

RADIONUKLIDE AUS TSCHERNOBYL ALS MARKIERUNGSSTOFFE IM NEUSIEDLERSEE-GEBIET: PHYSIKALISCHE VORAUSSETZUNGEN.

D. RANK

Bundesversuchs- und Forschungsanstalt Arsenal, Wien.

ZUSAMMENFASSUNG

Neben dem Strahlenschutzaspekt hat die Auswaschung von radioaktiven Aerosolen aus der Atmosphäre nach dem Kraftwerksunfall in Tschernobyl auch einen anderen, naturwissenschaftlichen Aspekt: Die Deposition vor allem des längerlebigen ^{137}Cs auf der Erdoberfläche ist als langfristige, flächenhafte Markierung aufzufassen. Sie kann unter anderem benützt werden zur Bestimmung der Eindringgeschwindigkeit von Schadstoffen in den Untergrund, zur Erfassung von Sedimentationsraten in Oberflächengewässern oder zur Untersuchung von ökologischen Kreisläufen. Im näherungsweise abflußlosen Neusiedlersee-Becken bleiben die ins System eingebrachten radioaktiven Stoffe erhalten, ihre Entfernung erfolgt nur durch den radioaktiven Zerfall. Über einige physikalische Voraussetzungen zur Interpretation von Radionuklidkonzentrationen in der Umwelt wird berichtet.

EINLEITUNG

Stand nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl zunächst naturgemäß der Schutz der Bevölkerung vor überhöhter Strahlung im Vordergrund des Interesses (BÖCK et al. 1986), so stellt sich langfristig die Frage, wie diese ungewollte Freisetzung von Radionukliden in die Umwelt zur Lösung naturwissenschaftlicher Probleme ausgenützt werden kann. Im Neusiedlersee-Becken erscheint die Verwertung dieser Markierung nicht nur wegen der besonderen Eigenschaften des Neusiedlersees und seines Umlandes interessant, sondern auch deshalb, weil dieses Becken ein nahezu geschlossenes - abflußloses - System darstellt. Die ins System eingebrachte Menge an radioaktiven Stoffen bleibt daher in erster Näherung erhalten, ihre Entfernung erfolgt nur durch den radioaktiven Zerfall.

RADIONUKLIDE AUS TSCHERNOBYL

Wurden die radioaktiven Emissionen aus Tschernobyl unmittelbar nach dem Reaktorunfall am 26.4.1986 zunächst nordwärts verfrachtet, so drehte die Luftströmung in der Folge auf Ost bis Nordost. Mit ihr gelangten radioaktive Aerosole über eine Distanz von ca. 1000 km nach etwa drei Tagen Transportdauer nach Österreich. Der erste Anstieg der Luftradioaktivität im Osten Österreichs wurde am 29.4. beobachtet. Begünstigt wurde die Verfrachtung der radioaktiven Stoffe über große Entfernungen durch die Tatsache, daß die radioaktiven Emissionen aus dem Reaktor in Tschernobyl bis in über 1000 m Höhe gelangt waren. In den folgenden Tagen wurden die radioaktiven Aerosole aus der Atmosphäre ausgewaschen, wobei der Nordosten Österreichs einschließlich des Neusiedlersee-Gebietes wegen der geringen Niederschlagsmengen in den kritischen Tagen (Ende April, erste Maitage) nur verhältnismäßig wenig betroffen war. Beispielsweise betrug die Niederschlagshöhe bei der Sammelstation Buchkogel (Leithagebirge) 2,7 mm am 29.4. (20-23 h), dann erst wieder am 8.5. 2,3 mm, in St. Margarethen-Berg 2,6 mm am 29.4., 2,9 mm am 8.5.

