

Akkumulation radioaktiver Isotope in Wasserorganismen

Reinhard Liepolt

Pflanzliche und tierische Wasserorganismen, insbesondere Mikroorganismen haben die Eigenschaft, bestimmte radioaktive Stoffe durch Adsorption oder Stoffwechselfvorgänge aufzunehmen und bis zu sehr hohen Konzentrationen zu speichern. Diese Fähigkeit weisen vor allem die pflanzlichen Kleinlebewesen auf, die freischwebend als Phytoplankton oder als Aufwuchs im Gewässer vorkommen und die Nährstoffe direkt aus dem Wasser aufnehmen. Mit der dadurch bewirkten Verringerung der Radioaktivität des Wassers ist aber eine Verlagerung der radioaktiven Isotope in die Wasserorganismen verbunden. Deswegen besteht die Möglichkeit, daß solche

GEFÄHRDUNG DES MENSCHEN DURCH RADIOAKTIVES ABWASSER

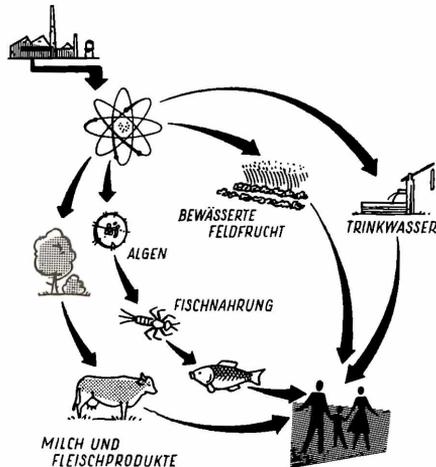


Abb. 1.

Träger konzentrierter radioaktiver Nucleide für Nutzungen von Oberflächengewässern und Wasserversorgungen gefährlich werden können, be-

sonders dann, wenn es sich um länger lebende Isotope handelt. Wasserorganismen müssen daher bei der Radioaktivitätskontrolle der Gewässer unbedingt miteinbezogen werden, ebenso Sedimente, die mit solchen Organismen und ihren Zerfallsprodukten versetzt sind. Die Lebewesen im Wasser bilden eine Nahrungskette von der einfachsten pflanzlichen Form über die tierischen Kleinorganismen bis zu den Fischen (Abb. 1). Von ihrer Stellung als einzelne Glieder in dieser Kette hängt die Größe der Akkumulation ab. Hierzu tritt die selektive Anreicherung in bestimmten Organen oder Geweben. So haben beispielsweise Untersuchungen am Columbia River [6] knapp unterhalb der Einleitung der schwach radioaktiven Abwässer folgende typische Ergebnisse erbracht:

	β-Aktivität $10^{-6} \mu\text{c/g}$	
	Maximum	Mittel
Wasser	19	6
Plankton	80 000	20 000
Fadenalgen	13 000	6 000
Köcherfliegenlarven (Caddis)	10 000	7 000
Jungfische (Ellritzen)	9 000	1 300
Ausgewachsener Fisch: Gräten	5 000	1 200
Muskeln	1 100	300

* Vermutlich mit dem Planktonnetz gefangene Schwebstoffe auch mineralischer Art = Seston (Anmerkung des Verfassers).

Tab. 1.

Die beiden Abbildungen 2 und 3 zeigen nach Foster und Davis [2] die differenzierte Verteilung der Radioaktivität in Pflanzen und Tieren sowie in verschiedenen Teilen des Fischkörpers, je nach ihrer physiologischen Bedeutung.

Auch Scheminzky [8] berichtet über die Anreicherung radioaktiver Spurenstoffe in Organismen. Er fand in Badgastein Lebermoose mit einer Anreicherung von Uran bis zum 100 000fachen. Nach Gad [4] kann Cer (^{144}Ce) von gewissen Algen sogar zweimillionenfach angehäuft werden,

