

*Aus der Bundesanstalt für Lebensmitteluntersuchung und -forschung,
Abteilung Strahlenschutz, Wien*

DIE RADIOAKTIVE BELASTUNG DER DONAU
VOR UND NACH TSCHERNOBYL

E. HENRICH

1. Einleitung

In der Umwelt sind radioaktive Stoffe aus verschiedenartigsten Quellen zu finden:

natürliche primordiale Radionuklide mit extrem langen Halbwertszeiten beziehungsweise aus Zerfallsreihen mit langlebigen Ausgangssubstanzen stammend, wie z.B. die Nuklide aus der Uran-Radium- oder der Thorium-Zerfallsreihe oder das Kalium-40, das zu etwa 0.012 % mit dem natürlichen Kalium auftritt (siehe Tabellen 1 und 1a, b, c),

natürliche kosmogene Radionuklide wie z.B. Kohlenstoff-14, Tritium und Beryllium-7, die durch die Einwirkung der kosmischen Strahlung in den höheren Schichten der Atmosphäre gebildet werden und ihren Weg in die Biosphäre finden (Tabelle 2), wobei z.B. die Konzentration von Kohlenstoff-14 durch die Verbrennung von C-14-freien fossilen Brennstoffen wieder gesenkt wird sowie

künstliche Radionuklide aus der Anwendung in Medizin, Technik, Forschung, Energieerzeugung, Kernwaffenentwicklung u.ä. (Beispiele für das Auftreten in der Umwelt von Radionukliden aus der medizinischen

Anwendung sind in Tabelle 3 gegeben, Tabelle 4 faßt als Beispiel die in Oberflächenwässern in Österreich nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl nachgewiesenen Gammastrahler zusammen), wobei durch künstliche Erzeugung der Gehalt an natürlichen Nukliden wie Tritium oder Kohlenstoff-14 entscheidend erhöht wird.

Der Eintrag solcher Stoffe in Oberflächengewässer erfolgt auf mehreren Wegen. Im wesentlichen sind dies:

langfristige Erosion von bodengebundenen Substanzen durch Wind und Wasser,

Lösung und Diffusion in den Böden und Einbringen mit dem Quell- oder Grundwasser,

Einbringen von Niederschlag in flüssiger oder fester Form bzw. Abschmelzen von Schnee oder Eis,

Bodenabschwemmung bei starken Regenfällen und

direkte Einleitungen aus der Industrie, Technik, Medizin etc. und/oder indirekte Einleitungen aus diesen Bereichen über Abwassersammelanlagen und Kläranlagen.

Das Einbringen natürlicher radioaktiver Stoffe erfolgt dabei im wesentlichen über die wind- und wasserbedingte Erosion der Böden, sowie z.B. bei Tritium und Beryllium-7 über den Niederschlag, wenn auch lokal starke zivilisationsbedingte Einleitungen solcher Radionuklide vorkommen können, wie z.B. durch das Ableiten Kalium-40-haltiger Abwässer durch die Zuckerindustrie. In einigen Regionen stellt auch Quellwasser mit hohen Konzentrationen an Radium oder Radon eine wesentliche Komponente dar.

In der Folge soll vor allem eine nähere Betrachtung künstlicher Radionuklide in der Donau erfolgen, für die alle genannten Pfade zutreffen.

Die Abschwemmung von Bodenmaterial bei den starken Regenfällen spielte zum Beispiel Ende April/Anfang Mai 1986 sicherlich die größte Rolle für die radioaktive Belastung der Donau infolge des Reaktorunfalls in Tschernobyl, UdSSR. Die durch die Bombenversuche der 60er Jahre und den Reaktorunfall von Tschernobyl in die Böden eingetragenen Radionuklide werden in Richtung Grundwasser verlagert, wenn auch gleich festgestellt werden soll, daß für die meisten der so eingebrachten, gesundheitlich relevanten Radionuklide (Cäsium-137 und -134, Strontium-90, Plutonium) im allgemeinen eine starke Bindung in den Böden erfolgt und somit nur äußerst geringe Wanderungsgeschwindigkeiten auftreten. (Das Cäsium-137 aus dem Bombenfallout ist noch immer zum Großteil in den obersten 20 Zentimetern fixiert.) Die Auswaschung wird also konzentrationsmäßig keine große Rolle spielen, wenn sie auch integral gesehen für Nuklide mit langen Halbwertszeiten von Bedeutung ist.

Das Einbringen mit dem Niederschlag direkt oder über ablaufendes Regenwasser weist eine andere zeitliche Verteilung auf. Es ist hier eine starke Korrelation zu den Niederschlagszeiten vorhanden, die durch allenfalls in den Flüssen vorhandene Stauanlagen verwaschen wird. Darüber hinaus kann es zu mittelfristigen Verzögerungen kommen (Schneefall Schneeschmelze) und zu abgeschwächten Langzeitverzögerungen (Gletscherbildung und -schmelze).

Am Beispiel Tschernobyl ist eine Überlagerung dieser Effekte zu sehen. Hier wird die kurzzeitige Eintragung hochkonzentrierter Niederschläge und Bodenabschwemmungen Anfang Mai von der langfristigen Einbringung von Erosionsprodukten abgelöst.

Für direkte Einleitungen sollen hier als Beispiele genannt werden: Kernanlagen (Kraftwerke, Forschungsreaktoren und Wiederaufarbeitungsanlagen), Großindustrien, aber auch hydrologische Untersuchungen mit radioaktiven Tracern (so konnte etwa in der Thaya Chrom-51 nachgewiesen werden, das aus derartigen Versuchen stammte) und gegebenenfalls erlaubtes oder unerlaubtes Einbringen radioaktiver Substanzen zur Entsorgung (siehe Tschernobyl-Molkepulver).

Ein indirekter Eintrag ist im allgemeinen über die Anwendung von Radionukliden in der Medizin (insbesondere bei der ambulanten Behandlung von Patienten), in der Forschung und in der Technik gegeben, wo über die Kanalnetze und ggf. die Ableitungen der Kläranlagen die Oberflächengewässer erreicht werden.

