wird durch die Umgebungsüberwachung 1) ergänzt. Diese ergibt eine zusätzliche Sicherheit bei der Ermittlung der durch die tatsächlichen Abgaben verursachten maximalen Bevölkerungsdosen, da die aus den Emissionen mit Hilfe der Ausbreitungsmodelle berechneten Dosen mit gewissen Unsicherheiten behaftet sind. Durch die Umgebungsüberwachung wird die Ortsdosis an mehreren Stellen und die Radioaktivität aller wichtigen Belastungspfade stichprobenartig gemäss einem für jedes Werk spezifischen Mess- und Probenahmeprogramm erfasst. Dieses Programm umfasst die Messung der Radioaktivität von Luft, Aerosolen, Niederschlägen, Boden, Gras, Milch, Getreide, Gewässern, ausserdem von Wasserpflanzen, Schwebestoffen, Sedimenten und Fischen. Die Messungen, die der Kernkraftwerkbetreiber ausführt, werden stichprobenartig durch Messungen der KUER überprüft.

Aus den gemessenen Emissionswerten in Verbindung mit Ausbreitungs- und Dosisberechnungen und aus den Resultaten der Umgebungsüberwachung können die Dosen für Personen der Bevölkerung mit einer Genauigkeit hergeleitet werden, die die Ueberprüfung der Einhaltung des Dosisgrenzwertes von 20 mrem/Jahr gestattet.

Es ist wichtig, Radioaktivität und Strahlendosisleistung in der Umgebung eines KKW vor dessen Inbetriebnahme zu kennen. Deshalb wird im Rahmen der sog. radiologischen Beweissicherung das gesamte Umgebungsüberwachungsprogramm bereits einige Jahre vor Betriebsaufnahme in Kraft gesetzt 2). Beim Kernkraftwerk Gösgen-Däniken (KKG) wurden diese Messungen 1976 begonnen, die Betriebsaufnahme erfolgte im Januar 1979. Beim Kernkraftwerk Leibstadt (KKL) wurden die Messungen der Beweissicherung im Sommer 1979 begonnen. Die Ueberwachungsprogramme für die Beweissicherung werden zusammen mit der ASK, dem Service de la Protection de l'Air in Payerne (SPA) und den beteiligten Laboratorien und Messstellen geplant und durchgeführt. Da das KKL an der Landesgrenze liegt, wurden die Messprogramme sowie die Untersuchungsmethoden für die deutsche und die schweizerische Seite mit dem Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Sozialordnung des Landes Baden-Württemberg in Stuttgart und der Landesanstalt für Umweltschutz in Karlsruhe koordiniert.

1) vgl. auch H. Völkle, J. Halter, O. Huber und B. Michaud: "Umgebungsüberwachung von Kernkraftwerken: Methoden und Resultate". SVA-Vertiefungskurs: Strahlenschutz bei Planung, Betrieb und Unterhalt von Kernkraftwerken, HTL-Brugg 24.-26 März 1981

2) Berichte über die Beweissicherung des KKL und des KKG, H. Völkle, Ch. Murith, J. Czarnecki und J. Schuler, Freiburg-Würenlingen, Juni 1981

3.2. Emissionen aus Kernanlagen

Die flüssigen und gasförmigen Abgaben aus Kernanlagen an die Umwelt sowie die daraus berechneten maximalen Personendosen und die gemäss Reglement zulässigen Jahresabgaben sind in Tab. 6 zusammengestellt. Wie in den früheren Jahren lagen auch 1980 die Jahresabgaben und die dadurch bewirkten Dosen in der Umgebung unter den Limiten. Gemäss Meldung der ASK wurden im KKG am 6. Februar 1980 infolge einer Betriebsstörung an einem Ventil im Abgassystem während 2½ Stunden 75 Ci Edelgase an die Umwelt abgegeben, womit die Kurzzeitlimite von 30 Ci Edelgase/Stunde erreicht wurde. Diese kurzzeitige Abgabe verursachte am ungünstigsten Punkt in der Umgebung eine Dosis von < 0,1 mrem.

Die Abgaben der KKW werden getrennt nach Abwasser und Abluft (Edelgase, Aerosole, Jod) nuklidspezifisch bilanziert. Die Zusammensetzung der Abgaben geht aus den Tab. 7 und 8 hervor. Die Resultate von Parallelmessungen durch ASK und KUER zeigten 1980 im allgemeinen eine befriedigende Übereinstimmung mit den Messungen der Werke. Bei den Abwasserproben war sie, wie schon in den früheren Jahren, für die mehrheitlich löslichen Spaltprodukte (Caesium, Jod, etc.) besser als für die eher unlöslichen Aktivierungsprodukte (Mangan, Kobalt, Zink etc.), da es infolge Ablagerungen in den Messgefäßen zu Veränderungen der Messgeometrie kommen kann.

Gemäss den Auflagen in den Betriebsbewilligungen über die Abgabebegrenzung darf die Aktivitätskonzentration im Abwassertank 30 C_w^1 (EIR²), 10 C_w (Kernkraftwerk Beznau (KKB), Kernkraftwerk Mühleberg (KKM) und CN Lucens) bzw. 5 C_w (KKG) nicht übersteigen. Stichproben aus den Abwassertanks ergaben folgende maximalen Konzentrationen: KKB: 5 C_w , KKM: 1 C_w , EIR: $5 \cdot 10^{-4} \text{ C}_w$. Im KKB werden die radioaktiven Abwässer während der Abgabe mit nahezu inaktiven Wässern aus der Dampferzeuger-Abschlämmung verdünnt. Proben, die während der Abgabe eines Tanks aus der Abgabeleitung vor der Einmündung in die Aare entnommen wurden, zeigten Konzentrationen unter 3 C_w . In den je 12 Monatsmischproben aus Abwassertanks des KKM und des KKG lag die Konzentration immer unter $0,4 \text{ C}_w$ bzw. 10^{-3} C_w . Proben von Abwasser aus der ehemaligen "Centrale nucléaire expérimentale de Lucens" ergaben maximale Abwasserkonzentrationen von $7,5 \cdot 10^{-3} \text{ C}_w$ (290 pCi Caesium-137/Liter, 77 pCi Strontium-90/Liter und 0,37 µCi Tritium/Liter). Zwei Proben aus dem Kavernensumpf des CNL, wo sich eindringende Sickerwässer ansammeln, zeigten Aktivitäten von 180 bzw. 430 pCi Caesium-137/Liter, 20 bzw. 400 pCi Strontium-90/Liter und 0,9 bzw. 0,3 µCi Tritium/Liter. In einer Wasserprobe aus dem Experimentier-Reaktor CROCUS der ETH Lausanne vom 16.9.80 konnte keine Gamma-Aktivität festgestellt werden. Der Tritiumgehalt lag bei 5,7 µCi/Liter.