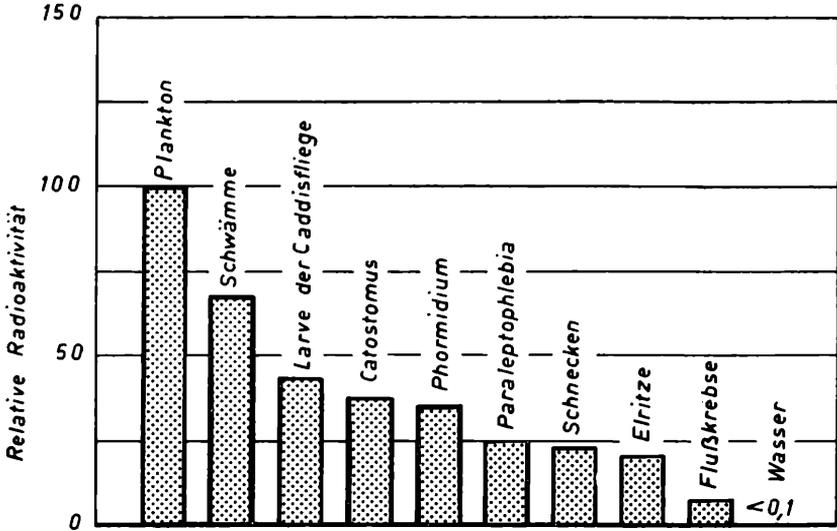


Abb. 2 (Aus [2]).

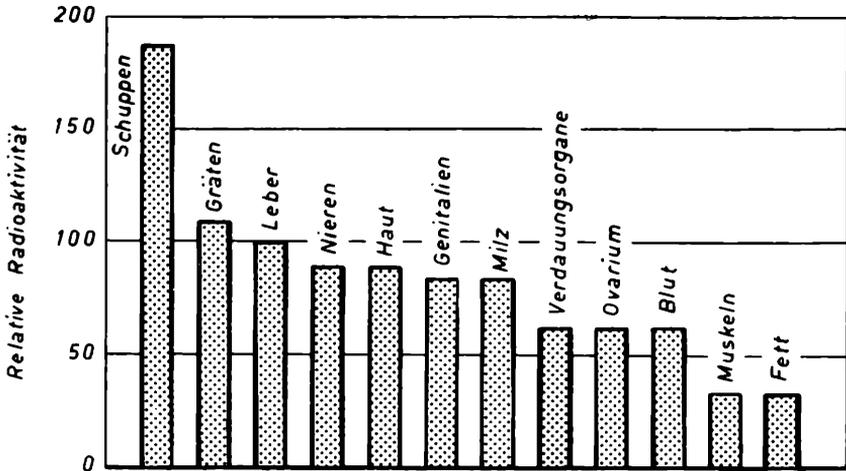


Abb. (Aus [2]).

Ein Bild über die selektive Speicherung soll auch nachstehende Tabelle 2 über beobachtete Konzentrationsfaktoren ($\frac{\mu\text{c/g Organismen}}{\mu\text{c/ml Wasser}}$) für bestimmte Isotope geben, die in Organismen des Columbia River gefunden wurden [3]:

Isotope	Algen (Stigeoclonium) sp.	Insektenlarven (Hydropsyche) sp.	Fische (Richardsonius) sp.
P ³²	10 ⁵ — 10 ⁶	10 ⁵	10 ⁵
Zn ⁶⁵	10 ⁵	10 ⁴	10 ³ — 10 ⁴
Cs ¹³⁷	1.10 ³ — 5.10 ³	10 ³	5.10 ³ — 10.10 ³
Sr ⁹⁰	10 ⁴	10 ²	10 ³
Na ²⁴	10 ²	10 ²	10 ² — 10 ³
As ⁷⁶	10 ³	10 ³	10 ²
Sc ⁴⁶	10 ⁵	10 ³	10
Cr ⁵¹	10 ² — 10 ³	10 ² — 10 ³	10
Cu ⁶⁴	10 ⁴	10 ³	10

Tab. 2.

Daraus ist zum Beispiel ersichtlich, daß der Wert des für Wasserorganismen wichtigen P³² in Algen, Insektenlarven und in Fischen gleichfalls bis zum 100 000fachen des Wassers ansteigt. Auch die anderen Isotope weisen eine zum Teil beträchtliche Anhäufung auf. Foster und Davis [2] haben festgestellt, daß die Radioaktivität im Plankton zu 30 — 50 % auf ³²P, zu 25 — 50 % auf ⁶⁴Cu, zu 5 — 15 % auf ²⁴Na und weniger als 10 % auf andere Elemente zurückzuführen ist. So wird es verständlich, daß das kontaminierte Wasser auf biogenem Wege von den radioaktiven Stoffen durch Adsorption oder Stoffwechselfvorgänge mehr oder weniger freit wird, je nach der Aufnahme- und Speichermöglichkeit der lebenden oder toten Organismen. P³² war zum Beispiel im genannten Flusse zu mehr als 90 % im Fischfleisch und nur zu 2 % im Wasser enthalten.