Für die Donau sind einige der potentiellen Emittenten in Tabelle 5 zusammengefaßt.

Der Gehalt an Radionukliden im Wasser selbst und in den Schwebstoffen ist natürlich außer von der Wassermenge noch von den verschiedensten physikalischen, chemischen und biologischen Faktoren geprägt, wie z.B. (HABERER, 1969)

die Erneuerung der Wassermassen,
die Strömung und Turbulenz,

die Temperatur- und Dichteunterschiede sowie die chemische Zusammensetzung des zufließenden und aufnehmenden Wassers einschließlich der Art und Menge vorhandener suspendierter Teilchen, die physikalisch-chemischen Vorgänge, wie Ausfällung und Sedimentation, Ionenaustausch und Adsorption, die biologischen Vorgänge, die Assimilation und Stoffaufnahme durch lebende Organismen sowie deren Freisetzung nach dem Absterben.

2. Meßnetz in Österreich und Meßmethoden

In Österreich existiert seit den 60er Jahren ein Überwachungsnetz für Umweltradioaktivität, das für die unterschiedlichen Medien, wie z.B. Luft, Niederschläge und Oberflächenwässer, aber auch Lebensmittel, ein Probenahme- und Meßsystem darstellt. In den letzten Jahren wurde dieses System modernisiert und reorganisiert.

Abb. 1 gibt die geographische Verteilung der derzeitigen Probenahmestellen für Oberflächenwässer in ganz Österreich an, wobei die Betreuung der monatlichen Routinesammlungen einerseits durch den Hydrographischen Dienst, andererseits durch die Strahlenschutzabteilungen der BALUF in Wien und Linz erfolgt.

Um die indirekten Einträge über die kommunalen Kläranlagen quantifizieren zu können, wird auch eine routinemäßige Überwachung einiger Abwasserreinigungsanlagen durchgeführt, die von stichprobenartigen Kontrollen ergänzt wird.

Sinn der Messungen ist sowohl eine Trenderkennung im Bereich äußerst niedriger Aktivitätskonzentrationen als auch die Durchführung einer gewissen Art von Beweissicherung, um z.B. gegenüber dem Ausland Argumentationshilfen zu haben oder über die Immission Rückschlüsse auf Emissionen ziehen zu können. Hinzu kommt natürlich die Aufrechterhaltung eines eingespielten Routinesystems für Katastrophenfälle.

Je nach Art der von der radioaktiven Substanz ausgesendeten Strahlung ergibt sich die Methode des Nachweises. Zu Beginn der Oberflächenwasserüberwachung lag aufgrund der gerätetechnischen Voraussetzungen das Hauptaugenmerk bei Gesamt-Beta- und Gesamt-Alpha-Messungen. Wegen der Notwendigkeit zu nuklidspezifischen Aussagen, und auch durch die technische Entwicklung auf dem Meßgerätesektor bewirkt, wurden diese Verfahren im Zeitraum 1982 bis 1985 durch andere Methoden abgelöst. Derzeit werden an der Abt. Strahlenschutz in Wien für Oberflächenwässer routinemäßig hochauflösende Halbleiterdetektoren zum Nachweis von künstlichen Gammastrahlern, wie z.B. Cäsium-137 und -134, Jod-131, Technetium-99m, Chrom-51 etc., bzw. für natürliche Radionuklide wie Actinium-228 (als Folgeprodukt von Radium-228 bzw. Thorium-232), Beryllium-7 und Kalium-40 eingesetzt. Der Nachweis von Tritium erfolgt mittels Flüssigszintillationsanlagen. Die stark personalaufwendigen Methoden zur Bestimmung etwa von Strontium-90 oder Plutonium-239/240 werden zur Zeit (noch) nicht routinemäßig eingesetzt, eine Methode zur Bestimmung niederenergetischer Gammastrahler (wie Jod-125) wird im Moment nur qualitativ in Teilbereichen verwendet.

Da die Konzentrationen an Gammastrahlern in Oberflächenwässern im allgemeinen sehr gering sind, müssen große Probenvolumina (ca. 40 Liter) gezogen und mittels automatischer Anlagen eingedampft werden. Derzeit erfolgt dabei keine Trennung zwischen dem gelösten Anteil und den Schwebstoffen. Die Messung im Normalfall etwa 80000 bis 160000 Sekunden dauernd und die Auswertung mittels eines Computerprogramms erfolgen innerhalb des normalen Gamma-spektrometrie-Betriebsablaufes. Für die Proben des Hydrographischen Dienstes werden Einliter-Volumina in speziellen Meßgeometrien ("Marinelli-Becher") ca. 40000 bis 80000 Sekunden lang gemessen, wobei hier die Nachweisgrenzen selbstverständlich nicht so niedrig liegen (zum Beispiel für Cäsium-137 bei 3 bis 20 pCi/l, gegenüber 0.005 pCi/l), dafür aber der Aufwand der Probenvorbereitung faktisch entfällt. Der behördliche Richtwert für Cäsium-137 im Trinkwasser, der infolge des Reaktorunfalls von Tschernobyl festgelegt wurde, liegt derzeit übrigens bei 50 pCi/l; Überschreitungen dieses Wertes in den Oberflächenwässern könnten also mit Sicherheit nachgewiesen werden.

Für die Tritiumbestimmungen müssen nur geringe Probenmengen eingesetzt werden (8 ml); die Messung erfolgt in Flüssigszintillations-Antikoinzidenzanlagen mit Vielkanaldarstellung und Auswertung über Personal Computer.

3. Resultate

In den Abbildungen 2 bis 5 sind einige Ergebnisse der Messungen der vergangenen Jahre für die Probenahmestelle Hainburg dargestellt. Für den Zeitraum unmittelbar nach dem Reaktorunfall sind auch Werte der Probenahmestellen Wien-Reichsbrücke, Wien-Floridsdorfer Brücke und Stopfenreuth eingetragen, da zumindest bei den Spaltprodukten

wegen des globalen Eintrags aus Tschernobyl hier sicherlich Unterschiede durch den Vergleich verschiedener Probenahmestellen vernachlässigt werden können.

