

Zeitschrift: Bericht der Eidgenössischen Kommission zur Überwachung der Radioaktivität

Herausgeber: Eidgenössische Kommission zur Überwachung der Radioaktivität

Band: 18 (1974)

Rubrik: 18. Bericht der Eidg. Kommission zur Ueberwachung der Radioaktivitaet fuer das Jahr 1974 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: 15.01.2026

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

18. BERICHT DER EIDG. KOMMISSION
ZUR ÜBERWACHUNG DER RADIOAKTIVITÄT FÜR DAS JAHR 1974
ZUHANDEN DES BUNDES RATES¹⁾

VON PROF. DR. O. HUBER, PRÄSIDENT DER KOMMISSION, FREIBURG²⁾

1. EINLEITUNG

Der Mensch war seit jeher der natürlichen Strahlenbelastung dauernd ausgesetzt. Diese hat zusammen mit andern Effekten durch Mutationen zur Evolution der Arten beigetragen; sie dient daher als Vergleichswert für die Beurteilung jeder zusätzlichen Bestrahlung.

Mit der Entdeckung des radioaktiven Zerfalls, der Röntgenstrahlen und der Kernspaltung eröffnete sich ein weites Feld für Forschung, Medizin und Technik. Zahlreiche Anwendungen von Kernenergie und ionisierenden Strahlen haben wesentlich zur Verbesserung unserer Lebensbedingungen beigetragen und sind aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken. Sie bergen aber auch eine Gefahr für den Menschen, da eine Bestrahlung eine Zunahme der Krebshäufigkeit und andere somatische Schäden bewirken kann, sowie fähig ist, Mutationen (genetische Schäden) auszulösen, die sich erst bei den Nachkommen auswirken.

Über welche möglichen Belastungspfade die Umweltradioaktivität zur Strahlendosis des Menschen beiträgt, ist aus Figur 1 ersichtlich. Man unterscheidet zwischen externer und interner Bestrahlung, je nachdem, ob sich die radioaktiven Substanzen außerhalb des Körpers befinden oder über die Nahrung (Ingestion) oder die Atemluft (Inhalation) in den Körper gelangt sind (Inkorporation).

Die Ermittlung der Strahlenbelastung der Bevölkerung erfordert somit eine Radioaktivitätsüberwachung der gesamten Biosphäre, d.h. Luft, Wasser, Boden, Nahrung, menschlichen Körper etc.

1) Texte français, voir page 42

2) Der Bericht wurde in Zusammenarbeit mit Dr. J. Halter, dipl. phys. H. Völkle und Dr. B. Michaud (Freiburg) verfasst

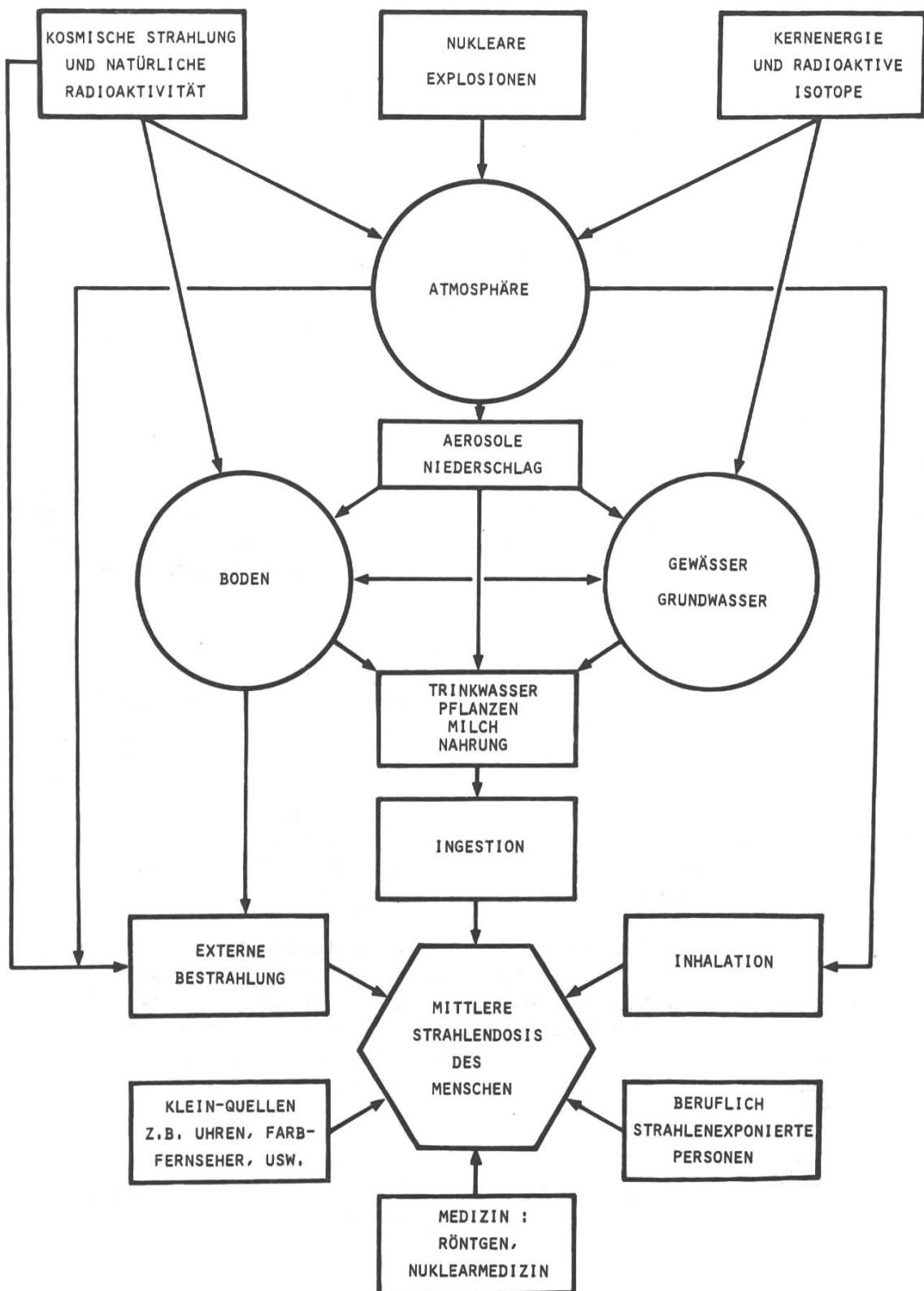


Fig. 1. Strahlenbelastung des Menschen: Ursachen und Belastungspfade (FR)