Für die Beurteilung der Akkumulation ist sehr von Bedeutung, daß die Lebewesen bei der Nährstoffaufnahme keinen Unterschied machen zwischen radioaktiven und stabilen Isotopen der gleichen Elemente. Darauf beruht

in der Praxis das Verfahren der chemischen Verdünnung [5]. Hat die Pflanze zum Beispiel genügend Phosphor inkorporiert, ist sie nicht mehr in der Lage, das aktive ^{32}P zu assimilieren; andernfalls nimmt sie das aktive und inaktive Isotop im angebotenen Verhältnis auf. Laborversuche zeigten, daß die Anhäufung radioaktiver Stoffe im Plankton bis zu 15 Stunden nach der Zugabe des radioaktiven Materials angehalten hat, und daß in der ersten Stunde mehr als 50 % aufgenommen wurden. Vorwiegend handelt es sich beim Plankton um radioaktive Isotope mit kurzer Halbwertszeit, wie zum Beispiel ^{64}Cu , ^{56}Mn , ^{24}Na , ^{76}As , ^{31}Si und ^{32}P . Bodenorganismen nahmen das Material viel langsamer auf. Bei Fischen konnte man erst nach 2 Tagen ^{32}P im Fleisch nachweisen.

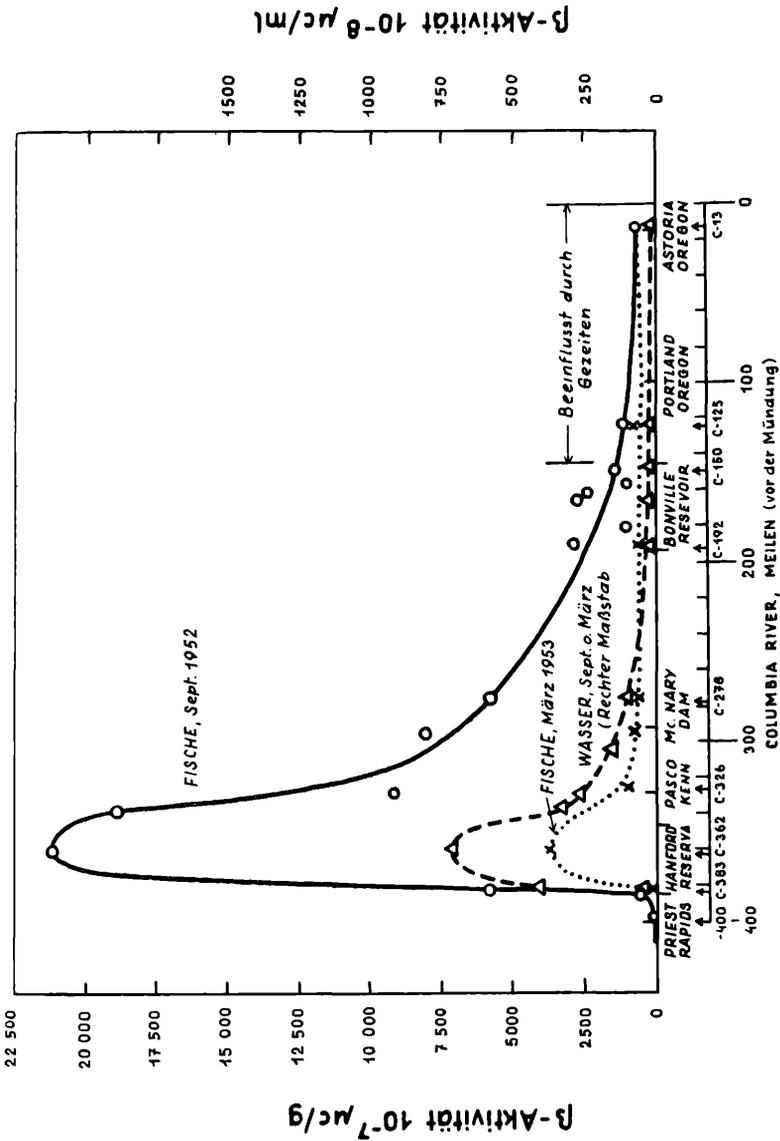
Die Aufnahme der Isotope durch Lebewesen ist von diversen Milieufaktoren sehr abhängig. Von diesen sind ausschlaggebend das Licht, die Temperatur und das Nährstoffangebot, die wesentlich auf die Intensität der Assimilation und des Stoffwechsels Einfluß nehmen.

