

## FISCH UND UMWELT

# Radioaktives Cäsium im Fisch der Barentssee weiterhin abnehmend

Hans-Jürgen Kellermann, Institut für Fischereiökologie, Hamburg

Aus sechsjähriger stichprobenartiger Überprüfung des Gehaltes von radioaktivem  $^{137}\text{Cs}$  in Filet von Kabeljau der Barentssee ist ein Abnehmen der Gehalte zu verzeichnen. Dieser Rückgang geht parallel zu niedriger werdenden Emissionen der Kernbrennstoffwiederaufbereitungsanlage Sellafield (Großbritannien). Betont werden muß, daß selbst die von uns gemessenen höchsten Gehalte aus dem Jahr 1992 niedriger ausfallen als vergleichbare Werte aus Nord- und Ostsee. Auch wenn durch den Verzehr dieser Fische keine merkliche Aufstockung der üblichen Strahlenbelastung der Bevölkerung erfolgt, darf nicht auf weitere Überwachung verzichtet werden. Potentielle Gefahr geht besonders durch das Lagern von radioaktiven Restbeständen der russischen Nuklearflotte in deren Küstenregionen aus. Eine sichere sachgerechte Entsorgung ist dort offenbar nicht finanzierbar.

### Einleitung

Radionuklide aus der Kerntechnik werden, im Gegensatz zu den natürlich vorhandenen Radionukliden, künstliche Radionuklide genannt. Der Verbleib ihrer langlebigen Isotope in der Umwelt wird seit der Epoche der Kernwaffentests weltweit untersucht. Speziell das Vorkommen der Radionuklide  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  und  $^{241}\text{Am}$  wird in gängigen Überwachungsprogrammen erforscht. Nach dem Reaktorunfall im Kernkraftwerk Tschernobyl im April 1986 ist das Überwachungsnetz merklich enger gefaßt worden. Diese Radionuklide bereiten nach einer ungewollten Emission nicht nur lokal begrenzt Probleme. Sie unterliegen, ebenso wie andere Stoffe auch, weiträumigen Verfrachtungen über Luft- und Wasserströmungen und sind letztendlich global anzutreffen. Im Institut für Fischereiökologie wird speziell Meeresfisch und seine Umwelt auf das Vorkommen dieser künstlichen Radionuklide hin untersucht. Zusätzlich zur routinemäßigen Überwachung von Nord- und Ostsee (Kanisch et al. 1991, Nagel et al. 1988) erfolgen hier auch Radioaktivitätsmessungen an Proben aus der Barentssee, seitdem Informationen über den Umfang der Versenkung radioaktiver Abfälle durch die ehemalige Sowjetunion (Yablokov et al. 1993) in Gebiete des Nordmeeres bekannt wurden.

### Material und Methoden

Seit Anfang der neunziger Jahre wurden wegen rückläufiger Fangergebnisse in anderen traditionellen Fanggebieten verstärkt die Seegebiete um die Nordkapbank und Bäreninsel befischt. Seit 1992 finden hier Messungen an Filetproben aus der kommerziellen Fischerei statt

(Kellermann 1992). Dieses Probenmaterial wird jährlich während fischereibiologischer Datenerfassung durch die Bundesforschungsanstalt für Fischerei an Bord von kommerziellen Fang- und Verarbeitungsschiffe bereitgestellt. Aus wirtschaftlichen Gründen fahren diese Schiffe dem Fisch hinterher. Das Untersuchungsmaterial repräsentiert daher verlässliche Stichproben des angelandeten Lebensmittels.

Zur Vervollständigung dieser Probenahmen werden eigene Reisen mit dem Fischereiforschungsschiff „Walther Herwig III“ in die Barentssee durchgeführt. Unser Schiff kann im Gegensatz zu kommerziellen Fangschiffen gezielt in interessierende Untersuchungsgebiete dirigiert werden, und es bietet die Möglichkeit, zusätzlich zur Fischerei auch andere Probenahmen durchzuführen. Neben begleitenden hydrographischen Untersuchungen können von Bord dieses Schiffes auch Wasser- und Sedimentproben gezogen werden. Forschungsreisen mit