-
- 1) 1 C_w ist diejenige Aktivitätskonzentration im Wasser, die bei Dauerkonsum von 1,1 Liter/Tag an 250 Tagen pro Jahr (beruflich strahlenexponierte Personen) zu einer akkumulierten Dosis von 5 rem/Jahr führen würde
 - 2) Eidg. Institut für Reaktorforschung, Würenlingen

Nebst Abwasserproben wurden von ASK und KUER in den KKW auch Stichproben von Abgas, Aerosolfiltern und im KKG Aktivkohlepatronen zur Bestimmung des Jodausstosses zur Analyse entnommen. Eine Uebertragung der Vorschriften wurde in keinem Fall festgestellt.

3.3. Umgebungsüberwachung

3.3.1. Ortsdosis

Die Ortsdosis in der Umgebung der Kernanlagen wird mit Thermolumineszenzdosimetern (TLD) überwacht, die vierteljährlich ausgewertet werden. Die Genauigkeit der ermittelten Jahresdosen liegt bei 15-20%. An je 4 Stellen in der Umgebung jedes Werkes sind zusätzlich zu den werkeigenen TLD auch solche der KUER installiert.

1980 ergab die Ueberwachung mit TLD folgende Jahresdosen (inkl. natürlichem Untergrund in mrem 1)):

Umgebung EIR/SIN 2) und KKB

(35 Messstellen)

TLD-Stationen	Messwert EIR
- 1 Stelle auf der Insel Beznau 700 m vom KKB	69
- 6 Stellen um das KKB in 1 km Abstand	60± 5
- 1 Stelle im EIR-Areal (beim Abfalllager)	144
- 3 Stellen ausserhalb der Umzäunung des EIR in den beiden Hauptwindrichtungen; 0,5-1 km Entfernung	69; 65; 68
- 11 Stellen in 1 km Entfernung verteilt um das EIR	60± 5
- 10 Dosimeter in den umliegenden Ortschaften: Würenlingen, Stilili, Villigen, Klein-Döttingen, Full, Koblenz, am Stausee Klingnau	63± 3
- 2 Stellen in unmittelbarer Nähe von Backsteinmauern sind leicht höher	80; 83
- Muri AG	68

1) Bei Mittelwerten über mehrere Stellen ist die einfache Standardabweichung angegeben

2) Schweizerisches Institut für Nuklearforschung (SIN) in Villigen

Umgebung KKM
(26 Messstellen)

<u>Stationen im Bereich der Direktstrahlung (vgl. Fig. 4, S. 27, Jahresbericht 1978)</u>	Messwert KKM	Parallelmessung KUER 1)
- Umgehungs weg Waldrand E	258	
- Umgehungs weg Waldrand W	203	
- Oberer Waldweg (Vita Parcours) ESE	137	
- Oberer Waldweg (Vita Parcours) SW	146	109
- Weekendhaus, rechte Aareseite	126	
- Besucherpavillon	275	
- Entlang der Umzäunung: Alte Zufahrtsstrasse	286	
Südl. Maschinenhaus	485	
SW Reaktorgebäude (Knick Zaun)	324	
Zaunende Aare W KKM	100	
<u>Übrige Stationen:</u>	Messwert KKM	Parallelmessung EIR KUER 1)
- Mittel über alle Stellen (ohne jene im Bereich der Direktstrahlung)	92+10	93+5
- tiefste Werte: Leimeren hint. Rewag	81	85
Talmatt	72	82
80		98
- höchste Werte: Fuchsenried Ufem Horn	104	100
Mühleberg	111	97
105		75
- Niederruntigen	95	92
- Salvisberg	98	96
		71
		73

1) Radium-Institut Inselspital Bern

Umgebung KKG
(21 Messstellen)

TLD-Stationen	Messwert KKG	Parallelmessung KUER 1)
- Mittelwert aller Stationen	79 \pm 10	
- tiefste Werte: Olten Stadthaus Schönenwerd Magazin EGS Zofingen Stadt- werke	61 70 70	
- höchste Werte: Stüsslingen Trafo Lostorf Trafo Däniken SBB	98 97 93	
- Ober Gösgen Bollenfeld - Nieder-Gösgen 220 kV-Schalt- anlage ATEL - Aarau-Schachen - Dulliken Schulhaus	73 75 72 82	63 70 67 73
- 5 Stationen bis in 1 km Entfernung vom KKG	77 \pm 9	

Umgebung KKL
(17 Messstellen)

TLD-Stationen	Messwert KKL
- Mittelwert aller Stationen	75 \pm 9
- tiefste Werte: Reuenthal PTT-Mast KKL Besucher- pavillon Klein-Döttingen Stausee	52 65 66
- Höchste Werte: Metteberberg Trafo Reuenthal Dorf Wil Schulhaus	89 86 85

1) Radium-Institut Inselspital Bern

Diese Messungen zeigen Unterschiede der natürlichen Ortsdosis zwischen den einzelnen KKW-Standorten bis rund 50% (Mittelwert Umgebung KKB/EIR 62 mrem/Jahr, Umgebung KKM 92 mrem/Jahr). Auch innerhalb der Umgebung jedes einzelnen Reaktors treten lokale Unterschiede in der natürlichen Ortsdosis von bis zu 40 mrem/Jahr auf. Dafür ist die unterschiedliche Zusammensetzung des Bodens sowie für einzelne Messstellen die Nähe von Gebäuden verantwortlich. Die natürliche Ortsdosisisleistung hängt ausserdem von meteorologischen Faktoren ab. Da für alle Messstellen in der Umgebung eines Reaktors der zeitliche Gang der natürlichen Dosisisleistung als gleich betrachtet werden darf, wurde eine Methode entwickelt¹⁾, die gestattet, unter Berücksichtigung der örtlichen Variationen der natürlichen Ortsdosis, eventuelle auf Abgaben des KKW beruhende Dosiserhöhungen abzuschätzen, auch wenn diese kleiner sind als die Genauigkeit der einzelnen TLD.