Ob und in welchem Maße die Wasserorganismen durch höhere Radioaktivität selbst beeinträchtigt werden, ist noch nicht geklärt. Hier öffnet sich der Forschung noch ein weiter Weg. Jedenfalls bildet die biologische Anhäufung radioaktiver Stoffe in der Lebewelt der Gewässer eine gesteigerte Gefahr für Tier und Mensch.

Wie sich in der Praxis die Einleitung radioaktiven Wassers in ein Oberflächengewässer auf seine Lebewelt auswirkt, soll nunmehr an Hand der aus der Literatur bereits bekannten Ergebnisse von zweijährigen Untersuchungen am Columbia River gezeigt werden.

In diesen werden die Kühlwässer des Reaktors von Hanford eingeleitet, die vor allem kurzlebige Radionukleide beinhalten. Der Strom hat eine mittlere Abflußmenge von etwa $7000 \text{ m}^3/\text{sec}$, entspricht also etwa dem Hochwasser der Donau bei Wien. Gemessen wurde die Brutto-Beta-Aktivität im Wasser und Plankton, in Fadenalgen, Bodentieren und Fischen sowie die Wasserführung und Temperatur.

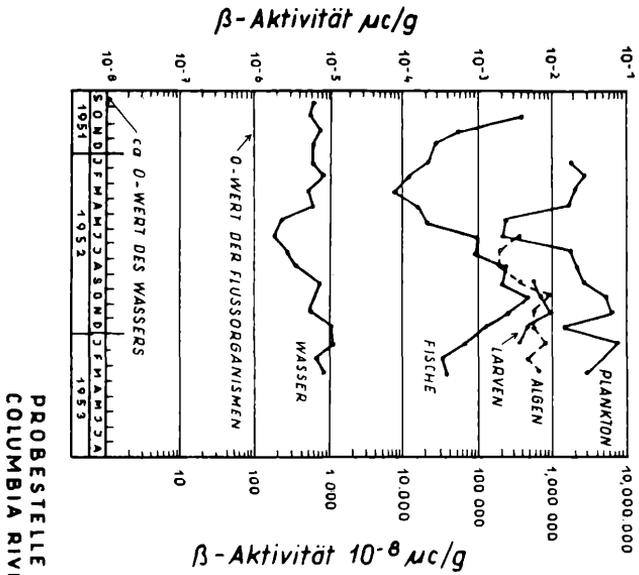
Die in der Abb. 4 dargestellten Ergebnisse zeigen folgendes: Die mit der Kühlwassermenge eingebrachte Radioaktivität steht in direkter Beziehung zur jeweiligen Abflußmenge des Columbia Rivers. Je größer die Verdünnung, desto geringer der Strahlungswert. Parallel zur Radioaktivität des Wassers läuft die Kurve des Planktons und der Algen. Hingegen ist die Radioaktivität der niederen Wassertiere und der Fische mehr abhängig vom Stoffwechsel, d. h. von der Radioaktivität der aufgenommenen Nahrung. Somit ergibt sich für die Konsumenten eine deutliche Abhängigkeit von der Temperatur, die den Stoffwechsel stark beeinflusst. Die Fische weisen daher im Sommer die höchsten Werte auf (siehe auch Abb. 5).



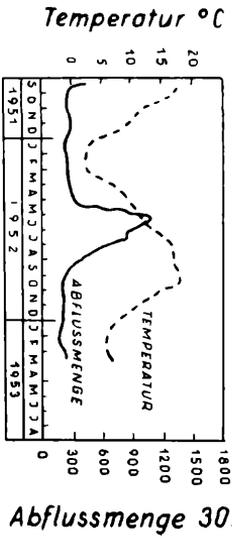
**β-AKTIVITÄT
IM COLUMBIA-RIVER**

UNTERSUCHUNG AM COLUMBIA RIVER
1951 - 1953

Abb. 4.



**JAHRESEITLICHE VERTEILUNG
DER β -AKTIVITÄT
PLANKTON, ALGEN, LARVEN (KADISFLIEGE)
FISCHE UND WASSER**



PROBESTELLE HANFORD
COLUMBIA RIVER 1951-1953

Abb. 5.