#### Radioactive caesium in Barents Sea fish further decreasing

A decrease of  $^{137}\text{Cs}$  concentration in cod flesh from Barents Sea is shown by six years random sampling. This reduction runs parallel to reduced emissions from the nuclear fuel reprocessing plant Sellafield (Great Britain). It must be emphasized that even the highest values from 1992 are lower than comparable ones from the North Sea and from the Baltic. Although there is no increase of the radiation dose on people by consuming these fishes further monitoring should not be stopped. Potential risk arises from radioactive wastes of the russian nuclear navy in their coastal area. Obviously a safe storage seems almost too expensive.

diesen Arbeitsschwerpunkten wurden in den Jahren 1994 und 1997 durchgeführt. Auf diesen Reisen wurden die Fische nach Länge und Gewicht vermessen. Poolproben wurden danach unter Berücksichtigung der Fischlängen zusammengestellt.

Dieser Bericht ist ein Resümee aus dem vorhandenen umfangreichen Datenmaterial. Es werden  $^{137}\text{Cs}$  Gehalte in Filet von Kabeljau, der zwischen den Jahren 1992 und 1997 im Bereich der Bäreninsel gefangen wurde, zusammengestellt und eingeschätzt. In die Beurteilung mit eingeflossen sind bereits erste Ergebnisse aus der diesjährigen Reise im August. Die Gehalte künstlicher radioaktiver Stoffe im Filet von Kabeljau der Barentssee sind so gering,

daß zu ihrer Bestimmung aufwendige Vorbereitungs- und Analyseverfahren angewandt werden müssen. Es ist fast unmöglich, Gehalte in einzelnen Fischen nachzuweisen. An Bord muß daher Material für Poolproben von jeweils etwa 6 bis 8 kg Filetgewicht zusammengestellt werden. Die Aufbereitung erfolgt ausschließlich im Laboratorium (BMU 1994). Die einzelnen Poolproben werden zuerst bei 105 °C getrocknet, danach bei rund 420 °C verascht. Durch diese Behandlung erfolgt eine Gewichtsreduktion von ursprünglich 8 kg Filet auf letztlich 100 g Asche. Dabei verbleibt das radioaktive Cäsium vollständig in der Asche. Dadurch sind günstige Voraussetzungen zur Messung der Gammastrahlen des  $^{137}\text{Cs}$  geschaffen worden, weil so der übrig gebliebene Stoff insgesamt dicht vor den Detektor gebracht werden kann. Solche Meßgeometrie führt zu optimaler Zählausbeute. Trotzdem erfordert eine Analyse auf Gammastrahlung je nach Ausgangsmenge und angestrebter Genauigkeit (ca. 7 % Standardfehler) noch etwa 3 bis 7 Tage Meßzeit. Insgesamt sind pro Probe von der Entnahme aus der Kühlzelle bis zum Vorliegen ausgewerteter Meßergebnisse mehr als drei Wochen zu veranschlagen.

## Ergebnisse

Die Gehalte des  $^{137}\text{Cs}$  in Kabeljaufilet aus sechs Untersuchungsjahren sind in Abbildung 1 als „Box and Whisker Plots“ zusammengestellt. In dieser Darstellung ist der Medianwert als dunkler Punkt hervorgehoben. Die Hälfte aller Werte liegt in der eingezeichneten Box (25 % - 75 %). Kleinster und größter Wert werden durch die Endpunkte der Antennen angezeigt. Durch das Zusammenfassen von Material mehrerer Fische zu Poolproben erfolgt bereits eine Mittelung der einzelnen Gehalte. Daher ist die Streuung von Ergebnissen aus Poolproben immer geringer als solche aus Einzelproben.

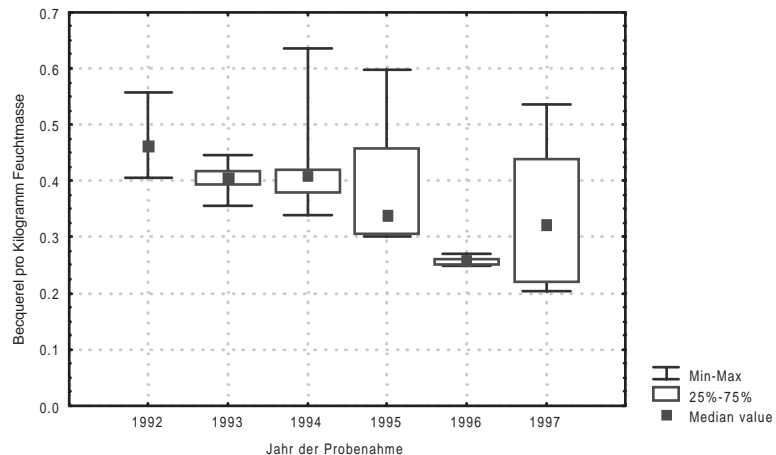


Abb. 1: Statistik jährlicher  $^{137}\text{Cs}$  Gehalte im Filet von Kabeljau aus Fanggebieten dicht bei der Bäreninsel