Wie schwierig es ist, genaue absolute Messungen auszuführen, zeigt sich beim Vergleich der Resultate der Dosimeter des KKM mit denjenigen der KUER in der Umgebung des KKM. Der Unterschied ist auf systematische Fehler bei der Auswertung der TLD zurückzuführen, deren Ursachen in der Zwischenzeit abgeklärt wurden. Auf den Nachweis eines Einflusses durch das KKW, also von Aenderungen der Ortsdosis, hat der Wert des Untergrundes ohnehin nur einen kleinen Einfluss.

Zusätzlich zu den TLD wurden auch Messungen der Ortsdosis mit Hochdruckionisationskammern durchgeführt, sowohl kurze Messungen (einige Minuten) an 30-40 Stellen wie auch kontinuierliche Registrierungen über längere Zeit. 1980 ergaben sich auf das Jahr umgerechnet folgende Resultate in mrem/Jahr:

Kurze Messungen (einige Minuten)

Umgebung	Datum	Anzahl Stellen	Messwerte Streubereich	Mittelwert
KKL (Reaktor im Bau)	27. 6.80	32	61- 86	74 ⁺⁶
	22.10.80	32	63- 88	77 ⁺⁶
KKG	12. 9.80	38	66- 83	73 ⁺⁴
KKM 2)	18./26.9.80	50	71-102	84 ⁺⁷

1) J. Czarnecki, M. Baggenstos, J. Schuler und H. Völkle: Zur Interpretation von TLD-Messwerten der Umgebungsüberwachung von Kernkraftwerken. 4. Fachgespräch: Ueberwachung der Umweltradioaktivität. 10-12. März 1981 in München

2) Ohne Stellen im Bereich der Direktstrahlung

Kontinuierliche Registrerungen

Werk	Stelle	Dauer der Messung	Jahresdosis ¹⁾	TLD in der Nähe dieser Stellen
KKM	Ufem Horn (500m W)	11 Monate	99	97/111
KKM	BKW-Schaltzentrale (800m ENE)	11 Monate	92	92
KKB	WKW-Beznau (800m NE)	9 Monate	81	69
KKG	200kV-Schaltanlage ATEL (800m ENE)	11 Monate	77	75
KKL	Leibstadt-Bernau Zoll (1000m WSW)	5 Monate	81	75

Erhöhte Ortsdosen infolge Direktstrahlung

Dosismessungen in der unmittelbaren Umgebung des KKM und entlang der Umzäunung zur Erfassung der Direktstrahlung wurden am 18.9.80 durchgeführt (Fig. 4). Die Messungen ergaben ähnliche Resultate wie die in früheren Jahren durchgeföhrten Untersuchungen (vgl. Jahresbericht 1978, Fig. 4, Seite 27).

Im Frühjahr 1981 wurden nun die auf der SW-Seite des Reaktorgebäudes provisorisch gestapelten Abfallfässer verlagert, sodass die dadurch verursachte Direktstrahlung entlang des Umgehungsweges, SSW des Reaktorgebäudes, verkleinert worden ist, was durch Messungen bestätigt wurde.

Erhöhte Ortsdosen in der unmittelbaren Umgebung ausserhalb des umzäunten Areals sind auch beim EIR (durch Bestrahlungsanlage, Uebungsgelände, Verbrennungsanlage, Abfalllager) vorhanden. Es wurde hierüber ausführlich im Jahresbericht 1979 berichtet (Seite 13).

An 6 Stellen in der Umgebung des SIN wird die Neutronendosis mit speziellen Dosimetern des EIR registriert, um einen allfälligen Einfluss der Teilchenbeschleuniger des SIN festzustellen. Es ergeben sich folgende Resultate in mrem/Jahr:

EIR-Süd	<u>3+1</u>
Scheune Schödler (200m W SIN)	<u>6+1</u>
Scheune Fehlmann	<u>2+1</u>
Tüeliboden	<u>3+1</u>
SIN-Gästehaus (300m NNE)	<u>4+1</u>
Villigen	<u>2+1</u>
Ennetbaden	<u>3+1</u>

Nur "Scheune Schödler" und "SIN-Gästehaus" zeigen leicht erhöhte Werte. Aus den Messwerten der übrigen Stationen lässt sich der Mittelwert des natürlichen Neutronenuntergrundes zu $2,4+0,4$ mrem/Jahr abschätzen.

1) Genauigkeit: 5-10%

3.3.2. Aerosole

Die Radioaktivität der Aerosole wird durch Sammlung auf Vaselineplatten und durch monatliche Messung der Gesamt-Beta-Aktivität überwacht. 1980 ergaben sich folgende Resultate:

Standort	Anzahl Stellen	Mittelwert in mCi/km ²
EIR/SIN/KKB	1 EIR-Nord 6 übrige Stellen:	$2,0 \pm 0,1$ (EIR-Nord: Verbrennungsanlage teilweise in Betrieb) $1,2 \pm 0,1$
KKM	1 Murzelen 10 übrige Stellen:	$\leq 1,4$ $\leq 0,9$
KKG	4	$0,9 \pm 0,2$
KKL	4	$2,8 \pm 0,3$ (Die Messwerte von Januar und Dezember sind deutlich höher; eine Ursache konnte nicht gefunden werden)

Aerosole werden zusätzlich kontinuierlich auf Zellulosefiltern beim KKG (Niedergösgen, 220 kV-Schaltanlage ATEL), beim KKL (Full, Wasserreservoir beim Schützenhaus, seit Oktober 1980) und nördlich des EIR gesammelt und monatlich (EIR: wöchentlich) analysiert. Sie zeigten alle deutlich im Oktober und November, in Uebereinstimmung mit den Filtern von Freiburg, neue Spaltprodukte der chinesischen Atombombe vom 16.10.80. Ein Unterschied zu andern Landesgegenden war nicht feststellbar. Der Betrieb der Verbrennungsanlage für radioaktive Abfälle im EIR zwischen dem 18.6.80 und dem 21.6.80 sowie vom 27.10. bis 19.12.80 ergab nur eine unbedeutende Erhöhung der Radioaktivität der Aerosole.

Niederschlagsproben werden beim KKG (Niedergösgen, 220 kV-Schaltanlage) und seit Oktober beim KKL (Full, Wasserreservoir beim Schützenhaus) gesammelt und wöchentlich auf Gesamt-Beta-Aktivität untersucht. Es ergab sich keine signifikante Abweichung gegenüber Freiburg.

3.3.3. Kohlenstoff-14-Messungen an Laubblättern

Um festzustellen, ob die Kohlenstoff-14-Abgaben der KKW in Pflanzen der Umgebung zu einer Erhöhung dieses Nuklids führen, wurden, wie schon 1979 in der Umgebung des KKM, Baumblätter auf Kohlenstoff-14 ($T_{1/2} = 5570$ Jahre) untersucht und mit Blättern von möglichst unbeeinflussten Referenzstationen verglichen.

