Wasser und Abwasser	Band 31	(1987)	111	136
---------------------	---------	--------	-----	-----

Aus dem Geotechnischen Institut, Bundesversuchs- und Forschungsanstalt Arsenal, Wien

DIE RADIOAKTIVITÄT DER DONAUSEDIMENTE

D. RANK

Einleitung

Die Radioaktivität der Donausedimente wird hauptsächlich durch die Gehalte an Uran, Thorium und deren Folgeprodukten sowie des radioaktiven Kaliumisotops ⁴⁰K bestimmt (natürliche Radioaktivität) An künstlicher Radioaktivivon Kernwaffenversuchen, aus kerntechnischen Antät können vor allem Anreicherungen von langlebigen lagen $90_{\rm Sr}$, $137_{\rm Cs}$ Spaltprodukten und Transuranen von strahlenbiologischer Bedeutung sein. Die Radionuklidkonzentrationen in den Feststoffproben liegen dabei um das 10³ 10⁶fache über den entsprechenden Werten in den gleichen Mengen von Wasserproben. Berücksichtigt man den verhältnismäßig großen Aufwand für Wasseranalysen, so erscheint für die Gewässerüberwachung die Untersuchung von Feststoffproben an den kritischen Stellen des Gewässernetzes vorteilhaft. Besondere Beachtung verdienen dabei die Stauräume von Flüssen, in denen sich infolge der reduzierten Fließgeschwindigkeiten große Mengen von feinkörnigen Sedimenten bilden, worin die Radionuklide angereichert sind. So wurden im Stauraum Aschach bis zu 17 m mächtige schluffige Ablagerungen festgestellt, die sich seit dem Aufstau der Donau in diesem Bereich Jahreswende 1963/64 gebildet hatten (Abb. 1, B 18) Vor der Ausbringung von Baggergut auf Kulturflächen bzw. einer anderen Art der Verwertung

erscheint eine Überprüfung des Sedimentes auf eventuelle Kontaminationen zweckmäßig dies gilt ebenso für chemische Verunreinigungen.

Abb. 1:

Flußquerschnitt im Bereich des Donaustauraums Aschach (Strom-km 2163,5); die Linie für 1963 entspricht dem Flußbett vor dem Aufstau (nach Echolotmessungen der Wasserstraßendirektion) Lage des Bohrlochs B 18



Abstand vom linken Ufer (m)

Der Einfluß der Korngröße und der mineralogischen Zusammensetzung

Die im Sediment enthaltenen radioaktiven Stoffe sind nicht gleichmäßig über die verschiedenen Korngrößenfraktionen verteilt, im allgemeinen nimmt die Konzentration an Radionukliden mit abnehmender Korngröße zu (Abb. 2), analog wie der Gehalt an Schwermetallen (SALOMONS, FÖRSTNER, 1984; DOLEZEL et al., 1985)

АЪЪ. 2:

Sedimentprobe aus dem Stauraum Aschach.Spezifische Aktivitäten (137 Cs, 40 K, 226 Ra, 232 Th) in Abhängigkeit von der Korngröße sowie Korngrößenverteilung (M, Angaben in Massenprozenten)



Die Tonfraktion weist demnach den höchsten Gehalt an radioaktiven Stoffen auf, die Konzentrationen nehmen über die Schlufffraktion zum Feinsand hin ab. Neben der spezifischen Oberfläche der einzelnen Kornfraktionen spielt auch ihre mineralogische Zusammensetzung eine wesentliche Rolle, vor allem für die natürliche Radioaktivität der Sedimente. Während die Feinfraktion <2 µm vorwiegend aus Tonmineralien besteht, werden die mittleren Korngrößen von Quarzkomponenten dominiert und in der Grobkornfraktion macht sich die Anwesenheit von Schwermineralien bemerkbar. Am deutlichsten wirkt sich der Einfluß der mineralogischen Zusammensetzung bei ⁴⁰K aus Quarz ist frei von Kalium-, sie führt zu einem ausgeprägten Minimum bei mittleren Korngrößen.

