



## **Radioökologie**

---

**Abschlussbericht** zum Forschungsvorhaben StSch 4324

im Auftrag

**des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit**

## **Untersuchungen zum Verhalten von Radiocäsium in Wildschweinen und anderen Biomedien des Waldes**

Februar 2005

Von  
**Uli Fielitz**

## Zusammenfassung

In diesem Forschungsvorhaben wurden von 2001 bis 2004 die Ursachen für die vergleichsweise hohe  $^{137}\text{Cs}$  Aktivität von Wildbret, insbesondere von Wildschweinen, in Teilen des Bayerischen Waldes, die durch den Tschernobyl-Fallout besonders betroffen sind, detailliert aufgeklärt. Ein wesentliches Ziel des Forschungsvorhabens war die Entwicklung eines dynamischen radioökologischen Modells, das den bisherigen Zeitverlauf der Kontamination von Rehen, Rothirschen und Wildschweinen beschreibt und den weiteren Verlauf prognostiziert. Die Zusammensetzung der Nahrung von Wildschweinen und Rothirschen wurde durch Mageninhaltsanalysen bestimmt, die relevanten Nahrungskomponenten dann im Untersuchungsgebiet beprobt und deren  $^{137}\text{Cs}$  Aktivität ermittelt.

Insgesamt wurden im Untersuchungsgebiet 20 **Bodenprofile** bis 20-30 cm Tiefe volumenecht entnommen. Es zeigt sich, dass der größte Teil der Aktivität nicht mehr in der Humusaufgabe ist, wie in den 80er und 90er Jahren, sondern in dem ca. 8 cm umfassenden Bereich zwischen der unteren Humusaufgabe und dem oberen Mineralboden. Inzwischen enthalten auf der Dauerprobefläche B1 die obersten 2 cm des Bodens mit 1,4% fast gleich viel Aktivität wie die 28-30 cm Schicht mit 1,2%.

Für die mathematische Beschreibung der Tiefenverteilung von  $^{137}\text{Cs}$  im Waldboden wurde ein radioökologisches Modell entwickelt, das den Boden in übereinander liegende 2 cm Kompartimente einteilt, in denen die Migration, Fixierung und Desorption von  $^{137}\text{Cs}$  stattfindet. Diese Prozesse werden durch ein System von Differenzialgleichungen beschrieben. Die mittlere Abweichung der Modelldaten von den Messdaten beträgt 0,77%.

Bei allen untersuchten **Pflanzenarten** nahm die  $^{137}\text{Cs}$  Aktivität von 1987 bis 2004 deutlich ab, bei den meisten Arten setzte sich der seit 1995 bestehende Trend zu einer langsameren Aktivitätsabnahme fort. Viele Pflanzenarten hatten mittlere  $^{137}\text{Cs}$  Gehalte in den Blättern von unter  $1.000 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$  Frischsubstanz (FS), nur wenige Arten, wie Dornfarn und Heidelbeere, wiesen höhere Aktivitäten auf. Bei den oberirdischen Fruchtkörpern von Pilzen variierte die Kontamination von durchschnittlich  $24 \text{ Bq } ^{137}\text{Cs}\cdot\text{kg}^{-1}$  bei Parasol bis rund  $2.800 \text{ Bq } ^{137}\text{Cs}\cdot\text{kg}^{-1}$  bei Maronenröhrlingen. Dagegen übertraf die Kontamination von Hirschtrüffeln, mit durchschnittlich  $26.800 \text{ Bq } ^{137}\text{Cs}\cdot\text{kg}^{-1}$ , alle anderen potenziellen Nahrungsbestandteile der Wildschweine, um ein Vielfaches.

Es wurden die **Nahrungsbestandteile** von 37 Rothirschmägen und 70 Wildschweinmägen ermittelt. Bei den Mageninhaltsanalysen von **Rothirschen** stellten Gräser, die mit 29 Arten vertreten waren, mit 60,2% die mit Abstand wichtigste Gruppe und wurden in allen Mägen nachgewiesen. Das Nahrungsspektrum der **Wildschweine** war wesentlich differenzierter. Die untersuchten Wildschweinmägen enthielten rund 20% Gräser, Früchte und Bestandteile aus Fütterungen zu je 17%, Kräuter 13%, Wurzeln 12% und Boden 11%. Pilze machten 7,6% aus, wovon 5,5% auf Hirschtrüffeln entfielen. Während der Buchenmast 2003 enthielten die Mägen mehrere Monate lang vorwiegend Bucheckern.

