

Zeitschrift: Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles = Bulletin der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg

Herausgeber: Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles

Band: 103 (2014)

Artikel: 50 Jahre Radioaktivitätsüberwachung an der Universität Freiburg : von der KUER zur SUER : 1956-2007

Autor: [s.n.]

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-583613>

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: 29.01.2026

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

50 Jahre Radioaktivitätsüberwachung an der Universität Freiburg – von der KUER zur SUER: 1956-2007¹

HANSRUEDI VÖLKLE
Physikdepartement der Universität Freiburg

Kurzfassung: Während 50 Jahren spielte das Physikinstitut der Universität Freiburg eine wichtige Rolle bei der Überwachung der Radioaktivität der Umwelt in der Schweiz und bei der Ermittlung der Strahlenexposition der Schweizer Bevölkerung. OTTO HUBER, der langjährige Direktor des Institutes war über viele Jahre Präsident der Eidgenössischen Kommission zur Überwachung der Radioaktivität (KUER) und hat mit dem von ihm gegründeten «Alarmausschuss der KUER» auch eine nationale Organisation aufgebaut, die im Falle erhöhte Radioaktivität die nationale Lage überwachen und, zuhanden der Entscheidungsträger Massnahmen zu Schutz der Bevölkerung vorzubereitet hat. Dieser Organisation hat denn auch 1986 nach der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl ihre Feuerprobe bestanden.

1. Entdeckung der Kernspaltung, Kernwaffenversuche und Beginn der Überwachung

Im Jahre 1938 entdeckten OTTO HAHN², FRITZ STRASSMANN und LIESE MEITNER die Kernspaltung. Auf Anregung von ALBERT EINSTEIN und LEÓ SZILÁRD an Präsident FRANKLIN D. ROOSEVELT (1882 – 1945) führte dies zum Manhattan-Projekt und 1945 zum ersten erfolgreichen Kernwaffenversuch. Dieses hoch-geheime, militärische Forschungsprojekt der USA, an dem 21 Nobelpreisträger beteiligt waren, kostet nach heutiger Währung weit über 20 Mrd. US\$. Im gleichen Jahr noch wurde diese neue Waffe von Präsident HARRY S. TRUMAN (1884 – 1972) bei den Städten Hiroshima (am 6.8.1945) und Nagasaki (am 9.8.1945) eingesetzt um Japan zur Kapitulation zu zwingen. Diese wurde am 15.8.1945 durch Kaiser HIROHITO (1901 – 1989) am Radio vorangekündigt; die offizielle Unterzeichnung der Kapitulations-Urkunde an Bord des amerikanischen Schlachtschiffes USS Missouri fand dann am 2.9.1945 statt. Ob Japan auch ohne diese Bombardierung kapituliert hätte, ist noch heute Gegenstand von Spekulationen.

Der überzeugte Pazifist ALBERT EINSTEIN machte sich später bis zu seinem Lebensende Gedanken über diesen folgenschweren Entscheid. Kurz vor seinem Tod sagte er zu einem Freund: «*I made one great mistake in my life – when I signed the letter to President Roosevelt recommending that atomic bombs be made; but there was some justification – the danger that the Germans would make them.*» Aber erst nach dem Krieg zeigte sich, dass die Forschung in Deutschland – an der vor allem WERNER HEISENBERG beteiligt war – nicht so weit fortgeschritten war, wie man damals befürchtete.

Auch LEO SZILÁRD hatte nach dem ersten erfolgreichen Kernwaffentest der USA in der Wüste Nevada am 6. April 1945 ähnliche Bedenken und initiierte, zusammen mit 70 andern Wissenschaftler des Manhattan-Projektes, eine Petition, die allerdings nie an Präsident HARRY TRUMAN weitergeleitet wurde. Sie hatte den folgenden Wortlaut:

¹ Dieser Text ist eine überarbeitete und ergänzte Version eines Artikels, der in der Nr. 25 (2014) der Zeitschrift «Le Photon» des Physikdepartementes der Universität Freiburg im Dezember 2014 veröffentlicht wurde. Siehe: <http://physics.unifr.ch/en/page/433/>

² Interessant ist, dass PAUL SCHERRER (1890-1969) mit seinem Team an der ETHZ bereits 1937 die Kernspaltung an Thorium durch Beschuss mit Neutronen gelungen war. Ihm und seinen Mitarbeitern gelang es jedoch nicht, das Ergebnis richtig zu interpretieren, in dem Sinne, dass der Atomkern in zwei Teile zerfällt ($\approx 1/3$ und $2/3$) und dabei grosse Energiemengen freigesetzt werden. Bei OTTO HAHN (1879-1968) und FRITZ STRASSMANN (1902-1980) war es 1938 das Verdienst von LIESE MEITNER (1878-1968), das Ergebnis der Versuche in diesem Sinne richtig zu interpretieren.

«[W]e, the undersigned, respectfully petition: first, that you exercise your power as Commander-in-Chief, to rule that the United States shall not resort to the use of atomic bombs in this war unless the terms which will be imposed upon Japan have been made public in detail and Japan knowing these terms has refused to surrender; second, that in such an event the question whether or not to use atomic bombs be decided by you in the light of the considerations presented in this petition as well as all the other moral responsibilities which are involved»³.

Worldwide nuclear testing, 1945 - 2013

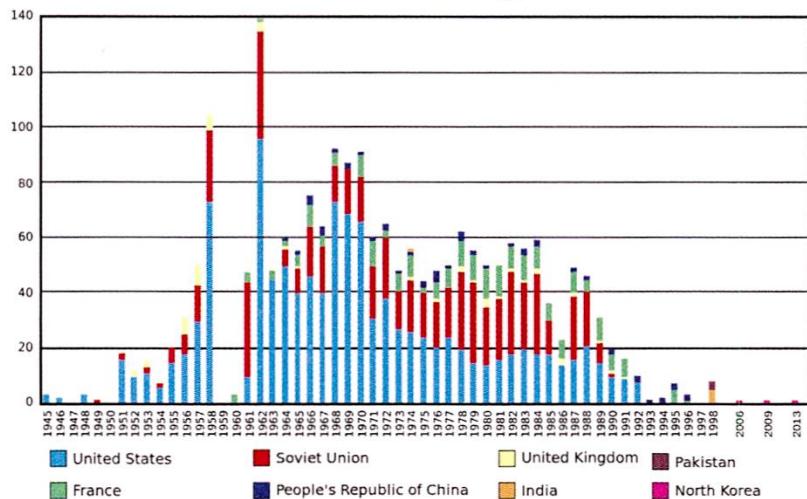


Abb. 1: Kernwaffentest von 1945 – 2013 (Quelle: Internet)

Danach setzte ein Rüstungswettlauf bei Entwicklung und Test von – zuerst Atombomben und bald auch Wasserstoffbomben bis zu mehrere Dutzend Mt TNT⁴-Äquivalent – ein, an dem sich nebst den USA und Grossbritannien auch die damalige UdSSR und später China, Frankreich sowie schliesslich weitere Länder wie Indien, Pakistan, vermutlich auch Israel, Südafrika und letztlich zwischen 2006 und 2013 auch Nordkorea beteiligten. Wer dabei Wem bei der Entwicklung der Bomben «geholfen» hat, bzw. wieweit Spionage dies ermöglicht hat, ist noch lange nicht vollständig geklärt. Von Südafrika weiss man, dass die letzte weisse Regierung unter FREDERIK WILLEM DE KLERK 1989 das Atombombenprogramm ihres Landes stoppte und die vorhandenen 6 nuklearen Sprengköpfe unter Aufsicht von Experten der IAEA vernichtet wurden. Damit ist die Südhälbkugel seit dieser Zeit Kernwaffen-frei.