Yearly  $^{137}\text{Cs}$  concentrations statistics for cod flesh from catching areas near Bear Island

Das erklärt die hier durchweg auffallend geringe Streubreite dieser Umweltproben. Üblicherweise sind Werte zwischen 30 % und 50 % zu erwarten. Für 1992 ist keine Box gezeichnet, weil nur vier Proben analysiert wurden. Bei 1996 fällt eine extrem scharfe Box auf. Diese Proben stammten alle aus einem Hol und die Fische repräsentierten offenbar eine Längengruppe. Insgesamt wird in dieser Abbildung der Eindruck abnehmender Gehalte von  $^{137}\text{Cs}$  in Kabeljaufilet über die fünf Untersuchungsjahre vermittelt. Die hier ermittelten Gehalte decken denselben Bereich (0,2 - 0,9 Bq/kg FM) ab, der für den Zeitraum 1993 bis 1994 an Fisch der Barentssee im Bericht einer russisch/finnischen Untersuchung publiziert wurde (Rissanen 1997).

Aus den Forschungsreisen der Jahre 1994 und 1997 sind in Abbildung 2 spezielle Ergebnisse als „Scatterplot“ dargestellt. Die Gehalte sind hier auseinandergezogen, weil sie gegen die Fischlänge aufgetragen sind. Der  $^{137}\text{Cs}$  Gehalt ist offenbar mit der Länge des Fisches positiv korreliert. Mit der Fischlänge nehmen die Gehalte zu. Die unterschiedliche Längenauflösung in den beiden Jahren ergibt sich, weil im Jahr 1994 mittlere Längen für Poolproben nach dem Zusammenfügen errechnet, im Jahr 1997 dagegen die Fische streng nach Längensklassen (10 cm Abstand) sortiert wurden. In dieser Darstellung wird jetzt deutlich gezeigt, daß ein signifikanter Unterschied zwischen den Befunden der beiden Jahre liegt. Das Ergebnis ist eine Abnahme der  $^{137}\text{Cs}$  Gehalte zwischen den Jahren 1994 und 1997, wenn ungefähr gleich lange Fische verglichen werden.

Für einen angenommenen Kabeljau von 70 cm Länge ergibt sich für das Jahr 1994 ein Gehalt von 0,50 Bq/kg FM (Becquerel pro Kilogramm Feuchtmasse) im Filet. Ein gleich langer Fisch aus dem Jahr 1997 hätte dagegen nach den bisher vorliegenden Messungen einen

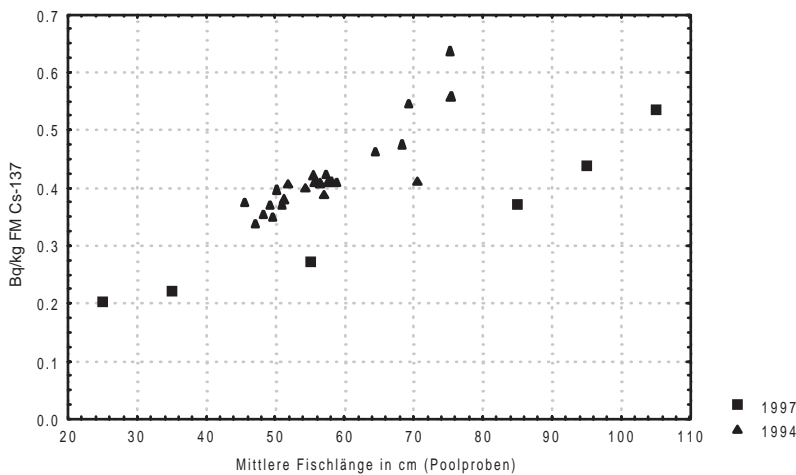


Abb. 2: Unterschiede im Zusammenhang zwischen den <sup>137</sup>Cs Gehalten von Poolproben und den mittleren Längen der darin enthaltenen Fische in den Jahren 1994 und 1997