Diese Kontrolle ist Aufgabe der Eidg. Kommission zur Ueberwachung der Radioaktivität (KUER)¹⁾. Während noch vor zehn Jahren das Hauptaugenmerk auf den Auswirkungen nuklearer Explosionen lag, sind heute in erster Linie die Immissionen, verursacht durch radioaktive Abluft und Abwässer aus Kernkraftwerken, sowie aus Radioisotope verarbeitenden Industrien und Spitätern, Gegenstand der Ueberwachung.

2. ALLGEMEINE RADIOAKTIVITÄTSÜBERWACHUNG

Natürliche Strahlendosis

Wie frühere Erhebungen gezeigt haben, beträgt die mittlere natürliche Strahlenbelastung in der Schweiz 150 mrem/Jahr²⁾ (extern 122 mrem/Jahr, intern 30 mrem/Jahr); die externe Dosis hängt stark von der geologischen Formation des Bodens ab und schwankt je nach Ort zwischen 60 und 350 mrem/Jahr. So ergab eine Messung an verschiedensten Punkten der Stadt Fribourg externe Bestrahlungsdosen zwischen 7,5 $\mu\text{R}/\text{h}$ ³⁾ (entsprechend 66 mrem/Jahr) und 10,4 $\mu\text{R}/\text{h}$ (entsprechend 91 mrem/Jahr). Neben einem Findling wurde eine externe Dosis von 20 $\mu\text{R}/\text{h}$ (entsprechend 175 mrem/Jahr) registriert.

2.1. Radioaktiver Ausfall von Kernwaffentests

1974 wurde, wie erwartet, gegenüber 1973 ein leichter Anstieg der Radioaktivität von Luft und Niederschlägen infolge Absetzens von Spaltprodukten der chinesischen 1-2 Mt-Bombe vom 27.6.73 festgestellt. Am 17.6.74 wurde von der chinesischen Volksrepublik in Lop Nor eine weitere Wasserstoffbombe von ca. 1 Mt zur Explosion gebracht. Ihre Spaltprodukte konnten anfangs Juli erstmals in der Schweiz nachgewiesen werden. 8 französische Atombomben kleineren Kalibers (ca. 10 kt) wurden auf Mururoa im Südpazifik in der Zeit vom 16.6. bis 15.9.74 gezündet, haben aber keine Auswirkungen auf die Luftaktivität in der nördlichen Hemisphäre.

2.2. Luft (Fig. 2 - 5)

Die Radioaktivität der Luft wird in der Schweiz an 10 Stellen überwacht. Die Aerosole (Luftstaub) werden auf Papierfilter gesammelt und deren Radioaktivität kontinuierlich registriert. Zur Messung der Radioaktivität in grosser Höhe (8'000 bis 14'000m) wird ein Luftfiltrieraggregat an einem Flugzeug befestigt. Die Luftfilterproben werden anschliessend in den Labors analysiert.

-
- 1) Ueber die Zusammensetzung der Kommission sowie die an den Messungen beteiligten Labors gibt der Anhang Auskunft
 - 2) Die biologische Wirkung ionisierender Strahlen wird in rem angegeben (1 rem = 1000 mrem)
 - 3) 1 $\mu\text{R}/\text{h}$ (mikro-Röntgen/std.) \equiv 8,76 mrem/Jahr

Die künstliche Radioaktivität der Aerosole (ohne Edelgase) hat sich im Jahresdurchschnitt 1974 infolge der chinesischen H-Bombe vom 27.6.1973 gegenüber dem Vorjahr um einen Faktor 5 erhöht, liegt aber immer noch etwa 30 mal tiefer als das höchste Jahresmittel, das 1962 registriert wurde.

Die mittlere künstliche Aktivität (ohne Alphastrahler) der Bodenluft (Aerosole) lag 1974 bei $0,14 \text{ pCi/m}^3$ Luft¹⁾, was zu einer Ganzkörperdosis durch Inhalation von rund 0,2 mrem/Jahr führte. Dagegen liegt die natürliche Aktivität der Aerosole, die durch die Zerfallsprodukte der Isotope Radon-222 und -220 verursacht wird, wesentlich höher. So wurden für das aus der Uran-Radium-Reihe stammende natürliche Radon-222 Aktivitäten zwischen 30 und 300 pCi/m^3 ermittelt, was eine Lungendosis zwischen 15 und 150 mrem/Jahr verursacht.

Die Alpha-Aktivität der Aerosole lag 1974 zwischen $0,2 \cdot 10^{-3}$ und $1,4 \cdot 10^{-3} \text{ pCi/m}^3$ und besteht, wie frühere Messungen gezeigt haben, zum grössten Teil aus dem natürlichen Polonium-210, während das gefährlichere Plutonium-239 nur wenige % davon ausmacht.

2.3. Niederschläge (Tab. 1 - 2)

Auch im Niederschlag, der an 5 Stellen in der Schweiz wöchentlich gesammelt wird, wurde 1974 ein leichter Anstieg der künstlichen Aktivität festgestellt.

	1963	1973	1974
mittlere Aktivität im Niederschlag pCi/l	480	7	19
dem Boden zugeführte Aktivität mCi/km^2	810	13	23

Im Gegensatz zum Niederschlag setzt sich auf dem Erdboden durch trockene Staubablagerung nur sehr wenig Aktivität ab (1974: $0,62 \text{ mCi/km}^2$).