Von den insgesamt über 2000 Kernwaffentests wurden rund $\frac{1}{4}$ in der Atmosphäre, fast ausschliesslich in der Nordhälbkugel, durchgeführt, was zu einer deutlichen Zunahme der Radioaktivität der Umwelt führte, nebst kurzlebigen Radionukliden vor allem durch die radiologisch relevanten Radioisotope ^{137}Cs ($T_{\frac{1}{2}} = 30$ Jahre), ^{90}Sr ($T_{\frac{1}{2}} = 27.7$ Jahre), ^{14}C ($T_{\frac{1}{2}} = 5730$ Jahre) und ^{3}H ($T_{\frac{1}{2}} = 12.262$ Jahre). Besorgte Wissenschaftler warnten denn auch vor dieser globalen Kontamination und empfahlen einerseits eine kontinuierliche Überwachung einzurichten und andererseits Verhandlungen aufzunehmen um dieses Wettrüsten zu stoppen. Die meisten Länder, worunter auf Anregung von Prof. PAUL HUBER (1910-1971) von der Universität Basel auch die Schweiz – durch die Ernennung der Eidgenössischen Kommission zur Überwachung der Radioaktivität (KUER) durch den Bundes-

³ Dieser Text ist unter dem Namen «Szilárd-Petition» bekannt geworden: siehe auch: <http://www.atomicarchive.com/Docs/ManhattanProject/SzilardPetition.shtml>

⁴ Die Sprengkraft von Kernwaffen wird in Kilo- oder Mega-Tonnen (kt oder Mt) TNT-Äquivalent (Trinitrotoluol) angegeben. Die grösste H-Bombe der Sowjetunion vom 30.10.1961 hat eine Sprengkraft von gegen 58 Mt TNT. Ein Eisenbahnzug mit 60 Millionen Tonnen konventionellem Sprengstoff wäre so lang, dass er entlang des Äquators um die ganze Erde reichen würde

rat am 16. November 1956⁵ – begannen sofort mit der systematischen Überwachung der Umwelt-radioaktivität und dem Aufbau von nationalen Überwachungsnetzen.

Ein umfassendes Teststopp-Abkommen – das so genannte CTBT⁶-Abkommen – konnte jedoch erst 1996 nach langen und zähen Verhandlungen von der UN-Generalversammlung angenommen werden. In der Zwischenzeit wurde nur ein Verzicht auf atmosphärische Tests (PTBT) und eine Limitierung auf 150 kt TNT-Äquivalent (TTBT) pro Test beschlossen. Bis heute haben 183 Staaten den CTBT-Vertrag unterschrieben (d.h. paraphiert) und 161 ratifiziert⁷; bei den letzteren fehlt allerdings immer noch die Unterschrift der USA ! Eine Organisation (CTBT-Organisation⁸) mit Daten-Zentrale in Wien soll dessen Überwachung dauern mit einem weltweiten Netz von Messstationen überprüfen (*überwacht werden: Seismik, Infra-Schall, Hydroakustik und Radionuklide*). Verstöße werden dem Sicherheitsrat der UNO gemeldet, der dann weitere Schritte einleiten kann.

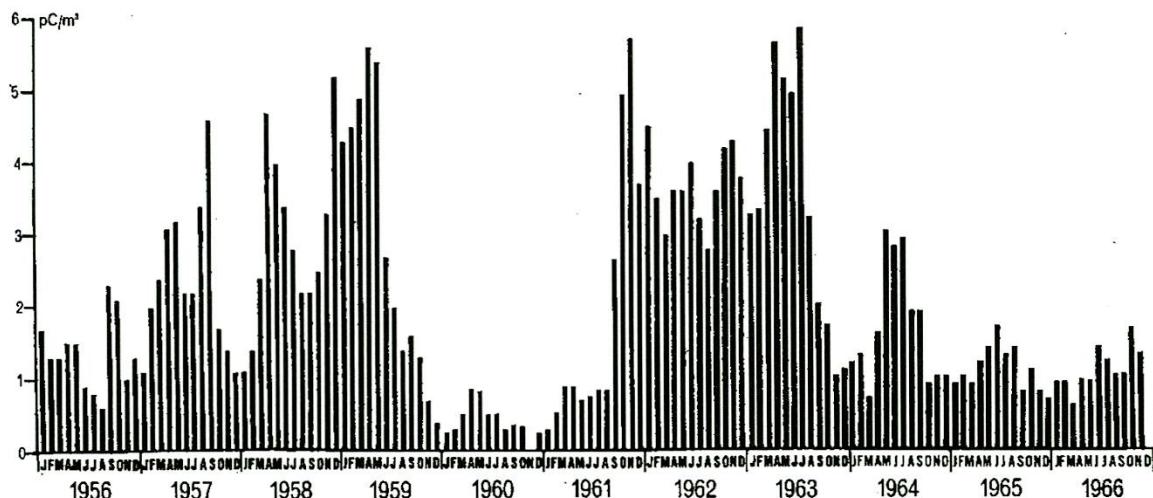


Abb. 2: Monatsmittelwerte der Gesamt-Beta-Aktivität der Luft in Payerne/VD (Quelle: 10. KUER-Bericht 1966). Man beachte die beiden Maxima Ende der 50er- und Anfang der 60-er-Jahre (in Übereinstimmung mit Abb. 1)

Nach dem Krieg wurde mit der 1955 von Präsident DWIGHT D. EISENHOWER eröffneten Genfer Konferenz «Atoms for Peace» die Kernenergie «zur friedlichen Nutzung für Jedermann» freigegeben. Der in Genf ausgestellte, und über einige Wochen im Betrieb stehende, Forschungsreaktor wurde nachher, auf Anregung des ETH-Professors und engagierten Promotors der Kernenergie, PAUL SCHERRER (1890-1969)⁹, von der Eidgenossenschaft gekauft und als «Reaktor Saphir» in der dafür neu-gegründeten, zuerst von der Schweizer Industrie getragenen, Reaktor-AG in Würenlingen/AG, dem späteren – nach Übernahme durch den Bund – EIR (*Eidgenössisches Institut für Reaktorforschung*) und heutigen PSI (*Paul Scherrer Institut*), während Jahren (*bis in die 90er-Jahre*) für die Forschung und zur Herstellung von Radionukliden für die Medizin verwendet.

⁵ Siehe: PAUL HUBER: Die Eidgenössische Kommission zur Überwachung der Radioaktivität, in Protar (Schweizerische Monatsschrift für den Luftschutz der Zivilbevölkerung), 33. Jahrgang, Nr. 9/10, pp. 81-85 (1967)

⁶ CTBT = Comprehensive Test Ban Treaty

⁷ Ratifizieren heisst eine paraphierte Vereinbarung auch in die landeseigene Gesetzgebung aufzunehmen, sodass diese vom betreffenden Land als für dieses rechtlich verbindlich gilt

⁸ Siehe: <http://www.ctbto.org/>

⁹ SCHERRER war sich bewusst, dass dieser Reaktor, der per Flugzeug aus den USA antransportiert wurde, nun – nachdem er einige Wochen in Genf in Betrieb und somit radioaktiv war – nicht mehr auf dieselbe Weise in die USA zurückgebracht werden konnte. Die Amerikaner suchten daher eine Lösung diesen «loszuwerden» und SCHERRERS Vorschlag kam ihnen nicht ganz ungelegen. Die Eidgenossenschaft kaufte dann den Reaktor für (damals) 180'000.—US\$. S. auch: H. VÖLKLE, «Der Physiker Prof. Paul Scherrer (1890-1969)», in Toggenburger Annalen Vol. 3 (1976), pp. 41-49 – DSB 18, Suppl. II, 1990, 784 f.

2. Aufbau der Überwachung in der Schweiz und Rolle des Institutes in Freiburg

In der Schweiz setzte der Bundesrat am 16. November 1956 die Eidgenössische Kommission zur Überwachung der Radioaktivität (KUER)¹⁰ ein, mit dem Auftrag ein nationales Messnetz aufzubauen und dem Bundesrat regelmässig über Radioaktivität und Strahlendosen zu berichten. Da der Bund damals weder über eigenen Laboratorien noch Fachleute verfügte, wurde diese Aufgabe an Universitäten und Bundesstellen delegiert, die bereits über entsprechende Ausrüstungen und Fachkenntnisse verfügten und der Bund finanzierte die dazu benötigte Mitarbeiter bzw. wissenschaftliche Assistenten.

