



Der lange Schatten von Tschernobyl

15 Jahre nach dem GAU ist die Radiocäsiumbelastung noch immer ein Thema

Hermann Hecht (Kulmbach)

Ende April dieses Jahres jährt sich der Reaktorunfall von Tschernobyl zum 15. Mal. Noch immer müssen in einigen Gebieten Bayerns erlegte Wildtiere verworfen werden, weil sie zu hohe Gehalte an Radiocäsium in Wildbret aufweisen. Damit sind auch heute die Folgen dieses Unfalls in der Bundesrepublik Deutschland noch nicht vollständig überwunden. Wildbret, Pilze und Waldbeeren aus den betroffenen Gebieten werden nach den Ergebnissen 15-jähriger kontinuierlicher Forschungsarbeiten an der Bundesanstalt für Fleischforschung (BAFF) in Kulmbach auch noch in den nächsten 15 Jahren – allerdings manchmal nur noch zu gewissen Jahreszeiten – mit erhöhten Mengen des langlebigen Cäsium-Isotops Cs-137 kontaminiert sein. Betroffen ist vor allem Schwarzwild. Es ernährt sich zu einem erheblichen Teil von Insekten, Larven, Würmern, Mäusen, aber auch Pilzen und Wurzelteilen, in denen Cs-137 akkumuliert wird.

Wie erfolgte die Kontamination der Waldökosysteme?

Der „Fallout“ (die Ablagerung radioaktiver Isotope auf Vegetation und Böden) von Tschernobyl kontaminierte die Flächen der Bundesrepublik Deutschland regional unterschiedlich stark. Das Cs-137, das wegen seiner 30-jährigen physikalischen Halbwertszeit (die Zeit, nach der die Hälfte der Atome zerfallen ist) alleine

noch von Bedeutung ist, wurde dabei meist an Schwebstaubpartikelchen gebunden. Solche Partikel schweben aufgrund ihrer hohen Geschwindigkeit in der Luft. Wenn eine Schwebstaubwolke auf einen belaubten oder benadelten Wald trifft, werden die Teilchen von den Nadeln oder Blättern abgebremst und fallen auf die Vegetation und die Böden herab. Der Wald wirkt als sehr effektiver Luftfilter. Gleichzeitig werden die an die Staubpartikel gebundenen Schadstoffe – nicht nur Cs-137, sondern auch viele andere in die

Luft emittierte Stoffe – im Laufe der Zeit im Wald immer stärker angereichert. Das ist mit ein Grund dafür, warum in den Waldökosystemen neben erhöhten Radiocäsiummengen auch andere Schadstoffe wie Dioxine oder PCB akkumuliert



werden, wobei die Hauptmenge dieser Stoffe in der Humusschicht zu finden ist. Für Radiocäsium wurde dieser Zusammenhang im ForschungsReport 2/1996 schon genauer dargestellt.

Kreisläufe des Radiocäsiums in Waldökosystemen

Radiocäsium – einmal in das Ökosystem Wald eingetragen – durchläuft wegen seiner chemischen Ähnlichkeit zum Kalium in Waldökosystemen drei Kreisläufe, einen großen und zwei kleinere, die

gungswurzeln besitzen; die tieferen Wurzeln dienen mehr der Wasserversorgung und der Verankerung.

Über die Versorgungswurzeln wird das Radiocäsium wieder aufgenommen und in die vegetativen Teile der Bäume zurück transportiert, womit der Kreislauf geschlossen ist.

2. Der erste kleine Kreislauf

Dieser spielt sich in den Zweigen ab. Die höchsten Radiocäsiumgehalte findet man nicht etwa in den Nadeln, die 1986 direkt mit dem Radiocäsium kontaminiert wurden, sondern immer in den jüngsten neu gebildeten. Werden die Nadeln älter, so wird das Radiocäsium aus ihnen zu ei-