Das Gammaskpektrum einer in Wien-Arsenal am 1.5. gesammelten Niederschlagsprobe (ca. 0,2 mm Niederschlagshöhe) gibt eine Übersicht über die in Tschernobyl freigesetzten Radionuklide (Abb.1). Dabei ist zu berücksichtigen, daß ein gewisser Anteil an kurzlebigen Strahlern bereits während des Luftmassentransportes von Tschernobyl bis nach Öster-

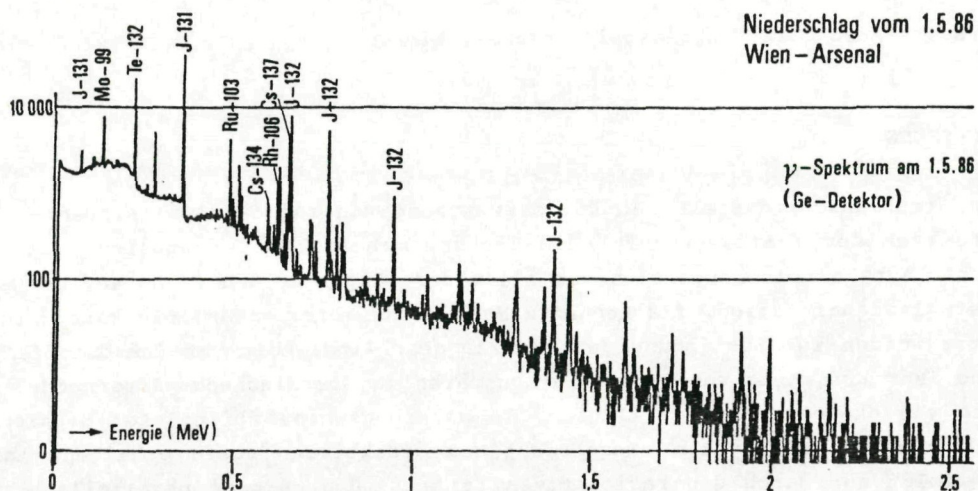


Abb.1: Gammaskpektrum des Niederschlags in Wien, Arsenal, vom 1.5.1986 (6:40 - 7:41 Uhr).

reich zerfallen ist. Die wichtigsten Radionuklide mit ihren Halbwertszeiten sind in Tabelle 1 zusammengefaßt. Neben den über ihre Gammastrahlung nachweisbaren Nukliden ist auch noch ^{90}Sr als reiner Betastrahler zu berücksichtigen. Während den kurzlebigen Radionukliden ausschließlich Strahlenschutzinteresse zukommt, eignen sich vor allem ^{137}Cs und ^{90}Sr mit Halbwertszeiten um 30 Jahre für längerfristige naturwissenschaftliche Beobachtungen (Abb.2).

Tabelle 1: Radionuklide aus Tschernobyl und ihre Halbwertszeit.

Radionuklid	Halbwertszeit
^{99}Mo ($^{99\text{m}}\text{Tc}$)	66,0 h
^{132}Te (^{132}J)	76,3 h
^{131}J	8,0 d
^{103}Ru	39,3 d
^{106}Ru (^{106}Rh)	373 d
^{134}Cs	2,07 a
^{90}Sr	28,5 a
^{137}Cs (^{137}Ba)	30,0 a

VERHALTEN DER RADIONUKLIDE NACH IHRER DEPOSITION AUF DER ERDOBERFLÄCHE

Das nach der Auswaschung aus der Atmosphäre abgelagerte radioaktive Material kann entweder in den Boden infiltrieren, über den Abfluß die Oberflächengewässer erreichen, in die terrestrische Nahrungskette aufgenommen werden oder wieder in die Atmosphäre gelan-