Die mineralogische Zusammensetzung der Feinsedimente im österreichischen Donauabschnitt variiert nur geringfügig (KAPPEL et al., 1985) Bei einigen aus den Schleusenbereichen der Stauraumkette entnommenen Sedimentproben lagen die Quarzgehalte zwischen 20 und 26 %, die Gesamtgehalte an Schichtsilikaten zwischen 36 und 43 % und die Gesamtgehalte an Karbonaten zwischen 16 und 25 % (Abb. 3) Der Korngrößenanteil <20 µm nimmt stromabwärts zu. Die mineralogische Differenzierung der einzelnen Kornfraktionen ist zwar schwach, aber dennoch deutlich erkennbar. Eine ausgeprägtere Differenzierung dürfte erst bei der weiteren Auftrennung der <20 µm-Fraktion auftreten. Quarz scheint eine Tendenz zur Anreicherung in der mittleren Fraktion 63 µm) mit einem Minimum in der Fraktion <20 µm auf-(20 zuweisen. Entgegengesetzt dürften sich die Schichtsilikate verhalten. Bei den Karbonaten tritt in der feinsten Fraktion eine Anreicherung des weicheren Calcit gegenüber Dolomit auf. Die feinste Fraktion weist auch einen gegenüber den gröberen Fraktionen höheren Gehalt an Feuchtigkeit und organischer Substanz auf.

АЪЪ. З:

Korngrößenverteilung und mineralogische Zusammensetzung von Stauraumsedimenten (Angaben in Massenprozenten) Die Proben wurden im Frühjahr 1985 aus den Schleusenbereichen der Staustufen entnommen. Lageplan in Abb. 4



Wegen der Abhängigkeit der Radionuklidkonzentrationen von der Korngrößenverteilung der Sedimentproben können sinnvollerweise nur Meßdaten der gleichen Kornfraktion von verschiedenen Proben miteinander verglichen werden. Für die Bearbeitung der Sedimente aus den Donaustauräumen hat sich vor allem die Untersuchung der Fraktion <20 µm als zweckmäßig erwiesen, weil sie einerseits noch verhältnismäßig einfach durch Sieben zu gewinnen ist, andererseits einen Großteil des Sediments und der Schadstoffe enthält.

Die Radioaktivität der Donausedimente im österreichischen Abschnitt

Für eine Übersichtsuntersuchung wurden im Frühjahr 1985 aus den acht Stauräumen des österreichischen Donauabschnittes jeweils im Schleusenbereich Feinsedimentproben entnommen (RANK et al., 1985) Drei Kornfraktionen (<20 µm, 20 63 µm, 63 250 µm) wurden gammaspektrometrisch untersucht. An künstlicher Radioaktivität konnte im Rahmen der Meßgenauigkeit nur 137 Cs in geringen Mengen nachgewiesen werden (Abb. 4) Erwartungsgemäß weist dabei die Kornfraktion <20 µm die höchsten Konzentrationen auf. Die Unterschiede innerhalb der untersuchten Donaustrecke sind gering. Im wesentlichen wird die Radioaktivität der Sedimente durch den Gehalt an ⁴⁰K und den Mitgliedern der natürlichen Zerfallsreihen bestimmt (natürliche Radioaktivität), wobei für die Korngrößenabhängigkeit die mineralogische Zusammensetzung der Sedimentproben vor allem bei ⁴⁰K wie schon erwähnt eine entscheidende Rolle spielt. Innerhalb der Stauraumkette ändern sich die Radionuklidkonzentrationen nur geringfügig, allerdings steigt die Gesamtaktivität stromabwärts durch den zunehmenden Feinkornanteil etwas an.