Abb. 2 zeigt den Verlauf der Kalium-40-Konzentration; die große statistische Unsicherheit der Werte nach Tschernobyl ergibt sich aus den kurzen Meßzeiten, die aufgrund des notwendigen hohen Probendurchsatzes im Labor zu dieser Zeit in Kauf genommen werden mußten. Abb. 3 gibt den zeitlichen Verlauf der Jod-131- und Abb. 4 den der Cäsium-137-Belastung vor und nach Tschernobyl an. Aus Zeitgründen konnte die erste Donauwasserprobe nach dem Reaktorunfall erst am 2. Mai, also drei Tage nach dem Eintreffen der radioaktiven Wolke, gezogen werden. Messungen der Hygienisch-bakteriologischen Untersuchungsanstalt der Stadt Wien zufolge lag das Maximum der Gesamtkontamination des Donauwassers im Raum Wien um den 3./4. Mai 1986. Die Konzentration von Jod-131 stieg von den aus der Nuklearmedizin stammenden Werten von größenordnungsmäßig 5 Bq/m^3 (0.14 pCi/l) kurzfristig auf 21000 Bq/m^3 (565 pCi/l), also das etwa 4000-fache an. Innerhalb von eineinviertel Monaten war die Jod-131-Belastung sodann auf ein Hundertstel dieser Werte abgefallen, um etwa im Juni/Juli 1986 wieder die von der nuklearmedizinischen Anwendung verursachten Vor-Tschernobyl-Werte zu erreichen.

Für Cäsium-137 ergibt sich aufgrund der langen Halbwertszeit ein etwas anderes Bild: Einer ersten Erhöhung von Werten um 0.4 Bq/m^3 (0.01 pCi/l), die vom Kernwaffenfallout stammen, auf 3700 Bq/m^3 (100 pCi/l) folgte ein erst rasches, dann stark verlangsamtes Absinken auf einen Pegel von ca. 40 Bq/m^3 (1.1 pCi/l), der seit einigen Monaten in der Größenordnung gleich bleibt und von den Erosionseffekten und den Sedimentationsprozessen geprägt ist.

Tabelle 6 ist der Versuch einer Abschätzung der in der Donau in Ostösterreich im "Normalfall" jährlich in gelöster Form und mit Schwebstoffen transportierten Mengen an Jod-131, wobei die Gesamtmenge etwa 200 GBq (d.s. ca. 5.4 Ci) beträgt (HENRICH,1986). Hier sind allerdings Korrekturen, die sich aus dem Querprofil ergeben, noch nicht berücksichtigt. Aus einem Vergleich der Werte des Jahres 1983 mit dem Eintrag aus der Wiener Hauptkläranlage in diesem Jahr (Tabelle 7 zeigt eine Abschätzung des Jahresaustrags mit dem Abwasser für Jod-131, Jod-123 und Technetium-99m (HENRICH,1985)) läßt sich feststellen, daß die Daten, die ja aufgrund sehr stark vereinfachender Annahmen gewonnen wurden, durchaus in derselben Größenordnung liegen. Der Transport von Jod-131 aus Tschernobyl läßt sich dagegen auf etwa 31 TBq (850 Ci) beziffern. Für die Abschätzung dieses Wertes muß allerdings eingeschränkt werden, daß im kritischen Zeitraum (4. bis 11. Mai 1986) keine Proben gezogen werden konnten, sodaß der Verlauf nach Angaben der Abt. Radiologie der Hygienisch-bakteriologischen Untersuchungsanstalt approximiert werden mußte, und daß die jeweiligen aktuellen Wasserdurchsätze noch nicht berücksichtigt sind.

Schließlich zeigt Abb. 5 den Verlauf der Tritium-Konzentration in der Donau in den Jahren 1985 und 1986. Es ist zu erkennen, daß hier der Reaktorunfall von Tschernobyl keinen im Rahmen der angewendeten Methoden merkbaren Einfluß hatte (SCHÖNHOFER u. HENRICH 1986, SCHÖNHOFER und WEISZ 1987)

Es soll noch darauf hingewiesen werden, daß im Rahmen der in den letzten Jahren durchgeführten nuklidspezifischen Untersuchungen des Donauwassers noch keine Ableitungen aus Kernanlagen nachgewiesen werden konnten,

da einerseits die emittierten Mengen relativ gering sind, andererseits aber auch die Verdünnung durch nicht kontaminierte Wässer sehr groß ist.

Als Illustration zeigt Abbildung 6 das Gammaskpektrum einer Abwasserprobe aus einer KÄranlage, Abb. 7 ein Spektrum von Donauwasser vor und Abb. 8 eines von Donauwasser nach Tschernobyl.