Die Ergebnisse zeigen ferner die eingangs erwähnte Graduierung der Radioaktivität der Wasserorganismen, je nach deren Stellung in der Nahrungskette. Das Phytoplankton, das die radioaktiven Isotope als Nährstoffe schnell aufnimmt, weist die höchsten Werte auf und die Fische als letztes Glied der Kette die niedrigsten. Selbstverständlich werden aber Grünweidefische, die sich von Pflanzen nähren, höhere Aktivitäten erwarten lassen als Raubfische, die wieder von Fischen oder Insektenlarven leben.

Ein besonders einprägsames Bild gibt die Darstellung der gemessenen Radioaktivität vor und nach Einleitung der Reaktorabwässer in den Columbia River (Abb. 6). Während das Flußwasser oberhalb Hanford

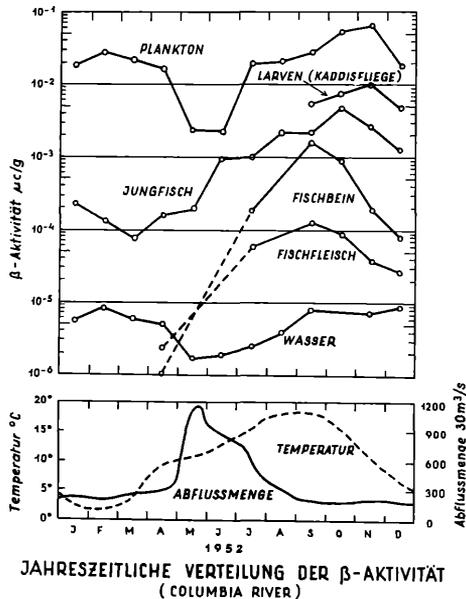


Abb. 6.

kaum nennenswert mehr als $10^{-8} \mu\text{c/l}$ an β -Aktivitäten aufweist, schnellen diese nach Einleitung auf das über 700-fache an. ebenso ist ein starker Anstieg bei den Fischen zu beobachten. Ihren Höhepunkt erreicht die β -Aktivität etwa nach 30 km Flußlauf, dann erfolgt ein zuerst steiles Absinken der Kurven, die etwa nach 100 km bis zur Mündung flach auslaufen. Diese Abnahme bewirken Verdünnung, Zerfall und Adsorption.

Die Beziehungen zwischen Ernährung und Aktivität zeigt auch Abb. 7. In jedem untersuchten Organismus war eine Anhäufung von Radionukleiden zu registrieren, beim Fisch auch in den einzelnen Körperteilen. In den Gräten und Schuppen ergab sich gegenüber dem Fleisch eine etwa zehnfache Konzentration, den inneren Organen mittlere Werte.

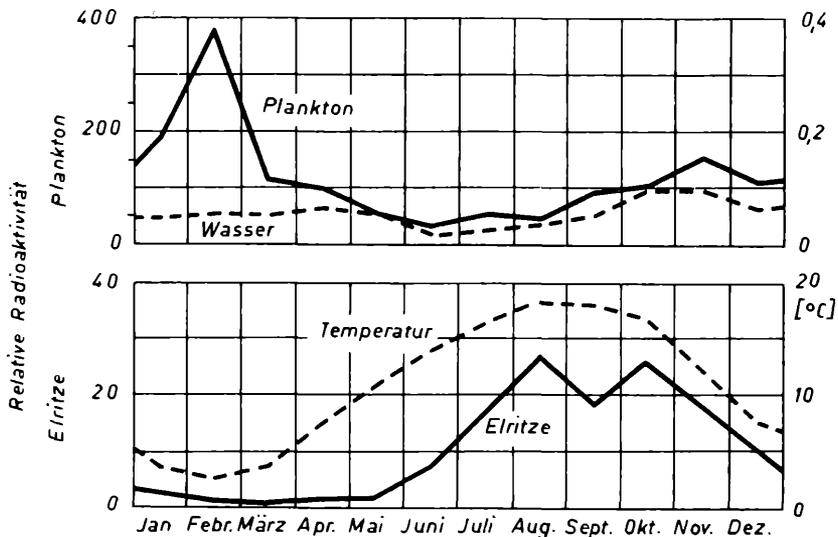


Abb. 7 (Aus [2]).

Aus dem bisher Dargelegten ergibt sich für die radioaktive Gewässerüberwachung die Notwendigkeit, unterhalb allen strahlungsverdächtigen Einleitungen, die Wasserorganismen und die solche beherbergenden Sedimente in die Untersuchung miteinzubeziehen, da Pflanzen und Tiere die Eigenschaft haben, wenigstens einige Tage instabile Isotope zu speichern.