An den Referenzstationen nahm in den letzten Jahren die Kohlenstoff-14-Aktivität pro Jahr um ca. 20%¹⁾ ab, weil die durch at-

1) Die Kohlenstoff-14-Aktivität wird in % als relative Differenz zwischen der Probenaktivität und der des Standards angegeben (Stuiver und Polach, Radiocarbon 19, 1977)

mosphärische Kernwaffentests erhöhte Kohlenstoff-14-Konzentration im CO₂ der Luft (infolge Austausch mit den Ozeanen) abnimmt. In diesen Blättern liegt die Kohlenstoff-14-Aktivität heute noch ca. 300% über dem natürlichen Wert. Diese Erhöhung führt zu einer zusätzlichen Ganzkörperdosis von ca. 0,3 mrem/Jahr.

Anhand von einigen Stichproben wurde festgestellt, dass im Jahr 1980 die Kohlenstoff-14-Aktivitäten in Blättern aus der Umgebung des KKG und des KKL mit derjenigen in Blättern der Referenzstationen übereinstimmen. Dagegen wurde in drei Stichproben aus der Umgebung KKB/EIR/SIN eine leichte Erhöhung um ca. 50% gemessen. Die Quelle für diese Erhöhung wird abgeklärt.

3.3.4. Erde, Gras, Getreide, Milch

Proben von Erde, Gras, Getreide und Milch, die periodisch in der Umgebung von Kernanlagen erhoben werden, zeigten keine signifikanten Abweichungen der Radioaktivität zu entsprechenden Proben aus andern Landesgegenden. In Honigproben von 1980 aus der Umgebung des KKG konnte keine künstliche Aktivität festgestellt werden.

3.3.5. Wasser, Sedimente, Wasserpflanzen, Fische

Flusswasserproben oberhalb und unterhalb der Kernanlagen werden kontinuierlich gesammelt und wöchentlich auf Gesamt-Beta-Aktivität untersucht; sie ergaben 1980 meist Aktivitäten von 2 - 5 pCi/Liter. Nur vereinzelt wiesen die wöchentlichen Messungen von Aarewasser des KKM (oberhalb und unterhalb des Werkes) etwas höhere Werte auf, da die Messwerte infolge zu geringer Probenmengen stärker streuen. Parallelmessungen von Stichproben durch das Labor LDU¹⁾ ergaben jedoch keine erhöhten Werte. Die Tritium-Aktivität derselben Proben betrug 200 bis 400 pCi/Liter. Grundwasserproben aus Pumpwerken in der Umgebung der Kernanlagen zeigten Gesamt-Beta-Aktivitäten unter 5 pCi/Liter. Diese Messungen lassen somit keinen Einfluss der Kernanlagen erkennen.

Proben von Seston, Sediment und Wasserpflanzen aus den Flüssen unterhalb der Kernanlagen zeigten teilweise nebst den natürlichen Radionukliden auch Aktivitäten von Jod-131, Caesium-134 und -137, sowie Mangan-54, Cobalt-58, Cobalt-60 und Zink-65 etc., herrührend von den Kernanlagen. Jod-131 wird allerdings auch von Spitätern abgegeben. Aufgrund der Anreicherung von Radionukliden sind solche Proben sehr empfindliche Indikatoren für den Nachweis der Radioaktivität. Sie dienen nicht der menschlichen Ernährung und sind deshalb vom Standpunkt des Strahlenschutzes aus unbedenklich.

Proben von Fischfleisch (Filets) ergaben nebst natürlichem Kalium-40 lediglich Spuren von Caesium-137 (< 50 pCi/kg).

1) Laboratorium Dübendorf der KUER, c/o Abt. Radioaktivität der Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz

4. INDUSTRIEN, SPITÄLER

4.1. Abwasserreinigungsanlagen (ARA)

Sammelproben von Abwasser der Städte Zürich, Bern und Lausanne beim Auslauf aus den Abwasserreinigungsanlagen werden teils wöchentlich, teils monatlich auf Radioaktivität untersucht.

ARA Zürich-Werdhölzli: Die Alphaaktivität mit rund 1 pCi/Liter und die Tritiumaktivität mit ca. 300 pCi/Liter im Jahresmittel am Ausfluss der ARA entsprachen den im Niederschlag und den Oberflächengewässern festgestellten Werten. Der Jod-131-Gehalt betrug im Jahresmittel 70 pCi/Liter Abwasser, eine beträchtliche Abnahme gegenüber 1979 (115 pCi/Liter). Die für Vorfluter nach SSVO¹) geltende Limite, im Wochenmittel 200 pCi Jod-131/Liter, war noch während einer Woche mit durchschnittlich 340 pCi/Liter überschritten.

Der gesamte Jahresabfluss von Jod-131 über die ARA Zürich-Werdhölzli in die Limmat lässt sich für 1980 zu 6 Ci/Jahr errechnen. Daraus ergibt sich für die Limmat eine mittlere Aktivität von 2,5 pCi Jod-131/Liter. Der ständige Gebrauch dieses Wassers als Trinkwasser würde bei Erwachsenen zu einer Schilddrüsendosis von 4 mrem/Jahr führen (für Personen der Bevölkerung unter 16 Jahren erlaubter Höchstwert 1500 mrem/Jahr).

Messungen von Jod-131 in Schlammproben aus verschiedenen Stellen in der ARA zeigten, dass die Jod-131-Aktivität grösstenteils im Wasser gelöst bleibt und mit diesem an die Limmat abgegeben wird.

ARA Bern-Stuckishaus: Im Abwasser der ARA Bern-Stuckishaus werden seit März 1980 wöchentliche Proben entnommen. Die mittlere Jod-131-Konzentration betrug 23 pCi/Liter bei einem Maximalwert von 100 pCi/Liter. Aus der totalen Abgabe von 1,3 Ci Jod-131 errechnet sich im Wasser der Aare eine mittlere Aktivität von 0,4 pCi/Liter.

