

Phyton (Austria)	Vol. 29	Fasc. 1	61–68	16. 5. 1989
------------------	---------	---------	-------	-------------

Natürliche und Tschernobyl-verursachte Radionuklide in einigen Wasser- und Landpflanzen in Steiermark und Kärnten¹⁾

Von

Georg HEINRICH *), Hansjörg MÜLLER **), Karl OSWALD **) und Franz WOLKINGER *)

Eingelangt am 13. April 1988

Key words: Natural and Chernobyl-caused radionuclides, aquatic and terrestrial plants

Summary

HEINRICH G., MÜLLER H., OSWALD K. & WOLKINGER F. 1989. Natural and Chernobyl-caused radionuclides in certain water plants and terrestrial plants in Styria and Carinthia. – *Phyton (Austria)* 29 (1): 61–68. – German with English summary.

Water plants contain considerably smaller amounts of radionuclides caused by Chernobyl than mosses and lichens.

When compared with cultivated plants, however, the concentrations of radionuclides in water plants are considered rather high. In most water plants the content of ⁴⁰K, the most common natural radionuclide, is significantly higher than in terrestrial plants. Apart from the high content of ⁴⁰K, high concentrations of natural radionuclides from the decay chains of ²³⁸U and ²³²Th have been noted in *Utricularia*. The concentration ratios of (¹³⁴Cs+¹³⁷Cs)/⁴⁰K in water plants range between 0.02 and 0.8. This is due to the particularly enhanced concentration of ⁴⁰K and to the fact that the contamination of water plants by the radionuclides caused by Chernobyl was relatively low compared to that of lichens or mosses.

Lichens and mosses in areas with high rainfall from the end of April until the middle of May in 1986 are still contaminated to a very high extent. *Pseudevernia* from

¹⁾ Mit Unterstützung des Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (Projekt 6160B).

*) Prof. Dr. Georg HEINRICH, Prof. Dr. Franz WOLKINGER, Institut für Pflanzenphysiologie der Universität Graz, Schubertstraße 51, A-8010 Graz, Österreich.

**) Prof. Dr. Hansjörg MÜLLER, Ing. Karl OSWALD, Staatlich autorisierte Versuchsanstalt f. Strahlenmeßtechnik und Strahlenschutz am Reaktorinstitut Graz, Steyrergasse 17, A-8010 Graz, Österreich.

the heavily contaminated Weinebene (Koralpe, in the south of Styria) contains 700 times more artificial radionuclides than natural ^{40}K . In 1987 the contamination of the leaves of beeches and horse chestnuts was only one tenth to one hundredth of that of the year 1986. The radioactivity of the foliage of the year 1987 does not solely depend on the extent of the direct contamination in the year 1986, but also on the transport of ^{134}Cs and ^{137}Cs away from the leaves before defoliation in autumn and the supply of Cesium in the next year.

Zusammenfassung

HEINRICH G., MÜLLER H., OSWALD K. & WOLKINGER F. 1989. Natürliche und Tschernobyl-verursachte Radionuklide in einigen Wasser- und Landpflanzen in Steiermark und Kärnten. – *Phyton* (Austria) 29 (1): 61–68. – Deutsch mit englischer Zusammenfassung.

Die gemessenen Wasserpflanzen weisen wesentlich geringere Gehalte an aus Tschernobyl gelieferten Radionukliden als Moose und Flechten auf. Verglichen mit Kulturpflanzen sind ihre Radioaktivitäten aber als hoch zu bezeichnen. Bei den meisten Wasserpflanzen ist der Gehalt des bedeutendsten natürlichen Radionuklids, des ^{40}K , wesentlich höher als bei Landpflanzen, zusätzlich fallen bei *Utricularia* noch die hohen Gehalte an natürlichen Radionukliden aus der ^{238}U - und der ^{232}Th -Zerfallsreihe auf. Die niedrigen Quotienten $(^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs})/^{40}\text{K}$ der Wasserpflanzen (0,02–0,8) sind durch den hohen Gehalt an natürlichem ^{40}K und die, verglichen mit Flechten und Moosen, geringe Kontamination der Pflanzen durch die aus Tschernobyl gelieferten Radionuklide bedingt. Flechten und Moose sind in Gegenden, die Ende April bis Mitte Mai 1986 hohe Niederschläge erhalten haben, noch sehr hoch belastet.

