

Untersuchung der Strahlenbelastung nach Tschernobyl in Pilzen des Odenwaldes

Dr. PETER W. SATTLER
Almenweg 6
D(W)-6121 Mossautal/Odw.

Sattler, P.W. (1991): Investigation of radioactive contamination after Tschernobyl in mushrooms of the Odenwald. Arbeitsgemeinschaft Pilzkunde Niederrhein (APN) 9(2):122-139.

Key Words: Radionuclides, Cesium, mushrooms.

Summary: In 1986 to 1987 312 samples were taken in the investigation of radioactive contamination of Odenwald mushrooms. The testing of the radionuclides Cs-134 and Cs-137 comprised 68 species of mushrooms. The highest Bq-content (all data relates to the weight of freshly picked mushrooms) was found in Cortinarius armillatus (4 587 Bq/kg), Cortinarius sanguineus (4 125 Bq/kg) and Xerocomus badius (1 222 Bq/kg). A Boletaceen specimen contained 2 812 Bq/kg in 1986. In most cases lower amounts were found to the Agaricaceens. The wood-dwelling mushroom also proved to be scarcely contaminated with the exception of Amanita fulva, the Bq-content for the Amanitaceen specimens was relatively low (between 7 and 20 Bq/kg in 1986 and 1987). The reasons for the diverse Bq-contents in the investigations of Odenwald mushrooms can obviously be traced back to the individual species of mushrooms and to the place where the mushrooms were originally found.

In comparison with 1986 and 1987, there is in 1988, 1989 and 1990 a striking decrease in radioactive contamination through Cesium in Odenwald mushrooms.

Zusammenfassung: Zur Untersuchung der Strahlenbelastung von Odenwald-Pilzen wurden in den Jahren 1986 bis 1990 insgesamt 312 Proben radiologisch gemessen. Die Beprobung auf die Radionuklide Cs-134 und Cs-137 erfaßte 68 Pilzspezies. Die höchsten Bq-Werte (Gesamt-Caesium, Frischgewicht = FG) wurden 1987 für Cortinarius armillatus (4 587 Bq/kg), Cortinarius sanguineus (4 125 Bq/kg)

und Xerocomus badius (1 222 Bq/kg) gefunden. Eine Boletaceenprobe aus dem Jahr 1986 enthielt 2 812 Bq/kg. Mit 200 Bq/kg lag 1990 Xerocomus badius an der Spitze von 25 untersuchten Pilzspezies. Durchweg niedrigere Werte fanden sich bei den Agaricaceen. Auch die holz-bewohnenden Pilze erwiesen sich als wenig belastet. Mit Ausnahme von Amanita fulva lagen die Werte für die Vertreter der Amanitaceen relativ niedrig (7 bis 20 Bq/kg in den Jahren 1986 und 1987, Höchstwert 1988: 334 Bq/kg, Mittelwert: 133 Bq/kg). Bei Amanita citrina wurde 1988 ein Wert von 67 Bq/kg gemessen.

Artspezifität zum einen, standortbedingte Faktoren zum anderen sind offensichtlich die Ursachen für die divergierenden Werte der radiologischen Untersuchungen der Odenwald-Pilze.

Dem anfänglichen Anstieg der radioaktiven Caesium-Kontamination der untersuchten Pilzspezies (Mittelwert 1986: 162 Bq/kg, 1987: 372 Bq/kg) folgte ein kontinuierlicher Abfall in den folgenden Jahren bis heute (1988: 184 Bq/kg, 1989: 103 Bq/kg, 1990: 27 Bq/kg).

Einleitung

Seit rund zwei Jahrzehnten ist bekannt, daß Pilze - besonders Waldpilze - die aus dem Boden aufgenommenen Radionuklide, hier vor allem Caesium-134 und Caesium-137, besser aufnehmen bzw. akkumulieren (GRÜTER 1971, SEEGER 1987) und somit höhere Konzentrationen an Caesium aufweisen als andere Pflanzen. Deshalb war im Hinblick auf die Höhe der durch das Reaktorunglück von Tschernobyl frisch zugeführten Radioaktivität an Caesium-137 zu fragen, ob bereits 1986 erhöhte Konzentrationen an Cs-137 in Pilzen auftreten.

Die außergewöhnliche Fähigkeit der Caesium-Akkumulation wurde besonders bei Nadelwaldpilzen wie Xerocomus badius beobachtet. GANS (1986) stellte fest, daß X. badius Caesium am höchsten anreichert, die übrigen von ihm untersuchten Pilzspezies hingegen nur in geringem Maße. Die bislang bekannt gewordenen höchsten Cs-134- und Cs-137-Werte (alles Frischgewichte) für X. badius betragen 28 000 Bq/kg (Baden-Württemberg), 22 000 Bq/kg (Bayerischer Wald), 13 000 Bq/kg (Hessen) bzw. 2 812 Bq/kg (Odenwaldkreis). SEEGER (1987) beobachtete bei X. badius eine Gammaaktivität von einigen hundert bis einigen tausend Becquerel pro Kilo. Besondere radioaktive Belastung - zwischen 10 000 und 15 000 Bq/kg - von X. badius stellte auch DIEHL (1986) fest. HORYNA et al. (1988) fanden die höchsten Cs-137-Konzentrationen in Röhrlingen (X. badius und X. chrysenteron).

Auch KÖNIG et al. (1987) fanden die höchsten Werte bei X. badius und Hydnum repandum.

HEINRICH (1987) hat Pilze aus der Umgebung von Graz/Österreich auf ihre Radioaktivitätskonzentrationen hin untersucht. Auch er stellte eine auffallend hohe Belastung von X. badius fest (bis zu 10 777 Bq/kg Frischgewicht). Überhaupt hatten die von HEINRICH (1987) untersuchten Pilze bis auf zwei Ausnahmen zumeist weit höhere Bq-Werte als die Pilze aus dem Odenwald im vergleichbaren Beobachtungszeitraum. Es ist bekannt (DEVELL et al. 1986, JENSEN und LINDKE 1986, SALDO 1986, UMWELTBUNDESAMT 1986), daß durch den Reaktorunfall in Tschernobyl am 26. April 1986 Österreich vergleichsweise stark radioaktiv belastet worden ist. Da sich die Werte von HEINRICH (1987) auf die Gesamtradioaktivitäts-Konzentration beziehen, lassen sich diese mit denen anderer Investigatoren nur sehr bedingt vergleichen.