Das im Niederschlag vorhandene Tritium, das grösstenteils von H-Bombenexplosionen stammt, ist Gegenstand spezieller Untersuchungen. Das Jahresmittel betrug 1974 für die Station Locarno 300 pCi/l und für jene von Bern 730 pCi/l . Der höchste Einzelwert einer Wochenprobe wurde Ende November in Zürich festgestellt. Er lag bei 4600 pCi/l .

1) 1 pCi (pico-Curie) = 10^{-12} Ci (Curie) $\approx 2,2$ radioaktive Zerfälle/Minute

2.4. Oberflächengewässer, Trinkwasser

Die mittlere Beta-Aktivität der untersuchten Oberflächengewässer (Seen und Flüsse) lag bei 4 pCi/l, die Alpha-Aktivität bei 1 pCi/l.

In Plankton und Schwebestoffen wurden Aktivitäten von 10-40 pCi/g TS (Trockensubstanz), bei Wasserpflanzen von 20-30 pCi/g TS und bei Fischen von 2-3 pCi/g TS gemessen. Bei diesen Proben besteht der grösste Teil der Aktivität aus natürlichem Kalium-40.

Die Beta-Aktivität in Trinkwasserproben lag 1974 im Mittel bei 2,5 pCi/l (Toleranzkonzentration eines nicht analysierten Gemisches für die Allgemeinbevölkerung: 30 pCi/l).

2.5. Erdboden.

Bodenproben werden an 5 Stellen zur Untersuchung auf Gamma-Strahler und Strontium-90 entnommen. Sie ergaben folgende Resultate:

		Kalium-40 (natürlich) pCi/kg TS	Caesium-137 pCi/kg TS	Strontium-90 pCi/kg TS
Mittelland	obere Schicht (0-5cm)	11'000-20'000	200-800	100-300
Alpen (Davos- Stillberg)	obere Schicht (0-5cm)	~17'000	7'600	2'000
	untere Schicht (5-15cm)	~19'000	230	700

Da in den letzten Jahren im Mittelland kein systematischer Unterschied zwischen oberer und unterer Schicht festzustellen war, wurden die Untersuchungen ab 1974 auf die obere Schicht beschränkt.

Die Caesium-137-Kontamination des Erdbodens im Mittelland verursachte im Berichtsjahr eine externe Ganzkörperdosis von rund 2 mrem/Jahr, während der Dosisanteil des Beta-Strahlers Strontium-90 vernachlässigbar ist.

2.6. Gras, Milch und weitere Lebensmittel (Fig. 6, Tab. 3)

Gras- und Milchproben werden zur Analyse auf Gamma-Strahler und Strontium-90 an denselben Stellen entnommen wie die Bodenproben, Milchproben zusätzlich an einigen weiteren Stellen.

		Kalium-40 (natürlich)	Caesium-137	Strontium-90
Gras/Heu pCi/kg TS	Mittelland	21'000-30'000	100-260	100-800
	Alpen (Davos- Stillberg)	19'200	800	4'000
Milch pCi/l	Mittelland	1'100-1'800	7-17	4-10
	Alpen: Davos- Stillberg	1'610	119	76
	Mürren	1'330	---	30

Aehnliche Werte wie in Gras und Heu konnten auch in Silage und Kraftfutter festgestellt werden.

In Getreide und Mahlprodukten der Ernte 1973 zeigte sich ein schwacher Rückgang der Strontium-90-Aktivität gegenüber dem Vorjahr (Strontium-90 im Weizen: 1972: 33 pCi/kg, 1973: 29 pCi/kg). In weiteren Proben von Lebensmitteln wie Brot, Früchte, Gemüse und Fische konnten nur geringe Mengen von Strontium-90 gefunden werden. Lediglich in Proben von ausländischen Morcheln wurden höhere Strontium-90-Werte gemessen (Pakistan: 60 pCi/kg Frischgewicht, UdSSR: 176 pCi/kg).

2.7. Menschlicher Körper (Fig. 7, Tab. 4)

Der Strontium-90-Gehalt in menschlichen Knochen änderte sich in den letzten Jahren nur wenig. Er lag bei 1,2 SE (1 SE = 1 Strontium-Einheit = 1 pCi Strontium-90/g Calcium), entsprechend einer Dosis von 3 mrem/Jahr in den blutbildenden Organen.

Untersuchungen von Milchzähnen von Kindern der Jahrgänge 1960-1967 ergaben ein Maximum von rund 8 SE für das Geburtsjahr 1964 mit einem Abfall auf 4 SE für dasjenige von 1967. Für Kinder der Jahre 1960-1967 aus dem Tessin liegt der Strontium-90-Gehalt in den Milchzähnen systematisch etwas höher als für die übrige Schweiz. Dasselbe gilt auch für den Strontium-90-Gehalt in Kno-

chen Erwachsener. Messungen der Radioaktivität im menschlichen Körper wurden an Personen aus Zürich und Genf durchgeführt und ergaben die folgenden Resultate:

Mittelwerte aus Aktivitätsbestimmungen im Ganzkörperzähler

		Alter	pCi Caesium-137 pro kg Körperge- wicht	pCi Kalium-40 pro kg Körperge- wicht
Zürich	1972	Männer	19-30	60
Genf	1973	"	16-20	25
Genf	1974	"	16-20	18
Zürich	1972	Frauen	19-30	42
Genf	1973	"	16-20	16
Genf	1974	"	17-20	14

Die Caesium-137-Konzentrationen im Körper 1973 und 1974 bewirken Dosen von ca. 0,2 mrem/Jahr, während das natürliche Kalium-40 eine solche von 20 mrem/Jahr verursacht.