Der Gehalt an künstlichen Radionukliden der Flechte *Pseudevernia* von der stark kontaminierten Weinebene (Koralpe) ist 700mal höher als der an natürlichem ^{40}K . Die Kontamination der Blätter der Buchen und Roßkastanien hat in der Vegetationsperiode 1987 auf ein Zehntel bis auf ein Hundertstel der im Jahre 1986 abgenommen. Die Laubwerte des Jahres 1987 hängen nicht nur von der Höhe der direkten Kontamination im Jahre 1986 ab, sondern auch vom Abtransport der beiden Caesiumisotope aus den Blättern vor dem herbstlichen Laubfall und deren Zufuhr im nächsten Jahr.

1. Einleitung

Ausgelöst durch das Reaktorunglück von Tschernobyl im April 1986 wurden zahlreiche Radioaktivitätsmessungen durchgeführt. Die Auswirkungen des Reaktorunfalls sind ausführlich dokumentiert (Amt der Steiermärkischen Landesregierung 1987, HAUNOLD & al. 1986, Umweltbundesamt, 1986). Im Vordergrund des Interesses standen jene Pflanzen und Tiere, die direkt oder indirekt der menschlichen Ernährung dienen. Hier wird über natürliche und künstliche Radionuklide in Wasserpflanzen berichtet. Diesen Kontaminationswerten werden die Gehalte an Radionukliden einiger niederer und höherer Landpflanzen entgegengestellt. Dies soll die Feststellung erlauben, ob die Kontamination der Wasserpflanzen eigene Gesetzmäßigkeiten aufweist oder nicht. Die meisten Messungen stammen aus dem Jahr 1987, so daß nur über die längerlebigen Radionuklide berichtet werden kann.

2. Material und Methode

Die Gamma-Aktivität der Pflanzen wurde mit Hilfe eines Germanium-Li-Halbleiterdetektors und nachgeschalteten Vielkanalanalysator mit EDV-Auswertung an der Versuchsanstalt für Strahlenmeßtechnik und Strahlenschutz am Reaktorinstitut Graz gemessen. Zur Identifizierung der verschiedenen Radionuklide und zur Aktivitätsvermittlung wurden die in den Impulshöhenspektren auftretenden Peaks und die von ihnen eingenommene Fläche verwendet. Ein 1 l Marinellibecker wurde dazu mit Standortwasser oder mit gemahlenem Pflanzenmaterial beschickt und 12 Stunden, bzw. bei hoher Aktivität, 30 min. lang, gemessen. Die Angabe der Aktivitätskonzentrationen bzw. -gehalte erfolgt in Becquerel (Bq), ein Division durch 37 ergibt die in Österreich meist verwendete Maßeinheit nCi. Die Pflanzen stammen aus Teichen der Südsteiermark bei den in der Nähe von Mureck gelegenen Ortschaften Brunnee und Ratschendorf und aus dem Wörthersee (Südufer, bei Seekirn). Als Beispiel einer stark kontaminierten Flechte wird *Pseudevernia furfuracea* von der Weinebene (im Korallengebiet zwischen Deutschlandsberg und Wolfsberg) gewählt. Moose, eine Bodenprobe und Buchenblätter wurden in Seekirn/Wörthersee gesammelt, Kastanienblätter, eine Bodenprobe und ein Moos stammen vom Rosenberg in Graz. Die Gebiete sind unterschiedlich stark kontaminiert, wie etwa eine gesamtösterreichische Belastungskarte des „Grases“ durch ^{137}Cs erkennen läßt (U. 1986). Ausschlaggebend für die Kontamination war viel weniger die trockene als die nasse Deposition, die durch die regional verschieden große Niederschlagsmenge unterschiedlich ausfiel. Pro m^2 Boden sind 3.800 bis über 76.000 Bq ^{137}Cs niedergegangen. Die in der Ebene liegenden Teiche haben viel weniger Radioaktivität abbekommen als die in 1.800 m Höhe liegende Weinebene, die zu den am stärksten kontaminierten Gebieten Österreichs gehört. Die Proben aus Seekirn sind etwas weniger kontaminiert als viele Pflanzen vom Rosenberg, am NO-Rand von Graz, auf dem zahlreiche niedere und höhere Pflanzen von HEINRICH 1987 gemessen wurden.