Erster Präsident der Kommission war PAUL HUBER¹¹ (1910-1971) von der Universität Basel, dem von 1971 bis 1986 sein Bruder OTTO HUBER¹² von unserer Hochschule (*beides übrigens Schüler von PAUL SCHERRER an der ETH*) folgte; nach ihm übernahm HEINZ HUGO LOOSLI¹³ von der Universität Bern das Präsidium. An der Universität Freiburg wurde unter der Leitung von OTTO HUBER¹⁴ ab 1957 ein Messlabor eingerichtet, das anfänglich aus drei Personen bestand: JOSEPH HALTER, LINUS BAERISWYL und IRENE SCHMITT-STOLZ, bzw. JANINE WEBER-MAIS, später verstärkt durch (*in alphabetischer Reihenfolge*) MYRIAM GOBET, SIBYLLE ESTIER, BERNARD MICHAUD, CHRISTOPHE MURITH, LOUIS RIBORDY, HEINZ SURBECK und PAUL WINIGER.

Der Schreibende wurde 1973 nach der Diplomarbeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter angestellt, promovierte 1980, wurde 1983 nach der Pensionierung von JOSEPH HALTER Leiter des Labors, und 1987 – als das Labor fachlich in das Bundesamt für Gesundheit (BAG) integriert wurde – Sektionschef bis Ende 2005. Im Januar 1996 wurde der Schreibende an der Universität Freiburg habilitiert¹⁵ und im September 2001 vom Staatsrat zum Titularprofessor ernannt.

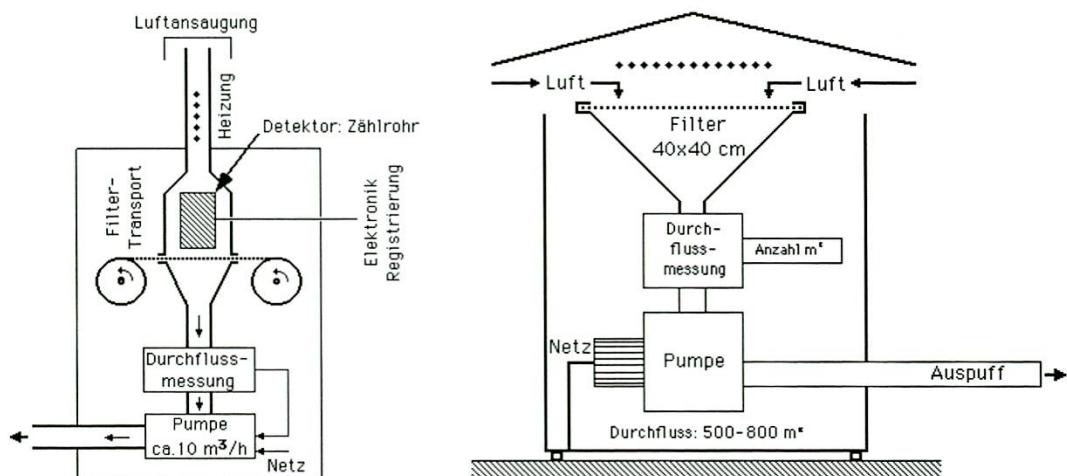


Abb. 3: Luftfilteranlagen: Links Schrittfiltergeräte mit direkter Messung; Rechts Hochvolumensammler

¹⁰ Die Personen, die im Verlauf der Tätigkeit der KUER Mitglied der Kommission waren sind, in alphabetischer Reihenfolge: P. ACKERMANN, J. BEER, Frau R. BEHRA, C. BOVET, W. BURKART, A. DONATH, R. EXTERMANN, H. GÄGELER, A. HERRMANN, O. HUBER, P. HUBER, D. IMBODEN, O. JAAG, J. KERN, H.H. LOOSLI, J.-L. MAURON, Frau J. MCKENZIE, G. PORETTI, J. ROSSEL, M. SCHÄR, G. SIMMEN, E. STOLL, W. STUMM, Frau M. VISANI, J.-F. VALLEY, J. WELLAUER

¹¹ Nachruf s.: E. BAUMGARTNER: «Prof. Dr. sc. nat. Paul Huber (1. Oktober 1910 -5. Februar 1971)», Helvetica Physica Acta, Vol. 44/7 (1971), pp. 801-803

¹² Nachruf auf OTTO HUBER siehe: <http://www.unifr.ch/sfsn/pdf/schallervoelkenachrufhuber.pdf>

¹³ Am Berner Institut (*Climate and Environmental Physics*) des Edelgas- und CO₂-Spezialisten HANS OESCHER (1927-1998), seit 1993 vom renommierten Klimaforscher THOMAS STOCKER geleitet: <http://www.climate.unibe.ch/~stocker/>

¹⁴ Siehe auch: <http://www.unifr.ch/sfsn/pdf/huberradioaktivitaetsueberwachung-FNG.pdf> und <http://www.unifr.ch/sfsn/pdf/25jahre.pdf>, sowie: <http://www.unifr.ch/sfsn/pdf/voelklefallout.pdf>

¹⁵ Siehe: <http://www.unifr.ch/sfsn/pdf/voelklehabilitation.pdf>

3. Umzug nach Bern im Jahre 2007

Neubesetzungen infolge Pensionierungen sowie Verstärkung nach dem Reaktorunfall Tschernobyl, erfolgten durch (*in alphabetischer Reihenfolge*) J.-L ANDREY, P. BEURET, G. FERRERI, M. GASSER, A. GURTNER, A. HERREN, H.-U. JOHNER, M. JUNGCK, M. MÜLLER, G. PILLER, und F. WICHT, sowie weitere temporäre Mitarbeiter/innen als Diplomanden, Master- und Doktorstudenten sowie Praktikanten/innen¹⁶. Diese Mitarbeiter waren in der Regel Bundesangestellte, das Labor blieb jedoch noch bis Ende 1986 fachlich der Kommission KUER unterstellt, bis der Bundesrat im Nachgang des Unfalles Tschernobyl beschloss, dass die Überwachung eine Daueraufgabe der Bundesverwaltung und somit voll in die Abteilung Strahlenschutz des BAG zu integrieren sei. Damit wurde das Labor der KUER zu einer Sektion der Abteilung Strahlenschutz im BAG und hieß fortan SUER.

Die Kommission – die später als KSR¹⁷ (*Eidgenössische Kommission für Strahlenschutz und Überwachung der Radioaktivität*) mit der Eidgenössischen Kommission für Strahlenschutz¹⁸ zusammengelegt wurde – hat seither nur noch eine beratende Funktion für den Bund. Im Sommer 2007 beschloss dann die Leitung des BAG, die Sektion nach Bern-Liebefeld in das Hauptgebäude des Bundesamtes zu verlegen. Damit endete etwas abrupt eine genau 50 Jahre dauernde, für beide Seiten erfreuliche und ergiebige Zusammenarbeit zwischen KUER/SUER und dem Physikinstitut (bzw. dem späteren Physikdepartement) der Universität Freiburg. Auch die Kooperation mit den mechanischen und elektronischen Werkstätten des Institutes war in all diesen Jahren sehr eng. Diese Symbiose mit der Universität Freiburg hat durchaus auch einen fachlichen Bezug, war doch lange Jahre Kernphysik hier ein wichtiges Forschungsgebiet, und zudem haben sich schon früher ALBERT GOCKEL¹⁹ (1860-1927) und FRIEDRICH DESSAUER²⁰ (1881-1963) an unserer Universität mit Strahlung und Strahlenwirkung befasst.