АЪЪ. 4:

Lage der Staustufen(= Probenahmestellen) im österreichischen Donauabschnitt. Spezifische Aktivitäten (137 cs, 40 K, 226 Ra, 232 Th) der Kornfraktionen <20 µm, 20-63 µm und 63-250 µm von Stauraumsedimenten aus den Schleusenbereichen



Im Bereich der freien Fließstrecke im Raum Wien-Hainburg wurden in den Feinsedimenten ähnliche Radionuklidkonzentrationen wie in den Stauräumen festgestellt (RANK et al., 1985), die ¹³⁷Cs-Konzentrationen in den Altarmen und Hafenbecken lagen etwas höher (Abb. 5)

<u>Abb. 5:</u>

¹³⁷Cs-Aktivität von Feinsedimentproben (Kornfraktion <100 µm) aus der Donau und ihren Nebengewässern im Raum Wien-Hainburg (Probenahmezeitraum Mai/Juni 1984)



An Hand von Bohrkernen läßt sich die zeitliche Entwicklung der künstlichen Radioaktivität in den Donausedimenten verfolgen. Abb. 6 enthält die Ergebnisse der Siebanalyse, der Wassergehaltsbestimmung sowie der ⁴⁰K-, ¹³⁷Cs- und ²²⁶Ra-Messung an einem Sedimentkern aus dem Stauraum Aschach (Bohrung B 18, Strom-km 2163,5,Abb. 1). Während die natürliche Radioaktivität (40 K, 226 Ra) sich mit der Tiefe nicht signifikant ändert, ist im Verlauf der 137 Cs-Konzentration deutlich das Kernwaffenmaximum 1963/64 an der Basis des Profils zu erkennen, es fällt mit dem Zeitpunkt der Inbetriebnahme des Kraftwerkes Aschach zusammen.

Abb. 6:

Stauraum Aschach, Bohrung B 18 (22.4.1986): Kornfraktionsanteil <20 μm, Wassergehalt (in % des Feuchtgewichtes), ⁴⁰κ-,¹³⁷cs- und ²²⁶Ra- Aktivität der Kornfraktion <20 μm in Abhängigkeit von der Bohrlochtiefe



Seit damals nahm der ¹³⁷Cs-Gehalt des frisch gebildeten Sediments ständig ab, erst der Kraftwerksunfall von Tschernobyl brachte wieder einen allerdings sehr ausgeprägten Anstieg. Die Untersuchung des Porenwassers des Sedimentkernes führte außerdem zu der Erkenntnis, daß es sich bei dem im Sediment enthaltenen Wasser um Donauwasser aus der Zeit der Ablagerung der jeweiligen Sedimentschicht handelt (im Schnitt beträgt die Sedimentationsrate an dieser Stelle ca. 0.75 m pro Jahr) Dies folgt aus dem Verlauf des Wassergehaltes, der vom obersten Meter abgesehen keine signifikante Abnahme mit der Tiefe zeigt, und dem Verlauf der ³H-Konzentration des Porenwassers (RANK et al., 1987) Sowohl der ¹³⁷Cs-Gehalt des Sediments als auch der ³H-Gehalt des Porenwassers können daher zur Datierung der Sedimentschichten und zur Bestimmung von Sedimentationsraten herangezogen werden.

Auch die natürlich produzierten Radionuklide 7 Be (53,3 d Halbwertszeit) und 210 Pb (22,3 a), die aus der Atmosphäre ausgewaschen werden und in die Gewässer gelangen, eignen sich für Datierungszwecke. Wegen der kurzen Halbwertszeit von 7 Be lassen sich über 7 Be-Messungen beispielsweise frisch gebildete Sedimente lokalisieren; dies kann hilfreich bei der Untersuchung kurzfristiger Sedimentationsabläufe bzw. Sedimentumlagerungen sein. Bei der Aufnahme eines Tiefenprofils im Stauraum Aschach, zwei Monate nach einem Hochwasser, konnte 7 Be bis in ca. 1 m Tiefe nachgewiesen werden (Abb. 7), was auf eine starke Sedimentation an dieser Stelle während des Hochwassers hindeutet. АЪЪ. 7:

Stauraum Aschach, Bohrung B 15 (Strom-km 2176,2, 25.10.1985) 'Be-Aktivität der Kornfraktion <20 µm in Abhängigkeit von der Bohrlochtiefe



Die Radioaktivität der Donausedimente nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl

Für eine Übersicht über die vom Kraftwerksunfall in Tschernobyl stammenden Radionuklide wurde frisch gebildetes Bodensediment aus dem Stauraum Aschach gammaspektrometrisch untersucht (Abb. 8) Die Probe wurde am 24.9.1986 also fünf Monate nach dem Unfall entnommen, die kurzlebigen Radionuklide waren zu diesem Zeitpunkt bereits abgeklungen. In der Kornfraktion <20 µm konnten die in Tab. 1 angegebenen Radionuklide nachgewiesen werden. Längerfristig gesehen, wird die künstliche Radioaktivität der Sedimente durch die beiden Cs-Isotope bestimmt. Das aus Tschernobyl stammende ¹³⁷Cs kann dabei durch die Bestimmung der kurzlebigeren Begleitradionuklide noch einige Jahre eindeutig identifiziert und vom Kernwaffen-¹³⁷Cs unterschieden werden.

АЪЪ. 8:

Gammaspektrum der Feinkornfraktion einer Sedimentprobe aus dem Stauraum Aschach (Strom-km 2163,1); Probenahmedatum: 1986 09 24, Meßdatum: 1986 12 29



Tab. l:

Gammaspektrometrische Bestimmung von Radionuklidkonzentrationen in frisch gebildetem Donausediment (Stauraum Aschach, Strom-km 2163,1, entnommen am 24.9.1986, Fraktion <20 µm)

Nuklid	Konzentration (Bq/kg)	Halbwertszeit	
Künstliche Radioaktivitä	it:		
103 _{Ru}	326 ± 23	39,28 d	
106 _{Ru} (¹⁰⁶ Rh)	806 [±] 75	372,6 d	
110m Ag	32 ± 3	249,8 d	
125 _{Sb}	52 ± 5	2,76 a	
¹³⁴ Cs	950 ± 52	2,07 a	
¹³⁷ Cs	1880 [±] 110	30,0 a	
Natūrliche Radioaktivita	it:		
40 _K	791 [±] 49	4, 7 10 ¹¹ a	
226 _{Ra} *	54 [±] 5	1600 a	
232 _{Th**}	60 ± 5	1,405 10 ¹⁰ a	
	214		

Folgeprodukte ²¹⁴ Bi, ²¹⁴ Pb u.a.
Folgeprodukte ²²⁸ Ac, ²¹² Pb, ²⁰⁸ Tl u.a.

Als Ergänzung zu dieser Messung wurden im Oktober 1986 aus den acht Stauräumen des österreichischen Donauabschnittes jeweils im Schleusenbereich Feinsedimentproben entnommen und die Ergebnisse der Radioaktivitätsmessungen mit denen von an den gleichen Stellen im April 1985 entnommenen "Vor-Tschernobyl-Proben" verglichen (RANK et al., 1987) Der ¹³⁷Cs-Gehalt des frisch gebildeten Sediments vom Oktober 1986 lag um über 2 Größenordnungen über dem der Proben von 1985 (Abb. 9) Dies führt zu einer scharfen Zeitmarke für das Jahr 1986 in den Sedimenten, die für Datierungszwecke herangezogen werden kann. Die 137 Cs-Konzentration dieser Sedimentschicht liegt dabei um eine Größenordnung über dem von den Kernwaffenversuchen stammenden 137 Cs-Konzentrationsmaximum 1963/64 (siehe Abb. 6).

АЪЪ. 9:

¹³⁷Cs-Aktivität von frisch gebildetem Sediment aus den Schleusenbereichen der österreichischen Donaustauräume vor (April 1985) und nach (Oktober 1986) dem Reaktorunfall von Tschernobyl.



Der ⁹⁰Sr-Gehalt der Sedimente stieg nach dem Unfall von Tschernobyl um etwa eine Größenordnung an (Tab. 2), allerdings streuen die im Herbst 1986 festgestellten Werte verhältnismäßig stark, vermutlich infolge unterschiedlicher Auswaschung und Sedimentation. Das chemische Verhalten von Strontium unterscheidet sich erheblich von dem des Cäsiums.