3. Ergebnisse

In Tabelle 1 werden die Gehalte der natürlichen und künstlichen Radionuklide von Wasserpflanzen der Vegetationsperiode 1987 aufgeführt, außerdem der Quotient aus $(^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs})/^{40}\text{K}$.

Radioaktivitätsgehalte von Wasserpflanzen in Bq kg^{-1} TG, statistischer Fehler in Bq und Quotient (Q) aus $(^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs})/^{40}\text{K}$.

Das Standortwasser des Ratschendorfer Teiches und vom Brunnee zeigte selbst nach 12stündiger Messung keine Aktivität, d. h., die ^{137}Cs -Konzentrationen liegen unter $1,8 \text{ Bq l}^{-1}$. Dies war auch nach den Meßwerten des Kernforschungszentrums Karlsruhe zu erwarten (KÖNIG & al. 1986). Das Wörtherseewasser wurde nicht gemessen, da ein derartig großer Wasserkörper eine so starke Verdünnung des Fallouts mit sich bringt, daß selbst lange Meßzeiten kaum künstliche Aktivität ergeben können. Aus dem Bericht des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit für das Jahr 1986 (Bundesminister für Umwelt 1987) ist zu entnehmen, daß bereits in der zweiten Maihälfte die Gewässer der BRD eine deutliche Aktivitätsabnahme zeigten, die durch den Zerfall der kurzlebigen

Tabelle 1

Pflanze Herkunft	Sammel- Meßdatum 1987	Künstliche Nuklide				
		^{137}Cs	^{134}Cs	^{106}Ru	^{40}K	Q
1. <i>Lemna minor</i> , Ratschendorf	11. 8. 25. 11.	111 ± 11	$37 \pm 5,5$	—	1036 ± 104	0,2
2. <i>Myriophyllum spicatum</i> , Seekirn	14. 8. 27. 11.	1813 ± 91	599 ± 48	—	—	—
3. <i>Najas minor</i> , Brunnsee	11. 8. 25. 11.	26 ± 5 $18,5 \pm 3,7$	$7,4 \pm 2$ $7,4 \pm 2$	—	1517 ± 151 1332 ± 133	0,02 0,02
4. <i>Potamogeton (P.) filiformis</i> , Brunnsee	11. 8. 28. 11.	$26 \pm 5,2$	$7,4 \pm 2$	—	555 ± 55	0,06
5. <i>P. perfoliatum</i> Seekirn	14. 8. 27. 11.	266 ± 13	74 ± 22	74 ± 37	533 ± 53	0,8
6. „Kalkansatz“ an <i>P. perfoliatum</i> , Seekirn	14. 8. 27. 11.	596 ± 24	207 ± 6	—	100 ± 10	18,3
7. <i>Trapa natans</i> , Brunnsee	11. 8. 26. 11.	$26 \pm 2,6$	$7,4 \pm 1,5$	—	481 ± 48	0,05
8. <i>Utricularia vulgaris</i> ,*) Brunnsee, anderer Teich	11. 8. 21. 11.	203 ± 12	70 ± 7	78 ± 31	740 ± 74	0,5

*) natürliche Radionuklide aus der ^{238}U -Zerfallsreihe: $^{226}\text{Ra} = 181 \pm 74$, $^{214}\text{Pb} = 41 \pm 12$, $^{214}\text{Bi} = 37 \pm 11$, natürliche Nuklide aus der ^{232}Th -Zerfallsreihe: $^{212}\text{Pb} = 56 \pm 11$, $^{208}\text{Tl} = 18,5 \pm 5,6$.

Nuklide und durch die Anreicherung der langlebigen Nuklide an Feststoffteilchen zu Stande kommt. Die stark kontaminierten Schwebstoffe aus dem Wasserkörper bringen nach Absetzen eine hohe Kontamination des Sediments mit sich.

Den Werten der Wasserpflanzen sollen in Tabelle 2 zunächst einige Werte von Landpflanzen entgegengestellt werden. Ausgewählt wurden drei Moose, eine Flechte, Roßkastanien- und Buchenblätter. Bodenwerte wurden außerdem aufgeführt, um eine Vorstellung über die Bodenkontamination der Sammelgebiete zu geben.