4. Was wird überwacht ?

In den ersten Jahren standen die Überwachung und die radiologischen Auswirkungen des Kernwaffen-Fallout im Vordergrund. Mit dessen allmählichem Rückgang bekamen auch andere Bereiche der Überwachung immer mehr Bedeutung²¹, so die Umgebungsüberwachung von Kernkraftwerken, von Forschungsinstituten wie das PSI (das frühere EIR) und das CERN, dann auch von Industrien und Spitäler die radioaktive Stoffe verwenden – hier sei insbesondere die Leuchtfarben- und Uhrenindustrie erwähnt, die früher Radium und dann Tritium²² verarbeitete – und schliesslich auch die natürliche Radioaktivität²³ in Lebensmitteln und Gebrauchsgegenständen, das Radon in Wohnhäusern und die kosmische Strahlung. Eine besonders intensive Phase war für uns der Reaktorunfall

¹⁶ Weitere temporäre Mitarbeiter, Diplomanten, Doktoranden und Praktikanten waren, in alphabetischer Reihenfolge: Frau B. AEBY, M. BOSCHUNG, M. BOUCHER, N. N. FAROOKI, V. FÉ, TH. FLURY, P. P. GNÄDINGER OSB, M. HOLENSTEIN, A. IGLESIAS, O. KÜTTEL, G. MAURON, A. NOVAK, ST. NOVAK, Y. PING, Frau D. SIRADOVIC, Y. SACHS, Frau FR. STEFFES, B. STURNY, P.-A. TERCIER, B. TRUFFER

¹⁷ KSR siehe: http://www.admin.ch/ch/d/cf/ko/index_510.html

¹⁸ Zur Geschichte des Strahlenschutzes in der Schweiz siehe: <http://www.unifr.ch/sfsn/pdf/muellerstrahlenschutz.pdf>

¹⁹ Zu ALBERT GOCKEL siehe:

http://www.sps.ch/de/artikel/physik_anekdoten/zwei_pioniere_auf_dem_gebiet_kosmische_strahlung_6/albert_gockel_und_die_kosmische_strahlung/

²⁰ Zu FRIEDRICH DESSAUER siehe: ANNE I. HARDY: «Friedrich Dessauer – Röntgenpionier, Biophysiker und Demokrat», Societas Verlag Frankfurt a.M., (2013), ISBN 978-3-95542-049-9 sowie MICHAEL HABERSACK: «Friedrich Dessauer (1881–1963). Eine politische Biographie des Frankfurter Biophysikers und Reichstagsabgeordneten». Veröffentlichungen der Kommission für Zeitgeschichte, Reihe B: Forschungen, Bd. 119, Verlag Ferdinand Schöningh, Paderborn; ISBN 978-3-506-77129-2. S. weiter auch den entsprechenden Artikel in diesem Heft

²¹ Siehe: <http://www.unifr.ch/sfsn/pdf/voelkle fallout.pdf>

²² Zum Tritium siehe: <http://www.unifr.ch/sfsn/pdf/voelkletritium-SSP.pdf>

²³ Siehe auch: <http://www.unifr.ch/sfsn/pdf/ksrdosen.pdf> sowie: J. HALTER, B. MICHAUD und H. VÖLKLE: Cs-137 in Milch und im menschlichen Körper; Bull. Soc. Frib. Nat. 65(1), pp. 6-17 (1976)

Tschernobyl²⁴, der die Mitarbeiter des Labors während Monaten einer extremen Belastung aussetzte. Im Nachhinein darf man feststellen, dass die «offizielle» Schweiz dieses Ereignis – trotz gewisser Kritik durch notorische Besserwisser – verhältnismässig gut gemeistert hat und einen pragmatischen Mittelweg zwischen hysterischer Überreaktion bzw. verharmloser Unterreaktion (wie man dies in einigen unserer Nachbarländer beobachten konnte) gefunden hatte.

Einen ersten Ernstfall hatte die Schweiz schon im Januar 1969 erlebt: Damals gab es einen schweren Störfall mit teilweise Kernschmelze im unterirdischen Versuchsatomkraftwerk²⁵ Lucens/VD. Ursache war durch Korrosion während der Stillstandphase verursachte Verstopfung von Brennlementen, die zu deren Überhitzung und zum Platzen derselben führte. Glücklicherweise wurde nur wenig Radioaktivität, vor allem ganz kurzlebige und mehrheitliche gasförmige Isotope, freigesetzt, sodass es zu keiner nennenswerten Strahlenexposition der Bevölkerung in der näheren Umgebung kam. Der Reaktor jedoch sosehr beschädigt, dass ein Weiterbetrieb nicht mehr möglich war. Inzwischen hatten ohnehin die an diesem Projekt beteiligten Schweizer Firmen das Interesse an einer «helvetischen» Eigenentwicklung eines Kernreaktors verloren und die ehrgeizigen Pläne, solche Reaktoren auch für Kunden im Ausland anzubieten, längst aufgegeben.

Dass dieses Schweizer Konzept²⁵ nicht erfolgreich war und mit diesem Fiasko endete, dürfte wohl damit zusammenhängen, dass zwischen Politik und den am Bau beteiligten Industriefirmen (*Sulzer, Escher Wyss, die Maschinenfabrik Oerlikon und weitere Maschinenbaufirmen*) allzu viele Kompromisse gemacht werden mussten. Fortan kaufte man Reaktoren «ab Stange» bei den US-Amerikanern (Westinghouse & General Electric bei Beznau I/II bzw. Mühleberg) und später auch in Deutschland (KWU bei Gösgen) sowie einem Konsortium verschiedener Firmen (KKW Leibstadt). Nebst den zwei Forschungsreaktoren SAPHIR und DIORIT im PSI werden oder wurden noch zwei kleine Forschungsreaktoren an der ETHL und an der Universität Basel (bis Ende 2013) betrieben.

Der Reaktorunfall in Fukushima hatte dagegen auf die Radioaktivität in der Schweiz keinen nennenswerten Einfluss: In der Bodenluft wurde im Juni 2011 bis rund 40 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ²⁶ für ^{137}Cs gemessen, in 8000 m Höhe bis 170 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$. Zwischen Ende März und Ende April wurden für ^{131}I Werte zwischen (absteigend) 500 und 0.1 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ festgestellt. Im Vergleich dazu betragen die ^{137}Cs -Werte in der Zeit des Kernwaffenausfalls (Mai 1976) ca. 300 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$, nach dem Unfall Tschernobyl im Tessin im Mai 1986 ca. 1'300'000 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ und nach dem Zwischenfall in Algeciras bei Gibraltar/Spanien im Tessin im Juni 1998 150 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$. Damals wurde irrtümlich Metallschrot in einem Stahlwerk eingeschmolzen, der auch ein (*vermutlich medizinisches*) Gerät enthielt, bei dem man versäumt hatte die ^{137}Cs -Quelle (zwischen 8 und 80 Ci²⁷, d.h. 0.3 bis 3 TBq) vorher auszubauen und vorschriftsgemäss zu entsorgen. Aus den per E-Mail von den meisten europäischen Laboratorien erbetene Messdaten konnte der Verlauf der radioaktiven Wolke von Spanien Richtung NO quer durch Europa bis gegen Polen rekonstruiert werden und mit Simulationsrechnungen des Deutschen Wetterdienstes DWD und des *Lawrence Livermore National Laboratory* (USA) verglichen werden²⁸. Die Übereinstimmung zwischen den Messwerten und den Modell-Daten ist erstaunlich gut, insbesondere wenn man die Distanz von gegen 3000 km zwischen Südspanien und Polen in Be-

²⁴ Zum Reaktorunfall in Tschernobyl siehe auch: <http://www.unifr.ch/sfsn/pdf/hubertschernobyl-KT.pdf> sowie auch: <http://www.unifr.ch/sfsn/pdf/hubertschernobyl-FNG.pdf> (Bull. Soc. Frib. Sc. Nat. Vol. 23 (1995), pp. 23-69)