Die Akkumulation von Radionukliden stammt nicht erst aus dem Fallout, Washout und Rainout der Atmosphäre nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl. So enthielt X. badius auch schon vor der Havarie in der Ukraine einige hundert Radiocaesium pro Kilo und mehr (SEEGER 1987). Von den von DIETL und BREITIG (1988) untersuchten Pilzspezies waren die Vertreter der Boletales am meisten belastet, was die Caesium-Kontamination angeht. Unter diesen fand sich erwartungsgemäß auch X. badius.

Hohe Radionuklid-Kontaminationen bei einigen Spezies der Boletales, insbesondere X. badius, wurden bereits im ersten Herbst nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl (26. April 1986) von verschiedenen Meßstellen beobachtet und haben sich seitdem in weiteren Untersuchungen bestätigt (GANS 1987, MELUF 1987, SEEGER 1987). Andere Pilzspezies liegen nach DIETL und BREITIG (1988) noch über den Bq-Werten von X. badius, z.B. Laccaria amethystea.

Sehr hohe Konzentrationen in L. amethystea fanden auch SEEGER (1987), GANS (1987) und HORYNA et al. (1988). Dieses Ergebnis kann durch die hier vorgelegten Untersuchungen bestätigt werden. Im Herbst 1986 wurde eine hohe Radioaktivität in Cortinariaceen nachgewiesen (SEEGER 1987). Das bestätigen auch HORYNA et al. (1988). Unsere Untersuchung stützt ebenfalls dieses Ergebnis. Kaum radioaktiv belastet war hingegen Macrolepiota procera. GANS (1986) stellte fest, daß Agaricus arvensis geringe Konzentrationen an radioaktivem Caesium aufweist, was er auf Artspezifität zurückführt. Hingegen zeige sich

bei X. chrysenteron eindeutig der Einfluß unterschiedlicher Biotope. Durchweg geringe Konzentrationen an Cs-137 und Cs-134 zeigten die von DIETL und BREITIG (1988) untersuchten Spezies der Agaricaceen. Auch GANS (1986, 1987) beobachtete in diversen Champignonarten stets niedrige Konzentrationen an Cs-134 und Cs-137. Es darf demzufolge angenommen werden, daß Spezies dieser Gattung allgemein nicht zur Akkumulation radioaktiver Caesium-Isotope in der Lage sind. Nach zuletzt bekanntgewordenen Angaben wurde bei X. badius aus Gohrde/Niedersachsen 1988 ein Wert von 1 708 Bq/kg festgestellt. Im selben Jahr war X. badius in Bayern bis zu 8 300 Bq/kg belastet. Nach HORYNA et al. (1988) wird durch X. badius, X. chrysenteron und Paxillus involutus sowie bei Laccaria amethystea, L. laccata und Cortinarius armillatus das radioaktive Cs-137 ungefähr hundertmal mehr angereichert als das nichtradioaktive natürliche Caesium. Die Ursachen hierfür sind nicht nur in Bodeneigenschaften, sondern auch in der Ektomykorrhiza zu suchen.

MOLZAHN, REINEN, BEHR, KOCKSHOLT und PATZELT (1989) haben die radioaktive Belastung von Pilzen durch Caesium im Landkreis Marburg-Biedenkopf (Oberhessen) im Herbst 1987 untersucht und damit als erste eine diesbezügliche Publikation aus dem Bundesland Hessen vorgelegt. Es wurden Aktivitäten und Transferfaktoren für 88 Pilzarten bestimmt, wobei in den meisten Fällen die Fruchtkörper der Pilze und die Erde des Fundortes gemessen wurden. Vergleichsweise hohe Belastungen (und damit hohe Transferfaktoren) waren bei Laccaria amethystea und Suillus variegatus feststellbar, stärkere Belastungen bei einigen Boletaceen (Suillus bovinus, X. chrysenteron, X. badius und Tylopilus felleus), während Armillaria mellea, die Agaricus-Arten, Boletus edulis, B. erythropus sowie Amanita muscaria unbelastet waren.

Die Belastung der Pilze im Landkreis Marburg-Biedenkopf durch den Tschernobyl-Unfall, so stellen die Investigatoren fest, ist etwa von der gleichen Größe wie die durch die Kernwaffentests bis 1962. Die radioaktive Belastung durch Caesium hat sich nach den Untersuchungen von MOLZAHN et al. (1989) in den Pilzen etwa verdoppelt. Bei Transferfaktoren-Untersuchungen Erde - Pilz beobachteten ECKL et al. (1986) eine pH-Abhängigkeit des Transferfaktors, nämlich einen geringeren Transfer mit zunehmender Azidität des Bodens. MOLZAHN et al. (1989) stellten fest, daß die Aktivitätsunterschiede bei verschiedenen Funden der gleichen Pilzart "oft erstaunlich groß" sind. Das gilt auch für die ermittelten Transferfaktoren der gleichen Pilzart.

Material und Methode

Um Auskunft über die Strahlenbelastung von Pilzen aus dem Odenwald nach der Havarie des Kernreaktors von Tschernobyl zu erhalten, wurden im Jahre 1986 insgesamt 94 Pilzproben gezogen, 1987 waren es 78, 1988 85, 1989 23 und 1990 32 Proben. Somit konnten 312 Proben aus dem Odenwald erstmals radiologisch untersucht werden; das entspricht einer Artenzahl von insgesamt 68 (Agaricales 44, Boletales 16, Gasterales 4, Aphyllophorales 4, von den letzteren Polyporaceae 2, Cantharellaceae und Calvatiaceae jeweils 1). 17 Spezies wurden sowohl 1986 als auch 1987 auf Strahlenbelastung beprobt. Der Zeitpunkt des Sammelns und Messens reichte vom 1. August bis 13. Oktober 1986 und 1. August bis 26. November 1987. Die Proben stammen aus dem Umkreis von etwa 25 Kilometern, vorwiegend aus dem zentralen Buntsandstein-Odenwald. Der überwiegende Teil der Proben kam aus Mossautal/Odenwaldkreis. Die Pilzproben wurden in Mengen zwischen gewöhnlich 250 und 500 Gramm gesammelt und in 1-Liter-Polyäthylen-Pulverflaschen (mit Schraubverschluß) 1986 bis 1987 dem "Staatlichen Medizinal-, Lebensmittel- und Veterinäruntersuchungsamt Südhessen" in Wiesbaden zugeleitet, danach (1989 und 1990) dem Strahlenzentrum der Justus-Liebig-Universität Gießen zugeführt. Die Probenzahlen schwankten pro Pilzart zwischen einer Probe und 13 Proben. Untersucht wurde anfangs neben Cs-134 und Cs-137 auch auf J-131, später nur noch auf Cs-134 und Cs-137, gelegentlich auch auf Ce-144, Be-7, Zr-95, Nb-95, Ru-106 und Ru-103. Im folgenden wird nur über die Radionuklid-Kontamination durch Caesium berichtet.