<u>Tab. 2:</u> ⁹⁰sr-Gehalt der Kornfraktion <20 μm von frisch gebildetem Sediment aus den Schleusenbereichen der österreichischen Donaustauräume (April 1985 und Oktober 1986)

Stauraum		Aschach	Ybbs	Melk	Altenw.	Greifenst.
⁹⁰ Sr (Bq/kg)	1985	1,73 [±] 0,15	-	-	1,40 [±] 0,13	-
	1986	17,9 [±] 1,1	6,8 ⁺ 0,6	31,9 ⁺ 0,6	6,1 [±] 0,6	4,9 ⁺ 0,4

Die Sammlung von Schwebstoffdurchschnittsproben

Eine kontinuierliche Überwachung der Schadstoffbelastung der Schwebstoffe in einem Gewässer bedingt die Sammlung von Schwebstoffdurchschnittsproben. Hiefür wurde in Wien-Nußdorf am rechten Ufer der Donau versuchsweise eine Sedimentfalle nach HÜBEL (1971) eingebaut (Strom-km 1933,9, freie Fließstrecke) (RANK et al., 1987) Vorläufige Ergebnisse von Messungen des Schwebstoffgehaltes in einem Flußquerschnitt der Donau knapp oberhalb des Sammlerstandortes deuten darauf hin, daß an dieser Stelle nur geringfügige Unterschiede in der Korngrößenverteilung und keine in der mineralogischen Zusammensetzung der Schwebstoffe zwischen Strommitte und Randzone bestehen (Untersuchung

bei Niederwasser im September 1986) Der Schwebstoffgehalt in der Strommitte (0,0075 g/l) war zur gleichen Zeit ungefähr dreimal so groß wie in der Randzone.

Der Sammler enthält zwei Absetzwannen, das einströmende Wasser wird dabei mehrfach umgelenkt (Abb. 10) Eine Monatsdurchschnittsprobe (18.3. 15.4.1987) wurde methodisch näher untersucht. Nach Ablauf der einmonatigen Sammelperiode enthielten die beiden Absetzwannen 3,8 kg bzw. 1,5 kg Sediment (Trockengewicht)

Abb. 10:

Prinzip des Schwebstoffsammlers nach HÜBEL, 1971; Querschnitt des Sammlers in Strömungsrichtung, Vorrichtung für den Betrieb des Sammlers an der Uferböschung der Donau



Aus den Ergebnissen der Sieb- und Schlämmanalysen geht hervor, daß das Sediment in Wanne 2 doppelt soviel Feinanteil enthält wie das in Wanne 1 (Abb. 11) Insgesamt ist der Feinanteil aber gering und ein Vergleich mit der Korngrößenordnung in einem Stauraumsediment aus dem Schleusenbereich der Staustufe Greifenstein (KAPPEL et al., 1985) läßt den Schluß zu, daß der Großteil des feinkörnigen Materials die Sedimentfalle passiert. Dies wird auch durch die Ergebnisse der im vorhergehenden Absatz erwähnten Schwebstoffgehaltsuntersuchungen bestätigt.

Abb. 11:

Korngrößensummenkurven der Schwebstoffdurchschnittsproben aus den beiden Absetzwannen des Sammlers. Zum Vergleich sind Werte eines Stauraumsediments aus dem Schleusenbereich der Staustufe Greifenstein eingetragen



Ein Vergleich der Mineralbestandteile von Gesamtprobe, Fraktion <20 µm und Fraktion <2 µm zeigt eine deutliche Abnahme von Quarz-, Feldspat- und Dolomitgehalt, sowie eine Zunahme des Gehaltes an Schichtsilikaten, Calcit und organischer Substanz zu den feineren Fraktionen hin (Tab. 3) Das gegenüber dem Sediment in Wanne 1 feinkörnigere Material in Wanne 2 weist dementsprechend einen niedrigeren Gehalt an Quarz und einen höheren an Calcit und organischer Substanz auf. Der Schichtsilikatgehalt liegt bei der Gesamtprobe aus Wanne 2 ebenfalls höher, bei den Fraktionen <20 µm gibt es keine signifikanten Unterschiede.

Tab. 3:

Mineralogische Zusammensetzung einer Schwebstoffdurch-schnittsprobe aus dem Zeitraum 18.3. - 15.4.1987 (Wien-Nußdorf, Strom-km 1933,9); Werte für die Gesamtprobe sowie für die Fraktionen <20 µm und <2 µm.