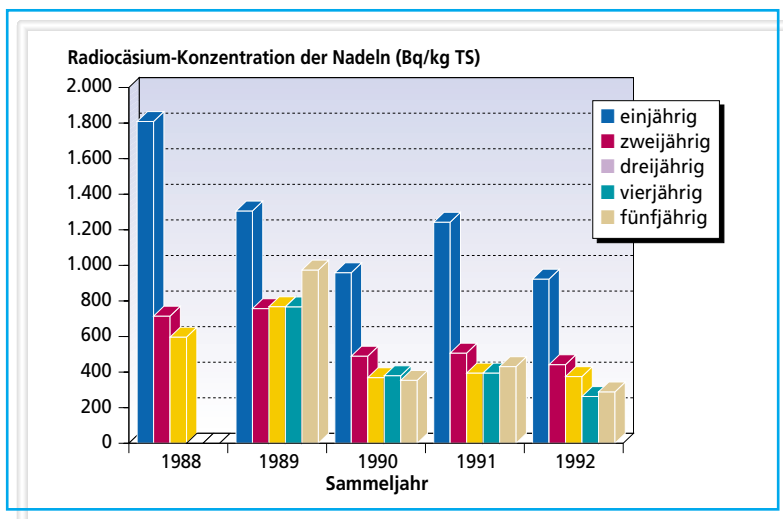


Abb. 1: Vergleich der Kontamination von Fichtennadeln aus dem Bayerischen Wald

sich in der Natur ausgebildet haben, um Verluste des lebensnotwendigen Elements Kalium zu minimieren.

1. Der große Kreislauf

Das auf und in den Nadeln/Blättern befindliche Radiocäsium gelangt mit dem Blatt-/Nadelfall und den Niederschlägen in die Streuschicht, wo es sich zunächst mit anderen biologischen Materialien ansammelt, die oft erst nach Jahren von Bodenorganismen zu Humus abgebaut werden. Bei der Zersetzung werden alle im Streumaterial enthaltenen Spurenelemente und Mikronährstoffe freigesetzt. Das ist auch der Grund, weshalb alle Pflanzen des Waldökosystems in dieser nur wenige Zentimeter unter der Bodenoberfläche liegenden Schicht ihre Versor-

nem erheblichen Teil in die Knospen umverteilt, so dass die im Folgejahr sich aus den Knospen bildenden neuen Nadeln wiederum die höchsten Radiocäsiumgehalte aller Nadeljahrgänge aufweisen.

Dies ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt: Man erkennt, dass jeweils der aktuelle Nadeljahrgang aus dem betreffenden Sammeljahr, also die einjährigen Nadeln, die höchsten Radiocäsiumgehalte aufweisen. Die älteren Nadeln mit ihrem verbliebenen Cäsiumgehalt fallen bei gesunden Fichten jahrgangsweise nach etwa sieben Jahren vom Baum. Dieser kleine Nadelkreislauf bewirkt, dass jahrelang kontaminiertes biologisches Material in die Streu gelangt und damit der große Kreislauf lange Zeit in Gang gehalten wird.



3. Der zweite kleine Kreislauf

Er betrifft die Splintholzbildung. Das Splintholz wird im Stamm nur in der Bast-schicht direkt unter der Rinde jedes Jahr als Jahresring neu gebildet. Dabei enthält diese junge Holzschicht immer die höchsten Radiocäsiumgehalte. Das Cäsium wird – ähnlich wie bei den Nadeln – aus den älteren Schichten in die neu zu bildenden Jahresringe umverlagert. Die Rinde selbst ist nicht allzu hoch mit Cäsium kontaminiert.

Diese Kreisläufe haben zwei wichtige Konsequenzen: Zum einen geht den lebenden Pflanzen im Laufe der Jahre nur wenig Cäsium verloren. Zweitens zeigt sich, dass Nutzholz, welches in hoch kontaminierten Gebieten gewachsen ist, keine hohen Radiocäsiumbelastungen aufweist, da die höher kontaminierten Holzschichten direkt unter der Rinde liegen und beim Zusägen des Nutzholzes weggeschnitten werden. Nutzholz aus mit Radiocäsium kontaminierten Gebieten ist also gefahrlos verwendbar.