Ergebnisse

Für die im Jahr 1986 untersuchten 94 Pilzproben lag der Mittelwert bei 162 Bq/kg, für die im Jahre 1987 untersuchten Proben bei 372 Bq/kg; das bedeutet eine Erhöhung um mehr als das Doppelte. Vergleicht man hingegen die 17 Spezies, die in den beiden hintereinander folgenden Jahren zur Untersuchung kamen, so kehrt sich das Verhältnis um: 1986: 202 Bq/kg, 1988: 167 Bq/kg. Der höchste Wert, der im Jahr 1986 für eine Odenwälder Pilzprobe festgestellt wurde, lag bei 2 812 Bq/kg bzw. 1 318 Bq/kg. 1987 wurden als höchste Werte bei einer Probe von Cortinarius armillatus 4 587 Bq/kg, gefolgt von Cortinarius sanguineus mit 4 125 Bq/kg und X. badius mit 1 222 Bq/kg gefunden. 1986 lag eine Cantharellaceen-Probe an der Spitze aller untersuchten systematischen Gruppen. Es folgte mit weitem Abstand die Gruppe der Boletales (278 Bq/kg) und - wieder mit großem Abstand - die Agaricales (62 Bq/kg). 1987 zeigten die Agaricales

(476 Bq/kg) den höchsten Wert, gefolgt von den Boletales (377 Bq/kg) und den Cantharellaceen (280 Bq/kg). Als am meisten strahlenbelastet erwiesen sich folgende Spezies (Mittelwerte): X. badius: 377 Bq/kg bzw. 616 Bq/kg, X. chrysenteron: 245 bzw. 379 Bq/kg, Laccaria amethystea: 581 bzw. 503 Bq/kg, Lactarius helvius: 209 bzw. 373 Bq/kg, Lactarius rufus: 635 Bq/kg, Cortinarius sanguineus: 4 125 Bq/kg, C. armillatus: 3 430 Bq/kg und Lactarius quietus: 234 Bq/kg.

Von insgesamt 42 Spezies des Jahres 1986 und 29 Spezies aus dem Jahr 1987 wiesen 27 bzw. 10 Arten weniger als 50 Bq/kg auf, 3 bzw. 4 Pilzarten hatten zwischen 50 und 100 Bq/kg, jeweils 5 Spezies der beiden Vergleichsjahre lagen bei um 150 Bq/kg und 7 bzw. 10 Pilzarten speicherten mehr als 200 Bq/kg.

Im Jahr 1986 lagen die Bq/kg-Werte (Mittelwerte) der Proben der Cantharellaceae an der Spitze aller untersuchten Pilzfamilien (1 318 Bq/kg). Es folgen mit weitem Abstand die Boletales (278 Bq/kg) und - wieder mit großer Differenz - die Agaricales (62 Bq/kg). 1987 zeigten die Agaricales (476 Bq/kg) den höchsten Wert, gefolgt von den Boletales (337 Bq/kg) und den Cantharellaceae (280 Bq/kg).

Agaricaceen (10 bis 21 Bq/kg) und Amanitaceen (7 bis 20 Bq/kg), ausgenommen Amanita fulva (169 Bq/kg), zeigten niedrigere Bq-Werte, ebenso holzbewohnende Pilze - acht verschiedene Arten wurden in 1986/87 beprobt - (zwischen 5 und 35 Bq/kg); einmal wurden als Höchstwert 56 Bq/kg ermittelt. Die sieben 1986/87 untersuchten Spezies der Russulaceen zeigten Werte zwischen 37 und 635 Bq/kg, die Schwankungen sind also beträchtlich und von Art zu Art sehr unterschiedlich. Unter den Boletales zeigten im selben Zeitraum die Proben von Boletus edulis immer Werte unter 100 Bq/kg (1986: 6 Proben, Mittelwert 66 Bq/kg; 1987: 5 Proben, Mittelwert 46 Bq/kg).

Im Jahr 1988 wurden insgesamt 85 Pilzproben gezogen, im Jahr 1989 waren es 23 Proben. Das entspricht einer Artenzahl in diesen beiden Jahren von 39 Spezies (Agaricales 23, Boletales 14, Gasterales und Aphyllophorales jeweils 1). 9 Arten wurden sowohl 1988 als auch 1989 auf Strahlenbelastung beprobt. Die Proben schwankten zahlenmäßig zwischen einer Probe und 16 Proben. Die weitaus meisten Proben betrafen Xerocomus badius. Für die im Jahr 1988 untersuchten 85 Pilzproben lag der Mittelwert bei 184 Bq/kg, für die im Jahr 1989 untersuchten 23 Pilzproben bei 103 Bq/kg.

Für die neun Spezies, die in den beiden hintereinander folgenden Jahren 1988/89 zur Untersuchung kamen, ergaben sich Durchschnitts-

werte von 215 Bq/kg (1988) und 119 Bq/kg (1989). Die Maximalwerte lagen bei 810 Bq/kg (X. badius), 642 Bq/kg (Leccinum scabrum), 563 Bq/kg (Cortinarius traganus) und 527 Bq/kg (Lactarius deterrimus). Im Jahr 1989 wurden die höchsten Werte bei einer Probe von X. badius (559 Bq/kg) und Hygrophoropsis aurantiaca (322 Bq/kg) gefunden. Gegenüber den Jahren 1986/87 ist in den Jahren 1988/89 eine abnehmende Tendenz der radioaktiven Belastung durch Caesium in Pilzen des Odenwaldes zu beobachten.