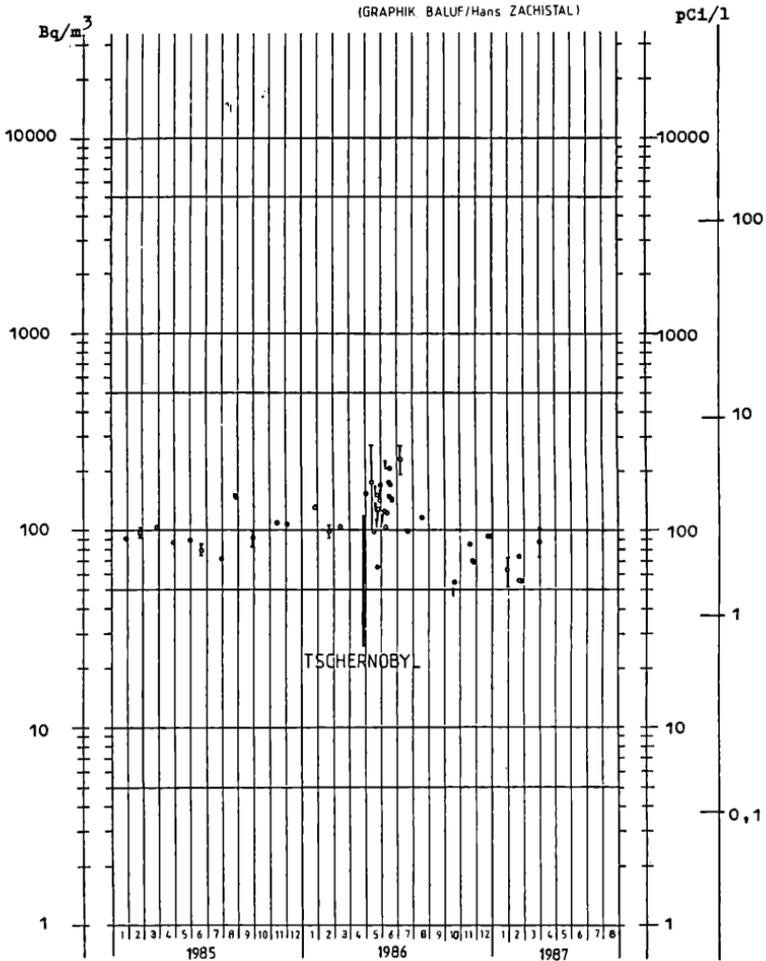
4. Diskussion

Das österreicherische Überwachungsnetz für Umweltradioaktivität stellt für die Kontrolle radioaktiver Kontamination der Donau ein sehr effizientes System dar. Eine geographische Ausweitung erscheint nicht notwendig, wenn auch in Notfällen eine Verbesserung der Probenahmefrequenz zu wünschen wäre. Durch Spezialprogramme soll noch eine Ergänzung der Routineuntersuchungen erfolgen. So zum Beispiel ist vorgesehen, im Raum Hainburg ein Querprofil der Radioaktivitätskonzentration aufzunehmen. Dadurch soll eine bessere Quantifizierung des Nukliddurchsatzes bei inhomogenen Verteilungen, wie sie etwa durch die Einleitungen der Wiener Hauptkläranlage gegeben sind, ermöglicht werden.

Die Belastung der Donau durch natürliche Radionuklide ist im wesentlichen durch jahreszeitliche und niederschlagskorrelierte Effekte geprägt und stellt kein Problem dar. Auch die Kontamination mit künstlichen Radionukliden aus der Nuklearmedizin ist vom gesundheitlichen Standpunkt her vollkommen zu vernachlässigen, wenn auch ihr Nachweis aufgrund der Strahlenschutzprinzipien emissionsmindernde Maßnahmen bei den Verursachern wünschen läßt. Selbst der hohe Eintrag radioaktiver Substanzen

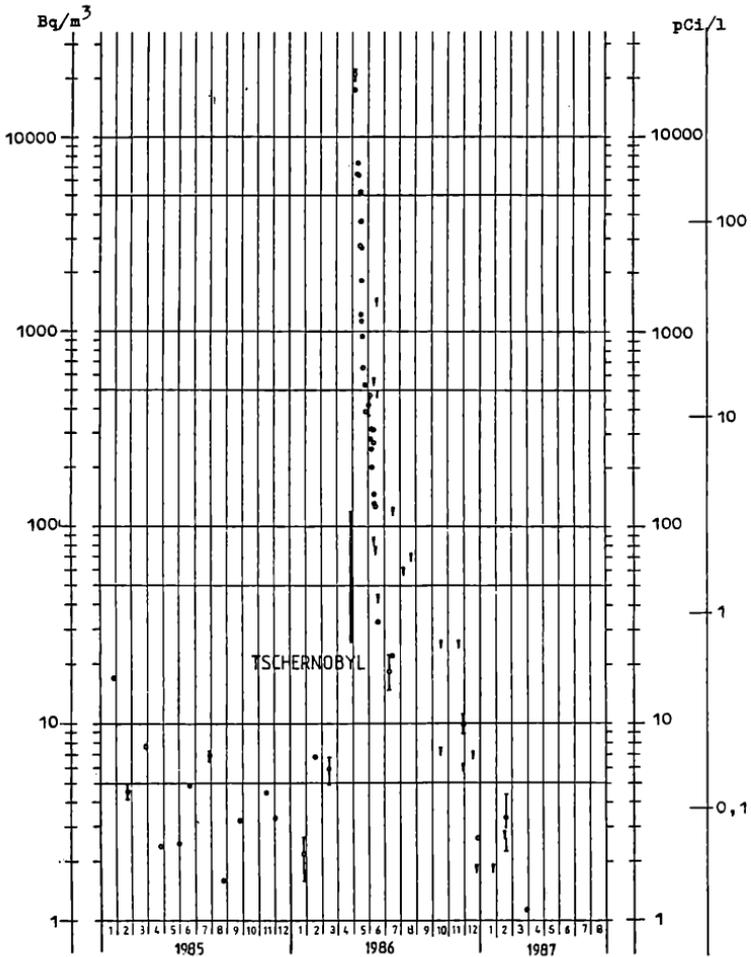
aus dem Reaktorunfall von Tschernobyl stellte für Österreich keine besondere Quelle einer Strahlenbelastung durch Oberflächenwässer dar, da beim Übergang in das Grundwasser für die kritischen Nuklide eine starke Filterung erfolgt und das Donauwasser selbst nicht direkt zu Trinkwasser aufbereitet wird.