3. KERNANLAGEN (Fig. 8-14, Tab. 5-7)

Die Erstellung und der Betrieb von Reaktoranlagen ist im Bundesgesetz über die friedliche Verwendung der Atomenergie und den Strahlenschutz vom 23.12.59 geregelt. Im Bewilligungsverfahren werden dem Betreiber auch Vorschriften über die Abgabe radioaktiver Stoffe an die Umgebung gemacht. Da in den kommenden Jahren mehrere neue Anlagen in Betrieb genommen werden, haben die Abteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (ASK), die Eidg. Kommission für die Sicherheit der Atomanlagen (KSA) und die Eidg. Kommission zur Ueberwachung der Radioaktivität (KUER) ein Konzept zur Abgabe radioaktiver Stoffe der Atomanlagen an die Umgebung ausgearbeitet. Das Ziel dieses Konzeptes wird folgendermassen formuliert: "Jede Person aus der Umgebungsbevölkerung eines Kernkraftwerkes darf höchstens mit einer zusätzlichen Dosis bestrahlt werden, die innerhalb der Schwankungsbreite des natürlichen Untergrundes an einem Ort liegt, also maximal 20 mrem/Jahr Ganzkörperbestrahlung (bzw. 60 mrem/Jahr für die Schilddrüse eines Kleinkindes)." Diese Begrenzung gilt insbesondere für den sogenannten kritischen Ort, d.h. den Punkt in der Umgebung der Anlage, wo die grösste Immission auftritt, sowie für (hypothetische) kritische Bevölkerungsgruppen, d.h. Personen, die ihren gesamten Trinkwasserbedarf ständig aus dem Vorfluter unterhalb der Anlage decken würden, oder Kleinkinder, die ausschliesslich Milch von Kühen trinken würden, die am kritischen Ort grasen.

Diese Limiten liegen wesentlich tiefer als der in der Verordnung über den Strahlenschutz vom 19.4.1963 festgelegte Grenzwert von 500 mrem/Jahr. Erfahrungen mit mehr als 30 Kernkraftwerken im

In- und Ausland haben jedoch eindeutig gezeigt, dass derart strenge Grenzen tatsächlich eingehalten werden können. Wie aus den nachfolgenden Ergebnissen der Ueberwachung hervorgeht, wurde auch 1974 die im Konzept festgelegte Limite von den Anlagen Beznau und Mühleberg eingehalten, obwohl sie noch nicht in Kraft ist.

Dieses Konzept gelangt bei allen zukünftigen Anlagen zur Anwendung und die gegenwärtig gültigen Vorschriften bestehender Anlagen werden ihm angepasst. Bei der Anwendung werden zudem die meteorologischen (Verteilung des Windes), hydrologischen (Wasserführung des Vorfluters), topographischen und baulichen (z.B. Kaminhöhe) Verhältnisse berücksichtigt. Diese Gegebenheiten bestimmen den Verdünnungsfaktor für die Abluft, der bei bekanntem Ausstoss die Berechnung der Strahlenbelastung an einem Punkt in der Umgebung ermöglicht. Für die Strahlenbelastung durch die Abluft sind in erster Linie die Edelgase ausschlaggebend, die beim Durchgang der Abluftfahne zu einer externen Bestrahlung führen, sowie das Iod, das auf dem Weg Luft-Gras-Milch zu einer Strahlenbelastung der Schilddrüse - vor allem bei Kleinkindern - führen kann. Die Festlegung der Abwasserlimiten geht von der Hypothese aus, dass während des ganzen Jahres Wasser aus dem Vorfluter unterhalb der Anlage direkt als Trinkwasser benutzt wird, wobei für die Berechnung vollständige Durchmischung mit dem Abwasser und mittlere Wasserführung angenommen werden.

Durch eine Auflage zur Betriebsbewilligung wird der Kraftwerkbetreiber verpflichtet, sämtliche radioaktiven Abgaben über Abluft und Abwasser zu registrieren und den Behörden (KUER und ASK) darüber Bericht zu erstatten. Zusammen mit der ASK kontrolliert die KUER diese Abgaben sowie die Messmethoden des Kernkraftwerkes durch Entnahme von Stichproben. Zur Ermittlung der Belastung der Umgebung durch radioaktive Immissionen werden gemäss Reglement für die Umgebungsüberwachung folgende Proben aus der Umgebung periodisch erhoben:

Luftpfad: Staubniederschlag, Erdboden, Gras, Futter, Getreide, Milch

Wasserpfad: Oberflächen- und Grundwasser, Plankton und Schwebestoffe, Wasserpflanzen, Fische, Trinkwasser

Die im Rahmen dieses Programmes in der Umgebung von Kernkraftwerken erhobenen Proben zeigten Aktivitäten, die durchwegs innerhalb der Streubreite der Messwerte entsprechender Proben aus der übrigen Schweiz lagen (vgl. 2.4., 2.5., 2.6.).

Zudem wird die Ortsdosis an mehreren Stellen in der Umgebung kontinuierlich gemessen.

3.1. Kernkraftwerk Mühleberg (Siedewasserreaktor)

1974 wurden über die Abluft folgende Mengen an radioaktiven Edelgasen abgegeben:

<u>Isotope</u>	<u>Aktivität</u>	<u>Halbwertszeit</u>
Xe-133	73'000 Ci	5,28 Tage
Xe-135	37'000 Ci	0,38 "
Kr-85 ^m	14'000 Ci	0,18 "
Kr-87	2'500 Ci	0,05 "
Kr-88	9'000 Ci	0,11 "
sowie I-131	0,6 Ci	8,07 "

Die aufgrund dieses Ausstosses berechnete Jahresdosis am kritischen Ort beträgt ~ 6 mrem; über die Umgebung gemittelt ist sie wesentlich kleiner. Die ebenfalls aufgrund des Ausstosses berechnete Iod-Dosis für die Schilddrüse eines Kleinkindes (kritische Bevölkerungsgruppe) ist kleiner als 20 mrem/Jahr.