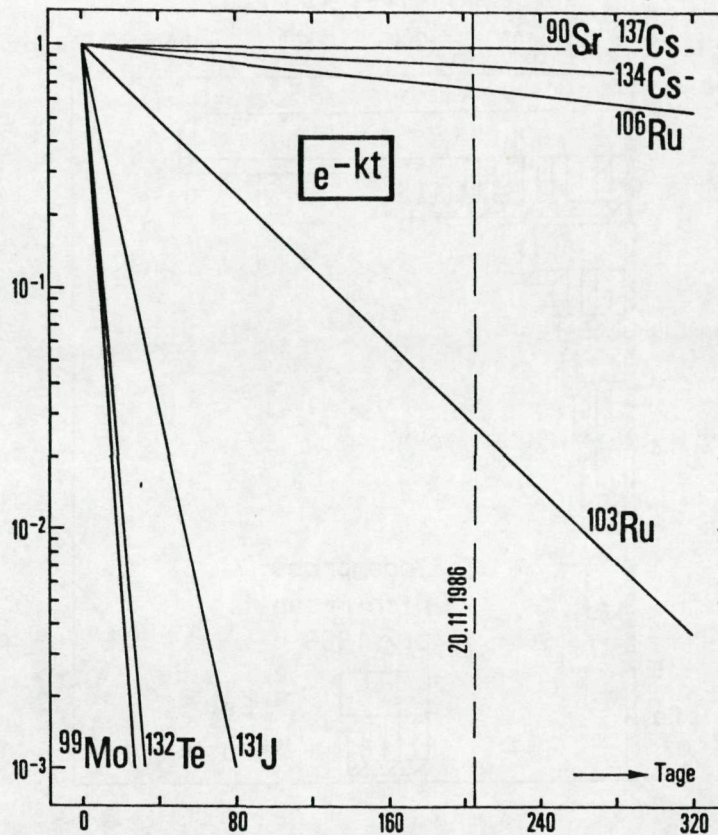


Abb.2: Relative Aktivitätsabnahme durch den radioaktiven Zerfall (k = nuklidabhängige Zerfallskonstante, t = Zeit). Zum Zeitpunkt der Tagung (20.11.1986) sind die kurzlebigen Radionuklide Mo-99, Te-132 und J-131 bereits vollkommen abgeklungen.

gen. Die Infiltration in den Boden erfolgt nur sehr langsam. Die Messung der Verteilung von ^{103}Ru und ^{137}Cs in einem grasbewachsenen, tonigen Boden läßt erkennen, daß zwei Monate nach dem Unfall der Großteil der radioaktiven Stoffe nach wie vor in der allerersten Bodenschicht anzutreffen ist (Abb.3). ^{137}Cs wird dabei vorwiegend von den Tonmineralien festgehalten, ^{90}Sr ist etwas beweglicher. In tiefere Bodenschichten gelangen die radioaktiven Stoffe in absehbarer Zeit nur durch eine entsprechende Bearbeitung dieser Böden.

Ein Großteil der in Oberflächengewässern transportierten radioaktiven Substanzen ist an die feinkörnigen Schwebstoffe gebunden (Abb.4) und wird mit ihnen abgelagert. Dies führt zu einer Anreicherung von radioaktiven Stoffen in den Feinsedimenten. Wegen der Abhängigkeit der Radionuklidkonzentrationen von der Korngrößenverteilung in Sedimentproben sollten sinnvollerweise nur Meßdaten der gleichen Kornfraktion von verschiedenen Proben miteinander verglichen werden. Für die Bearbeitung von Sedimenten aus Flußstauräumen hat sich vor allem die Untersuchung der Fraktion $<20\ \mu\text{m}$ als zweckmäßig erwiesen, weil sie einerseits noch verhältnismäßig einfach - durch Sieben - zu gewinnen ist, andererseits einen Großteil des Sediments und der Radionuklide enthält.

Für eine erste Übersicht über die Radionuklidgehalte von Sedimenten nach dem Kraftwerksunfall in Tschernobyl wurde frisch gebildetes Bodensediment aus dem Donaustauraum Aschach gammaspektrometrisch untersucht. 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 $<20\ \mu\text{m}$ konnten die in Tab.2 angegebenen Radionuklide nachgewiesen werden. Längerfristig gesehen, wird die künstliche Radioaktivität der Sedimente durch die beiden Cs-Isotope bestimmt. Das aus Tschernobyl stammende ^{137}Cs kann dabei durch die Bestimmung der kurzlebigeren Begleitradiation noch einige Jahre eindeutig identifiziert und vom Kernwaffen- ^{137}Cs unterschieden werden.