Die Beprobung wurde auch im Jahr 1990 fortgesetzt. Wie schon in den Jahren zuvor nahm das Strahlenzentrum der Justus-Liebig-Universität Gießen die Messungen vor, da das Meßprogramm des Hessischen Sozialministeriums beim "Staatlichen Medizinal-, Lebensmittel- und Veterinäruntersuchungsamt Südhessen" in Wiesbaden ausgelaufen war. In der Zeit vom 10. September bis 21. Oktober 1990 wurden insgesamt 32 Proben von 25 Pilzspezies gezogen. Der Meßzeitraum lag zwischen dem 15. und 30. Oktober 1990. Die Fundorte lagen wieder im bereits beschriebenen Raum. Von den untersuchten 25 Pilzarten waren 15 Agaricaceen, 8 Boletaceen und je 1 Vertreter der Clavariaceen und Gasteromyceten. Boletus edulis wurde viermal und Xerocomus badius dreimal beprobt. Der höchste Gesamt-Caesiumgehalt wurde mit 200 Bq/kg bei einer Probe von X. badius festgestellt. Acht Proben verschiedener Pilzspezies lagen unter der Nachweisgrenze. Von den acht zur Untersuchung gekommenen Boletaceen lag nur eine Probe unter der Nachweisgrenze, bei den 15 Agaricaceen waren es immerhin sieben Proben. Auch sonst zeigte es sich, daß die Boletaceen stärker radioaktiv belastet waren als die übrigen untersuchten Pilzspezies. Für die im Jahr 1990 untersuchten 32 Pilzproben lag der Mittelwert bei 27 Bq/kg Frischgewicht.

Gegenüber den Jahren 1988/89 ist im Jahr 1990 eine weitere Abnahme der radioaktiven Belastung durch Gesamt-Caesium in Pilzen des Odenwaldes zu beobachten.

Mittelwerte (Bq/kg FG) im Vergleich 1986 bis 1990

1986	1987	1988	1989	1990
162	372	184	103	27

Auf die Pilzordnungen aufgeteilt ergibt sich folgendes Bild im Vergleich mit den Vorjahren seit Tschernobyl (Angaben in Bq/kg Frischgewicht, Mittelwerte):

	1986	1987	1988	1989	1990
Agaricales	62	476	102	67	12
Boletales	278	337	250	163	45
Aphylllophorales	341	117	9	1	10
Gasterales	6	--	267	--	8

DIETL (1989) untersuchte das Verteilungsmuster radioaktiven Caesiums in Pilzfruchtkörpern. Er stellte fest, daß in den überwiegenden Fällen der Pilzhut bis zu zweimal so viel Caesium enthielt wie der Stiel. Bei X. badius hingegen unterschieden sich die Konzentrationen in Hutfleisch und Röhren nicht stark vom Stiel, während die Caesium-Konzentration in der Huthaut etwa doppelt so hoch war wie in der Stielbasis. Bei den eigenen Untersuchungen wurde nur ein einziges Mal beprobungsmäßig zwischen Röhren und Stiel bei X. badius differenziert. Dabei ergaben sich 1988 für die Röhren 256 Bq/kg und für den Stiel 146 Bq/kg, also ein deutlicher Unterschied.

Diskussion

Im zentralen Teil des Buntsandstein-Odenwaldes lagen die Caesium-137-Kontaminationen (1986) des Bodens bei bis 4 000 Bq/m², gebietsweise - aber in wesentlich geringerem Ausmaße - auch nur bei bis 800 Bq (Hess. Sozialministerium 1986). Entsprechend hohe Werte waren auch bei Pilzspezies dieser Standorte zu beobachten. Nur Cortinarius armillatus (Geschmückter Gürtelfuß) mit 4 587 Bq/kg und Cortinarius sanguineus (Bluthautkopf) mit 4 125 Bq/kg überstiegen den im Boden der Odenwald-Proben gefundenen Höchstwert von 4 000 Bq. Eine Akkumulation von Caesium scheint hier offensichtlich.

Die Häufigkeitsverteilung des Cs-137-Bestandes im Boden in der BRD besitzt nach DÖRR und MÜNNICH (1987) Maxima bei 2 000 bzw. 1 200 Bq/m². Die räumliche Verteilung des Cs-137- und Cs-134-Bestandes im Boden stimmt mit der von GANS et al. (1987) überein. Die Meßdaten zeigen, daß die Cs-137-Kontamination des Bodens sowohl vom Zeitpunkt als auch von der Menge der ersten Niederschläge nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl abhängig ist. In Nord- und Südwestdeutschland, wo im Boden um 2 000 Bq/m² Cs-137 gemessen wurden, fielen die ersten Niederschläge am 5. und 6. Mai 1986; dort, wo 5 000 Bq/m² Cs-137 gemessen wurden, fielen die ersten Niederschläge nach der Nuklearkatastrophe schon zwischen dem 1. und 3. Mai 1986. Die Häufigkeitsverteilung des Cs-137 in Bodenproben aus dem Raum Heidelberg (25-km-Radius) gleicht der Häufigkeitsverteilung

für Nord- und Südwestdeutschland. Die Werte für Heidelberg sind $2\ 800\ \text{Bq/m}^2$ Cs-137 und $1\ 200\ \text{Bq/m}^2$ Cs-134, für Kocherbach/Odenwald $2\ 700\ \text{Bq/m}^2$ Cs-137 und $700\ \text{Bq/m}^2$ Cs-134. Die von DÖRR und MÜNNICH (1987) auf den 1. Mai 1986 zerfallskorrigierten Mittelwerte der Spaltprodukte aus dem Reaktor von Tschernobyl betragen für den Heidelberger Raum $2\ 500 \pm 1\ 000\ \text{Bq/m}^2$ Cs-137 und $900 \pm 500\ \text{Bq/m}^2$ Cs-134. Diese Mittelwerte gelten als repräsentativ für den nord- und südwestdeutschen Raum.

Die von KÖNIG et al. (1987) vorgelegten Meßergebnisse deuten darauf hin, daß in Bäumen in erheblichem Umfang radioaktives Caesium gespeichert ist. TOBLER, WYTENBACH und BAJO (1987) haben Deposition von Cs-137 und Cs-134 aus dem Tschernobyl-Fallout auf Fichtennadeln und seine Inkorporation in die Nadeln untersucht. Während die inkorporierte Aktivität in den Nadeln des Nadeljahrganges 1986 bis zu dreimal größer ist als in denjenigen des Jahrganges 1985, bleibt die Holzaktivität nahezu konstant.