²⁵ CNL = *Centrale Nucléaire Experimentale de Lucens* mit einer Leistung von 8.5 MW_e: Druckröhrenreaktor, betrieben mit schwach angereichertem Uran, Schwerwasser als Moderator sowie mit CO₂ als Kühlmittel in einer Kavernenbauweise bei Lucens/VD. Siehe auch: http://de.wikipedia.org/wiki/Reaktor_Lucens

²⁶ Bq ist die SI-Einheit für die Radioaktivität mit 1 Bq = 1 Zerfall pro Sekunde; μBq (micro-Bq) = 10^{-6} Bq

²⁷ Ci = Curie ist die alte Einheit für die Radioaktivität; 1 Ci entspricht einem Gramm Radium-226. Die neue SI-Einheit ist das Becquerel mit 1 Ci = 3.7×10^{10} Bq bzw. 1 Bq = 0.027 nCi (10^{-9} Ci)

²⁸ ARAC Simulation of the Algeciras, Spain Steel Mill Cs-137 Release by P. J. VOGT, B. M. POBANZ, F. J. ALUZZI, R. L. BASKETT and T. J. SULLIVAN, UCRL-JC-131330, Lawrence Livermore National Laboratory, February 1st, 1999; <https://e-reports-ext.llnl.gov/pdf/235247.pdf>

tracht zieht. Ebenfalls sehr erfreulich war der rasche und unbürokratische Austausch von Messdaten mit Laboratorien aus insgesamt 12 europäischen Ländern.

Die beiden, bis heute schwersten Unfälle in Kernanlagen, Tschernobyl und Fukushima, hätten – wie dies vielen Analysen durch internationale Fachleute, die danach publiziert wurden, gezeigt haben – vermieden werden können, wenn elementarste Sicherheitsmassnahmen eingehalten worden wären²⁹ und die Sicherheitskultur auf dem Stand gewesen wäre, wie es in vielen andern Bereichen mit hohen Sicherheitsanforderungen wie z.B. in der Luftfahrt Standard ist. Zur Sicherheitskultur gehört aber nicht nur die technische Seite, also Konzeption, Bau, Betrieb und Überwachung einer Anlage sondern auch der «Human Factor», also Sicherheitskultur, Auswahl, Ausbildung und kontinuierliches Training der Mitarbeiter, das Arbeitsklima im Betrieb, das Verantwortungsbewusstsein sowie eine angemessene Entlohnung der Mitarbeiter und die Anerkennung durch die Vorgesetzten.

Die Internationale Atomenergieagentur (IAEA) in Wien bietet nämlich für alle ihre Mitgliedsländer die Möglichkeit, ihre Kernanlagen regelmässig durch ein neutrales, internationales Expertenteam (*so genannte OSART-Missionen*) begutachten zu lassen. Ähnliche Missionen werden auch zur Optimierung der nationalen Bewilligungs- und Aufsichtsbehörden angeboten (*so genannten IRRS-Missionen*). Allerdings müssen die einzelnen Länder solche Expertisen selbst anfordern und die Behörden dieser Länder müssen danach ihre Werke verpflichten, die von den Experten in ihrem Schlussbericht vorgeschlagenen Verbesserungen und Nachrüstungen innerhalb einer vorgegebenen Frist umzusetzen, bzw. das Wiederanfahren der Reaktoren solange verbieten, bis dies getan ist.

In beiden Fällen (Tschernobyl und Fukushima) hätten solche Expertisen die Schwachstellen mit hoher Wahrscheinlichkeit aufgezeigt und mit welchen Massnahmen diese wirksam hätten behoben werden können. Es ist daher sehr zu hoffen, dass die internationale Gemeinschaft durch entsprechende Abkommen dafür sorgt, dass alle Länder, die Kernkraftwerke betreiben oder planen, solches in Zukunft zu tun³⁰, sich verpflichten, das Sicherheitsniveau auf dem höchstmöglichen Niveau zu halten und ihre Anlagen regelmässig zu überprüfen und entsprechend dem Stand der Entwicklung von Wissenschaft und Technik, nachzurüsten und erneuern zu lassen.

5. Eigene Entwicklung der Messverfahren

Die ersten Jahre unserer Tätigkeit waren in jeder Hinsicht die Jahre der Pioniere (in Fribourg OTTO HUBER, JOSEPH HALTER und PAUL WINIGER), (s. Abb.6) galt es doch sowohl die Überwachungskonzepte als auch die Probenahmen und Messverfahren von Grund auf zu konzipieren und zu entwickeln. Viele Geräte, die man heute alle kaufen kann, mussten damals in Zusammenarbeit mit den Werkstätten des Physikinstitutes selbst entworfen und konstruiert werden. Sehr hilfreich war dabei auch der rege Austausch mit Fachkolleg(inn)en im In- und Ausland, insbesondere im Rahmen des *Fachverbandes für Strahlenschutz* und der DSK (*Deutsch-Schweizerische Kommission für die Sicherheit kerntechnischer Einrichtungen*)³¹ wie auch der entsprechenden Kommission mit Frankreich.

Auch bei dem Messgeräten und Messverfahren haben wir die gesamte Entwicklung von den Geiger-Müller- und Proportional-Zählrohren, über Gitter-Ionisationskammern für die Alpha-Spektrometrie, der Tritium-Messung mit Flüssigszintillator, den NaI-Szintillationsdetektoren bis zu den Si-, Ge(Li) und Ge(HP)-Halbleiterdetektoren, und bei der Dosismessung von den Film- zu den Ther-

²⁹ Siehe H. VÖLKLE: «Einige persönliche Gedanken zur Ethik im Strahlenschutz», StrahlenschutzPraxis, Vol. 4/2014, pp. 11-17 sowie H. Völkle: Risk Management bei den Auswirkungen von konventionellen und kerntechnischen Katastrophen. Leserbrief im selben Heft der StrahlenschutzPraxis Seiten 92-93.

³⁰ Dazu gehören sicher die BRICS-Staaten (Brasilien, Russland, Indien, China und Südafrika), aber auch Länder in Südostasien und möglicherweise in Zukunft solche aus dem Nahen Osten und in Nordafrika

³¹ In welcher der Schreibende 20 Jahre lang Schweizer als Sprecher der Arbeitsgruppe Strahlenschutz mitwirken durfte

moluminszenz- und Radon-Dosimetern und den Hochdruck-Ionisationskammern in der Entwicklung und praktischen Anwendung miterlebt. Insbesondere beim Aufbau der in-situ-Spektrometrie hat unser Labor, insbesondere mit der Dissertation von CHRISTOPHE MURITH, Pionierarbeit geleistet, ebenso HEINZ SURBECK u.a. bei der Messung von natürlichen Radionukliden in Trinkwasser³², von Radon sowie bei der Entwicklung neuer Methoden zur Bestimmung von Radium im Wasser. Die in der Dissertation von CHRISTOPHE MURITH zur Praxisreife entwickelte in-situ – Methode erlaubt es bei einem Ereignis sehr rasch, d.h. innerhalb 1-2 Stunden, die qualitative und quantitative Ablagerung von Radioaktivität auf dem Erdboden zu bestimmen, was für weitere Prognosen bezüglich der zu erwartenden Strahlendosen sowie der Schutzmassnahmen der betroffenen Bevölkerung sehr hilfreich ist.

Hinzu kamen weiter Computerprogramme für die Auswertung von Gamma-Spektren³³ (*zuerst noch auf dem ersten Rechner der Universität Freiburg, einer Sperry Rand UNIVAC III*), die Einrichtung automatischer Messnetze mit Datenfernübertragung³⁴, die Aeroradiometrie³⁵ und der Aufbau einer nationalen Radioaktivitäts-Datenbank beim BAG.