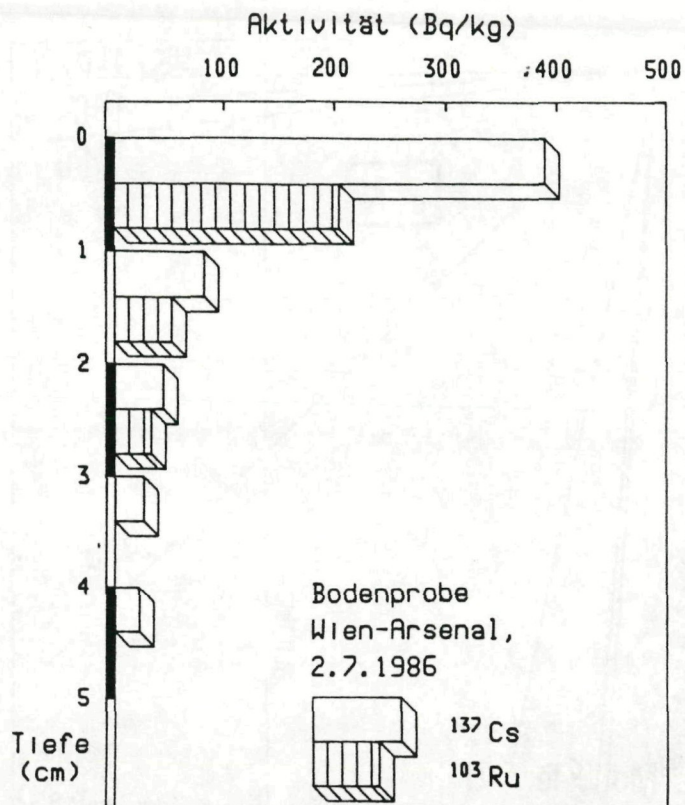


Abb.3: Spaltproduktverteilung in einem Bodenprofil zwei Monate nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl. Die Werte beziehen sich auf bei Normaltemperatur an der Luft getrocknetes Bodenmaterial (sandig-kalkiger Boden mit hohem Tonanteil). Die Ru-103- bzw. Cs-137-Konzentration des an dieser Stelle wachsenden Grases (Trockensubstanz) betrug zur gleichen Zeit 111 bzw. 303 Bq/kg, die Sr-90-Konzentration 6,2 Bq/kg (nach RANK 1986).