Ein Großteil der Untersuchungsergebnisse von SEEGER (1987), MELUF (1987), DIETL und BREITIG (1988) sowie GANS (1987) kann durch die hier vorgelegten Meßergebnisse auch für Pilze des Odenwaldes bestätigt werden. Holzbewohnende Pilze zeigen niedrigere Bq-Werte, ebenso die Agaricaceen und größtenteils auch die Amanitaceen. Wie wir fanden auch GANS (1986, 1987) sowie DIETL und BREITIG (1988) in diversen Champignonarten stets niedrige Konzentrationen an radioaktivem Caesium. Die höchsten Cs-137-Konzentrationen fanden HORYNA et al. (1988) in Boletaceen, was auch unseren Befunden entspricht. Eine Ausnahme bilden Boletus aestivalis und B. edulis. Niedrige Bq-Werte für B. edulis konnten auch KÖNIG et al. (1987) feststellen. Die Durchschnittswerte des radioaktiven Gesamt-Caesiums lagen in den Jahren 1986/87 zwischen 9 und 38 Bq/kg FG. Die Mittelwerte der Pilzproben der jeweiligen von SEEGER und SCHWEINSHAUT (1981) aufgestellten Kategorien ergeben folgende Zahlen: Gruppe 1 (Pilze, die im Durchschnitt weniger Caesium enthalten als die vergleichbare Bodenprobeneinheit): 35 Bq/kg FG; Gruppe 2 (Pilze, die im Durchschnitt ebensoviel Caesium enthalten wie der Boden): 177 Bq/kg FG; Gruppe 3 (Pilze, die im Durchschnitt mehr Caesium enthalten als der Boden): 330 Bq/kg FG. Die Bq-Mittelwerte der Odenwald-Pilze korrespondieren demnach mit der Klassifizierung nach SEEGER und SCHWEINSHAUT (1981).

Ein Vergleich der Zahlenwerte von GANS (1986) mit denen von DIETL und BREITIG (1988) und den Pilzproben aus dem Odenwald freilich ist

nicht unproblematisch, da sich die Auswahl der beprobten Pilze doch beträchtlich unterscheidet. Zudem stehen den Einzelwerten von DIETL und BREITIG (1988) die Mittelwerte der aus dem Odenwald beprobten Pilzspezies gegenüber. Auch wegen der unterschiedlichen Probenzahl ist ein statistischer Vergleich mit Vorbehalt zu betrachten. Trotzdem ist tendenziell eine Aussage möglich. Wo die Werte bei Odenwald-Pilzen hoch liegen, sind sie auch relativ hoch bei den Proben aus Schwäbisch Gmünd und umgekehrt. Ausnahmen bilden Leccinum scabrum (1986/87, im Gegensatz zu 1988), Lactarius helvus, Russula ochroleuca und teilweise auch Armillaria mellea. Die Meßergebnisse sprechen eher für ein artspezifisches Selektionsvermögen und Akkumulationsverhalten als für die standortfaktorielles Komponente, wobei sich auch diese in den Werten gelegentlich widerspiegeln dürfte (beispielsweise bei Armillaria mellea). Alle diese Beobachtungen beziehen sich in der Hauptsache auf den Beprobungszeitraum 1986/87.

Mit einem Durchschnitt von 21 Bq/kg Frischgewicht bei acht in den Jahren 1986/87 beprobten holzzersetzenden Pilzspezies sind die Holzbewohner als ökologische Gruppe am wenigsten radioaktiv kontaminiert. Kuehneromyces mutabilis, der im Verdacht steht, reichlich Caesium zu speichern (SEEGER und SCHWEINSHAUT 1981), konnte mangels ausreichender Menge in den Jahren 1986/87 von uns nicht untersucht werden. Einer unbelasteten Probe des Jahres 1988 steht eine solche mit 44 Bq/kg des Jahres 1990 gegenüber. GANS (1987) ermittelte für K. mutabilis mit 240 Bq/kg Gesamt-Caesium einen für Baumpilze relativ hohen Wert.

Auch bei Russulaceen decken sich die Werte der Odenwälder Pilzproben mit dem in etwa vergleichbaren Befund Berliner Spezies dieser Familie (GANS 1986). Eine Probe von Langermannia gigantea (Riesenbovist) lag unter 3 Bq/kg Gesamt-Caesium; das entspricht dem Odenwälder Befund und bestätigt zudem das im Falle der Agaricaceen und von Macrolepiota procera Festzustellende: Wie die Agaricaceen der Wiesen und Weiden wachsen Macrolepiota procera und Langermannia gigantea auf Weiden, in Gärten oder auf Ödland und waren der Primärkontamination nach Tschernobyl besonders ausgesetzt. Bei insgesamt vier Proben von Langermannia gigantea betrug der Mittelwert 6 Bq/kg. Bei Agaricus arvensis fanden GANS (1986) Bq-Werte unter 3, DIETL und BREITIG (1988) Werte unter 1 Bq/kg. Bei der entsprechenden Odenwälder Spezies wurden 10 Bq/kg ermittelt. Für Coprinus comatus, ebenfalls ein Pilz der Wiesen, Weiden und Triften, wurde der Wert von 134 Bq/kg (1986) festgestellt. 1987 lag die einzige Probe unter

der Nachweisgrenze. Auch Coprinus atramentarius ist entweder nur gering (1986: 10 Bq/kg) oder überhaupt nicht radioaktiv kontaminiert (unter der Nachweisgrenze: 1987, 1989). Die Proben von Xerocomus badius erwiesen sich als durchweg relativ hoch belastet.

Maximal- und Mittelwerte von Xerocomus badius
1986 bis 1990 (Bq/kg FG)

	1986	1987	1988	1989	1990
Maximalwert	2 812	1 222	810	559	200
Mittelwert	377	616	406	434	86

X. badius wächst oberflächlich im Waldhumus und in der Nadelstreu, oftmals auf Zapfen von Picea abies. Es ist bekannt, daß der radioaktive Fallout sich in den obersten Bodenschichten und damit vor allem in der Humusschicht konzentriert. Deshalb gerät X. badius, der seine Nährstoffe aus dieser obersten Schicht bezieht, verstärkt mit diesen Radionukliden zellphysiologisch in Kontakt. Das scheint der Hauptgrund zu sein, weshalb diese Spezies mit am stärksten unter den Pilzen kontaminiert ist. Hinzu kommt möglicherweise noch die besondere artspezifische Akkumulationsfähigkeit dieser Spezies. Das artspezifische Selektionsvermögen ist bei einigen Pilzen bereits nachgewiesen worden (SEEGER und SCHWEINSHAUT 1981, SEEGER 1986, DIETL und BREITIG 1988).