Die nachfolgende, etwas eingehender beschriebene Untersuchung möge als Beispiel für die Empfindlichkeit der Ueberwachung von Kernkraftwerken dienen: Die Emission von radioaktivem Iod aus dem Kernkraftwerk wird bei Normalbetrieb durch eine Aktivkohleanlage stark reduziert. Lediglich beim Abschalten kann beim Ablassen der Containment-Luft etwas mehr Iod in die Umgebung gelangen. Das über das Gras aufgenommene Iod reichert sich in den Schilddrüsen von Kühen an und ist dort einige tausend mal konzentrierter als in der Milch desselben Tieres. Aus diesem Grund wurden während der Grünfütterungsperiode Schilddrüsen von geschlachteten Kühen aus der Umgebung von Mühleberg und als Vergleich solche aus der Umgebung von Fribourg untersucht. Mit dieser empfindlichen Methode konnte sowohl das von der chinesischen H-Bombe (17.6.74) stammende, sowie das hauptsächlich nach dem Abschalten des Reaktors (Mitte August und Mitte Oktober) abgegebene Iod festgestellt werden. Beim zweiten Abstellen bewirkte die stabile Wetterlage eine Kanalisation in Richtung von Salvisberg, was zur Folge hatte, dass dort kurzfristig auch in der Milch Iod-Aktivitäten nachweisbar waren. Die Messwerte von drei untersuchten Proben lagen zwischen 2 und 8 pCi/l Frischmilch und klangen exponentiell ab, in Uebereinstimmung mit dem für diesen Fall gültigen Modell. Das Maximum der Iod-Aktivität kann zwischen 20 und 25 pCi/l angenommen werden. Ein Kleinkind, das nur Milch von diesem Hof getrunken hätte, wäre zusätzlich mit etwa 5 mrem (Schilddrüse) belastet worden.

Die Registrierung der Dosisleistung während einem Monat an einer Stelle 800 m ONO der Anlage ergab an einem einzigen Tag eine schwache Erhöhung gegenüber dem natürlichen Untergrund, was an diesem Ort zu einer zusätzlichen Dosis von 0,04 mrem führte.

Ueber das Abwasser wurden 1974 Radionuklide entsprechend einem Aequivalent von 0,6 Ci Strontium-90 an die Aare abgegeben, was bei ausschliesslichem Aarewasserkonsum (kritische Bevölkerungsgruppe) eine Ganzkörperdosis von höchstens 2 mrem/Jahr zur Folge gehabt hätte. Dabei muss in Betracht gezogen werden, dass die Zuordnung der nicht analysierten Aktivität zum gefährlichsten Isotop (Strontium-90) einen zu pessimistischen Wert liefert.

Die im Kraftwerk beschäftigten 248 Personen (davon 100 betriebs-eigenes Personal) akkumulierten zusammen eine Dosis von 205 rem, was pro Kopf der Schweizer Bevölkerung eine mittlere Belastung von 0,03 mrem/Jahr ergibt.

3.2. Kernkraftwerke Beznau I und II (Druckwasserreaktoren)

1974 wurden von den beiden Anlagen zusammen Edelgase entsprechend einem Aequivalent von 8250 Ci Xenon-133 und $7,5 \cdot 10^{-3}$ Ci Iod-131 über die Abluft abgegeben. Die aufgrund dieses Ausstosses berechnete Jahresdosis für den kritischen Ort liegt bei 2 mrem; die über die ganze Umgebung gemittelte Dosis liegt wesentlich tiefer. Die ebenfalls aufgrund des Ausstosses berechnete Iod-Dosis für die Schilddrüse eines Kleinkindes (kritische Bevölkerungsgruppe) ist kleiner als 3 mrem/Jahr.

Die Dosisüberwachung in der Umgebung ergab an keinem Punkt eine signifikante Erhöhung (Messgrenze: 10 mrem/Jahr) gegenüber der Vergleichsstation Muri/AG.

Ueber das Abwasser wurde 1974 eine totale Aktivität von 11 Ci (ohne Tritium) und 837 Ci Tritium an die Aare abgegeben, was bei ausschliesslichem Aarewasserkonsum zu einer Jahresdosis von 0,08 mrem (Tritium: 0,008 mrem/Jahr) geführt hätte.

Die in den beiden Anlagen beschäftigten 493 Personen (davon 250 betriebseigenes Personal) akkumulierten zusammen eine Dosis von 440 rem, was pro Kopf der Schweizer Bevölkerung eine mittlere Strahlenbelastung von 0,07 mrem/Jahr ergibt.

3.3. Eidg. Institut für Reaktorforschung (EIR, Würenlingen)

Von den Reaktoren und Laboratorien des EIR wurden 1974 275'000 Ci Argon-41, 210 Ci Tritium, 0,5 Ci Iod-131 und 0,19 Ci Brom-82 über die Abluft abgegeben. Die durch Brom-82 und Tritium in der Umgebung verursachten Dosen sind vernachlässigbar klein. Berechnungen ergaben für Kleinkinder der kritischen Bevölkerungsgruppe eine durch Iod-131 hervorgerufene Schilddrüsendosis von höchstens 18 mrem/Jahr. Die durch den Argon-41-Ausstoss am kritischen Punkt bewirkte externe Dosis wurde unter konservativen Annahmen zu höchstens 115 mrem/Jahr berechnet. Die am kritischen Punkt gemessene Dosis ergab gegenüber einer Vergleichsstation eine Erhöhung von lediglich 60 mrem/Jahr. In den Wohngebieten um das EIR liegen die zusätzlichen Jahresdosen durchwegs unter 10 mrem/Jahr (Nachweisgrenze der Thermolumineszenz-Dosimeter).

Die obige Argon-41-Abgabe ist nach dem für das EIR noch gültigen Abgabereglement zulässig. Das Argon stammt aus dem Reaktor "Diorit", der spätestens in zwei Jahren stillgelegt wird.

Ueber das Abwasser wurden vom EIR 1974 3 Ci totale Aktivität abgegeben, was bei ausschliesslichem Aarewasserkonsum als Trinkwasser eine zusätzliche Jahresdosis von 0,2 mrem verursacht hätte.