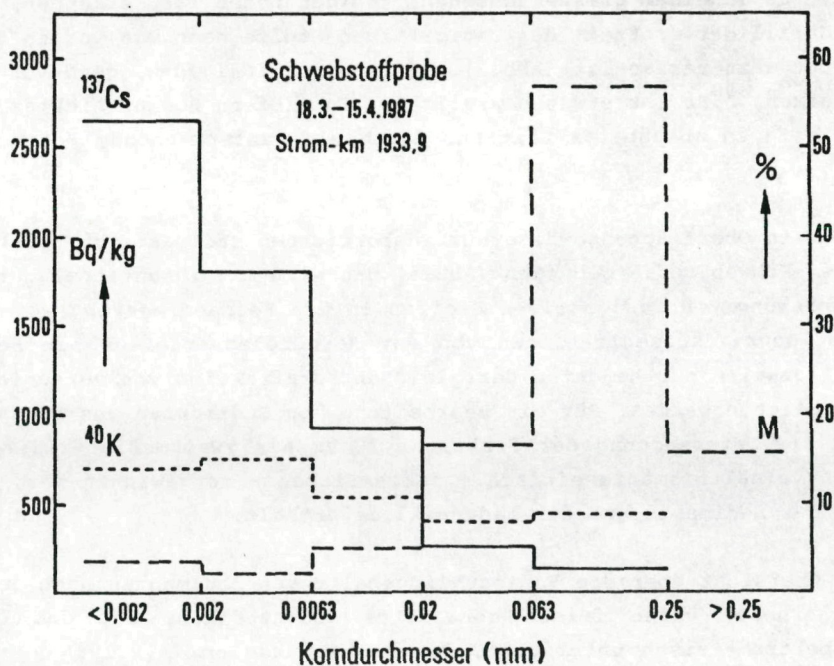


Abb.4: Schwebstoffdurchschnittsprobe aus der Donau in Wien-Nußdorf (Strom-km 1933,9): spezifische Aktivitäten (K-40, Cs-137) in Abhängigkeit von der Korngröße sowie Korngrößenverteilung (M, Angaben in Massenprozenten) (RANK et al., 1987).

Tabelle 2: Gammaskpektrometrische 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 Radioaktivität:		
^{103}Ru	326 ± 23	39,28 d
^{106}Ru	806 ± 75	372,6 d
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	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
Natürliche Radioaktivität:		
^{40}K	791 ± 49	4,7 · 10 ¹¹ a
$^{226}\text{Ra}^*$	54 ± 5	1600 a
$^{232}\text{Th}^{**}$	60 ± 5	1,405 · 10 ¹⁰ a
* Folgeprodukte	^{214}Bi , ^{214}Pb u.a.	
** Folgeprodukte	^{228}Ac , ^{212}Pb , ^{208}Tl u.a.	

Im Vergleich zum ^{137}Cs -Gehalt von "Vor-Tschernobyl-Proben" aus den Donaustauräumen lagen die ^{137}Cs -Konzentrationen des frisch gebildeten Sediments vom Oktober 1986 um über 2 Größenordnungen darüber (Abb.5). 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 (RANK et al. 1987).

Der ^{90}Sr -Gehalt der Donausedimente stieg nach dem Unfall von Tschernobyl um etwa eine Größenordnung an (Tab.3), 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.

Tabelle 3: ^{90}Sr -Gehalt der Kornfraktion <20 µm von frisch gebildetem Sediment aus den Schleusenbereichen der österreichischen Donaustauräume (April 1985 und Oktober 1986).

Stauraum	Aschach	Ybbs	Melk	Altenwörth	Greifenstein
^{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

SCHLUSSFOLGERUNGEN FÜR DAS NEUSIEDLERSEE-GEBIET

Die Deposition der langlebigen Radionuklide ^{137}Cs und ^{90}Sr nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl stellt eine signifikante und langfristige Markierung der Erdoberfläche im