Radiocäsium im Wildbret

Der oben dargestellte große Kreislauf des Radiocäsiums führt zu einer fortwährenden Belastung der Äsung der Wildtiere. Dies spiegelt sich auch in ihrem Wildbret wider. In Abbildung 2 wurden die Radiocäsiumgehalte der drei Hauptwildarten Rot-, Reh- und Schwarzwild aus den Jahren 1989 – 1999 aus dem Hinteren Bayerischen Wald aufgetragen. Man erkennt, dass in gleichen Ökosystemen lebende Wildtiere je nach Art sehr unterschiedliche Radiocäsiumgehalte aufweisen können. Grundsätzlich ist Rotwild am geringsten und Schwarzwild am höchsten mit Radiocäsium belastet. Über den 10-jährigen Beobachtungszeitraum nimmt die mittlere Kontamination bei Rotwild und Rehwild deutlich, beim Schwarzwild (Wildschwein) am geringsten ab.

Aus dieser Aussage leitet sich zunächst ab, dass das im Kreislauf umlaufende Radiocäsium doch langsam zurückgeht. Leider beruht diese erfreuliche fallende Tendenz zu einem erheblichen Teil darauf, dass das Gesamtradiocäsium betrachtet wurde, also die Summe aus dem langlebigen Cs-137 und dem Cs-134, das eine

physikalische Halbwertszeit von nur zwei Jahren besitzt. Ein Drittel des Radiocäsiums aus dem Fallout von Tschernobyl bestand aus Cs-134, von dem aber alle zwei Jahre die Hälfte physikalisch verschwindet. Nach 10 Jahren besteht damit nur noch rund ein 1/100 der gesamten Radiocäsiumkontamination aus Cs-134. Ein Großteil der Abnahme am gesamten Radiocäsiumgehalt beim Schwarzwild und Rehwild ist also auf den Zerfall des Isotops Cs-134 zurückzuführen. Das bedeutet: Die beobachtete Abnahme hat physikalische Gründe und wird sich, da Cs-134 kaum noch vorhanden ist, nicht weiter in diesem Maße fortsetzen.

Bei Rotwild ist die Abnahme stärker. Ein Grund dafür liegt wahrscheinlich in der Äsung. Ein großer Teil der Äsung des Rotwildes besteht aus Gras. Auf den von Gras bewachsenen Stellen befindet sich weniger Streu auf dem Boden, damit ist dort der Cäsiumkreislauf nicht so geschlossen wie im Bereich von Bäumen. Außerdem nimmt Gras nur wenig Radiocäsium aus dem Boden auf.

Von welchen Parametern hängt die Kontamination des Wildbrets ab?

Die Radiocäsium-Belastung des Wildbrets ist nicht nur von der Tierart abhän-



Rotwild ist am geringsten mit Radiocäsium belastet

gig. Auch andere Einflussgrößen spielen eine Rolle: Die Höhe des Fallouts im Lebensraum, die Jahreszeit der Tötung der Tiere, das Früchteangebot im Herbst sowie das Alter der Tiere. Diese Einflüsse sollen im Weiteren ausführlicher diskutiert werden, da ihre Kenntnis hilft, Wildbret mit möglichst geringen Radiocäsiumkontaminationen zu gewinnen.

Einfluss der Höhe des Fallouts

Die Falloutkontamination zeigt in der Bundesrepublik Deutschland ein deutliches Nord-Süd-Gefälle. Im höher belasteten Süden war der Fallout sehr inho-