Die im EIR tätig gewesenen 742 Personen (davon 287 beruflich strahlenexponierte Personen) akkumulierten 1974 zusammen eine Dosis von 84 rem, was pro Kopf der Schweizer Bevölkerung eine mittlere Strahlenbelastung von 0,01 mrem/Jahr ergibt.

3.4. Ehemalige Centrale nucléaire expérimentale Lucens

Seit der Stilllegung der Anlage im Jahre 1969 fallen noch kleinere schwach-aktive Abwassermengen an. Es handelt sich dabei um Sickerwasser, das sich am tiefsten Punkt der Kaverne sammelt. 1974 wurden total $4,4 \cdot 10^{-4}$ Ci (1973: $1,4 \cdot 10^{-3}$ Ci) langlebige Spaltprodukte an die Broye abgegeben. Die Aktivitäten des Abwassers lagen zwischen 750 und 2200 pCi/l, was zu einer vernachlässigbaren Aktivitätserhöhung des Broyewassers führte.

4. RADIOISOTOPE VERARBEITENDE INDUSTRIEN UND GROSSVERBRAUCHER RADIOAKTIVER STOFFE

Radioaktive Immissionen in den öffentlichen Bereich können auch von Betrieben verursacht werden, die radioaktive Stoffe in grösseren Mengen verarbeiten. Die zulässigen Abgabelimiten für solche Betriebe sind in Artikel 107 und 109 der Verordnung über den Strahlenschutz festgelegt. Als Kontrollbehörde wirkt in Betrieben, welche der Versicherung gemäss dem zweiten Teil des Kranken- und Unfallversicherungsgesetzes unterstehen, die SUVA, in den andern das Eidg. Gesundheitsamt. Die Ueberwachung dieser Betriebe geschieht mittels Stichproben aus den Gewässern unterhalb dieser Anlagen. Ferner wurden am Ausfluss der Abwassereinigungsanlagen von Zürich-Werdhölzli (ab 1.1.74) und Lausanne (ab 26.8.74) kontinuierliche Probensammler eingerichtet, die eine wöchentliche Ueberwachung des Wassers auf Alpha-, Beta- und Tritium-Aktivität gestatten, womit alle wichtigen Isotope erfasst werden können. Bei Bedarf werden einzelne Isotope zusätzlich alpha- oder gamma-spektroskopisch analysiert.

Die von der SUVA kontrollierten rund 1200 Personen akkumulierten 1974 zusammen eine Dosis von 430 rem; davon entfallen allein auf die Leuchtfarbenindustrie 316 rem.

Tritium (Fig. 15, Tab. 8)

Tritium wird in der Schweiz hauptsächlich für die Herstellung von Leuchtfarben für die Uhrenindustrie verarbeitet (Radiumchemie Teufen; Merz & Benteli Niederwangen/BE; Leuchtfarbensetzerien). Die 1972 in Angriff genommenen Uebersichtsuntersuchungen haben gezeigt, dass die Verarbeitung von Leuchtfarben in den Betrieben der Uhrenindustrie Immissionen verursacht, die die Tritium-Konzentration der Gewässer in der betreffenden Region stark erhöhen. Dies liess sich sowohl in den Fliessgewässern als auch im Niederschlag im Gebiet der Uhrenindustrie feststellen. Wenn auch die Erhöhungen nur lokalen Charakter haben, müssen deren Ursachen doch näher untersucht werden.

Von Merz & Benteli wurde ab Mai 1974 am neuen Standort total 0,12 Ci Tritium über das Abwasser abgegeben. Stichproben aus dem Ausfluss der Kläranlage Teufen enthielten $2 \cdot 10^4$ bis $25 \cdot 10^4$ pCi Tritium/l; letzterer Wert entspricht 1/12 der für Einzelpersonen der Allgemeinbevölkerung zugelassenen Trinkwasserkonzentration. Aktivitäten in der gleichen Gröszenordnung wurden auch im Bach mit dem Abwasser der Radium-Chemie Teufen, im Abwasser der Cerberus AG Männedorf und am Einfluss der Abwässer von La Chaux-de-Fonds in den Doubs festgestellt.

Die Tritium-Konzentration im Abwasser der Städte Zürich und Lausanne war meistens vergleichbar mit den Werten im Regen.

Alpha-Strahler

Die Firma Cerberus AG Volketswil verarbeitet Americium-241 und in geringen Mengen auch Radium-226. Drei Stichproben ergaben Alphaaktivitäten von 190 1), 3,8 und 53 pCi/l. Bei der stärksten Probe konnte das Isotop Americium-241 auch gamma-spektrometrisch bestimmt werden.

Die Alphaaktivitäten der Abwässer von Zürich und Lausanne lagen immer sehr tief und nahe an der Nachweisgrenze.

Iod-131 (Fig. 16)

Während die Betaaktivität im Abwasser der Stadt Lausanne immer niedrig war, konnte im Abwasser der Abwasserreinigungsanlage Zürich-Werdhölzli im April eine starke Erhöhung der Aktivität festgestellt werden.

Gammaspektrometrische Analysen ergaben, dass die Aktivität von Iod-131 stammte, das in den Spitälern für die Iod-Therapie angewendet wird. In der Folge wurden daher bis Ende August sämtliche Wochenproben gammaspektrometrisch untersucht.

1) Ueber das Abwasser darf im Tagesdurchschnitt höchstens 40'000 pCi Americium-241/l abgegeben werden

In der Zeit zwischen April und August wurden im Durchschnitt rund 0,2 Ci Iod-131 pro Woche abgegeben, im Maximum (16.-23.4.74) sogar 0,8 Ci Iod-131/Woche¹⁾²⁾. Nach der Verordnung über den Strahlenschutz darf im Einzugsgebiet der ARA Werdhölzli total höchstens 1,75 Ci Iod-131 pro Woche in die Kanalisation abgegeben werden. Obwohl diese Limite nicht erreicht wurde, muss doch nachdrücklich darauf hingewiesen werden, dass auch für medizinische Anwendung ionisierender Strahlen der Grundsatz "so wenig wie vernünftigerweise erreichbar" anzuwenden ist. Bei der kurzen Halbwertszeit des Iod-131 (8 Tage) lässt sich durch Zurückhalten der Exkrete die Aktivitätsabgabe ohne grossen Aufwand vermindern.

5. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Strahlenbelastung durch natürlichen Untergrund, röntgendifagnostische Untersuchungen und weltweiten radioaktiven Ausfall

Die Messresultate des Berichtjahres, sowie frühere Erhebungen über die natürliche Untergrundstrahlung und Abschätzungen von weiteren, quantitativ nicht genau erfassbaren Quellen wie Uhren mit Leuchtziffern, Farbfernsehen, Zivilluftfahrt ergeben die durchschnittliche Strahlenbelastung (Ganzkörper) der schweizerischen Bevölkerung - mit Ausnahme medizinischer Anwendungen - für das Jahr 1974 zu rund 160 mrem/Jahr. Davon wird der weitaus grösste Teil, nämlich im Mittel 150 mrem/Jahr (äussere Bestrahlung 122, innere 30) durch die natürliche Untergrundstrahlung verursacht, wobei die Werte je nach Ort zwischen 60 und 350 mrem/Jahr schwanken. Selbst innerhalb einer Stadt wurden örtliche Unterschiede von mehr als 30% festgestellt.

Unter den zivilisatorischen Quellen tragen röntgendiagnostische Untersuchungen am meisten zur genetisch signifikanten Dosis bei. Ihr Anteil betrug 1971 ungefähr 40 mrem/Jahr und dürfte seither angestiegen sein.

Im weiteren ist die Bevölkerung immer noch einer Bestrahlung durch den radioaktiven Ausfall nuklearer Testexplosionen ausgesetzt. Die chinesischen Wasserstoffbombeexplosionen von 1973 und 74 haben zwar einen leichten Anstieg der Aktivität von Luft und Niederschlag bewirkt, der Hauptanteil der 1974 verursachten Dosis von 5 mrem ist aber immer noch auf den weltweiten Ausfall langlebiger Spaltprodukte der nuklearen Testserien der Jahre 1961/62 zurückzuführen. Es sind dies vor allem das auf dem Boden abgelagerte Caesium-137 und das über die Nahrung aufgenommene und in die Knochen eingebaute Strontium-90.

-
- 1) Das Kernkraftwerk Mühleberg darf im Durchschnitt pro Woche über das Abwasser höchstens 0,6 Ci Iod-131-Aequivalent abgeben
 - 2) Die Intervention der zuständigen Kontrollbehörde (Strahlenschutzsektion des Eidg. Gesundheitsamtes) bewirkte einen Rückgang der Aktivität

Auswirkungen von Kernanlagen

Die gemäss Abgabevorschriften zugelassenen Emissionen radioaktiver Abluft und Abwässer aus Kernkraftwerken bewirken nur in der näheren Umgebung nachweisbare Immissionen. Aus den vom Betreiber der Kontrollinstanz mitgeteilten und von der Kommission zur Ueberwachung der Radioaktivität (KUER) und der Abteilung für die Sicherheit der Kernanlagen mittels Stichproben überwachten Abgaben, sowie dem für das betreffende Werk geltenden Verdünnungsfaktor lässt sich die Strahlenbelastung einer Person abschätzen, die sich dauernd am Ort der grössten Immission aufhalten würde. Für die Anlagen Mühleberg und Beznau liegt diese Dosis unterhalb von 6 mrem/Jahr. In der Umgebung des Eidg. Institut für Reaktorforschung (EIR), Würenlingen wurde an einer Stelle ausserhalb des Areals eine Dosis von 60 mrem/Jahr gemessen¹⁾. In den Dörfern der Umgebung lag diese zusätzliche Jahresdosis unter 10 mrem (Messgrenze).

Zur Ermittlung der Umweltbelastung durch Kernkraftwerke wurde in der Umgebung jeder Anlage ein umfangreiches Mess- und Probenahmenetz aufgestellt. Bei den geplanten Anlagen werden solche Messungen bereits ein Jahr vor Inbetriebnahme zur Beweis Sicherung begonnen.

Langlebige, gasförmige Spaltprodukte wie Tritium (HWZ²⁾ = 12,6 Jahre), Iod-129 (HWZ = $1,7 \cdot 10^7$ Jahre) und Krypton-85 (HWZ = 10,7 Jahre) aus Wiederaufbereitungsanlagen für Kernbrennstoffe verbreiten sich weltweit in der Luft. Ihre Konzentration ergibt zur Zeit Dosen kleiner als 0,1 mrem/Jahr.

Um schädliche Auswirkungen von Reaktoranlagen auch bei Störfällen zu vermeiden, werden beim Bau von Kernkraftwerken mehrfach hintereinandergestaffelte und parallele Sicherheitseinrichtungen vorgeschrieben. Diese verhindern auch bei schweren Pannen fast immer das Austreten von Radioaktivität in die Umgebung. Da aber von Natur aus eine absolute Sicherheit auch mit allen technischen Massnahmen nicht erreicht werden kann, befasst sich der Alarmausschuss der KUER, in Zusammenarbeit mit dem Amt für Energiewirtschaft, mit dem äusserst unwahrscheinlichen Fall eines schweren Kernkraftwerk-Unfalls, der zu einer Verstrahlung der Umgebung und damit zu einer Gefährdung der Bevölkerung führen könnte. Selbst in einem solchen Fall wären schädliche Folgen für die Bevölkerung durch das Aufsuchen von Schutzräumen oder Kellern weitgehend vermeidbar. Deshalb wird vom Amt für Energiewirtschaft in Zusammenarbeit mit dem Alarmausschuss der KUER das bestehende Alarmierungssystem weiterentwickelt, so dass es gestatten soll, die Bevölkerung der Umgebung bei einem solchen Unfall rechtzeitig in die Schutzräume oder Keller einzuweisen.