Abb.2:
Kalium-40 im Donauwasser in Ostösterreich



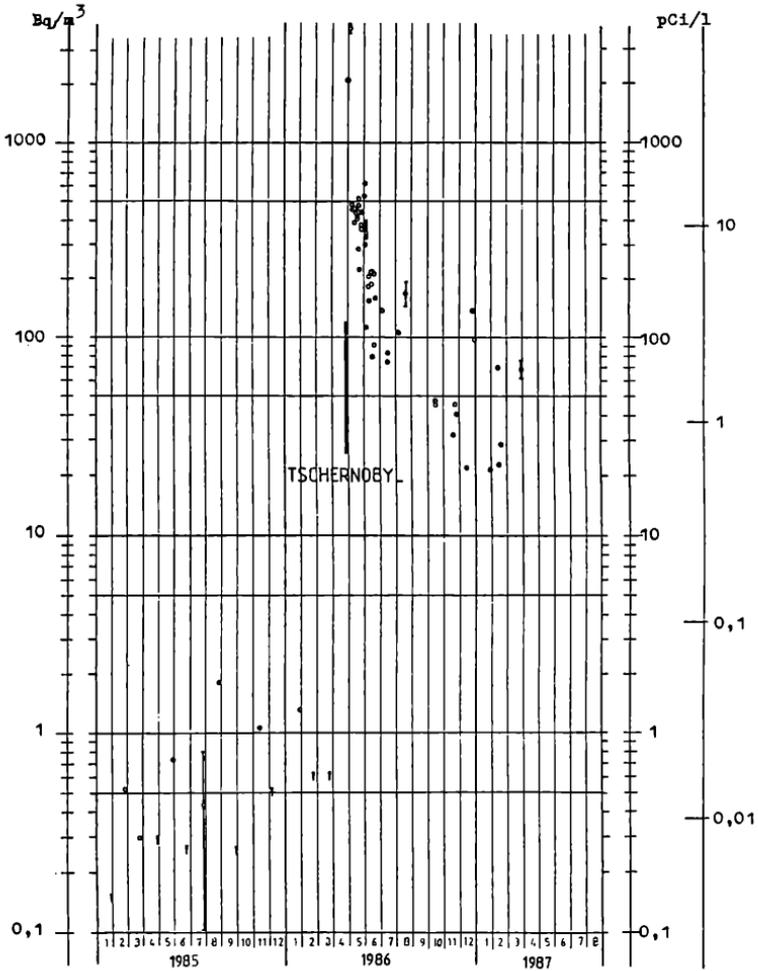
⊥ Meßwert m.stat.Unsicherh.(1 Sigma) † Kleiner Nachweisgr.(Basis 3 Sigma d.Hintergr.)

Abb. 3:
Jod-131 im Donauwasser in Ostösterreich



■ Meßwert m.stat.Unsicherh.(1 Sigma) ▼ Kleiner Nachweisgr.(Basis 3 Sigma d.Hintergr.)

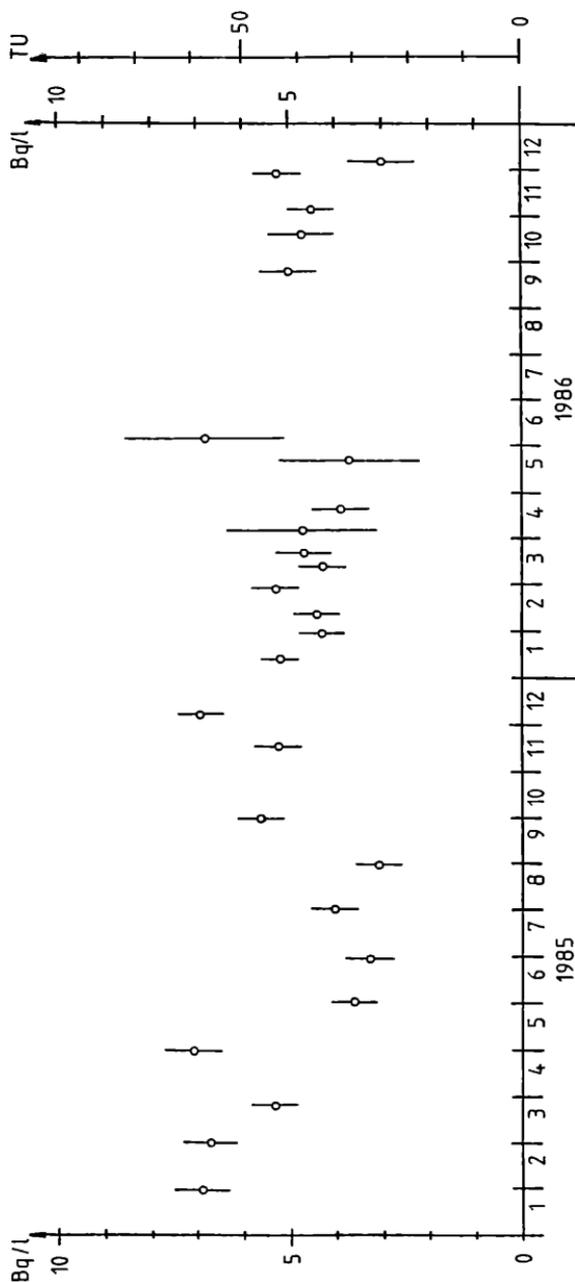
Abb. 4:
Cäsium-137 im Donauwasser in Ostösterreich



▬ Meßwert m.stat.Unsicherh.(1 Sigma) ▮ Kleiner Nachweisgr.(Basis 3 Sigma d.Hintergr.)

Abb. 5:
Tritium in der Donau/Probenahmestelle Hainburg (nach SCHÖNHOFER und WEISZ 1987)

(GRAPHIK: BALUF/Hans ZACHISTAL)



STATISTISCHE ABWEICHUNG: 1 SIGMA

Abb. 7:
Oberflächenwasser Donau Hainburg, 26. Februar 1986
39,02 kg, Meßzeit: 159491 sec