Man unterscheidet dem Pilz oberflächlich anhaftendes radioaktives Caesium (Primärkontamination) und jenes Caesium, das vom Pilz aktiv aufgenommen wird (Sekundärkontamination, Zellkontamination). Die Pilze des Waldes - dazu gehört auch X. badius - sind im allgemeinen vor der Primärkontamination besser geschützt als die Pilze der offenen Fluren (Wiesen, Weiden, Triften). So sind auch Pilze des Freilandes wieder stärker primärkontaminiert als Pilze in Kulturhäusern (Zuchtpilze). Die von uns untersuchten Kulturchampignons hatten nur 12 Bq/kg (1986), Agaricus campester lediglich 11 Bq/kg im Jahr 1986 - in den darauffolgenden Jahren blieben die Proben sogar unter der Nachweisgrenze - A. arvensis und A. silvaticus nur 10 Bq/kg. Hier scheint möglicherweise genetisch bedingtes, also artspezifisches Selektionsvermögen die ausschlaggebende Rolle zu spielen.

Auch Macrolepote procera ist ein Pilz der Wiesen und Triften. Er liebt zudem grasige, lichte Stellen des Laubwaldes. Er wäre der Primärkontamination ebenfalls stärker ausgesetzt als viele andere

Spezies. Trotzdem ist er als Pilz bekannt, der kaum radioaktiv belastet ist (SEEGER 1987). DIETL und BREITIG fanden für ihn einen Bq-Wert von 27, im Odenwald wurden 1987 0 Bq/kg gemessen. M. procera ist kein Pilz saurer Böden und kommt im Buntsandstein-Odenwald nur gelegentlich vor (häufiger ist M. rhachodes), ebenso wie Hydnum repandum. Amanita fulva hingegen, ein Außenseiter innerhalb der Amanitaceen, was die Caesium-Kontamination betrifft (1986: 169 Bq/kg, 1987: 156 Bq/kg, 1988: 135 Bq/kg), ist als Bewohner moosiger Fichtenbestände saurer Böden ein typischer Säurezeiger. Die Böden des zentralen Buntsandstein-Odenwaldes sind durchweg sauer. Proben aus Buchenbeständen (0,01 mol/l CaCl₂-Suspendierungsmittel) ergaben folgende pH-Werte: A_h-Horizont: 3,37, B_v-Horizont: 3,58; für Fichtenbestände lauten die entsprechenden Werte 2,90 und 3,51 (BFN, 1983, 1985). In sauren Böden bleibt das Caesium für die Pflanze länger verfügbar, da die (in geringer Menge vorhandenen) Tonminerale in saurem Milieu eine geringere Bereitschaft zur Komplexbindung zeigen.

Auffallend ist ferner die relativ geringe Radionuklid-Kontamination der holzbewohnenden Pilzspezies. Bei den holzzeretzenden Pilzen wurden 1986 und 1987 überhaupt die niedrigsten Bq-Werte gemessen: von 5 bis 35 Bq, Mittelwert: 21 Bq/kg FG. Da die holzbewohnenden Pilze ihr Nährsubstrat aus der Substanz der Bäume und Sträucher beziehen, die schon vor der Havarie des Reaktors in Tschernobyl gewachsen und damit auch weniger oder gar nicht radioaktiv kontaminiert waren, ist es verständlich, daß die auf totem oder lebendem Holz wachsenden Pilze (Saprophyten oder Parasiten) entsprechend gering mit den radioaktiven Isotopen des Caesiums belastet waren. Eine Auskunft über artspezifische Selektivität geben solche Beobachtungen freilich nicht. Vergleicht man dagegen aber wieder Xerocomus badius mit diesem Ergebnis, die zum Teil ja auf gleichem Substrat und im selben Milieu aufgewachsen ist, so fällt deutlich die genetisch bedingte Spezifität hinsichtlich des physiologischen Auswahlvermögens auf, denn auch X. badius wächst auf Nadelstreu, am Grunde von Baumstümpfen, auch auf vermoderten Stümpfen und Stubben, Strünken und Zapfen der Coniferen. GANS (1987) stellte unter den auf Holz wachsenden Pilzen Höchstwerte bei Gymnopilus hybridus (670 Bq/kg) und K. mutabilis (240 Bq/kg) fest.

Auffallend sind auch die im Odenwälder Untersuchungsgebiet ermittelten unterschiedlichen Werte und divergierenden Meßergebnisse sowohl bei unterschiedlichen Pilzspezies als auch bei verschiedenen Kontrollproben für ein und dieselbe Pilzart. Artspezifität

zum einen, standortbedingte Faktoren zum anderen sind Ursache für die divergierenden Werte der Radionuklid-Untersuchungen. Hierzu müssen weitere Ergebnisse im regionalen und Überregionalen Vergleich gesammelt und diskutiert werden.

Es scheint bislang keine schlüssige Erklärung für die unterschiedliche Höhe der Aktivitätswerte in Pilzen zu geben. Was offensichtlich fehlt, sind Studien, die sowohl exakt Pilzstandort (Bodenbeschaffenheit) und Pilzspezies in eine eindeutige Korrelation bringen (Untersuchung der Transferfaktoren). Es wird zukünftig angestrebt, in der Hauptsache nur noch Pilze vom identischen Standort oder gleiche Pilzspezies von unterschiedlichen Standorten - und hier nach Bodenart orientiert - zu examinieren.