Mit einem Jahresmittel von 800 pCi/Liter (1979: rund 1000 pCi/Liter) lag der Tritiumgehalt in der ARA höher als derjenige im Niederschlag (Kap. 2.2.). Proben vom Glasbrunnen und Oberflächengewässern im Bremgartenwald wiesen einen ähnlichen Tritiumgehalt auf wie das Wasser der ARA. Diese Tritiumkonzentration liegt weit unter der für Vorfluter geltenden Limite von $3 \cdot 10^5$ pCi Tritium/Liter im Wochenmittel. Die gesamte Tritiumabgabe von 50 Ci/Jahr aus der ARA an die Aare erhöhte in dieser die Tritiumkonzentration im Jahresmittel um 13 pCi/Liter, einen Wert, der innerhalb der Messgenauigkeit liegt.

ARA Lausanne: Im Abwasser von Lausanne lagen im Jahresmittel die Alphaaktivität unter 1 pCi/Liter, die Gesamt-Betaaktivität bei 7 pCi/Liter und die Tritiumaktivität bei 200 pCi/Liter. Diese Werte haben sich gegenüber dem Vorjahr nicht wesentlich verändert; sie entsprechen auch denjenigen im Niederschlag und den Oberflächengewässern (vgl. 2.3.).

1) SSVO = Verordnung über den Strahlenschutz

4.2. Umgebung La Chaux-de-Fonds

Die Monatsmittelwerte der Tritiumaktivität im Niederschlag von "Anciens Moulins" lagen zwischen 380 und 1000 pCi/Liter, der gewichtete Jahresmittelwert bei 550 pCi/Liter gegenüber 1450 pCi/Liter im Vorjahr. Damit ist diese Tritiumaktivität noch rund doppelt so hoch wie im Niederschlag der Vergleichsstation Les Hauts-Geneveys. Bei einer Niederschlagsmenge von 1555 mm im Jahr 1980 ist in der Umgebung von "Anciens Moulins" knapp 1 Ci Tritium pro km² ausgeregnet worden, wovon rund die Hälfte der Leuchtfarben-industrie in La Chaux-de-Fonds zuzuschreiben ist.

Abwasserproben aus der ARA La Chaux-de-Fonds enthielten im Monatsmittel zwischen 40000 und 220000 pCi Tritium/Liter. Das Jahresmittel von 100000 pCi Tritium/Liter bedeutet gegenüber 1979 (137000 pCi/Liter) eine Abnahme; die total über die städtische ARA abgegebene Tritiumaktivität betrug 1980 800 Ci gegenüber 1000 Ci im Jahr 1979.

Stichproben von Abwässern aus dem städtischen Fernheizwerk und der regionalen Kehrichtverbrennungsanlage zeigten Tritiumkonzentrationen bis zu 10⁶ pCi/Liter. Damit ist ein erster Schritt zur Abklärung der Herkunft des hohen Tritiumgehaltes in der ARA ausgeführt.

3 Stichproben von Doubswasser oberhalb des Einflussbereiches von La Chaux-de-Fonds ergaben Aktivitäten zwischen 100 und 200 pCi Tritium/Liter, wie in anderen Schweizer Flüssen. Je 3 Stichproben aus 2 Quellen direkt am Doubs 2 km oberhalb und 300 m unterhalb La Rasse, die versickertes Wasser aus dem Raum La Chaux-de-Fonds enthalten, ergaben Aktivitätswerte zwischen 4000 und 18000 pCi Tritium/Liter; Proben aus der Ronde zeigten Werte zwischen 500 und 5000 pCi/Liter. Die 20 Wochenproben aus dem Doubs bei St. Ursanne ergaben Werte zwischen 500 und 5500 pCi Tritium/Liter.

Das Trinkwasser von La Chaux-de-Fonds, welches von der Areuse-schlucht stammt, unterscheidet sich im Tritiumgehalt nicht vom Trinkwasser anderer Städte.

4.3. Einzelne Industriebetriebe (In Zusammenarbeit mit der SUVA)

Radium-Chemie A.G. Teufen

Die Radium-Chemie A.G. Teufen gab 1980 über das Abwasser 0,4 Ci Tritium an die Kanalisation ab. Stichproben aus der ARA Teufen zeigten Tritiumkonzentrationen zwischen 1200 und 3000 pCi/Liter, gegenüber dem Vorjahr eine leichte Abnahme. Noch immer stammt ein wesentlicher Teil dieser Tritiumaktivität von Niederschlag, der über die Abluft der Radium-Chemie kontaminiert wird. Auch die Stichproben von Wasser der langjährigen Erhebungsstellen "Brunnen 140 m westlich des Kamins" und dem Bach, in den dieser Brunnen abfließt, weisen eine etwas kleinere Tritiumkonzentration als 1979 auf, nämlich (5-10) · 10⁵ pCi/Liter bzw. (1-4) · 10⁴ pCi/Liter. Das Trinkwasser von verschiedenen Stellen in der Gemeinde, gemessen 1979, wies Tritiumkonzentrationen zwischen 300 und 1800 pCi/Liter auf (entsprechend Jahresdosen von 0,05-0,3 mrem).

Die Tritiumaktivität im Niederschlag, 65 m östlich des Kamins der Radium-Chemie A.G., blieb mit Werten zwischen 2 · 10⁴ und 1,2 · 10⁵

pCi/Liter ungefähr auf dem Niveau der zweiten Hälfte 1979 (1. Hälfte 1979 $1,8 \cdot 10^5$ - $1,1 \cdot 10^6$ pCi Tritium/Liter). Seit dem Einbau einer Tritium-Rückgewinnungsanlage in den Fabrikationsbetrieben der Radium-Chemie Teufen ist die Konzentration im Regen merklich zurückgegangen.

Eine Erhebung von einzelnen Urinproben in der Umgebung der Radium-Chemie (50-400 m) im Mai 1980 erfasste 63 Personen, deren Urin schon im Oktober 1979 untersucht worden war. Unter der Annahme, dass die gemessene Tritiumkonzentration im Urin einer Person über das ganze Jahr konstant sei, lässt sich eine hypothetische Jahresdosis für diese Person berechnen; die so ermittelten Jahresdosen liegen durchwegs unter 10 mrem/Jahr. Die nach Art. 107 der SSVO zulässige Tritiumabgabe in die Atmosphäre würde zu 50 mrem/Jahr führen.

Die Gesamtbetaaktivität ($E_\beta > 150$ keV) lag im Wasser der ARA unter 10 pCi/Liter, im Bach bei der Leuchtfarbenfabrik unter 15 pCi/Liter. Für die Alphaaktivität aus der ARA Teufen wurde bei einer Stichprobe rund 1 pCi/Liter Wasser, wie in den Flüssen (vgl. 2.3.), für jene aus dem Bach 3,6 pCi/Liter gemessen.