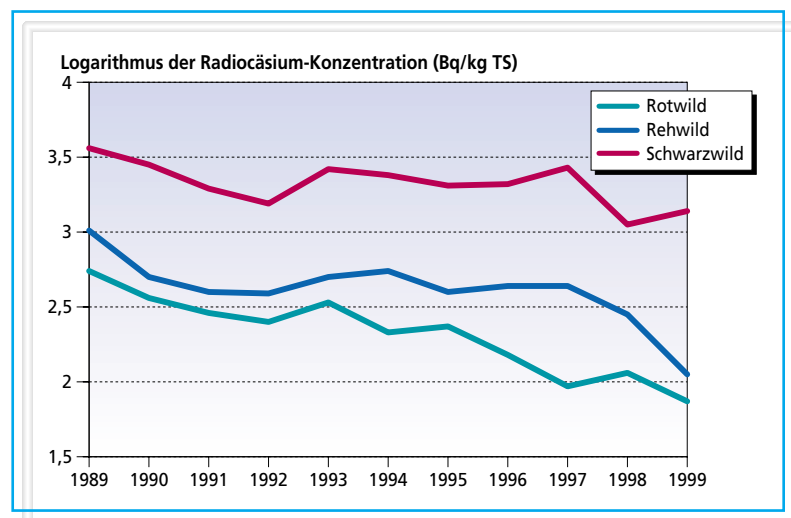


Abb. 2: Zeitlicher Verlauf der Radiocäsiumgehalte bei Rotwild, Rehwild und Schwarzwild im Bayerischen Wald

mogen und schwankte oft von Kilometer zu Kilometer, so dass es nahezu unmöglich ist, genauere geografische Aussagen zu einzelnen Belastungsgebieten zu machen. Mit Blick auf Bayern kann gesagt werden, dass der Bayerische Wald sowie das Voralpengebiet am stärksten betroffen wurden, wobei aber bei weitem nicht alle Teile dieser Räume wirklich hoch mit Radiocäsium belastet sind. Die Kontamination hing stark von der örtlichen Gewitteraktivität während des Fallouts beim Durchziehen der radioaktiven Wolken Ende April/Anfang Mai 1986 ab.

Einfluss der Jahreszeit

Die Jahreszeit der Tötung hat einen großen Einfluss auf die Radiocäsiumkontamination des Wildbrets. Die Abbildung 3 zeigt typische Beispiele:



Die Belastung von Schwarzwild ist abhängig von der Jahreszeit

Während Rehwild im Herbst in den Monaten September bis November die höchsten Gehalte aufweist, liegt das deutlich höhere Maximum der Schwarzwildkontamination in den Wintermonaten Januar bis März. In den Monaten April bis Oktober ist Schwarzwild hingegen nur gering belastet, oft sogar geringer als die im gleichen Ökosystem lebenden Rehe. Rotwild weist ein ähnliches jahreszeitliches Verhalten wie Rehwild auf.

Der starke Anstieg im Winter fällt beim Schwarzwild in Jahren mit vielen

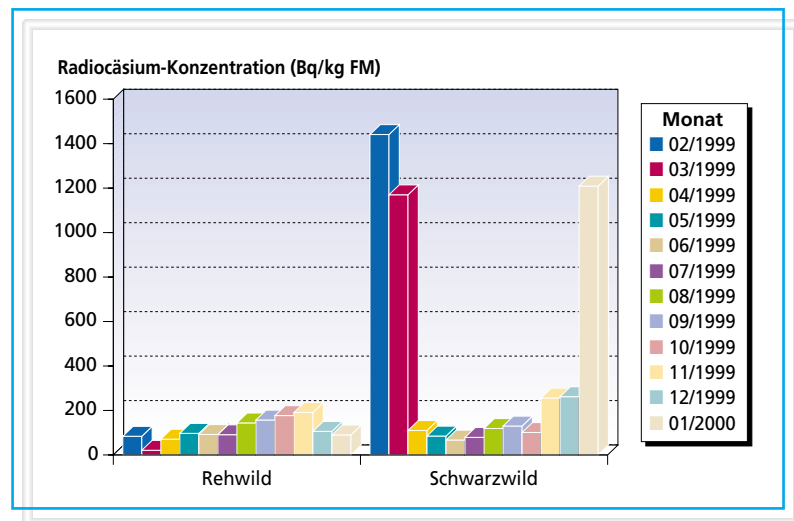


Abb. 3: Vergleich der Kontamination bei Rehwild und Schwarzwild im Jahresverlauf (Feb. 1999 bis Jan. 2000)

Bucheckern oder Eicheln deutlich geringer aus, da diese Früchte auch in kontaminierten Gebieten nur sehr wenig Radiocäsium enthalten. In solchen so genannten Mastjahren verzichtet Schwarzwild weitgehend auf seine Wühlaktivität und liest nur die Früchte von den Böden auf. Gibt es wenig Bucheckern und Eicheln, so graben Wildschweine im Boden und finden unter anderem Hirschrüffel. Dieser unterirdisch das ganze Jahr über fruchtende Pilz (Abb. 4) hat sein Myzel genau in der Bodenzone mit den höchsten Radiocäsiumgehalten. Dementsprechend hoch ist er kontaminiert.