Was die Cs-Aktivitäten der von MOLZAHN et al. (1989) untersuchten Pilzproben angeht, so können diese Ergebnisse durch die Untersuchungen des Autors durchweg bestätigt werden. Um weitere Transferfaktoren ermitteln zu können, werden zukünftig bei möglichst vielen Pilzfunden Erdproben von ihrem Fundort mitgemessen. Wenn entsprechende Messungen aus dem Jahre 1988 vorliegen, kann der Informationsgehalt der bisherigen Untersuchungsergebnisse noch weiter erhöht und besser ausgeschöpft werden. Es gilt zu prüfen, ob die Transferfaktoren konstant sind oder bei hohen Bodenkontaminationen als Folge einer möglichen Sättigung in der Aufnahme von Caesium absinken. Zur Zeit jedenfalls liegen für eine genaue Beurteilung hinsichtlich der Aktivitätsunterschiede und Transferfaktoren noch zu wenig Daten vor. Die bislang vorliegenden hessischen Werte werden in Kürze ergänzt durch Untersuchungen in Niederwerbe/Kreis Waldeck-Frankenberg, Gießen /Lahn und Odenwaldkreis/Kreis Bergstraße. Damit ist eine Nord-Süd-Linie durch Hessen erreicht.

Radioaktive Caesium-Kontamination (Summe von Cs-134 und Cs-137, Bq/kg Frischgewicht, Mittelwerte) der 68 untersuchten Pilzspezies im Odenwald in fünf aufeinanderfolgenden Jahren 1986 bis 1990.

Amount of radioactive cesium nuclides (Cs-134 and Cs-137) in Odenwald mushroom species (Bq/kg in freshly picked mushrooms) compared over the years 1986 to 1990.

Pilzspezies	1986	1987	1988	1989	1990
Pleurotus ostreatus	5	--	--	--	--
Strobilomyces floccopus	33	--	--	--	--
Boletinus cavipes	--	--	--	14	--
Suillus grevillei	101	71	340	110	--
Suillus luteus	44	--	117	41	--
Suillus placidus	--	--	25	--	--
Suillus bovinus	91	159	117	41	21
Suillus variegatus	137	--	338	--	--
Xerocomus badius	377	616	406	434	86
Xerocomus subtomentosus	59	--	--	30	10
Xerocomus chrysenteron	245	379	232	--	58
Boletus erythropus	28	--	--	22	10
Boletus calopus	10	0	20	--	--
Boletus edulis	66	46	124	57	50
Tylopilus felleus	253	--	--	--	--
Leccinum versipelle	16	--	--	--	0
Leccinum scabrum	29	7	265	--	10
Paxillus atrotomentosus	36	179	--	--	--
Paxillus involutus	--	--	102	--	13
Hygrophoropsis aurantiaca	28	--	--	322	30
Gomphidius glutinosus	17	--	--	--	--
Laccaria amethystea	581	503	119	--	--
Laccaria laccata	--	--	21	--	--
Lepista (Clitocybe) nebularis	--	9	10	--	0
Lepista nuda	21	--	--	--	--
Tricholomopsis rutilans	--	18	127	41	--
Armillaria mellea	13	--	26	9	8
Lyophyllum connatum	--	--	--	0	0
Megacollybia platyphylla	229	--	--	--	--
Collybia maculata	--	148	69	33	43
Amanita fulva	169	156	135	--	--
Amanita muscaria	10	--	17	--	--
Amanita citrina	--	--	67	--	--
Amanita excelsa	10	--	--	--	--
Amanita rubescens	20	7	27	--	12
Agaricus hortensis v. albidus	12	--	--	--	--
Agaricus silvaticus	21	--	--	--	--
Agaricus campestris	11	--	0	--	0
Agaricus arvensis	10	--	--	--	--
Macrolepiota mastoidea	--	--	--	--	0

Pilzspezies	1986	1987	1988	1989	1990
Macrolepiota procera	--	0	--	--	--
Macrolepiota rhachodes	--	--	--	--	0
Coprinus atramentarius	10	0	--	0	--
Coprinus comatus	134	0	--	--	0
Stropharia rugosoannulata	5	--	--	--	--
Stropharia aeruginosa	--	--	27	9	15
Hypholoma capnoides	--	--	--	70	--
Hypholoma sublateritium	17	--	--	--	--
Kuehneromyces mutabilis	--	--	0	--	44
Cortinarius sanguineus	--	4 125	--	--	--
Cortinarius traganus	--	--	563	--	--
Cortinarius armillatus	--	3 430	--	--	--
Russula ochroleuca	--	291	--	124	--
Russula vesca	37	--	64	--	--
Russula sardonia	134	--	--	--	--
Lactarius turpis	--	169	--	--	--
Lactarius deterrimus	--	--	527	--	29
Lactarius helvus	209	373	145	--	--
Lactarius rufus	--	635	--	--	--
Lactarius quietus	--	243	--	--	--
Langermannia gigantea	6	--	--	--	--
Lycoperdon perlatum	--	--	--	--	8
Phallus impudicus	--	118	--	--	--
Scleroderma citrinum	--	66	267	--	--
Cantharellus tubaeformis	1 318	280	--	--	--
Meripilus giganteus	10	--	--	--	--
Piptoporus betulinus	14	56	--	--	--
Sparassis crispa	22	14	9	1	10

Danksagung

Der Verfasser bedankt sich bei Herrn Professor Dr. Hans Otto Schwantes, Institut für Pflanzenökologie der Justus-Liebig-Universität Gießen, und Herrn Professor Dr. Ernst Ludwig Sattler, Strahlencentrum der Justus-Liebig-Universität Gießen für mancherlei Hilfestellung.