Eine wesentliche Steigerung der Messempfindlichkeit für die Radioaktivität der Luft wurde durch den Einsatz von Hochvolumen-Aerosolsammler (Abb. 3 rechts) erreicht³⁶. Hier werden mehrere Hundert m³ Luft pro Stunde durch ein grosses Filter gesaugt und nach einer Woche Sammlung kann dann bei der Gamma-Messung des Filters eine Nachweisgrenze von unter einem $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ für ¹³⁷Cs erreicht werden. In einem Kubikmeter Luft entspricht dies noch einem ¹³⁷Cs-Zerfall in einem Vierteljahr, oder 140 Cs-Atome.

Eine interessante, und damals vermutlich weltweit einmalige Schweizer Entwicklung waren zwei Sammelgeräte für Aerosolproben die in den 60er-Jahren in Zusammenarbeit mit den damaligen Eidgenössischen Flugzeugwerken Emmen entwickelt wurden (s. Abb. 6, unten). Diese konnten am Flügel von Flugzeugen der Schweizer Luftwaffe befestigt werden und erlaubten das Sammeln von Luftproben aus 8000 bis 12'000 m Höhe, ursprünglich mit *de Havilland Venom & Vampire*, später mit dem *Hawker Hunter* und der *Dassault Aviation Mirage III* und heute mit dem *Northrop Tiger F5*. Das Sammelgerät war im Windkanal kalibriert worden, sodass bei bekannter Flughöhe und Geschwindigkeit aus Diagrammen der Durchsatz ermittelt werden kann. Der grosse Vorteil dieser Geräte war, dass bei einem Ereignis im Ausland schon bevor Radioaktivität auf dem Boden abgelagert war, deren Stärke und Zusammensetzung bestimmt werden konnte.

6. Sammlung, Auswertung und regelmässige Veröffentlichung der Daten

Das Labor der KUER bzw. die SUER hatte eine dreifache Aufgabe: Auf der einen Seite diejenige eines nationalen Labors und Kompetenzzentrums, das ein landesweites Messnetz zu betreiben und zu unterhalten hat und jedes Jahr hunderte von Proben zu analysieren hatte. Auf der andern Seite

³² Siehe: HEINZ SURBECK: Natural Radionuclides in drinking water as pollutants and as useful tracer, in Eclogae geol. Helv. Vol. **87** (2), pp. 445-449 (1994)

³³ Siehe: P. WINIGER, O. HUBER und J. HALTER: Rechenmethoden zur Analyse hochaufgelöster γ -Spektren und ihrer Anwendung auf Spaltfragmentgemische, in Helv. Phys. Acta, Vol. **43** (6), pp. 693-712 (1970), und: P. WINIGER, O. HUBER und J. HALTER: Halbleitermessungen von Fallout, in Helv. Phys. Acta Vol. **41** (5), pp. 645-649 (1968), sowie: P. WINIGER, O. HUBER, J. HALTER und B. MICHAUD: Konzentrationsmessungen von Be-7, Cs-137 und jungen Spaltfragmenten an der Tropopause, in Tellus, Vol. **28** (5), pp. 434-441 (1976)

³⁴ das Landesweite Dosismessnetz NADAM, betrieben durch MeteoSchweiz, das Messnetz für Dosen in der Umgebung der Kernkraftwerke MADUK betrieben durch das ENSI und das Aerosolüberwachungsnetz RADAIR betrieben durch das BAG

³⁵ Darunter versteht man die Gamma-Spektrometrie mit einem 16-Liter-NaI-Detektor aus der Luft in einem Helikopter der Schweizer Armee unter Federführung durch die Nationale Alarmzentrale NAZ in Zürich)

³⁶ Diese Geräte vom Typ ASS-500 werden in Polen durch das Central Laboratory for Radiological Protection in Warschau hergestellt und waren zu dieser Zeit die einzigen dieser Art. Die Schweiz war damals das erste Land in Westeuropa, das solche Aerosolsammler beschaffte

waren wir auch die Koordinationsstelle des Bundes für die Umweltradioaktivität, wir koordinierten also das ganze Überwachungsprogramm, an dem zahlreiche Fachstellen und Laboratorien des Bundes (*u.a. das EIR/PSI, die EAWAG, die ETHZ, das Labor Spiez, die SMA – heute MeteoSchweiz, die NAZ³⁷*), der Kantone (*einige der Kantonalen Laboratorien der Lebensmittelkontrolle, die Kantons-spitäler Basel und Genf*), der Hochschulen (*u.a. die Universität Bern, das Institut de Radiophysique am CHUV Lausanne*) und der Forschungsinstitute (*u.a. das CERN, das Institut F. A. Forel in Genf*) und weitere Stellen beteiligt sind. Sehr eng war selbstverständlich auch die Zusammenarbeit mit den Aufsichtsbehörden BAG³⁸, der SUVA³⁹ und ENSI⁴⁰ (früher HSK). Das Konzept, alle Fachstellen einzubeziehen, die über fachliches «Knowhow» und Messkapazität verfügen, hat sich dabei bestens bewährt, basierend z.T. auf schriftlichen Abmachungen, z.T. auch nur via persönliche Kontakte. Die Aufgabe der SUER war schliesslich auch das Zusammentragen und Auswerten aller Daten, das Verfassen von jährlichen Berichte und Publikationen und der Austausch mit Behörden und unseren Fachkolleg(inn)en im Ausland. Damit besteht heute eine lückenlose nationale Dokumentation über die Radioaktivität in Umwelt und Lebensmitteln und die über Strahlendosen der Bevölkerung seit 1956.

Eine verständliche Information von Medien und Öffentlichkeit über die oft kontrovers diskutierten Fragen von Radioaktivität, Strahlung und Strahlenrisiko ist dabei, wie wir immer wieder erfahren mussten, eine anspruchsvolle Aufgabe, denn sowohl die Medien wie Behörden und Bevölkerung wollen offen und verständlich hierüber informiert werden. Nebst den regelmässigen Jahresberichten (bis 1988 durch die KUER veröffentlicht, ab dann durch das BAG) wurden wir auch häufig zu Vorträgen, etwa in Schulen, aber auch von andern an diesen Themen interessierten Gruppen eingeladen. Der Schreibende durfte diese Aufgabe auch regelmässig im Rahmen seiner Lehrtätigkeit an der Universität über Radioaktivität, Strahlung, sowie über Astro-, Elementarteilchen- und Kernphysik wahrnehmen. Er durfte auch bei zahlreichen Tagungen (etwa den Jahrestagungen des Fachverbandes für Strahlenschutz⁴¹ (FS) oder den IRPA⁴²- und weiteren Kongressen) mitwirken, durch Vorträge oder Mitarbeit bei der Tagungsorganisation. Als Bundesstelle – und insbesondere als Sektion des Bundesamtes für Gesundheit – war es unsere Pflicht, sachlich und neutral zu informieren und uns aus der Kontroverse um die Kernenergie rauszuhalten. Trotzdem mussten wir – zum Glück eher selten – Kritik einstecken und uns mit notorischen Besserwissern auseinandersetzen.

7. Zusammenarbeit mit der Universität

Die aus meiner Sicht erfreulichste Seite meiner Tätigkeit für KUER/SUER war insbesondere der fachliche Austausch mit Kolleg(inn)en im In- und Ausland, in Kommissionen und Arbeitsgruppen, aber auch mein Mitwirken bei zahlreichen Kongressen und Tagungen. Im Laufe dieser Jahre sind im Labor der KUER bzw. in der SUER weit über 200 Fachartikel, Berichte und Vorträge entstanden, zu Themen wie Radioaktivitätsüberwachung, Messtechnik, Strahlendosen, Strahlenrisiko, Notfallschutz, etc. Quasi als «Nebenprodukt» der Zusammenarbeit mit der Universität Freiburg wurden bei uns neun Diplomarbeiten, eine Masterarbeit, vier Doktorarbeiten, eine Habilitation sowie zahlreiche Praktika betreut⁴³. Auch bei der Lose-Blatt-Sammlung⁴⁴ des Deutsch-Schweizerischen Fach-

³⁷ NAZ = Nationale Alarmzentrale in Zürich, Bundesamt für Bevölkerungsschutz, VBS

³⁸ Das Bundesamt für Gesundheit ist Aufsichtsbehörde für den Bereich Medizin und Forschung

³⁹ Die SUVA ist Aufsichtsbehörde für den Bereich Industrie und Handel

⁴⁰ Das ENSI = *Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat* (Früher HSK = *Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen*) ist Aufsichtsbehörde für den Bereich Kernenergie in der Schweiz

⁴¹ Siehe: <http://osiris22.pi-consult.de/view.php3?show=5100017102056>

⁴² IRPA ist die internationale Dachorganisation im Strahlenschutz: International Radiation Protection Association.