Die für Schwarzwild in Abbildung 3 dargestellten Ergebnisse gelten für Tiere, die im Frühjahr/Sommer zur Nahrungssuche auch landwirtschaftliche Nutzflächen aufsuchen. Wildschweine, die nahezu ausschließlich in geschlossenen Waldökosystemen leben, können in den Sommermonaten deutlich höhere Konzentrationen an Radiocäsium im Fleisch aufweisen.

Einfluss des Äsens auf landwirtschaftlichen Nutzflächen

Pflanzen, die auf landwirtschaftlich bewirtschafteten Flächen wachsen, sind nur sehr gering mit Radiocäsium kontaminiert (s. ForschungsReport 2/1996). Das hat zur Folge, dass Wildtiere, die zum Äsen auf landwirtschaftliche Nutzflächen austreten, in der Regel deutlich

weniger Radiocäsium im Wildbret aufweisen als Tiere, die im gleichen Gebiet nur im Wald leben. Besonders stark ist dieser Unterschied beim Wildschwein ausgeprägt.

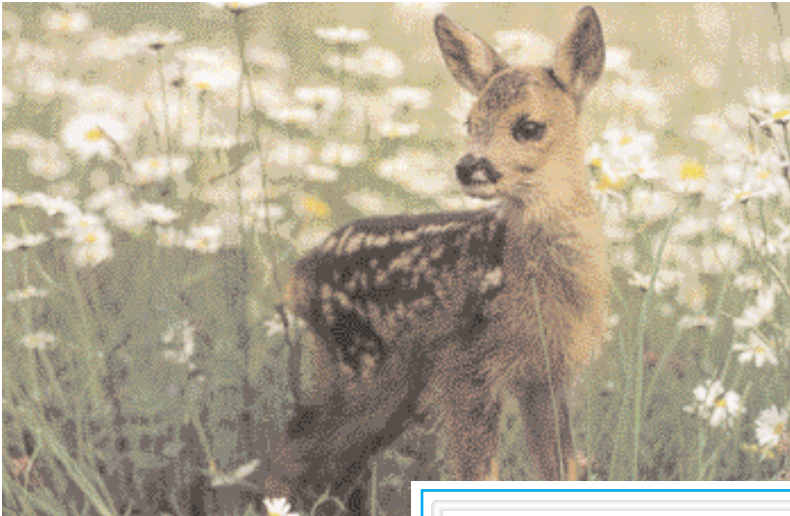
Einfluss des Alters der Tiere

Anders als andere Schadstoffe wie zum Beispiel Cadmium reichert sich Radiocäsium in den Wildtieren nicht an. Deshalb lässt sich keine ausgeprägte Altersabhängigkeit der Cäsiumbelastung beobachten.

Lediglich junge Tiere haben wegen der im Verhältnis zu ihrer Körpermasse höheren Nahrungsaufnahme etwas höhere Radiocäsiumgehalte im Muskelgewebe als ausgewachsene Tiere. Für

Abb. 4: Hirschrüffelpilze, ein Leckerbissen für Wildschweine im Winter. Leider sind sie hoch belastet.





Junge Tiere, wie Rehkitze, haben etwas höhere Radiocäsiumgehalte als ausgewachsene Tiere

Rehkitze ist dies in Abbildung 5 dargestellt. In dieser Abbildung sind so genannte jagdliche Dubletten ausgewertet worden, das heißt, es wurden das Kitz und das zugehörige Muttertier (Rehgeiß) gleichzeitig erlegt. In der Abbildung wurden die Radiocäsiumaktivitäten der Muskulatur von Kitz und Geiß gegeneinander aufgetragen.