Differences in the relation between <sup>137</sup>Cs concentrations of poolsamples and mean lengths of those fishes in 1994 and 1997

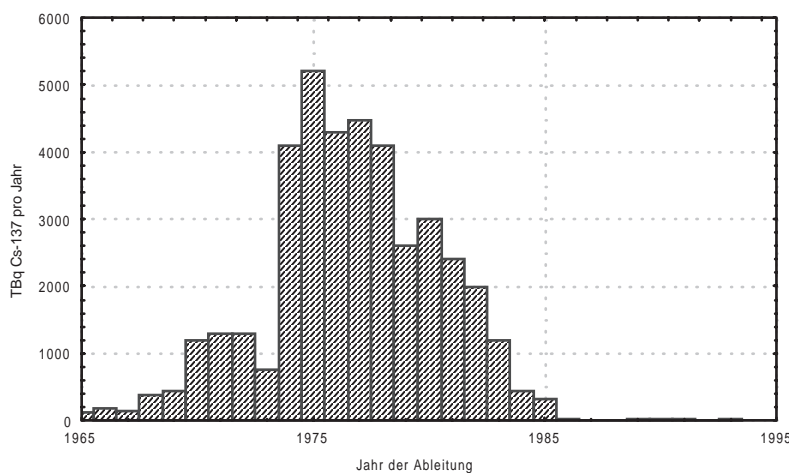


Abb. 3: Ableitungen von <sup>137</sup>Cs durch die Wiederaufbereitungsanlage Sellafield in die Irische See im Zeitraum von 1965 bis 1995

Emissions of <sup>137</sup>Cs from the reprocessing plant Sellafield into the Irish Sea from 1965 to 1995

Gehalt von 0,33 Bq/kg FM. Das wäre eine Reduktion des <sup>137</sup>Cs Gehaltes auf 2/3 seines Anfangswertes innerhalb dieser drei Jahre. An den Medianwerten hingegen ist ein Abfall von 0,41 auf 0,32 Bq/kg FM ablesbar. Das ergäbe nur eine geringere Reduktion auf 3/4 des ursprünglichen Wertes. Der Wert von 2/3 ist für diese Beurteilung der angemessene, weil bei seiner Bestimmung die unterschiedliche Längenzusammensetzung der Proben berücksichtigt wird.

**Diskussion**

Es ist international wissenschaftlich anerkannt, daß die Belastung der Barentssee mit <sup>137</sup>Cs bislang vorwiegend

durch die Kernbrennstoffwiederaufbereitungsanlage in Sellafield (England) verursacht wird. Die in die Irische See getätigten Einleitungen fließen um Schottland herum in die Nordsee ein, werden dort großräumig verteilt (jetzt etwa 10 mBq/l) und gelangen letztlich über den Norwegischen Küstenstrom in den Eingangsbereich zur Barentssee, wo dieser Strom teils um Nordkap herum in die Barentssee einfließt und teils an Bäreninsel vorbei in Richtung Spitzbergen abzweigt. Fließzeiten von der Emission in die Irische See bis zur Ankunft an Nordkap werden mit rund 4 Jahren abgeschätzt (Kautsky 1987). Sellafield hatte zur Zeit der höchsten Emissionsmengen von Mitte bis Ende der siebziger Jahre maximale jährliche Emissionen zwischen rund 4000 und 5000 TBq (Terabecquerel: 10<sup>12</sup> Bq). Danach erfolgte bis 1986 eine Abnahme auf vergleichsweise verschwindend kleine Werte. Seit 1986 liegen die Emissionen zwischen 10 und 30 TBq (vergl. Abb. 3). Sie sind durch technische Modifikationen um mehr als den Faktor 200 vermindert worden. Eine weitere Umstellung in der Prozeßtechnik läßt weitere Reduktionen erwarten (Kanisch 1997). Andere bekannte Quellen mit Eintrag in die Barentssee sind im Skagerrak ausströmendes Ostseewasser, das immer noch radioaktives Cäsium aus dem Tschernobyl Unfall enthält (100 mBq/l in der östlichen Ostsee) und allgemein Wasser der Ozeane, das global Reste des Cäsiums aus dem weltweiten Fallout enthält (ca. 2,6 mBq/l).