⁴³ Siehe: CHRISTOPHE MURITH, HANRUEDI VÖLKLE and OTTO HUBER: Radioactivity measurements in the vicinity of Swiss nuclear power plants; in Nucl. Instr. & Meth. in Physics Research, Vol. A243, pp. 549-560 (1986) und:

<http://www.unifr.ch/sfsn/pdf/boucherdissertation.pdf> und:

<http://www.unifr.ch/sfsn/pdf/flurymasterthesis.pdf> sowie:

<http://www.unifr.ch/sfsn/pdf/murithdissertation.pdf>

verbandes für Strahlenschutz (FS), einer Sammlung von Messanleitungen zur Überwachung der Umweltradioaktivität, haben Mitarbeiter der SUER wesentlich beigetragen.

8. Schlussbemerkungen

Abschliessend sei darauf hingewiesen, dass die künstliche Umweltradioaktivität wohl der einzige anthropogene Schadstoff ist, der von Anfang an – also schon bevor der Umweltschutz überhaupt ein Thema war – in unserem Land systematisch überwacht und dokumentiert wurde⁴⁵, und dass im Strahlenschutz seit langem sehr strenge Gesetze gelten⁴⁶, die den Schutz der Bevölkerung und der Berufstätigen sicherstellen⁴⁷. Zu keiner Zeit, weder zur Zeit des Kernwaffenausfalls noch nach der Reaktorkatastrophe Tschernobyl, kam es bei der Schweizer Bevölkerung zu unzulässigen oder gar gefährlich erhöhten Strahlendosen.

Dies mögen die folgenden Zahlen belegen: Während die durchschnittliche natürliche Strahlenexposition der Schweizer Bevölkerung (s. Abb. 4 und 5) bei etwa 4 mSv⁴⁸ pro Jahr liegt, haben die Kernwaffenversuche bei uns zusätzlich im Mittel 1.2 mSv⁴⁹ und der Reaktorunfall Tschernobyl 0.5 mSv (*mit allerdings grossen regionalen Unterschieden: Das Tessin war am stärksten betroffen*) verursacht, und das *nota bene* nicht pro Jahr, sondern integriert über alle Jahre von damals bis heute. Um solches auch in Zukunft sicherstellen zu können, braucht es weiterhin eine dauernde und systematische Überwachung.

Die grösste Dosiskomponente der Schweizer Bevölkerung macht nach wie vor das natürliche Radon und seine Folgeprodukte im Wohnbereich aus, nämlich (*wenn die neuen Umrechnungsfaktoren⁵⁰ der ICRP angewendet werden*) in Schweizerischen Mittel rund 3.2 mSv pro Jahr, wobei der Variationsbereich bis etwa einen Faktor 10 nach oben reichen kann. Vor allem dessen α -strahlende Folgeprodukte lagern sich in der Lunge und im Bronchialgewebe ab und können so das Risiko an Lungenkrebs erhöhen⁵¹. Man rechnet für die Schweiz, dass 5-10 % der Lungenkrebsfälle dem Radon und seinen Folgeprodukten zugeordnet werden müssen. Dieses ist somit die zweitwichtigste Ursache für Lungenkrebs (nach dem Rauchen). Die natürliche Radioaktivität, also kosmische Strahlung⁵², terrestrische Radioaktivität und natürlich Radionuklide im menschlichen Körper machen im Schweizerischen Mittel je etwa 1/3 mSv pro Jahr aus. Im Vergleich dazu sind die Strahlendosen von Personen, die in der unmittelbaren Nähe eines Schweizer Kernkraftwerkes wohnen deutlich tiefer: sie liegen bei wenigen μ Sv/Jahr (=1/1000 mSv). Weitere Informationen finden sich in den Jahresberichten des Bundeamtes für Gesundheit⁵³.

⁴⁴ <http://osiris22.pi-consult.de/view.php3?show=5100014302056>

⁴⁵ Weitere Texte zur Radioaktivitätsüberwachung können auf der folgenden Web-Seite heruntergeladen werden: <http://www.unifr.ch/sfsn/pdf/huber.pdf>, sowie unter: <http://www.unifr.ch/sfsn/pdf/gockel>

⁴⁶ Schweizer Strahlenschutzverordnung siehe:

<http://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19940157/201401010000/814.501.pdf>

⁴⁷ Siehe auch: <http://www.unifr.ch/sfsn/pdf/voelkle40jahre-SSP.pdf> sowie:

<http://www.unifr.ch/sfsn/pdf/voelklecluse.pdf> sowie: <http://www.unifr.ch/sfsn/pdf/50years-AFP.pdf>

⁴⁸ Das mSv (milli-Sievert = 1/1000 Sv) ist das Mass für die biologische Wirkung der ionisierenden Strahlung. Diese Einheit ist nach dem Schwedischen Physiker ROLF SIEVERT (1896-1966) benannt. Die «normale» Strahlenexposition in der Schweiz liegt bei einigen mSv/Jahr. Gefährlich wird es erst nach einer kurzeitigen Bestrahlung von einigen Sv. Bei 4.5 Sv sterben 50 % der bestrahlten Individuen innerhalb weniger Tage oder Wochen, bei 7.5 Sv besteht keine Überlebenschance mehr. Die Internationale Strahlenschutzkommission (ICRP) hat die folgenden Strahlenrisikofaktoren publiziert: Werden 100 Personen mit 1 Sv (=1000 mSv) bestrahlt, muss man im Mittel mit 5.5 strahlenbedingten Todesfällen und 0.2 schweren, strahlenbedingten Todesfällen bei den Nachkommen der bestrahlten Person rechnen.

⁴⁹ Siehe auch: <http://www.unifr.ch/sfsn/pdf/voelkle fallout-Finjet.pdf>

⁵⁰ Neue Konversionsfaktoren der ICRP für Radon: 5.52×10^{-6} resp. 7.47×10^{-6} mSv pro $\text{Bq} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^3$ für den Wohnbereich bzw. für den Arbeitsbereich

⁵¹ Siehe: http://assets.krebsliga.ch/downloads/factsheet_radon_d.pdf

⁵² Zur kosmischen Strahlung siehe: <http://www.unifr.ch/sfsn/pdf/kosmische%20Strahlung.pdf>

⁵³ Bundesamt für Gesundheit: <http://www.bag.admin.ch/themen/strahlung/12128/12242/index.html?lang>