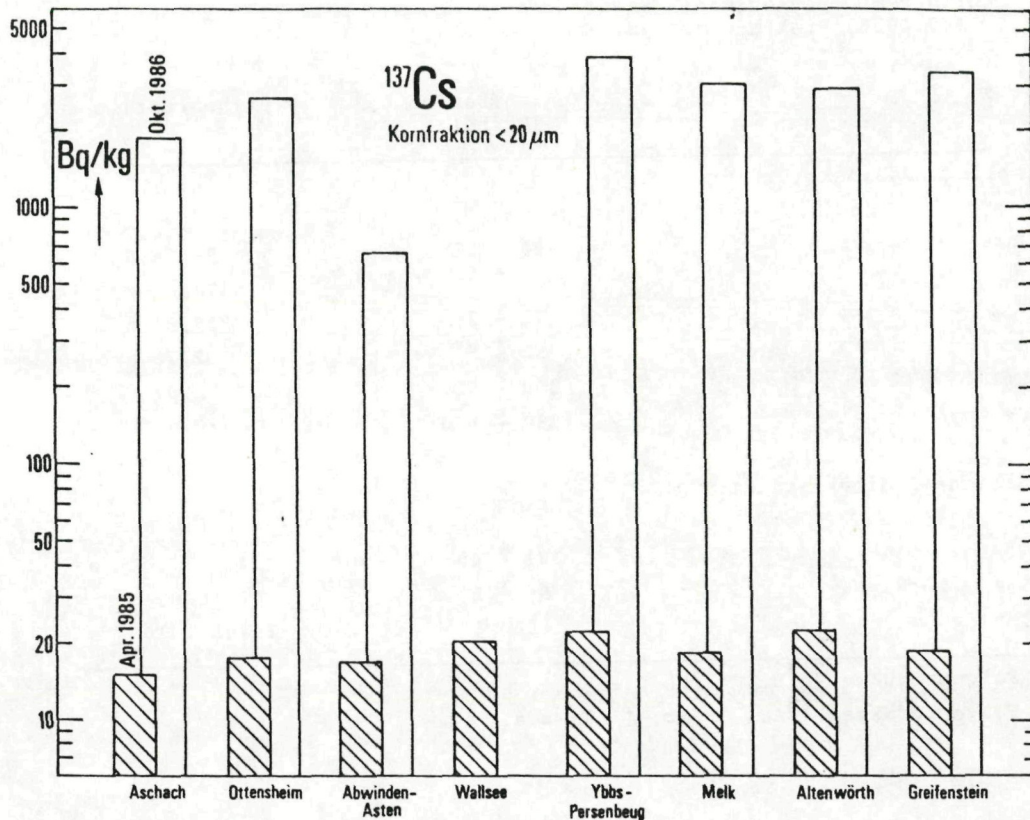


Abb.5: ^{137}Cs -Aktivität von frisch gebildetem Sediment aus den Schleusenbereichen der österreichischen Donaustauräume vor (April 1985) und nach (Oktober 1986) dem Reaktorunfall von Tschernobyl (RANK et al. 1987).

Neusiedlersee-Raum dar. Bei der weiten Verbreitung feinkörniger Böden in diesem Gebiet ist mit einem langen Verbleib der radioaktiven Substanzen in den obersten Bodenschichten zu rechnen, sodaß die Tschernobyl-Radionuklide noch über einen großen Zeitraum auch in biologische Kreisläufe eintreten werden. Das Studium des Eindringens der Radionuklide in den Boden bzw. ihres Umsatzes in natürlichen Kreisläufen ermöglicht Rückschlüsse auf das Verhalten von anderen Stoffen - z.B. Schadstoffen -, die ähnliche chemische Eigenschaften besitzen.

In den Sedimentationsräumen des Neusiedlersees und anderer Oberflächengewässer kommt es zu einer Anreicherung von Radionukliden in den Feinsedimenten. Bei ruhiger Sedimentation führt dies zu einer scharfen Zeitmarke für das Jahr 1986, die - auch in Verbindung mit der 1963er-Zeitmarke als Folge der Kernwaffenversuche - zur Datierung von Sedimenten bzw. zur Bestimmung von Sedimentationsraten benützt werden kann. Ein Vergleich der aktuellen Radionuklidgehalte der Donausedimente mit früheren Meßergebnissen aus dem Neusiedlerseegebiet (Abb.6) gibt eine Vorstellung über das Ausmaß dieser Markierung. Auch Sedimentumlagerungen lassen sich in den nächsten Jahren mit Hilfe von Radioaktivitätsmessungen verfolgen.

Insgesamt wird es am Geschick des einzelnen Naturwissenschaftlers liegen, rechtzeitig die Anwendungsmöglichkeiten zu erkennen, die ihm diese ungewollte Freisetzung von Radionukliden in die Umwelt bietet, und sie so gut wie möglich für sein Arbeitsgebiet auszunützen.