Die direkt kontaminierten Landpflanzen zeigen häufig wesentlich höhere Tschernobyl-verursachte Werte als die Wasserpflanzen. Besonders die Moose und Flechten sind zwei Jahre nach Tschernobyl noch immer sehr stark kontaminiert. Das Substrat Boden ist wesentlich stärker verseucht als der Wasserkörper, nachdem der Fallout sich im Sediment abgesetzt hat.

In der 5 cm dicken Humusauflage eines Forstes mit Rotbuchen, Eichen und Kiefern am Rosenberg bei Graz befand sich nach Entfernen der Laubstreu 27mal mehr künstliche Radioaktivität als in den folgenden 5 cm. In

Tabelle 2

Aktivitätsgehalte der künstlich bedingten und natürlichen Radionuklide in Bq kg⁻¹ TG und statistischer Meßfehler in % im Mineralbodenhorizont und verschiedenen Landpflanzen.

Pflanze, Herkunft, Datum	Künstliche Nuklide						Natürliche Nuklide					$\frac{(^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs})}{40\text{K}}$	
	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	¹⁰⁶ Ru	¹¹⁰ Ag	¹²⁵ Sb	⁴⁰ K	²³⁸ U-Zerfallsreihe	²³² Th-Zerfallsreihe					
9. Boden, 1-5 cm Rosenberg, 24. 12. 86	1665	592				303							7,4
10. Boden 5-10 cm Rosenberg, 24. 12. 86	52	15	19			241							0,4
11. <i>Bryum argenteum</i> Rosenberg, 5. 87	34632	13801	5587	155	533	363		22	30	81	22		151
12. Roßkastanie, Blatt, a 10. 86	1554±2	685±5	918±5	-	141±30	222±20							14,8
b 10. 87	107±10	37±6				211±20							0,7
13. Boden, 1-5 cm Seekirn, 26. 11. 87	1240±2	407±3	185±25	-	-	433							4,2
14. a Buchenstreu 1986 Seekirn, 19. 11. 87	3256±2	1147±3	678±15	30±30	207±3	93±20							57
b Buchenblätter 1987 Seekirn, 19. 11. 87	403±4	133±6				255±10						2,6±30	2,1
15. <i>Hymnum cypressiforme</i> Seekirn, 27. 11. 87	10582±3	3663±5	2079±30	-	463±40	210±10							79
16. <i>Paraleucobryum longifolium</i> Seekirn, 27. 11. 87	9583±2	3367±30	1332±30	48±30	407±40	192±20							77
17. <i>Pseudopenaria furfuracea</i> , Weinebene a 14. 8. 86	51548±1	2342±2	1018±2			122		11±30					702
b 9. 1. 86	38813±1	12839±2	323±5	100±10	603±10	118±20		11±30					462
c) 10. 1. 87	56000	17300	3630	100	646								-

¹⁾ Dem Reaktorzentrum Seibersdorf, Abt. Strahlenschutz, sei für Messung 17 c gedankt.

diesem Fall wurden 88% der Bodenaktivität angeliefert, was einem über 7fachen Anstieg der Umweltradioaktivität entspricht. Zur Bodenaktivität ist noch die zu zählen, die von den Baumstämmen abgefangen wurde, auch jetzt sind die Rindenoberflächen noch ziemlich hoch kontaminiert. Außerdem haben die direkt kontaminierten Nadeln der Kiefern mit bis $7000 \text{ Bq kg}^{-1} \text{ TG}$ und 1986 die Buchenblätter mit ähnlich hohen Werten bereits einen Teil der Aktivität abgefangen. Dies gilt in höherem Maß für Moose, die meist soviel Aktivität aufgenommen haben, daß die darunter befindliche Erde kaum belastet ist.

Ackerböden sind meist viel weniger kontaminiert als Waldböden. Ein Wald filtert die Radionuklide selbst an niederschlagsfreien Tagen aus der Luft. Aus diesem Grund wird in der USA auf eine ausreichende Waldausstattung um ein Kernkraftwerk Wert gelegt. Die ^{137}Cs -Aktivität in Waldböden ist lokal sehr unterschiedlich, in einer Auflagehumusprobe in Hochfilzen wurden $64.600 \text{ Bq kg}^{-1} \text{ TG}$ gemessen (GASSEBNER 1987).