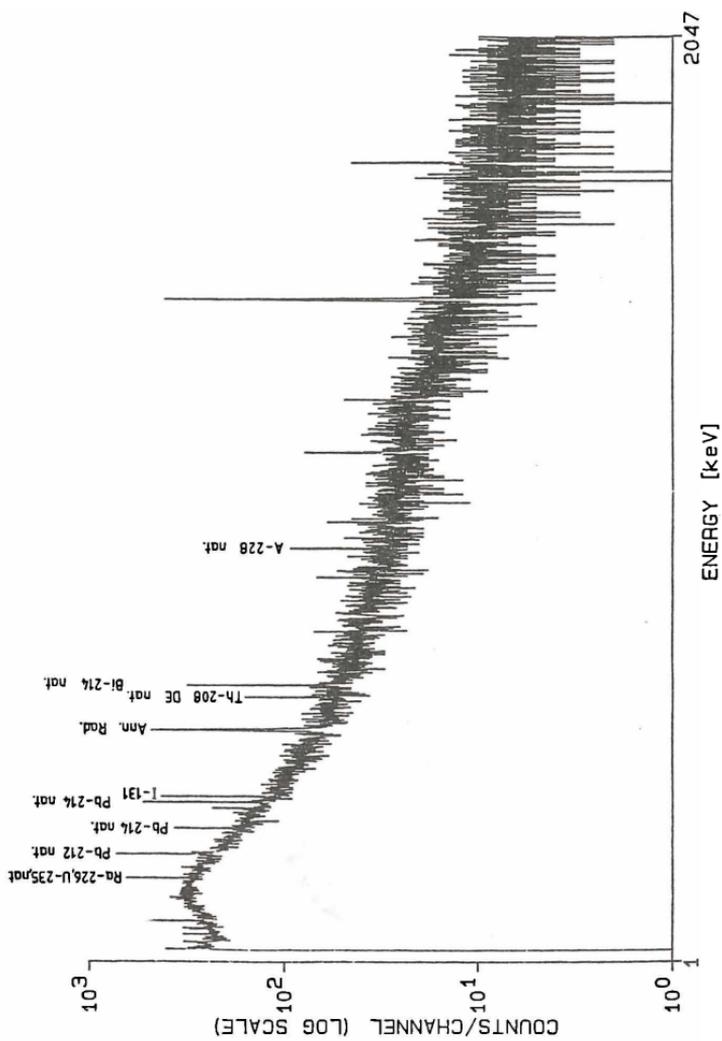


Abb. 8:
Oberflächenwasser Donau-Reichsbrücke, 2. Mai 1986
4,46 kg, Meßzeit: 1459 sec

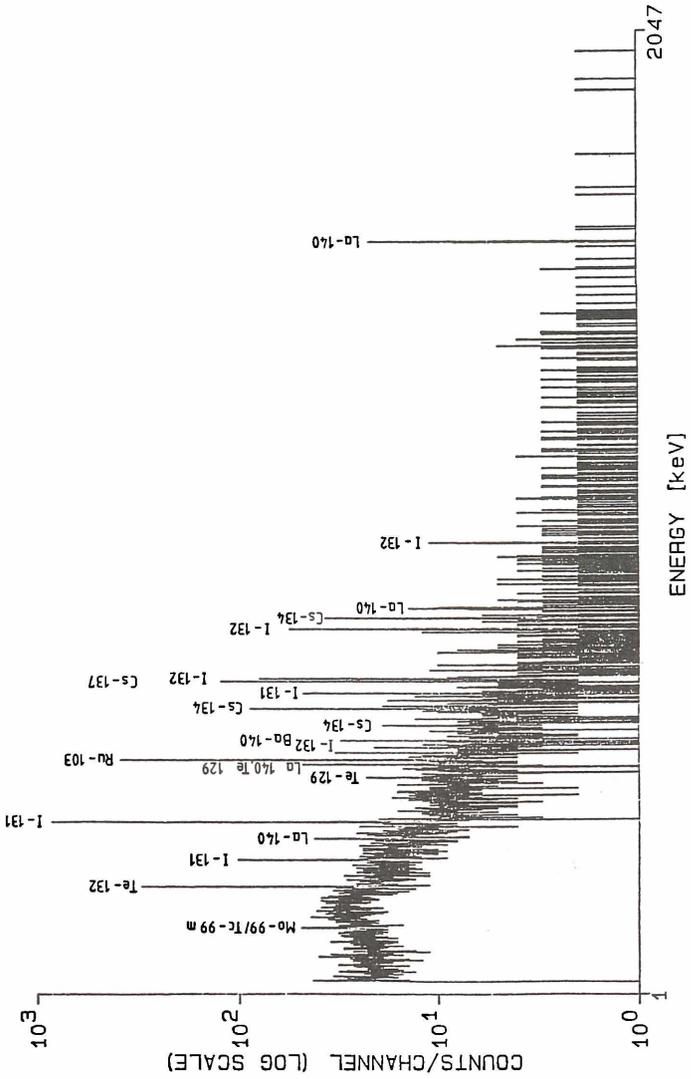


Tabelle 1: Natürliche, primordiale Radionuklide in der Umwelt
(nach KLEMENT 1986)

Nuklid	Halbwertszeit Jahre	Isotop.Vork. %	Zerfallsart(en)
Kalium-40	1.28 E09 *)	.0118	β ,gamma, EC **)
Vanadium-50	ca. 6 E14	.24	β ,gamma, EC
Rubidium-87	4.7 E10	27.85	β
Indium-115	6 E14	95.72	β
Lanthan-138	1.35 E11	.089	β ,gamma, EC
Cer-142	5 E15	11.07	alpha
Neodym-144	2.1 E15	23.85	alpha
Samarium-147	1.06 E11	14.97	alpha
Samarium-148	7 E15	11.24	alpha
Samarium-149	ca. 4 E14	13.83	alpha
Gadolinium-152	1.1 E14	.200	alpha
Lutetium-176	3.79 E10	2.59	β ,gamma
Hafnium-174	2.0 E15	.18	alpha
Rhenium-187	5 E10	62.93	β
Platin-190	6.1 E11	.0127	alpha
Platin-192	ca. 1 E15	.78	alpha
Blei-204	1.4 E17	1.48	alpha
Uran-Radium-Reihe	s.Tabelle 1a		
Aktinium-Reihe	s.Tabelle 1b		
Thorium-Reihe	s.Tabelle 1c		