	Anteile in 🐐 (Masse)					
	Absetzwanne 1			Absetzwanne 2		
	gesamt	<20 µum	<2 µm	gesamt	<20 µm.	
Quarz	41	23	16	26	20	
Plagioklas	10	5	3	11	5	
Muskovit-Illit	13	24	24	17	23	
Chlorit	15	14	26	18	13	
Calcit	6	10	14	9	14	
Dolomit	14	18	8	16	18	
Org. Substanz	1,1	3,8	5,6	2,8	4,9	
Feuchte (nach Trock- nung bei 105°C)	0,4	2,3	3,6	0,6	2,6	

Die Aktivitätskonzentration des natürlichen Radionuklids ⁴⁰K repräsentiert, wie bereits erwähnt, einen im wesentlichen durch die chemisch-mineralogische Zusammensetzung des Sediments bestimmten Parameter, hingegen ist der ¹³⁷Cs-Gehalt vorwiegend mit der für die Adsorption zur Verfügung stehenden Kornoberfläche in Beziehung zu setzen (Abb. 12)

Abb. 12:

Schwebstoffdurchschnittsprobe bei Strom-km 1933,9: Spezifische Aktivitäten (⁴⁰K, ¹³⁷Cs) in Abhängigkeit von der Korngröße sowie Korngrößenverteilung (M, Angaben in Massenprozenten)



Dementsprechend korreliert die 40 K-Konzentration mit dem Gehalt an Muskovit und Illit in den einzelnen Kornfraktionen, während die 137 Cs-Konzentration mit abnehmender Korngröße stark ansteigt. 137 Cs kann daher als Repräsentant für anthropogene Verunreinigungen angesehen werden, ähnlich verhalten sich im allgemeinen auch Schwermetalle und andere Belastungsfaktoren.

Aus diesen vorläufigen Untersuchungsergebnissen kann geschlossen werden, daß beim Einsatz einer Sedimentfalle der beschriebenen Bauart in der freien Fließstrecke der Donau bei Wien zwar ein großer Teil der feinkörnigen Schwebstoffe die Falle passiert, daß aber wegen der starken Anreicherung von Verunreinigungen im Feinanteil die erhaltene Schwebstoffdurchschnittsprobe als Indikator für allfällige Kontaminationen der Schwebstoffe erfolgreich eingesetzt werden kann. Bei einem Einsatz dieser Sammler in Stauräumen ist wegen der kleineren Fließgeschwindigkeiten mit einem günstigeren Verhältnis Fein- zu Grobanteil zu rechnen. Die Fortsetzung dieser Arbeiten soll Aufschluß darüber bringen, ob aus den Analysenergebnissen von solchen Schwebstoffdurchschnittsproben Rückschlüsse auf Frachten gezogen werden können.

Die Radioaktivität der Donausedimente aus der Sicht des Strahlenschutzes

Die Verwertung von Donausedimenten als Baumaterialien für Wohnungen und Arbeitsstätten ist wohl der wichtigste Punkt aus der Sicht des Strahlenschutzes. Nimmt man als Maß für die natürliche Radioaktivität den von der OECD definierten "repräsentativen Strahlungspegel" für Baumaterialien (Tab. 4), so liegt die Aktivität der Donausedimente

um diesen Wert. Sande und Kiese haben niedrigere Werte, die Aktivität der feinkörnigen Sedimente liegt etwas darüber. In der Tab. 4 sind zum Vergleich die Radioaktivitätskonzentrationen einiger anderer Baustoffe und Gesteine angeführt. Die Gehalte der Donausedimente an künstlicher Radioaktivität spielen im Vergleich zur natürlichen Radioaktivität im allgemeinen keine Rolle, lediglich in der Feinkornfraktion von frisch gebildeten Sedimenten aus der ersten Zeit nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl ist der Einfluß ¹³⁷Cs zu berücksichtigen. Insgesamt ist die Radioaktivität der Donausedimente im österreichischen Abschnitt gering und unbedenklich. Dies gilt sowohl für die Stauräume als auch für die freien Fließstrecken.