Literatur

- BFN (Bezirksdirektion für Forsten u. Naturschutz) - Ermittlung von pH-Werten in Waldbodenproben aus verschiedenen Hessischen Forstämtern des Odenwaldes. In: Rundverfügung Nr. 7, BFN, Darmstadt - 6 - c42 - vom 10.8.1983.
- Bundesminister des Innern (1986) - Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung, Jahresbericht 1986, Bonn.
- Devell, L., H. Tovedal, U. Bergström, A. Appelgren, J. Chrystler und L. Anderson (1986) - Initial observations of fallout from the reactor at Chernobyl. - Nature 321:192-193.
- Diehl, J.F. (1986) - Das Reaktorunglück von Tschernobyl und seine Folgen. In: Zeitschrift f. Pilzfreunde 4:36-44 (Bundesanstalt für Ernährung, Karlsruhe).
- Diehl, J.F., D. Ehlermann, O. Frindik, W. Kalus, H. Müller und A. Wagner (1986) - Radioaktivität in Lebensmitteln - Tschernobyl und seine Folgen, Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Karlsruhe.
- Dietl, G. und D. Breitig (1988) - Radioaktives Caesium in Pilzen aus dem Raum Schwäbisch Gmünd. In: Z.Mykol. 54(1):109-112.
- Dietl, G. (1989) - Zur Verteilung radioaktiver Caesiumnuklide im Pilzfruchtkörper. In: Z.Mykol. 55(1):131-134.
- Dörr, H. und K.O. Münnich:(1987)-- Cs-137 und Cs-134 im Boden nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl. In: Der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn, 7. Fachgespräch: Überwachung der Umweltradioaktivität. Der Reaktorunfall in Tschernobyl: Ergebnisse, Erfahrungen, Folgerungen, 16. und 17. November 1987, Institut für Strahlenhygiene des Bundesgesundheitsdienstes, Neuherberg, S. 94-99.
- Eckl, P., W. Hoffmann und R. Türk - Uptake of Natural and Man-made Radionuclides by Lichens and Mushrooms. In: Radiat. Environ. Biophys. 25:43-54.
- Gans, I. (1986) - Radionuklidkonzentrationen in Berliner Pilzen. In: Z.Mykol. 52(2):446-448 (Teil 1), 449-451 (Teil 2), 452-453 (Teil 3).
- (1987) - Radionuklidkonzentrationen in Berliner Pilzen. In: Z.Mykol. 53(1):151-154 (Teil 4).
- Grüter, H. (1971) - Radioactive Fission Product Cs-137 in Mushroom rooms in W. Germany during 1963-70. Health Physics 20:655-656.

- Heinrich, G. (1987) - Zur radioaktiven Belastung verschiedener Pflanzen in Graz nach dem Reaktorunglück von Tschernobyl. In: Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, Band 117:7-25, Graz.
- Hessisches Sozialministerium (1986) - Zusammenfassende Bewertung radioaktiver Belastung in Hessen, Wiesbaden.
- (1987) - Die Folgen von Tschernobyl, 3. Auflage, Wiesbaden.
 - (1986/87) - Sozial-Nachrichten, Strahlungsmeßberichte des Hessischen Sozialministers, Ausgaben 1-7.
- Hessische Forsteinrichtungsanstalt (1986) - Forst intern, Nr. 31. Der Hessische Minister für Landwirtsch. u. Forsten, 24.4.1986.
- Horyna, J., Z. Randa, J. Benada und J. Klan (1988) - Beitrag zum Problem der Akkumulation von Caesium und Radiocaesium durch Höhere Pilze. In: Z. Mykol. 54(2):179-181.
- Jensen, M. u. J.C. Lindké (1986) - Monitoring the fallout. - IAEA. Bull. 28(3):30-32.
- König, L.A., H. Fessler, S. Hempelmann und F. Milbich-Münzer (1987) - Radiocaesium im Wald und in Einzelbäumen als Folge des Reaktorunfalls von Tschernobyl. In: Der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn, 7. Fachgespräch: Überwachung der Umweltradioaktivität. Der Reaktorunfall in Tschernobyl: Ergebnisse, Erfahrungen, Folgerungen, 16. und 17. November 1987, Institut für Strahlenhygiene des Bundesgesundheitsamtes, Neuherberg, S. 83-88.
- MELUF (Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten Baden Württemberg) (1987) - Auswirkungen von Tschernobyl. Bände I-III, Stuttgart.
- Meßprogramm (1987) - Hessisches Sozialministerium (Hrgb.): Langfristiges Meßprogramm des Landes Hessen zur Überwachung der Radioaktivität nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl. Jahresbericht.
- Molzahn, D., D. Reinen, H. Behr, P. Kocksholt und P. Patzelt (1989) - Die Belastung von Pilzen mit radioaktivem Caesium. In: Z. Mykol. 55(1):135-148.
- Salo, A. (1986) - Information exchange after Chernobyl. - From a radiation protection viewpoint, observations on the information flow. - IAEA. Bull. 28(3):18-22.
- Sattler, P.W. (1987) - Strahlenbelastung bei Pilzen - eine Dokumentation. In: Überwälder Archivschriften Nr. 7, Wald-Michelbach.
- (1988) - Untersuchung der Strahlenwerte nach Tschernobyl in

- Pilzen des Odenwaldes. In: Hundert Jahre nach De Bary. 2. Symposium der Sektion Mykologie in der Deutschen Botanischen Gesellschaft am 12. September 1988, Gießen, S. 61.
- Seeger, R. und P. Schweinhaut (1981) - Vorkommen von Caesium in höheren Pilzen. In: The Science of the Total Environment 19: 253-276.
- Seeger, R. (1986) - Caesium- und Strontiumaufnahme in Pilzen. - Befunde und Erwägungen zum ukrainischen Reaktorunglück. In: Zeitschrift für Pilzfreunde 3:4-10.
- (1987) - Zur Frage der Caesium- und Strontiumaufnahme in Pilzen. - Auswirkungen des Reaktorunfalls von Tschernobyl. In: Beitr. Kenntn. Pilze Mitteleuropas III:283-298.
 - (1987) - Radioaktivität in Pilzen. Ein Jahr nach Tschernobyl. In: Zeitschrift für Pilzfreunde 3:28-33.
 - (1987) - Pilze, Schwermetalle und radioaktives Caesium. Manuskript für "Lebendige Wissenschaft", Süddeutscher Rundfunk, Studio Heidelberg - Mannheim (Redakteur Jörg Tröger); Sendung am 6.9.1987, 10.45 - 13.00 Uhr, Südfunk 1.
- Tobler, L., A. Wyttenbach u. S. Bajo (1987) - Deposition von Cs-134, Cs-137 aus dem Tschernobyl-Fallout auf Fichtennadeln und seine Inkorporation in die Nadeln. In: 7. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität. Der Reaktorunfall in Tschernobyl, Ergebnisse, Erfahrungen, Folgerungen, 16. und 17. November 1987, Institut für Strahlungshygiene des Bundesgesundheitsamtes, Neuherberg, S. 100-105.
- Umweltbundesamt (1986) - Tschernobyl und die Folgen für Österreich. Vorläufiger Bericht, 216 S.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [APN - Mitteilungsblatt der Arbeitsgemeinschaft Pilzkunde Niederrhein](#)

Jahr/Year: 1991

Band/Volume: [9 1991](#)

Autor(en)/Author(s): Sattler Peter W.

Artikel/Article: [Untersuchung der Strahlenbelastung nach Tschernobyl in Pilzen des Odenwaldes 122-139](#)