Die Wohnhäuser Pfister und Zeller (vgl. Jahresbericht 1979) wurden auf Anordnung der SUVA im Verlauf von 1980 dekontaminiert. Die Lagerung der bei der Sanierung des Gebäudes anfallenden radiumhaltigen Gartenerde als radioaktiver Abfall fällt in den Zuständigkeitsbereich der Bewilligungsbehörde. Das Bundesamt für Gesundheitswesen wird einen Bericht über die vorgesehene Beseitigungsmethode ausarbeiten und diesen der SUVA und der KUER zur Stellungnahme unterbreiten.

Die Deponie List in Stein/AR soll teilweise saniert werden. Durch den Abfluss aus dieser Deponie ($2 \cdot 10^5$ - $9 \cdot 10^5$ pCi Tritium/Liter) wird der Tritiumpegel in der Sitter höchstens um einige 1000 pCi/Liter erhöht; eine radiologische Gefährdung ist dadurch nicht gegeben. Eine Stichprobe zeigte im Wasser der Sitter unterhalb der Deponie eine Tritiumkonzentration von 700 pCi/Liter.

Über die Deponie Bächli in Teufen (Zivilschutzgelände) wurde 1979 ausführlich berichtet.

Nuklear A.G., Merz und Benteli; Niederwangen BE

Mit dem Abwasser gab die Nuklear A.G. 1980 etwas weniger als 1 Ci Tritium an die Kanalisation ab.

Am Rande des Betriebsareals wurde 1980 die HTO-Luftkonzentration stichprobenweise überwacht. Gleichzeitige Probenahmen in den 4 Windrichtungen an 6 Tagen zeigten eine ausgeprägte Richtungsabhängigkeit der Tritiumkonzentration. Die ermittelten Werte lagen zwischen 30 und 20000 pCi/m³ Luft. Nach SSVO darf die Konzentration in der Luft an einem allgemein zugänglichen Ort aus Abgaben eines Betriebes im Jahresmittel die Limite von 30000 pCi Tritium als HTO/m³ Luft nicht übersteigen.

Die Nuklear A.G. Merz und Benteli fabrizierte bis 1964 Leuchtfarben mit Radium, bis 1974 solche mit Tritium in Bern-Bümpliz, seit-

her in Niederwangen; seit 1977 befindet sich die Liegenschaft in Bümpliz im Besitz der Stadt Bern. Eine Nachkontrolle der SUVA 80/81 ergab dort in den Gebäuden und auf dem Gelände an einzelnen Stellen stark erhöhte Ortsdosen bis zu 1 mrem/Stunde. Sollte sich eine Person 10 Stunden pro Woche an diesen Stellen aufhalten, so würde sie eine Dosis von 500 mrem/Jahr akkumulieren, was gemäss SSVO der höchstzulässigen Strahlendosis für Einzelpersonen der Bevölkerung entspricht. Weitere Untersuchungen im Hinblick auf die Sanierung sind eingeleitet.

Cerberus A.G., Männedorf und Volketswil

Im Werk Männedorf der Cerberus A.G. wird Tritium, im Werk Volketswil Americium-241 verarbeitet. Vierteljährliche Stichproben von Abwasser aus jedem der beiden Betriebe werden auf Alpha-, Gesamt-beta- und Tritiumaktivität untersucht. Erhöhte Tritiumkonzentrationen wurden erwartungsgemäss nur im Abwasser der Cerberus Männedorf mit 10000-50000 pCi/Liter (nach SSVO im Vorfluter erlaubt $3 \cdot 10^5$ pCi Tritium/Liter) festgestellt, erhöhte Alphakonzentrationen im Abwasser der Cerberus Volketswil mit bis zu 15 pCi/Liter (im Vorfluter für Americium-241 erlaubt 300 pCi/Liter).

5. TAETIGKEIT DES ALARMAUSSCHUSSES (AA) DER KUER

In den letzten Jahren durchgeführte Uebungen haben gezeigt, dass im Dringlichkeitsfall das Eintreffen eines Fachmannes für den Einsatz in der Ueberwachungszentrale (UWZ) des AA bei der Schweiz. Meteorologischen Anstalt (SMA) nicht immer möglich gewesen wäre. Seit Mitte Januar 1980 wurde deshalb an der UWZ ein Pikettdienst eingerichtet, der bei unmittelbarer radioaktiver Gefährdung zuständig ist, die Bevölkerung direkt zu warnen und ihr geeignete Schutzmassnahmen zu empfehlen.

Auch bei der Schweiz. Radio- und Fernsehgesellschaft wurde ein Pikettdienst organisiert. Im September 1980 hat die PTT eine Noteinschalt- und Sendestelle in Betrieb genommen, welche der Alarmorganisation ermöglicht, im Dringlichkeitsfall jederzeit Warnmeldungen über das Radio zu verbreiten.

Am 25. Juni 1980 hat der Bundesrat die Schaffung einer permanenten Einsatzgruppe bei der UWZ für den Fall drohender Gefahren beschlossen. Diese wird in den Jahren 1981-83 als Sektion UWZ aufgebaut und wird dem AA erlauben seine Aufgaben besser und zuverlässiger zu lösen.

Nach der Annahme des entsprechenden Projekts "Metalert" durch die Eidg. Räte (vgl. Jahresbericht 1979) wird der AA voraussichtlich 1984 über eine definitive Alarmzentrale (AZ) verfügen. Deshalb beschloss der Bundesrat am 27. August 1980 die Schaffung einer personellen Organisation für diese Anlage. Damit kann auch die Alarmorganisation für den Fall erhöhter Radioaktivität für Zeiten des Friedens und des aktiven Dienstes definitiv geregelt werden.

Der AA hat bei der Ausarbeitung des Alarmierungsmerkblattes für die Bevölkerung in Friedenszeiten mitgewirkt. Darin werden Sirenenzeichen und ihre Bedeutung für verschiedene Fälle ("Allgemeiner Alarm", "Strahlentalarm" und "Wasseralarm") aufgeführt. Ab September 1980 ist dieses Merkblatt auf der zweitletzten Seite der Telefonbücher abgedruckt.

Der Ausbau der raschen Alarmsysteme in der Umgebung der Kernkraftwerke (KKW) (vgl. Jahresbericht 1978) wurde fortgesetzt. In der Zone 1 (Nahzone) sind die Sirenen installiert, die Gemeindestäbe ausgebildet und ein Merkblatt an die Bevölkerung verteilt. Das Konzept des Alarmsystems für die Zone 2 (20 km) wurde von der Abteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (ASK) in Zusammenarbeit mit dem AA und dem Bundesamt für Zivilschutz ausgearbeitet und den betroffenen Kantonen Ende 1979 dargelegt. Die Installation von Sirenen in diesem Gebiet wird nächstens beginnen.