Die  $^{137}\text{Cs}$  Aktivität von **Rothirschen** nahm von 1986-2004 hoch signifikant ab ( $n=205$ ,  $P<0,0001$ ). Messwerte über  $1000 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$  kommen bereits seit 1994 nicht mehr vor, 2003 lag kein Messwert über  $500 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Von April 1987 bis April 2004 beträgt die effektive

Halbwertszeit für  $^{137}\text{Cs}$  in Rothirschen 4,6 Jahre. Trendmäßig werden Rothirsche in den nächsten Jahren nur noch vereinzelt über  $600 \text{ Bq } ^{137}\text{Cs}\cdot\text{kg}^{-1}$  aufweisen.

Im Muskelfleisch von **Rehen** variierte die  $^{137}\text{Cs}$  Aktivität in jedem Untersuchungsjahr ausgesprochen saisonal, mit niedrigen Werten im Frühjahr und deutlich höheren Werten im Herbst. Für den gesamten Untersuchungszeitraum, von 1987-2004, ergibt sich für  $^{137}\text{Cs}$  in Rehen ( $n=1.663$ ) eine effektive Halbwertszeit von 6,9 Jahren ( $P<0,0001$ ). Die mathematische Abschätzung des weiteren Verlaufs der  $^{137}\text{Cs}$  Kontamination von Rehwild ergibt, dass ab dem Jahr 2017 etwa 95% der erlegten Tiere weniger als  $600 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$  Gesamtcaesium haben werden.

Die  $^{137}\text{Cs}$  Kontamination von **Wildschweinen** nahm von 1987 bis 2004, mit einer Verdoppelungszeit von 78 Jahren, statistisch nicht signifikant, zu. Die mittlere Kontamination betrug 2004 rund  $6.710 \text{ Bq/kg}$  ( $n=91$ ), 1988 war es  $4.810 \text{ Bq/kg}$  ( $n=34$ ) in der Frischsubstanz. Als bedeutendste Kontaminationsquelle für Wildschweine müssen unterirdisch wachsende Hirschtrüffel angesehen werden, die mit rund 82% den mit Abstand größten Beitrag am  $^{137}\text{Cs}$  Input leisten. Bei Wildschweinen im Untersuchungsgebiet kann auch in den kommenden zwei Jahrzehnten nicht mit dem Rückgang der Cs-Kontamination gerechnet werden. Lediglich während so genannter Mastjahre ist mit weniger als  $600 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$  kontaminiertem Wildschweinfleisch zu rechnen. Es wird empfohlen, grundsätzlich jedes erlegte Wildschwein aus dem Untersuchungsgebiet auf die  $^{137}\text{Cs}$  Aktivität messen zu lassen.

Die entwickelten radioökologischen Modelle ermöglichen die Abschätzung der  $^{137}\text{Cs}$  Kontamination von Rehen, Rothirschen und Wildschweinen. Die Modelle enthalten eine detaillierte Beschreibung der Dynamik von  $^{137}\text{Cs}$  in den wesentlichen Kompartimenten Boden und Pflanzen und die Modellierung der qualitativen und quantitativen Nahrungsaufnahme von Reh, Rothirsch und Wildschwein. Die Flüsse zwischen den Kompartimenten werden durch ein System von Differenzialgleichungen beschrieben.

Der Verlauf der  $^{137}\text{Cs}$  Aktivität im untersuchten Waldökosystem wird in den nächsten Jahrzehnten besonders von der Migration des Nuklids im Waldboden abhängen. Setzt sich der festgestellte Trend, eine zwar langsame, aber doch kontinuierliche Wanderung des Nuklids in tiefere Mineralbodenschichten fort, so wird auch die  $^{137}\text{Cs}$  Aktivität in den relativ hoch kontaminierten Wildschweinen und in vielen Pilzarten langsam abnehmen.