Wenn das Wasser eine Bruttostrahlung aufweist, die die maximal zulässige Konzentration (MZK-Wert) für Trinkwasser erreicht, so kann nach Foster an Fischen eine Strahlungsschädigung eintreten (3). Umgekehrt, wenn bei Fischen oder anderen Wasserorganismen der MZK-Wert nicht erreicht wird, so besteht kein Verdacht, daß das Gewässer in kürzerer Zeit vorher stärker radioaktiv kontaminiert wurde. Daraus ergibt sich der Vorteil der biologischen Untersuchung, deren Werte, ebenso wie dies für die allgemeine Gewässergüteüberwachung zutrifft, außer-

dem nicht so großen und schnellen Veränderungen unterworfen sind wie jene der fließenden Welle.

Der Strahlungsnachweis an Wasserorganismen ergibt ein summarisches Bild über den letzten Zeitraum. Infolge der akkumulatorischen Eigenschaften dieser Lebewesen hinsichtlich bestimmter radioaktiver Stoffe kann deren Anteil an der Gesamtstrahlung größer sein als jener der Strahlungsquelle (3). Die sichere Registrierbarkeit der Radioaktivität von Pflanzen und Tieren bietet außerdem mehr Gewähr für die Nutzung eines Gewässers. Die Untersuchung des Wassers allein bietet keine ausreichende Information. Es kommt nach Foster letzten Endes bei der Beurteilung der Strahlung auf die Summenwirkung aller Strahlungsquellen an, auf die durch Nahrungsmittel inkorporierten sowohl wie auf die Umgebungsstrahlung, die auf den Menschen, zum Beispiel beim Badesport, einwirkt.

Die öffentliche Radioaktivitätskontrolle der Gewässer wird künftighin die Akkumulation radioaktiver Isotope in Wasserorganismen sehr beachten müssen, da letztere ausgezeichnete Indikatoren einer radioaktiven Verunreinigung sind.

Literatur

1. Davis J. J., Perkins R. W., Palmer R. F., Hanson W. C. and Cline J. F.: „Radioactive Materials in Aquatic and Terrestrial Organisms Exposed to Reactor Effluent Water“. Second Intern. Conf. on Peaceful Uses of Atomic Energy, Paper No. 393, 1958.

2. Foster R. F. und Davis J. J.: „Die Anhäufung radioaktiver Substanzen in der Kleinlebewelt der Gewässer“. Genfer Konferenz 1955, Dokument A/Conf. 8/P/280. Radioaktive Substanzen und Wasser. Eine Dokumentation. Schriftenreihe GWF Wasser-Abwasser, Heft 2, 1956.

3. Foster R. F.: „The Need for Biological Monitoring Radioactive Waste Streams“. Sewage and Industrial Wastes, Vol 31, No. 12, 1959.

4. Gad G.: „Beeinflussung des Grundwassers, Oberflächenwassers und der Luft durch radioaktive Abfälle der Kernreaktoren“. Städtehygiene 6, 1955.

5. Liepolt R.: „Abwasserreinigung in Energieanlagen“. Generalbericht, Gruppe IV, Abt. L, Fünfte Weltkraftkonferenz, Wien 1956.

6. Palange R. C., Robeck G. G. und Henderson C.: „Der Beitrag der Radioaktivität zur Verunreinigung der Flüsse“. Cleveland-Conference 1955, Preprint 190. Radioaktive Substanzen und Wasser. Eine Dokumentation, Schriftenreihe GWF, Wasser und Abwasser, Heft 2, 1956.

7. Ruf M.: „Das Verhalten radioaktiver Stoffe in Tropfkörpern und Belebungsbecken“. Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie, Bd. 5, Verl. R. Oldenbourg, München 1958.

8. Scheminzyky F.: „Über Urananreicherung in niederen Pflanzen“. Fundamenta balneo-bioclomatologica, Vol. 1, No. 2, 1959.

Anschrift des Verfassers: Doz. Dipl.-Ing. Dr. Reinhard Liepolt, Direktor der Bundesanstalt für Wasserbiologie und Abwasserforschung, Wien-Kaisermühlen, Dampfschiffhafen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1959

Band/Volume: [1959](#)

Autor(en)/Author(s): Liepolt Reinhard

Artikel/Article: [Akkumulation radioaktiver Isotope in Wasserorganismen 156-165](#)