Eigene Proben des Wassers über Grund haben im Jahr 1994 für <sup>137</sup>Cs Konzentrationen von 3,0 mBq/l in verschiedenen Arbeitsgebieten der Barentssee ergeben. Im Jahr 1997 lagen vergleichbare Werte bei 2,8 mBq/l. Sie lassen abnehmende Tendenz erkennen. Mit einer weiteren Reduktion im zufließenden Wasser nähern sich die Werte in der Barentssee offenbar den globalen Werten an. Diese Gehalte im Wasser prägen die Gehalte in anderen Kompartimenten des marinen Ökosystems, so auch im Fisch. Selbst wenn sich keine neuen Kontaminationsquellen öffnen, wäre nach dieser Darstellung kurzfristig kein weiterer deutlicher Rückgang der <sup>137</sup>Cs Gehalte im Fisch zu erwarten.

Die nach den ersten Untersuchungen gezogene Schlußfolgerung (Kellermann 1992, Kellermann 1996), daß der Bevölkerung durch den Verzehr von Fischen der Barentssee im Vergleich mit der üblichen Strahlenbelastung praktisch keine zusätzliche Strahlenbelastung zugeführt wird, kann auch nach jetzt sechsjähriger Untersuchung bestehen bleiben.

Besonderer Dank gilt meinem Kollegen Günter Kanisch dafür, daß die Proben der 187. Reise des FFS „Walther Herwig III“ (August 1997) unmittelbar in den Meßzyklus eingegliedert werden konnten und daß die Meßgüte dieser Proben in der routinemäßigen Qualitätskontrolle mit überprüft wurde. In gleicher Weise danke ich Herrn Rüdiger Schöne aus dem Institut für Seefischerei für unsere zusätzlichen Probenahmen anlässlich seiner Untersuchung an Bord von Fangfabrikschiffen.

## Literatur

- BMU: Meßanleitungen für die Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt und zur Erfassung der radioaktiven Emissionen aus kerntechnischen Anlagen. Der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, Losebl. Ausg. Stand Dezember, 1994.
- Kanisch, G.; Nagel, G.: Radioaktivität in Fischen aus der Nordsee. Inf.Fischwirtsch. 38(4), S. 32-39, 1991.
- Kanisch, G.: Neue Genehmigungswerte der Wiederaufbereitungsanlage Sellafield (Großbritannien) zur Ableitung radioaktiver Stoffe in die Irische See nach Inbetriebnahme der Anlagen THORP und EARP: Mögliche Auswirkungen auf die Strahlenexposition durch Ingestion mariner Produkte. Schriften der Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Hamburg (in Druck 1997).
- Kautsky, H.: Investigations on the distribution of Cs-134 and Sr-90 and the water mass transport times in the Northern North Atlantic and the North Sea. Dt.Hydrogr.Z. 40, S.49-69, 1987.
- Kellermann, H.-J.: Radioaktivität in Fischen aus dem Eingang zur Barentssee. Inf. Fischwirtsch. 39(3), S. 134-136, 1992.
- Kellermann, H.-J.: Radioaktivität im Kabeljau (*Gadus morhua*) der Barentssee. Deutscher Beitrag zum Arctic Monitoring and Assessment Programme. Dt.Hydrogr.Z. Supplement 6, S. 99-104, 1996.
- Nagel, G.; Kanisch, G.: Die radioaktive Kontamination von Wasser und Fisch in der Ostsee nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl. Inf. Fischwirtsch. 35(3), S. 140-146, 1988.
- Rissanen, K.; Ikäheimonen, T.K.; Matishov, D.; Matishov, G.G. : Radioactivity Levels in Fish, Benthic Fauna, Seals and Sea Birds Collected in the Northwest Arctic of Russia. Radioprotection - Colloques, 32(C2), S. 323-331, 1997.
- Yablokov, A.V.; Karasev, V.K.; Rummyantsev, V.M.; Kookev, M.E.; Petrov, O.J.: White Book no.3, 1993: Facts and Problems Related to Radioactive Waste Disposal in Seas Adjacent to the Territory of the Russian Federation. (Materials for a Report by the Government Commission on Matters Related to Radioactive Waste Disposal at Sea, Created by Decree No. 613 of the Russian Federation President, October 24, 1992). Moscow: Small World Publishers, 1993.