Die Blätter der Laubbäume sind unterschiedlich stark kontaminiert. Die Rotbuchen hatten im Jahr 1986 zur Zeit des Reaktorunglücks bereits ausgetrieben, so daß ihre Blätter infolge der direkten Kontamination hohe Radioaktivitätswerte zeigten. Dies gilt auch für die Blätter der meisten anderen zerstreutporigen Bäume, auch für die der Roßkastanie, deren Blätter sich stärker belastet als die der ringporigen Bäume (Eiche, Esche, Robinie, Ulme und Walnuß) erwiesen (HEINRICH 1987). Da die meisten ringporigen Bäume etwas später als die zerstreutporigen austreiben, bewahrten die Knospenschuppen ihre Blätter häufig vor einer direkten Kontamination. Das Verhalten der Bäume im Herbst war ebenfalls unterschiedlich. Manche Bäume, wie die Roßkastanien, die im Stadtgebiet von Graz stark kontaminiert waren, warfen im Herbst den größten Teil der künstlichen Radioaktivität mit ihren Blättern ab, das natürliche ^{40}K hatten sie allerdings weitgehend vor dem herbstlichen Laubfall abgezogen. Die Kastanienblätter zeigten daher im Jahr 1987 nur ein Zwanzigstel (Tabelle 2) bis ein Hundertstel der Vorjahreswerte. Aus den Buchenblättern wurde im Herbst wesentlich mehr Cs abgezogen als aus den Kastanienblättern, so daß die Blattwerte der Buche im Jahr 1987 ca. auf ein zehntel der Werte der direkt kontaminierten Blätter des Vorjahres zurückfielen. Die Aktivität der Moose und Flechten nimmt wesentlich langsamer ab als die der Laubbäume. Die Menge an Cs, die aus lebenden Moosen aus- oder abgewaschen wird, ist gering. Wahrscheinlich ist die Aktivitätsabnahme bei den Moosen zum größten Teil auf den wenig kontaminierten Zuwachs zurückzuführen.

4. Diskussion

Die Quotienten aus $(^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs})/^{40}\text{K}$ liegen bei den gemessenen Wasserpflanzen zwischen 0,02 und 0,8. Diese niedrigen Werte resultieren aus zwei Gegebenheiten. Die ^{40}K -Gehalte der Wasserpflanzen sind meist

wesentlich höher als die der Landpflanzen. Dies weist auf die bekannte Eigenschaft der aquatischen Makrophyten hin, verschiedenste Substanzen aus dem Wasserkörper anzureichern (FÖRSTER & WITTMANN 1983). Die Radionuklide sind in der zweiten Vegetationsperiode nach dem Reaktorunglück zu einem hohen Anteil im Sediment festgelegt, so daß eine Schwimmpflanze wenig aus dem umgebenden Wasserkörper entnehmen kann. Ein Juni 1986 gemessenes *Myriophyllum spicatum* aus dem Turnersee (Kärnten) hatte mit 3.700 Bq kg^{-1} TG deutlich höhere Werte als die im Jahr 1987 gemessenen Wasserpflanzen. Dies könnte darauf hindeuten, daß 1986 höhere Radioaktivitätswerte im überstehenden Wasser vorlagen als 1987. Ein Vergleich zwischen unterschiedlichen Standorten ist natürlich nicht unproblematisch, zumal die Menge des Fallouts und die Größe der Seen nicht übereinstimmt. Bei den am höchsten direkt kontaminierten Landpflanzen werden Quotienten von über 700 erreicht. Nach den bisherigen Erfahrungen über die Strahlenresistenz von Flechten (BRODO 1964, WOODWELL & GANNUTZ 1967) ist es unwahrscheinlich, daß Flechten durch die erhöhte Radioaktivität geschädigt werden. Auch Laubbäume sollen durch die aus Tschernobyl angelieferten Radionuklide nicht beeinträchtigt werden (KÖNIG 1985, KÖNIG & FESSLER 1987). Diese Annahme scheint auch nach unseren Beobachtungen für die Laubblätter zuzutreffen. Direkt belastete Kastanienblätter aus Graz zeigten keinen direkten Zusammenhang zwischen Vitalität und Aktivitätskonzentration (HEINRICH 1987). Allerdings dürften die Feinwurzeln von Bäumen aus diesen Überlegungen nicht ausgeklammert werden. Die Radioaktivitätsgehalte im Feinwurzelbereich können durch die Symbiose der Bäume mit den Pilzhyphen ihrer ektotrophen Mykorrhizapartner manchmal wesentlich höher als in den obersten Bodenschichten sein. Maronenröhrlinge weisen z. B. nach GERZABEK & al. 1988 bis $50.000 \text{ Bq kg}^{-1}$ TG auf. Ähnliche hohe Werte zeigen manche Pilzarten in den Wäldern zwischen Deutschlandsberg und der Weinebene.