Es ergibt sich ein linearer Zusammenhang (Gerade). Dies bedeutet, dass im Kitz etwa 1,2 mal mehr Radiocäsium enthalten ist als in dem zugehörigen Muttertier. Ähnliche Zusammenhänge wurden auch bei Rot- und Schwarzwild beobachtet. Ab einem Alter von etwa einem Jahr verwischt sich dieser Unterschied immer mehr.

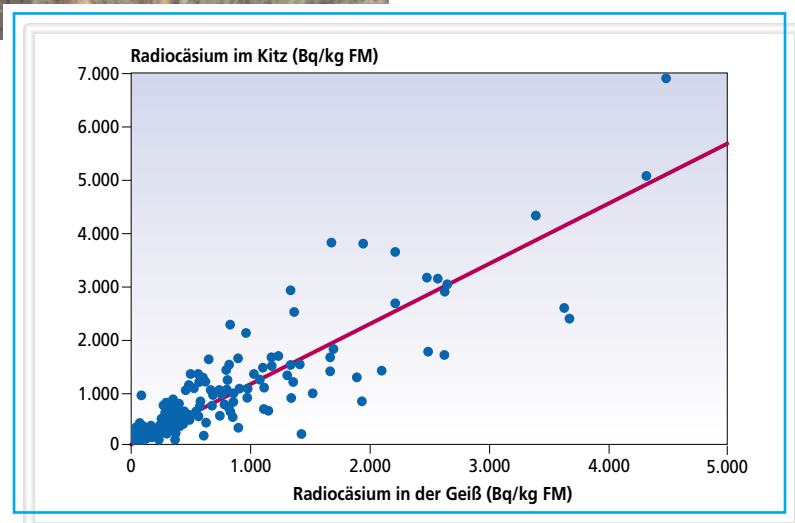


Abb. 5: Zusammenhang der Radiocäsium-Konzentration von Geiß und Kitz bei Rehwild (Bq/kg FM)

Die weitere Entwicklung der Radiocäsiumkontamination

Die oben skizzierten Kreisläufe des Radiocäsiums in Waldökosystemen zeigen, dass man in hoch kontaminierten Gebieten noch lange Zeit mit dem Auftreten erhöhter Radiocäsiumgehalte bei Rot-, Reh- und Schwarzwild rechnen muss. Die mögliche Belastung des Wildbrets wird fast nur mit der physikalischen Halbwertszeit des Cs-137 von 30 Jahren zurückgehen, also in kritischen Gebieten noch viele Jahre lang kontrolliert werden müssen, damit keine Tiere mit mehr als 600 Bq/kg FM im Wildbret (Grenzwert der EU) in den Handel

kommen. Im Bayerischen Staatsforst sind solche Kontrollen schon seit Jahren üblich.

Die geschilderten Einflüsse auf die Radiocäsiumkontaminationen lassen auch Aussagen darüber zu, zu welchem Zeitpunkt Wildtiere erlegt werden sollten, um möglichst niedrig belastetes Wildbret zu bekommen. Leider fallen die günstigsten Zeiten bei Rot- und Rehwild in die Schonzeiten im Frühling. Es empfiehlt sich aber, die Tiere so früh im Jahr wie möglich zu erlegen. Beim Schwarzwild empfiehlt es sich, die Tiere im Sommer oder Herbst vor dem Abernten der letzten Felder zu schießen, was jagdtechnisch aber sehr schwierig ist.

In dem Zeitraum, in dem sie am leichtesten zu jagen wären, nämlich über Schnee im Winter, sind die Wildschweine leider am höchsten mit Radiocäsium kontaminiert.

Zur Ergänzung sei hier noch angeführt, dass landwirtschaftlich erzeugtes Futter nur geringe Mengen von Radiocäsium (wenige Bq/kg Frischsubstanz) aufweist, und deshalb das Fleisch von Nutztieren nur sehr wenig Radiocäsium enthält. Auch Gatterwild ist, wenn es zusätzlich mit landwirtschaftlich erzeugtem Futter versorgt wird, nur niedrig mit Radiocäsium belastet. ■

Dr. Hermann Hecht, Bundesanstalt für Fleischforschung, Institut für Chemie und Physik, E.-C.-Baumann-Str. 20, 95326 Kulmbach