<u>Tab. 4:</u> Vergleich der natürlichen Radioaktivität einiger Bau-stoffe und Gesteine mit der der Donausedimente (RANK, 1986) B, in Vielfachen des von der OECD definierten "repräsenta-tiven Strahlungspegel" für Baumaterialien

$$\frac{C_{K}}{1500} + \frac{C_{Ra}}{150} + \frac{C_{Th}}{100} = 1,$$

ist ein Maß für den Beitrag zur Strahlenexposition von Personen (C in Bq/kg) (OECD, 1979).

	40 K	226 _{Ra}	232 _{Th}	в	
	(Bq/kg)	(Bq/kg)	(Bq/kg)	-	
Sande:					
Dolomitsand	<1	5	< 0, 3	0,03	
Quarzsand	509	10	11	0,52	
Marchsand	378	11	11	0,43	
Zemente:					
Fondu Lafarge	11	118	133	2,1	
Contragress 275	134	53	7	0,51	
Weißzement	199	52	14	0,62	
Stahl	<1	<0,3	<0,7	<0,01	
Holz (Spanplatte)	28	<1	<1	<0,04	
Gipskarton (Alt Erlaa)	154	14	4	0,23	
Bodenfliese (Ricchetti)	902	57	49	1,5	
Granit (Waldviertel)	2695	332	190	5,9	
Braunkohle (Sakog)	176	261	39	2,2	
Olivinsand (Hawai)	7	0,3	0,4	0,01	
Stauraumsedimente					
(Österr. Donau)	um 600	um 50	um 40	um 1,1	

Zusammenfassung

Ein Großteil der in Flüssen transportierten Schadstoffe und damit auch der radioaktiven Stoffe ist an die feinkörnigen Schwebstoffe gebunden und wird mit ihnen abgelagert. Dies führt vor allem in den Stauräumen von Flüssen zu einer Anreicherung von Radionukliden. Wegen der Abhängigkeit der Radionuklidkonzentrationen von der Korngrößenverteilung in den Sedimentproben können sinnvollerweise nur Meßdaten der gleichen Kornfraktion von verschiedenen Proben miteinander verglichen werden (Abb. 2) Für den Gehalt an natürlicher Radioaktivität spielt die mineralogische Zusammensetzung der einzelnen Kornfraktionen eine wichtige Rolle (Abb. 3).

Innerhalb des österreichischen Donauabschnittes sind die Unterschiede in der Radioaktivität der Sedimente gering auch zwischen Stauräumen und freier Fließstrecke-, innerhalb der Stauraumkette nimmt die Gesamtradioaktivität in Fließrichtung der Donau wegen des zunehmenden Feinkornanteils leicht zu. Im Mittel liegen die Konzentrationen an natürlichen radioaktiven Stoffen bei ungefähr 600 Bq/kg für ⁴⁰K, 50 Bq/kg für ²²⁶Ra und 40 Bq/kg für ²³²Th (Abb. 4)

Mit Hilfe einer Bohrung durch 17 m mächtige seit Inbetriebnahme der Kraftwerksstufe Aschach gebildete Sedimente wurde die Entwicklung der Radioaktivität von frisch gebildetem Sediment der Donau für die letzten 25 Jahre ermittelt, also für den Zeitraum seit dem Höhepunkt und Ende der atmosphärischen Kernwaffenversuche (Abb. 6) Durch den Kraftwerksunfall von Tschernobyl sind die ¹³⁷Cs-Gehalte im frisch gebildeten Sediment stark angestiegen, im Herbst 1986 wurden bis zu hundertfach höhere Werte festgestellt als im Jahr vorher (bis zu 3000 Bq/kg)

Allerdings hängen infolge der Kürze des Zeitraumes, in dem die Radioaktivität Ende April und Anfang Mai 1986 aus der Atmosphäre ausgewaschen worden ist, die festgestellten Konzentrationen sehr stark von den lokalen Sedimentationsverhältnissen ab und sind daher sehr unterschiedlich (Abb.9)

SUMMARY

The radioactivity of Danube sediments

A significant amount of the pollutants transported by rivers is normally adsorbed on to the fine-grained particles in suspension and settles out with them. Some of these pollutants are radioactive. The coupling between pollutants and particles leads to an enrichment of radionuclides in sediments that settle out in river reservoirs. The concentration of radionuclides is a function of grain-size distribution and of the mineralogical composition. The link between radionuclide concentration and grain-size distribution makes it important to compare results from only the same grain-size fraction.