Am 13./14. November 1980 fand wieder eine Uebung der Alarmorganisation statt. Es wurde aufgrund einer hypothetischen Atombombenexplosion im benachbarten Ausland eine Verstrahlungslage angenommen, welche grosse Teile der Schweiz gefährdete. Die Atomwarnposten übten die Messung und Meldung der Dosisleistungen, die Polizeiübermittlungsstellen ihre Weiterleitung und die UWZ und der AA ihre Auswertung und Beurteilung. Die Laboratorien führten gleichzeitig einen breit angelegten Messvergleich an künstlich verstrahlten Umweltproben durch. Solche Uebungen werden angelegt, um Lücken aufzuzeigen, die nachher zu beheben sind.

6. ZUSAMMENFASSUNG: STRAHLENBELASTUNG DER SCHWEIZER BEVÖLKERUNG

Bis Ende Oktober 1980 war die künstliche Radioaktivität der Luft in der Schweiz sehr gering. Sie zeigte infolge der chinesischen Atombombe vom 16. Oktober in den Monaten November und Dezember einen leichten Anstieg, hauptsächlich an Spaltprodukten mittlerer Lebensdauer.

Im Jahr 1980 wurden die Abgabevorschriften von allen Kernkraftwerken und dem EIR eingehalten.

Seit dem Frühling 1980 werden Wasserproben aus der ARA Bern-Stukkishaus (neben Lausanne und Zürich) wöchentlich auf Gammastrahler und Tritium untersucht. Im Wasser der ARA Bern und Lausanne lagen die Konzentrationen an Radionukliden immer unter dem in Vorflutern erlaubten Grenzwert. Gegenüber dem Vorjahr ging im Jahresmittel die Jod-131-Konzentration in der ARA Zürich um rund 40% zurück; sie lag während einer Woche über dem in Vorflutern erlaubten Grenzwert.

Aufgrund der Radioaktivitätsmessungen der KUER und der von den Kontrollinstanzen ermittelten Dosen beruflich strahlenexponierter Personen lässt sich die mittlere Individualdosis in der Schweiz im Jahr 1980 ermitteln. Sie setzt sich, nach Ursachen aufgeteilt, folgendermassen zusammen:

6.1. Natürliche Strahlung

In der Schweiz variiert die natürliche Ortsdosis zwischen 50 mrem/Jahr im Jura und 300 mrem/Jahr in einzelnen Alpenregionen. Diese und die im Körper vorhandenen natürlichen Radionuklide, vor allem Kalium-40, verursachen im Mittel der schweizerischen Bevölkerung Dosen von 145 mrem/Jahr im roten Knochenmark und 105 mrem/Jahr in den Gonaden. Diese natürliche Strahlenbelastung kann als Vergleichsgröße bei der Beurteilung der aus künstlichen Quellen stammenden Dosen dienen.

6.2. Weltweiter Ausfall von Atombombenexplosionen

Die chinesische Atombombenexplosion vom 16.10.80 bewirkte 1980 in der Schweiz eine Individualdosis von weniger als 0,1 mrem. Dagegen rufen auf den Boden abgelagertes Caesium-137 und über die Nahrung in den Knochen eingebautes Sr-90 aus früheren Atombombenexplosionen Dosen von je 2 mrem/Jahr hervor. Weitere langlebige Radionuklide aus früheren Bomben, wie Tritium, Kohlenstoff-14, Rhodium-106 und Antimon-125 bewirken eine zusätzliche Bestrahlung, die aber gesamthaft unter 1 mrem/Jahr liegt.

6.3. Kleinquellen und erhöhte natürliche Bestrahlung

Der Einfluss ungleichmässig verbreiteter Kleinquellen, wie Farbfernsehgeräte und Leuchtzifferblätter, und einer erhöhten natürlichen Bestrahlung z.B. bei Flügen in grosser Höhe (kosmische Strahlung; ca. 0,5 mrem/Stunde in 10 km Höhe) oder beim Rauchen (Polonium-210) kann zu weniger als 1 mrem/Jahr abgeschätzt werden.

6.4. Kernanlagen

Die Immissionen sowohl über das Abwasser wie über die Abluft von Kernanlagen sind gering und meistens unter der Nachweisgrenze. Die möglichen Individualdosen in der Umgebung werden deshalb aus den Emissionen ermittelt. Die mit dem Abwasser abgegebene Radioaktivität führt zu hypothetischen Dosen von ca. 0,1 mrem/Jahr, diejenige mit der Abluft zu solchen von höchstens 3 mrem/Jahr. Lediglich die Schilddrüsendosis von Kleinkindern, die nur Milch von am kritischen Ort in der Umgebung des EIR grasenden Kühen getrunken hätten, hätte 4 mrem/Jahr betragen.

Die Radioaktivität der Immissionen in der Umgebung der KKW nimmt mit der Entfernung rasch ab. Deshalb ist auch die dadurch bewirkte mittlere Strahlenbelastung der Bevölkerung vernachlässigbar. Sie lag 1980 unter 1 mrem/Jahr, die Bestrahlung durch weltweit in der Atmosphäre verteilte langlebige Spaltprodukte aus der Kernenergie (Tritium, Kohlenstoff-14, Krypton-85, Jod-129) eingeschlossen.

Erhöhte Ortsdosen infolge Direktstrahlung in der unmittelbaren Umgebung ausserhalb der Umzäunung von Kernanlagen wurden beim KKM, dem EIR und der CNL festgestellt. Sie betrugen im Maximum wie 1979 beim KKM und beim EIR 500 mrem/Jahr und bei der CNL 400 mrem/Jahr. Die zusätzliche jährliche Personendosis (= Ortsdosis mal Aufenthaltsdauer pro Jahr) von Einzelpersonen aus der Bevölkerung an diesen in unbewohntem Gebiet liegenden Stellen liegt unter 20 mrem/Jahr. An keinem ständig bewohnten Ort in der Umgebung der Kernanlagen betrug die Ortsdosis durch Direktstrahlung über 2 mrem/Jahr.