*) E09 = 10 hoch 9

***) EC: Elektroneneinfang

Tabelle 1a: Nuklide der Uran-Radium-Zerfallsreihe

Nuklid	Halbwertszeit	Zerfalls- art(en)	Folgeprod.
Uran-238	4.5 E+9 a	alpha	--> Th-234
Thorium-234	24.1 d	β , gamma	--> Pa-234m
Protactinium-234m	1.18 min	β IT *)**)	--> U -234 --> Pa-234
Protactinium-234	6.66 h	β , gamma	--> U -234
Uran-234	2.484 E+5 a	alpha	--> Th-230
Thorium-230	7.7 E+4 a	alpha, gamma	--> Ra-226
Radium-226	1600 a	alpha, gamma	--> Rn-222
Radon-222	3.823 d	alpha	--> Po-218
Polonium-218	3.05 min	alpha β **)	--> Pb-214 --> At-218
Astatin-218	2 sec	alpha	--> Bi-214
Blei-214	26.8 min	β , gamma	--> Bi-214
Wismut-214	19.9 min	β , gamma alpha **)	--> Po-214 --> Tl-210
Polonium-214	1.64 E-4 sec	alpha	--> Pb-210
Thallium-210	1.32 min	β	--> Pb-210
Blei-210	20.4 a	β , (gamma) alpha **)	--> Bi-210 --> Hg-206
Quecksilber-206	8.1 min	β	--> Tl-206
Wismut-210	5.012 d	β alpha **)	--> Po-210 --> Tl-206
Polonium-210	138.38 d	alpha	--> Pb-206
Thallium-206	4.23 min	β	--> Pb-206
Blei-206	stabil		

*) IT Isomerer Übergang

**) schwache Verzweigung

Tabelle 1b: Nuklide der Aktinium-Zerfallsreihe

Nuklid	Halbwertszeit	Zerfalls- art(en)	Folgeprod. (en)
Uran-235	7.038 E+8 a	alpha, gamma	--> Th-231
Thorium-231	1.063 d	β , gamma	--> Pa-231
Protactinium-231	3.276 E+4 a	alpha, gamma	--> Ac-227
Actinium-227	21.8 a	β , gamma alpha, gamma	--> Th-227 --> Fr-223
Thorium-227	18.5 d	alpha, gamma	--> Ra-223
Francium-223	21.8 min	β , gamma alpha *)	--> Ra-223 --> At-219
Astatin-219	54	alpha β *)	--> Bi-215 --> Rn-219
Wismut-215	7.4 min	β	--> Po-215
Radium-223	11.4 d	alpha, gamma	--> Rn-219
Radon-219	3.96 sec	alpha, gamma	--> Po-215
Polonium-215	1.78 E-3 sec	alpha β *)	--> Pb-211 --> At-215
Astatin-215	1 E-4 sec	alpha	--> Bi-211
Blei-211	36.1 min	β , gamma	--> Bi-211
Wismut-211	2.16 min	alpha, gamma β *)	--> Tl-207 --> Po-211
Polonium-211	.52 sec	alpha, gamma	--> Pb-207
Thallium-207	4.77 min	β , (gamma)	--> Pb-207
Blei-207	stabil		

*) schwache Verzweigung

Tabelle 1c: Nuklide der Thorium-Zerfallsreihe

Nuklid	Halbwertszeit		Zerfalls- art(en)	Folgeprod.
Thorium-232	1.41	E10 a	alpha, (gamma)	--> Ra-228
Radium-228	5.75	a	β	--> Ac-228
Actinium-228	6.13	h	β , gamma	--> Th-228
Thorium-228	1.913	a	alpha, (gamma)	--> Ra-224
Radium-224	3.66	d	alpha, gamma	--> Rn-220
Radon-210	55.6	sec	alpha, (gamma)	--> Po-216
Polonium-216	.15	sec	alpha	--> Pb-212
Blei-212	10.64	h	β , gamma	--> Bi-212
Wismut-212	60.55	min	alpha, gamma β , gamma	--> Tl-208 --> Po-212
Polonium-212	3	E-7 sec	alpha	--> Pb-208
Thallium-208	3.1	min	β , gamma	--> Pb-208
Blei-208	stabil			

Tabelle 2: Wichtigste natürliche Radionuklide kosmogenen Ursprungs
(nach KLEMENT, 1986)

Nuklid	Halbwertszeit		Zerfalls- art(en)	Produktionsrate (Atome/cm ² .sec))	
Tritium (Wasserstoff-3)	12.26	a	β	0.12	1.3
Beryllium-7	53.4	d	EC, gamma	0.021 - 0.035	
Beryllium-10	2.7	E+6 a	β	0.04	0.1
Kohlenstoff-14	5760	a	β	2	2.6
Natrium-22	2.58	a	β+, EC, gamma		
Silizium-32	280	a	β	2 E-4	
Phosphor-32	14.3	d	β	1 E-4	
Phosphor-33	25.3	d	β	1 E-4	
Schwefel-35	87.5	d	β	2 E-4	
Chlor-36	3	E+5 a	β, EC		
Chlor-39	56.2	min	β, gamma		

*) grobe Abschätzung

Tabelle 3: Radionuklide aus der medizinischen Anwendung, die bisher in Österreich in der Umwelt nachgewiesen wurden

Nuklid	Halbwertszeit	Bemerkungen
Jod-131	8.04 d	
Jod-123	13.3 h	
Jod-125	60.14 d	
Technetium-99m	6.02 h	
Thallium-201	3.063 d	
Thallium-202	12.2 d	Verunreinigung von Tl-201
Indium-111	2.83 d	
Gallium-67	3.26 d	
Chrom-51	27.7 d	

Tabelle 4: Radionuklide aus dem Reaktorunfall in Tschernobyl, die in österreichischen Oberflächengewässern gamma-spektrometrisch nachgewiesen wurden

Nuklid	Halbwertszeit	Ausgangsnuklid
Cäsium-137	30.17 a	
Cäsium-134	2.062 a	
Cäsium-136	12.98 d	
Jod-131	8.04 d	
Jod-132	2.38 h	Te-132: 3.25 d
Jod-133	20.3 h	
Tellur-129	1.16 h	Te-129m: 33.6 d
Tellur-129m	33.6 d	
Tellur-132	3.246 d	
Ruthen-103	39.35 d	
Rhodium-106	29.9 s	Ru-106: 368.2 d
Antimon-125	2.77 a	
Silber-110m	249.9 d	
Technetium-99m	6.02 h	Mo-99: 2.758 d
Barium-140	12.789 d	
Lanthan-140	40.27 h	Ba-140: 12.79 d
Zirkon-95	64.4 d	
Niob-95	35.15 d	Zr-95: 64.4 d
Cer-144	284.2 d	