Literatur

- Amt der Steierm. Landesregierung 1987. Grüner Bericht Steiermark 1986: 62–126. – Graz.
- BRODO I. M. 1964. Field studies of the effects of ionising radiation in lichens. – *Bryologist* 67: 76–87.
- Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) 1987. Auswirkungen des Reaktorunfalles in Tschernobyl auf die Bundesrepublik Deutschland. – Gustav Fischer Verlag Stuttgart, New York.
- FÖRSTER U. & WITTMANN G. T. W. 1983: Metal pollution in the aquatic environment. – Springer Verlag, Berlin–Heidelberg–New York–Tokyo.
- GASSEBNER H. 1987. Die radioaktive Belastung der Tiroler Wälder nach Tschernobyl. – Zustand der Tiroler Wälder. Bericht an den Tiroler Landtag. – Innsbruck.
- GERZABEK M., HAUNOLD E. & HORAK O. 1988. Radiaktivität in Pilzen. – *Bodenkultur* 39: 37–52.

- HAUNOLD E., HORAK O. & GERZABEK M. 1987. Umweltradiaktivität und ihre Auswirkungen auf die Landwirtschaft I. Das Verhalten von Radionukliden in Boden und Pflanze. – *Bodenkultur* 38: 95–118.
- HEINRICH G. 1987. Zur radioaktiven Belastung verschiedener Pflanzen in Graz nach dem Reaktorunglück von Tschernobyl. – *Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark* 117: 7–25.
- HORAK O. 1986. Der Reaktorunfall in Tschernobyl und seine Auswirkungen auf die österreichische Landwirtschaft. – *Österreichisches Forschungszentrum Seibersdorf, Ber.* 4372. LA 167.
- KÖNIG L. A. 1985. Gibt es einen Zusammenhang zwischen Umweltradioaktivität und Waldschäden? – *GIT Fachz. Lab.* 29: 1123–1131, 1256–1265.
- , SCHÜTTELKOPF H., ERAT S., FESSLER H., HEMPELMANN K., MAURER K., PIMPL M. & RADZIWILL A. 1986. Der Reaktorunfall von Tschernobyl. Meßergebnisse des Kernforschungszentrums Karlsruhe. – *KfK* 4115.
- & FESSLER H. 1987. Strahlenexposition von Bäumen durch den Tschernobyl-Unfall. Vortrag auf dem Forum „Einfluß radioaktiver Stoffe auf das Schadstoffpotential der Atmosphäre und auf die Aktivitätsbelastung von Pflanzen. – Stuttgart.
- UMWELTBUNDESAMT, 1986: Tschernobyl und die Folgen für Österreich. Vorl. Ber. – Bundesministerium f. Gesundheit u. Umweltschutz, Wien.
- WOODWELL G. H. & GANNUTZ T. P. 1967. Effects of gamma radiation on lichen communities of a forest. – *Am. J. Bot.* 54: 1210–1215.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Phyton, Annales Rei Botanicae, Horn](#)

Jahr/Year: 1989

Band/Volume: [29_1](#)

Autor(en)/Author(s): Heinrich Georg, Müller Hansjörg, Oswald Karl,
Wolkinger Franz

Artikel/Article: [Natürliche und Tschernobyl-verursachte Radionuklide in einigen Wasser- und Landpflanzen in Steiermark und Kärnten. 61-68](#)