6.5. Industrien und Spitäler

Industriebetriebe und Spitäler geben verschiedene Radioisotope mit dem Abwasser ab. Bei der Aufarbeitung zu Trinkwasser werden diese weitgehend entfernt, mit Ausnahme von Tritium, das als Wasserstoffisotop im Wasser gebunden ist. Die ausschliessliche Verwendung von Wasser aus dem Doubs unterhalb La Chaux-de-Fonds, dem Fluss mit der höchsten Tritiumkonzentration in der Schweiz, als Trinkwasser würde zu einer Dosis von weniger als 1 mrem/Jahr führen.

Die Auswertung von Urinproben von Anwohnern der Radium-Chemie A.G. Teufen/AR lässt den Schluss zu, dass die Abluft dieses Betriebes in der unmittelbaren Umgebung durch Einatmen von Tritium mit der Luftfeuchtigkeit zu Dosen von weniger als 10 mrem/Jahr führte. In einigen 100m Entfernung ist diese zusätzliche Dosis schon unmessbar klein.

6.6. Beruflich strahlenexponierte Personen

Im Jahre 1980 wurden von den drei Kontrollinstanzen 42174 beruflich strahlenexponierte Personen überwacht. Zusammen akkumulierten sie 2156 rem. Gemittelt über die Gesamtbevölkerung ergibt dies 0,35 mrem/Jahr. Dieser Wert ist massgebend für die Beurteilung der genetischen Effekte in der Bevölkerung.

6.7. Medizinische Anwendungen

Einer Erhebung aus dem Jahr 1971 gemäss ergibt sich für die Strahlenbelastung aus röntgendiagnostischen Untersuchungen eine genetisch signifikante Dosis von 40 mrem/Jahr bei einer mittleren Gonadendosis von 80 mrem/Jahr und einer mittleren Knochenmarkdosis von ca. 120 mrem/Jahr.

Nuklearmedizinische Untersuchungen ¹⁾ ergaben 1976 für die Bevölkerung von Basel-Stadt eine genetisch signifikante Dosis von 0,5 mrem/Jahr (mittlere Gonadendosis 10 mrem/Jahr).

6.8. Schlussfolgerung

Diesem Bericht kann entnommen werden, dass die zivilisatorische Strahlenbelastung der Schweizer Bevölkerung, mit Ausnahme des Beitrages durch medizinische Anwendungen, 1980 eine mittlere Jahresdosis von weniger als 10 mrem bewirkte. Dies ist mehr als zehnmal kleiner als die natürliche Strahlenbelastung. Die Strahlendosis durch röntgendiagnostische Untersuchungen ist etwa gleich gross wie die natürliche Dosis.

1) J. Roth: Die Bestimmung der Strahlenbelastung der Patienten in der Röntgendiagnostik und Nuklearmedizin. Kantonsspital Basel, Dezember 1978

Dem Vorsteher des Eidg. Departementes des Innern und dem Direktor des Bundesamtes für Gesundheitswesen sei der beste Dank für die Unterstützung der KUER und des Alarmausschusses der KUER in allen Belangen ausgesprochen. Ebenso möchten wir uns bei allen beteiligten Laboratorien und Probenahmestellen, insbesondere bei der Abteilung für die Sicherheit der Kernanlagen und der Sektion Strahlenschutz des Bundesamtes für Gesundheitswesen, für die vorzügliche Zusammenarbeit bedanken.

Zusammensetzung der Kommission:

Prof. Dr. O. Huber, Universität Freiburg, Präsident
Prof. Dr. J. Rossel, Universität Neuenburg, Vizepräsident
Prof. Dr. J.L. Mauron, Nestlé SA, Vevey
Prof. Dr. G. Poretti, Inselspital, Bern
Dr. G. Simmen, Dir. der Schweiz. Meteorologischen Anstalt, Zürich
Prof. Dr. W. Stumm, ETH, Zürich
Prof. Dr. J. Wellauer, Universitätsspital, Zürich

Auf Ende des Jahres 1980 sind die Herren Prof. Dr. J. Rossel, Prof. Dr. J.-L. Mauron und Dir. Dr. G. Simmen als Mitglieder der KUER zurückgetreten. An dieser Stelle möchte ihnen der Präsident der Kommission den besten Dank für ihren grossen Einsatz für die Belange der KUER aussprechen. Dies gilt in besonderem Masse für Prof. Rossel, der seit Bestehen der KUER als ihr Vizepräsident geamtet hat. Seine Erfahrung und sein Verantwortungsbewusstsein haben viel zur Erfüllung der Aufgaben der Kommission beigetragen.

Freiburg, Juli 1981 /mg

Anhang I

Die in diesem Bericht zusammengestellten Messwerte stammen von Analysen folgender Laboratorien:

- ARL Arbeitsgemeinschaft zur Ueberwachung der Radioaktivität der Lebensmittel (Präsident Dr. A. Miserez, Bundesamt für Gesundheitswesen, Bern)
- ASK Sektion Personen- und Umgebungsschutz der Abteilung für die Sicherheit der Kernanlagen, Würenlingen (S. Prêtre, Dr. J. Czarnecki, W. Jeschki, J. Schuler)
- CBE Institut für anorganische, analytische und physikalische Chemie, Universität Bern (Prof. Dr. H.R. von Gunten)
- EIR Abteilung Strahlenüberwachung des Eidg. Institutes für Reaktorforschung, Würenlingen (Dr. F. Alder, Dr. W. Görlich, Dr. E. Nagel)
- EPFL Institut d'électrochimie et de radiochimie, Eidg. Technische Hochschule, Lausanne (Prof. Dr. P. Lerch, J. Geering)
- LDU Laboratorium Dübendorf der KUER, c/o Abt. Radioaktivität der Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (Prof. Dr. W. Stumm, Frau Dr. M. Bezzegh, A. Lück)
- LFR Laboratorium Freiburg der KUER, c/o Physikalisches Institut der Universität (Prof. Dr. O. Huber, Dr. J. Halter, Dr. B. Michaud, L. Ribordy, Dr. H. Völkle, L. Baeriswyl, Frau M. Gobet)
- NESTEC Société d'assistance technique pour produits Nestlé S.A., La Tour-de-Peilz (Prof. Dr. J.L. Mauron, M. Arnaud, Frau I. Bracco)
- PBE Physikalisches Institut der Universität Bern (Prof. Dr. H. Oeschger, PD Dr. H. Loosli, U. Schotterer, Dr. U. Siegenthaler)
- SCCI Service cantonal de contrôle des irradiations, Genf (Prof. Dr. A. Donath)
- SUVA Sektion Physik der schweizerischen Unfallversicherungsanstalt, Luzern (Dr. D. Galliker, Dr. T. Lauffenburger)