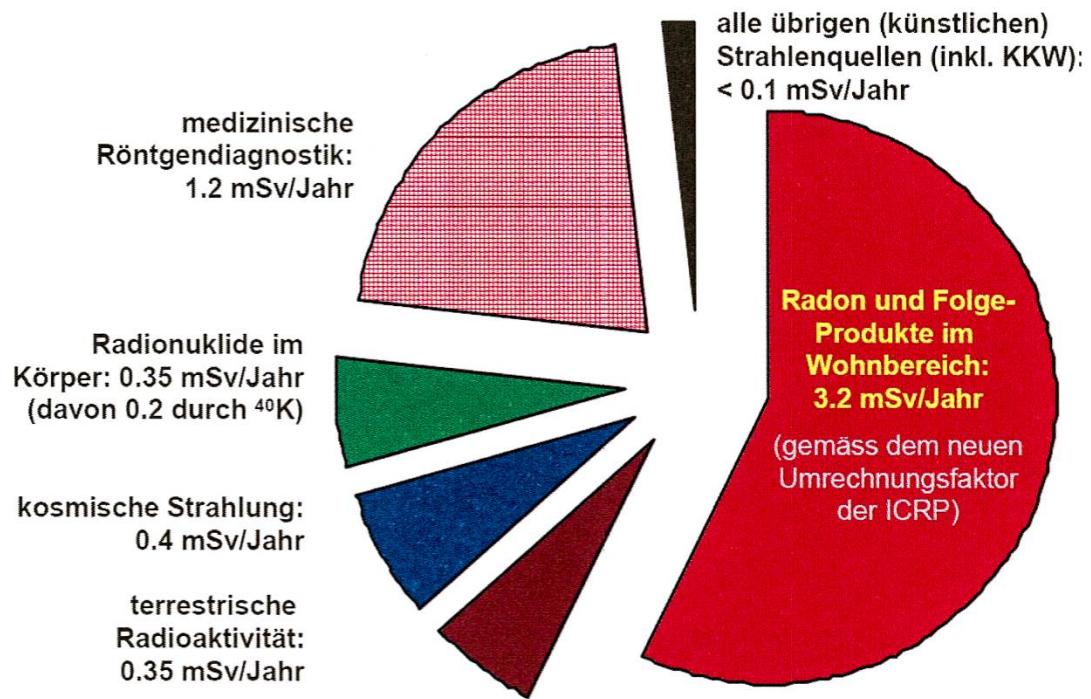


Abb. 4: Durchschnittliche jährliche Strahlendosen in mSv der Schweizer Bevölkerung 2012 (Quelle: BAG-Berichte)

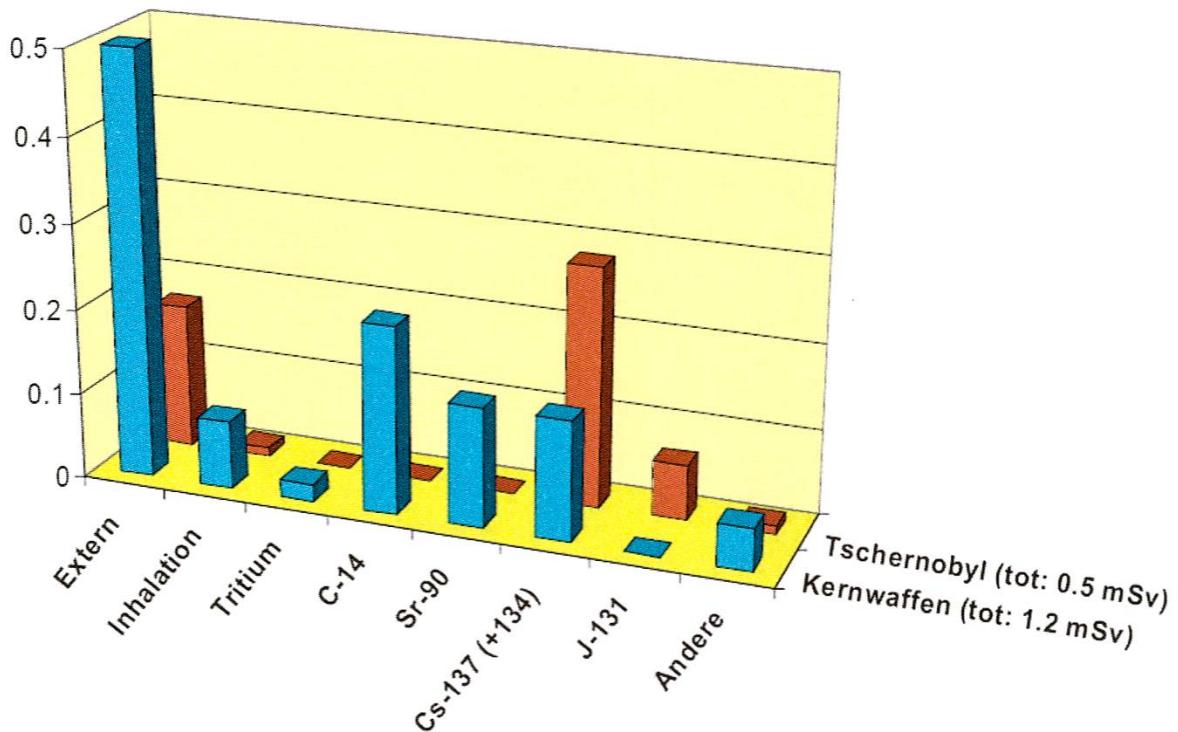


Abb. 5: Durchschnittliche integrale Strahlendosen in mSv (d.h. aufsummiert vom Ereignis bis Ende des 20. Jahrhunderts) der Schweizer Bevölkerung und deren einzelne Komponenten durch den Kernwaffenauftakt (blau) bzw. durch den Reaktorunfall Tschernobyl (rot)

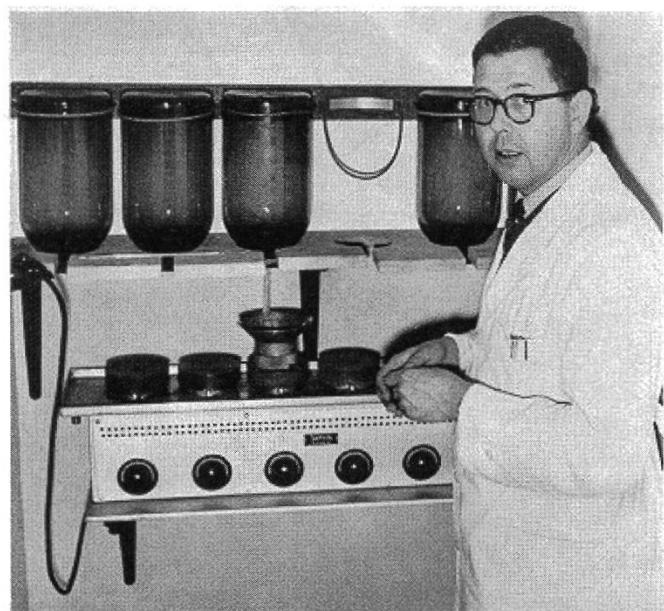
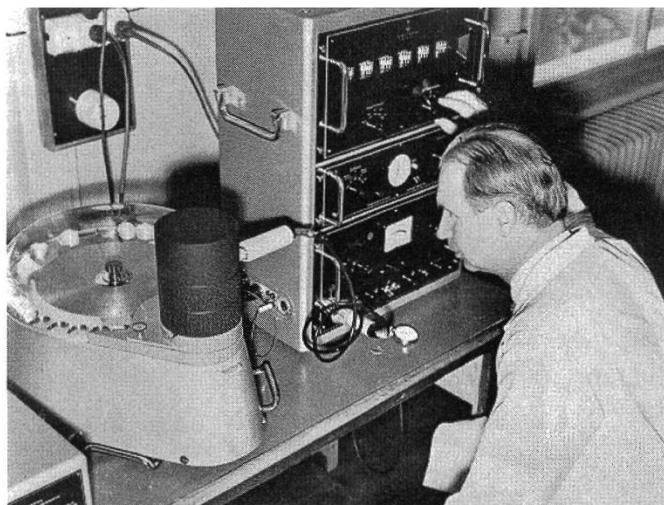


Abb. 6: Die Pioniere OTTO HUBER (oben), JOSEPH HALTER (mitte) und PAUL WINIGER (unten) – Letzterer mit dem Sammelgerät der Schweizer Luftwaffe für Luftproben aus der oberen Troposphäre bzw. unteren Stratosphäre. Zwei solcher Geräte wurden in den 60er-Jahren in Zusammenarbeit mit den damaligen Eidg. Flugzeugwerken Emmen entwickelt und sind noch heute (nach Anpassung an neue Flugzeuge) im Einsatz.

CHF 40.-

ISSN 0366-3256