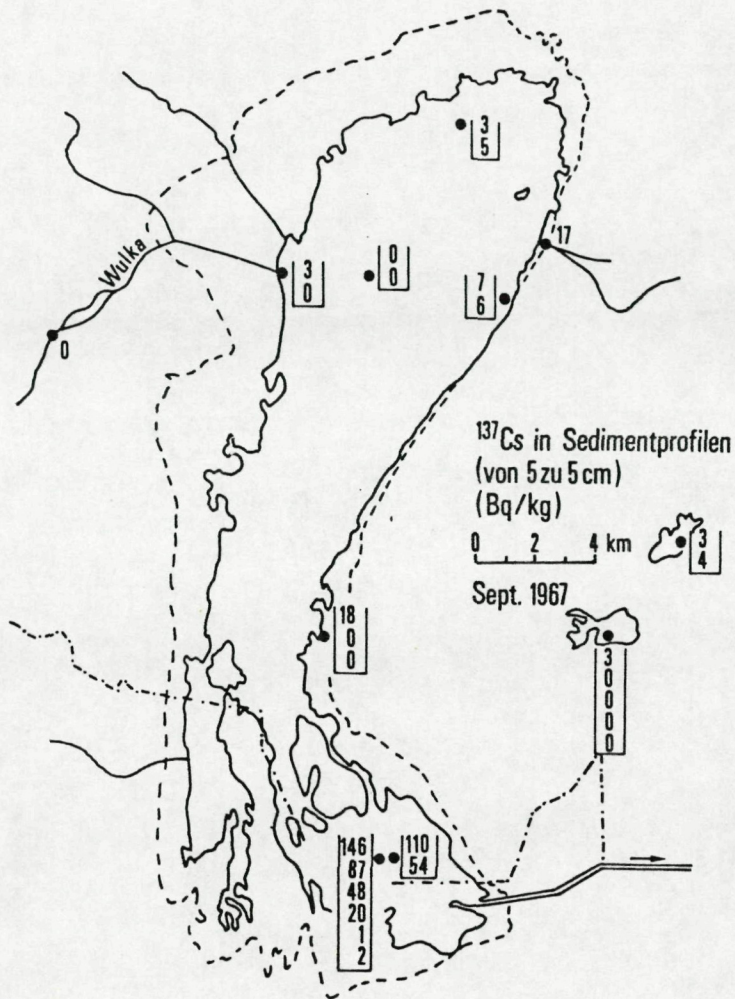


Abb.6: ^{137}Cs -Konzentration in Sedimentkernen aus dem Neusiedlersee-Gebiet. Die Werte beziehen sich auf getrocknetes Material ohne Berücksichtigung der Korngrößenverteilung (RANK 1967).

LITERATUR

- BÖCK, H., K.BUCHELA, F.GRASS, H.HAMMER, E.TSCHIRF, M.TSCHURLOVITS, E.UNFRIED, E.HEDRICH, 1986: Der Reaktorunfall von Tschernobyl und seine radiologischen Folgen für Österreich. Bericht, Atominstitut der Österr. Universitäten, Wien.
- RANK, D., 1967: Interner Bericht (unveröffentlicht), Bundesversuchs- und Forschungsanstalt Arsenal, Wien.
- RANK, D., 1986: Isotopenverhältnisse und Radionuklide - Spuren in der Umwelt. Mitteilungen der Österreichischen geologischen Gesellschaft, 79, 343-357.
- RANK, D., K.AUGUSTIN-GYURITS, L.FLECK, F.KAPPEL, F.J.MARINGER, 1987: Methodische Untersuchungen bei der Sammlung von Schwebstoffdurchschnittsproben in der Donau mit einer Sedimentfalle. 26. Arbeitstagung der IAD, Passau, Wissenschaftliche Kurzreferate (im Druck).
- RANK, D., M.KRALIK, K.AUGUSTIN-GYURITS, I.KURCZ, F.J.MARINGER, V.RAJNER, 1987: 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 (im Druck).

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [BFB-Bericht \(Biologisches Forschungsinstitut für Burgenland, Illmitz 1](#)

Jahr/Year: 1987

Band/Volume: [63](#)

Autor(en)/Author(s): Rank Dieter

Artikel/Article: [Radionuklide aus Tschernobyl als Markierungsstoffe im Neusiedlersee-Gebiet: Physikalische Voraussetzungen 31-37](#)