Tabelle 5: Einige potentielle lokale Emittenten, die zur Belastung der Donau mit künstlichen Radionukliden beitragen

	Zufluß	Emittent	Art
Ausland:			
BRD		KKW Gundremmingen	Tritium, Spaltprodukte, Aktivierungspr.
	Isar	KKW Isar	w.o.
	diverse	div. Kläranlagen	medizin. Nuklide
ČSSR	Thaya/March	KKW Dukovany	Tritium, Spalt- und Akti- vierungsprod.
	Thaya/March	größere Ballungsräume	medizin. Nuklide
Inland:			
	Inn	Kläranlage Innsbruck	medizin. Nuklide
	Salzach/Inn	Kläranlage Salzburg	w.o.
	Traun	LKH Wels	w.o.
		Kläranlage Asten	w.o.
	Donaukanal	Kläranlage Wien	w.o.
	Donaukanal	Atominstitut Wien	Spalt- und Akti- vierungsprod., Forschung

Tabelle 6: Abschätzung des monatlichen Durchsatzes an Jod-131
in der Donau in Hainburg vor Tschernobyl 1)
(nach HENRICH, 1986)

	GBq/Monat			
	1983	1984	1985	1986
Jänner	24 B 2)	10	47	12
Februar	3 B	11	12	15
März	20 B	13	33	25
April	< 3)	A 4)	8	
Mai	<	14	19	
Juni	<	A	32	
Juli	<	A	27	
August	A	A	15	
September	A	22	8	
Oktober	A	14	A	
November	10	22	14	
Dezember	16	A	13	

- 1) Überschätzung aufgrund des ungleichmäßigen Querprofils möglich
- 2) B...Batch-Methode mit Anionenaustauscher; führt zu Unterschätzung von etwa 5 - 20 %
- 3) <...Wert der Stichprobe kleiner als Nachweisgrenze
- 4) A...Ausfall der Probenahme

Tabelle 7: Hauptkläranlage Wien - Simmering - Abwasser
geschätzter Jahresdurchsatz 1983
(aus HENRICH,1985)

	GBq/Monat (geschätzt)		
	Technetium-99m	Jod-123	Jod-131
Jänner	1.1	0.22	0.9
Februar	8.9	0.16	6.3
März 1)	1.0		0.4
April	4.7	0.10	1.3
Mai	0.7	0.01	2.1
Juni	4.2	0.31	0.4
Juli	0.3	0.13	0.2
August	0.5	0.20	1.3
September	3.0	0.22	2.3
Oktober	3.0	0.22	2.3
November	6.3	0.65	6.3
Dezember	6.6	0.67	4.4
	40.3 GBq (1.09 Ci)	2.89 GBq (0.08 Ci)	28.2 GBq (0.76 Ci)

1) für J-123 im März 1983 keine Abschätzung möglich

Zusammenfassung

Die Wege des Eintrags radioaktiver Substanzen sowohl natürlichen als auch künstlichen Ursprungs in Oberflächengewässern werden aufgezeigt und die zur Kontrolle der Kontaminationen in Österreich vorhandenen Einrichtungen vorgestellt. Der zeitliche Verlauf einiger Nuklidkonzentrationen und eine Abschätzung der insgesamt verfrachteten Mengen wird diskutiert, insbesondere unter Berücksichtigung des Einflusses des Reaktorunfalls in Tschernobyl, UdSSR, im April 1986.

SUMMARY

The radioactive load of the Danube before and after Chernobyl

The different input paths for natural as well as artificial radionuclides into surface waters are shown and the Austrian system for the surveillance of radioactive contaminations in the aquatic environment is presented.

The time dependence of several radionuclide concentrations in Danube water is discussed and an estimate given for the throughput for Iodine-131 and Cesium-137, especially taking into account the influence of the Chernobyl nuclear reactor accident of April 1986.

Literatur

- HABERER, K. (1969): Radionuklide im Wasser.- Vlg. K.Thiemig KG, München, S.166.
- HENRICH, E. (1986): Medical Radionuclides in the Austrian Environment.- Beitrag zum IVth European Congress of the IRPA, Salzburg, Austria, Sept.15-19,1986 (in Druck).
- HENRICH, E., SCHÖNHOFER, F. (1985): Gammastrahlende künstliche Radionuklide in der Umwelt.- Beiträge Umweltschutz, Lebensmittelangelegenheiten, Veterinärverwaltung des Bundesministeriums für Gesundheit und Umweltschutz, Wien, 4/5, 5-121.
- KLEMENT, A.W.Jr. (1965): Natural radionuclides in foods and food source materials; Chap.6 of:Radioactive fallout, soils, plants, foods, man, 113-122; Ed.: Fowler, E.B.; Elsevier Publ.Comp., Amsterdam.
- SCHÖNHOFER, F., HENRICH, E. (1986): Tritium in Oberflächenwässern 1984-1985.- Interner Bericht des Umweltbundesamtes, Wien, UBA-STS-86-01.
- SCHÖNHOFER, F., WEISZ, J. (1987): Tritium in Oberflächenwässern 1986.- Interner Bericht der BALUF, Wien (in Vorber.).

Anschrift des Verfassers: Dr. Eberhard HENRICH, Bundesanstalt für Lebensmitteluntersuchung und Lebensmittelforschung, Kinderspitalgasse 15, A-1090 Wien.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Wasser und Abwasser](#)

Jahr/Year: 1987

Band/Volume: [1987](#)

Autor(en)/Author(s): Henrich E.

Artikel/Article: [Die radioaktive Belastung der Donau vor und nach Tschernobyl 137-167](#)