Within the geographic limits of the Austrian Danube, there are only small differences in the content of radionuclides, even between the man-made-reservoirs and the unrestricted river. However, there is a gradient, with an increase in the radionuclide content of the downstream reservoirs, as a result of changes in grain-size distribution. On average the estimated concentration of radionuclides is about $600 \text{ Bq/kg for } ^{40}\text{K}$, 50 Bq/kg for ^{226}Ra , and 40 Bq/kg for ^{232}Th .

A 17 m-deep borehole has allowed us to trace the history

of radionuclide distribution for the past 25 years since the end of the atomic testing in the atmosphere, which coincides with the damming of the river at Aschach. The content of 137 Cs in freshly deposited sediments rose by two orders of magnitude following the accident of Chernobyl (i.e. up to 3000 Bq/kg) However, due to the short period of washout from the atmosphere at the end of April and beginning of May 1986, the measured concentrations of 137 Cs differ widely between sites and depend strongly on local sedimentation conditions.

Literatur

- DOLEZEL,P., RANK,D., et al. (1985): Übersichtsuntersuchung an Feinsedimenten aus den Stauräumen des österreichischen Donauabschnitts. II. Chemische Untersuchung.-25. Arbeitstagung der IAD, Bratislava, 1985, Wiss. Kurzref. 10-15.
- HÜBEL,K. (1971): Gesichtspunkte bei der Probenahme zur Ermittlung der Gesamtradioaktivität, deren Messung und spezielle ß-spektrometrische Verfahren.- Münchener Beiträge 19, 201-221.
- KAPPEL,F., RANK,D., et al. (1985): Übersichtsuntersuchung an Feinsedimenten aus den Stauräumen des österreichischen Donauabschnitts. I. Mineralogisch-petrographische Untersuchungen.- 25.Arbeitstagung der IAD, Bratislava, 1985, Wiss.Kurzref. 24-28.
- OECD (1979): Exposure to Radiation from the Natural Radioactivity in Building Materials.- Bericht einer NEA-Expertengruppe.
- RANK,D. (1986): Isotopenverhältnisse und Radionuklide Spuren in der Umwelt.- Mitt Geol Ges 79, 343-357.
- RANK,D., AUGUSTIN-GYURITS,K. et al. (in Druck): Methodische Untersuchungen bei der Sammlung von Schwebstoffdurchschnittsproben in der Donau mit einer Sedimentfalle.- 26. Arbeitstagung der IAD, Passau, 1987,Wiss. Kurzreferate.

- RANK,D., KRALIK,M., et al. (in Druck): Investigation of sediment transport in the Austrian part of the Danube by using environmental isotopes. - Proceedings: International Symposium on the Use of Isotope Techniques in Water Resources Development, IAEA, Wien.
- RANK,D.,MARINGER,F.J., et al. (1985): Übersichtsuntersuchung an Feinsedimenten aus den Stauräumen des österreichischen Donauabschnitts. III. Gammaspektrometrische Untersuchungen. 25. Arbeitstagung der IAD, Bratislava, 1985, Wiss.Kurzref. 108-116.
- RANK,D., MARINGER,F.J. et al. (1985): Gammaspektrometrische Übersichtsuntersuchung an Donausedimenten aus dem Raum Wien-Hainburg.- 25. Arbeitstagung der IAD, Bratislava, 1985, Wiss.Kurzref. 113-116.
- SALOMONS,W., FÖRSTNER,U. (1984): Metals in the Hydrocycle.-Springer-Vlg.,Berlin,Heidelberg,New York,Tokio.

Anschrift des Verfassers: Dr. Dieter RANK, Bundesversuchs- und Forschungsanstalt Arsenal, Postfach 8, A-1030 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): Rank Dieter

Artikel/Article: Die Radioaktivität der Donausedimente 111-136