1) Das gegenwärtig für das EIR noch gültige Reglement lässt in der Umgebung eine maximale Dosis von 500 mrem/Jahr zu

2) HWZ= Halbwertszeit: die Zeitspanne, in der die Hälfte der Kerne eines Radionuklids zerfällt

Strahlenbelastung durch weitere Quellen

Die Aktivitätsabgaben der radioaktiven Isotope verarbeitenden Industriebetriebe, Laboratorien und Spitäler lagen fast immer wesentlich unter den erlaubten Limiten. Nur in einem Fall wurde 50% der erlaubten Menge abgegeben.

Die Bestrahlung (Ganzkörper) beruflich strahlenexponierter Personen ergab, gemittelt über die Gesamtbevölkerung, eine Dosis von weniger als 1 mrem/Jahr. Davon entfallen \sim 0,1 mrem/Jahr auf die Reaktoranlagen, \sim 0,05 mrem/Jahr auf die Leuchtfarben-industrie und \sim 0,5 mrem/Jahr auf Strahlenexponierte in Medizin und Forschung.

Weitere zusätzliche Dosen aus verschiedenen Quellen, wie das Tragen von Uhren mit Leuchtziffern, das Farbfernsehen, das Rauchen (Polonium-210) und die erhöhte kosmische Bestrahlung bei der Zivilluftfahrt sind für Einzelne nicht erfassbar. Eine Abschätzung ergibt im Durchschnitt etwa 1 mrem/Jahr.

Zusammenfassung

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Strahlenbelastung (Ganzkörper) der schweizerischen Bevölkerung durch den natürlichen Untergrund etwa 150 mrem/Jahr und durch alle übrigen Ursachen zusammen (mit Ausnahme medizinischer Anwendungen) 5 - 10 mrem/Jahr betrug. Darin sind auch die Auswirkungen der Kernkraftwerke eingeschlossen. Die von diesen in ihrer unmittelbaren Umgebung verursachten maximalen Strahlendosen von weniger als 6 mrem/Jahr liegen deutlich unter der im Abgabekonzept vorgesehenen Limite von 20 mrem/Jahr. Über die umliegende Bevölkerung gemittelt sind diese Dosen kleiner als 1 mrem/Jahr, auf die Gesamtbevölkerung der Schweiz bezogen sind sie vernachlässigbar.

Eine Erhebung im Jahre 1971 über die genetisch signifikante Dosis der Bevölkerung durch röntgendiagnostische Untersuchungen ergab 42 mrem/Jahr.

Wenn auch bis heute in der Schweiz keine Überschreitungen von vorgeschriebenen Aktivitäts- und Dosisgrenzwerten festgestellt wurden, ist dennoch immer zu bedenken, dass die Radioaktivität eine potentielle Gefahr darstellt und daher bei ihrer Anwendung auf eine umfassende Kontrolle der radioaktiven Emissionen und Immissionen nicht verzichtet werden kann.

Dem neuen Direktor des Eidg. Gesundheitsamtes, Dr. med. U. Frey, sei an dieser Stelle der beste Dank für die Unterstützung der KUER in allen Belangen ausgesprochen. Ebenso danken wir den Laboratorien, deren Analysen zu diesem Bericht beigetragen haben, und speziell Herrn S. Prêtre, der uns die Radioaktivitätsabgaben der Kernanlagen und darauf basierende Berechnungen der Abteilung für die Sicherheit der Kernanlagen zur Veröffentlichung mitgeteilt hat.

Zusammensetzung der Kommission für das Jahr 1974:

Prof. Dr. O. Huber, Universität Freiburg, Präsident
Prof. Dr. J. Rossel, Universität Neuenburg, Vizepräsident
P. Ackermann†, Aerologische Station Payerne
Prof. Dr. J.L. Mauron, Nestlé SA, Vevey
Dr. G. Poretti, Inselspital, Bern
Prof. Dr. W. Stumm, ETH, Zürich
Prof. Dr. J. Wellauer, Universität Zürich

Freiburg, den 22.7.1975

Anhang

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

- ARL Arbeitsgemeinschaft zur Ueberwachung der Radioaktivität der Lebensmittel (Präsident Dr. A. Miserez, Eidg. Gesundheitsamt, Bern)
- ASK Abteilung für die Sicherheit der Kernanlagen, Würenlingen (S. Prêtre, S. Chakraborty, Dr. J. Czarnecki, W. Jeschki)
- BE Physikalisches Institut der Universität Bern (Prof. Dr. H. Oeschger, Dr. H. Loosli, U. Schotterer, Dr. U. Siegenthaler, R. Stampfli)
- CBE Institut für anorganische, analytische und physikalische Chemie, Universität Bern (Prof. Dr. H.R. von Gunten, Dr. H. Gäggeler)
- EAWAG Abt. Radioaktivität der Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz, Dübendorf (Prof. Dr. W. Stumm, Frau Dr. M. Bezzegh, D. Meierhans)
- EIR Eidg. Institut für Reaktorforschung, Würenlingen (Dr. F. Alder, Dr. E. Nagel, Dr. W. Görlich)
- EPFL Institut d'électrochimie et de radiochimie, Eidg. Technische Hochschule, Lausanne (Prof. Dr. P. Lerch, J. Geering)
- FR Laboratorium Freiburg der Eidg. Kommission zur Ueberwachung der Radioaktivität, Physikalisches Institut der Universität (Prof. Dr. O. Huber, Dr. J. Halter, Dr. B. Michaud (ab Juni), L. Ribordy, H. Völkle, Dr. P. Winiger (bis Juni))
- SCCI Service cantonal de contrôle des irradiations, Genève (Prof. Dr. A. Donath)
- SUVA Sektion Physik der Schweizerischen Unfallversicherungsanstalt, Luzern (E. Kaufmann)