

5. RADIOBIOLOGIE

Aufnahmestudien mit dem Radionuklid Kobalt-57

Es wurden Aufnahmestudien mit dem Radionuklid Co-57 begonnen mit dem Ziel, die Maximalkonzentration desselben im Gesamtfisch und in den einzelnen Geweben und Organen festzustellen. Außerdem sollte der Weg der Aufnahme, die Verteilung der Nuklide im Körper und die biologische Halbwertszeit bestimmt werden. Kobalt gehört mit seinen Isotopen Co-56, Co-57, Co-58 und Co-60 zu den Radionukliden, die bei der friedlichen Nutzung der Kernenergie anfallen, in die Vorfluter gelangen, dort von Organismen aufgenommen werden und entweder direkt die Organismen schädigen oder indirekt über die Nahrungskette auch dem Menschen gefährlich werden können. Letzteres vor allem auch wegen der langen physikalischen Halbwertszeit, die bei Co-60 mehr als 5 Jahre beträgt.

Bei der obengenannten Zielsetzung war von größtem Interesse, ob die Aufnahme von Co-57 über die Nahrungskette oder auf dem Weg über die Haut und die Kieme stattfindet. Beides wurde in 2 getrennten Versuchsreihen geprüft; als Versuchsfische wurden junge, wenige Wochen alte Regenbogenforellen verwendet.

a) Aufnahme von Co-57 über die Nahrung

Bei dieser Versuchsreihe wurden junge Forellen einzeln in kleinen Aquarien gehalten. Die Fütterung der Tiere erfolgte mit Tubifex, das vorher in Co-57-haltigem Wasser gehalten wurde und radioaktiv kontaminiert war. Die Tiere wurden jeweils vor der Fütterung gewogen, dann ihre Gammaenergie in einem NaJ-Bohrlochkristall gemessen. Danach wurden sie mit einer Pinzette mit Co-57-kontaminiertem Tubifex gefüttert, anschließend sofort herausgenommen, gewogen und erneut im Bohrloch auf ihren Co-57-Gehalt gemessen. Anschließend wurden sie für den Rest des Tages in Co-57-freies Wasser gesetzt. Dieser Vorgang wiederholte sich täglich.

Folgende Ergebnisse konnten erzielt werden:

1. Die Co-57-Aktivität, gemessen im Imp/100 sec, stieg unmittelbar nach der Fütterung bei allen Tieren sofort an, und zwar um den Betrag der mit dem Tubifex verfütterten Co-57-Aktivität. Die Aktivität wird aber zum größten Teil mit dem Kot wieder ausgeschieden.
2. Im Körper verbleibt eine Restaktivität vor der erneuten Fütterung, die von der Gewichtszunahme der Fische abhängig ist. Forellen ohne Gewichtszunahme

me oder mit geringer Gewichtszunahme haben nur eine geringe Restaktivität. Forellen mit starker Gewichtszunahme während der gesamten Versuchsdauer haben eine Restaktivität, die sich von Tag zu Tag summiert.

3. Die Aufnahme des Radionuklids über die Nahrungskette ist entgegen der Untersuchung vieler Autoren äußerst gering. Am Beispiel einer Forelle, die während des gesamten Versuchs zunahm, ist die Aufnahme von Co-57 in Abb. 1 a) dargestellt. Die Impulsrate "vor dem Fressen" entspricht dem in die Körpersubstanz eingebauten Kobalt (= Restaktivität). Die Impulsrate nach der Fütterung ergibt sich aus der im Körper vorhandenen Restaktivität plus der durch Futter aufgenommenen Aktivität. Die Restaktivität (= Impulsrate vor der Fütterung in Abb. 1 a)) steigt mit der Gewichtszunahme, d.h. Co-57 wird entsprechend dem Körperzuwachs eingebaut. Sprunghafte Zu- oder Abnahme von Gewicht oder Restaktivität läßt auf nicht völlig geleerten Darm schließen.

b) Die Aufnahme von Co-57 über die Haut und die Kieme

Die Versuchskriterien Licht, Temperatur, Hälterung der Fische, Wasservolumen und Aktivitätszugabe wurden in den verschiedenen Versuchsreihen verändert. Die Versuche dauern noch an und ein befriedigender Abschluß ist noch nicht abzusehen.

Folgende vorläufige Ergebnisse können bis jetzt genannt werden:

1. Für jede gewählte Versuchsanordnung läßt sich ein eigener Anreicherungsfaktor bestimmen, der bei gleicher Versuchsdauer Cf=5, aber auch Cf=130 oder 180 betragen kann. Ein Gleichgewicht, bei dem Aufnahme und Abgabe sich ausgleichen, deutet sich erst nach ungefähr 60 Tagen an, ist aber noch nicht vollständig.
2. Kobalt wurde in ionogener Form zugegeben, kann aber nur frisch zugegeben schnell aufgenommen werden. Die Häufigkeit des Wasserwechsels ist entscheidend für die Größe des Anreicherungsfaktors. Es wird zur Zeit untersucht, in welcher chemischen Form die Fische das Radionuklid aufnehmen können, und in welche chemische Form Co-57 im Leitungswasser erstens durch Alterung des Wassers und zweitens durch die Stoffwechselprodukte der Fische übergeführt wird.
3. Das Wasservolumen bezogen auf die Anzahl der Fische ist nicht entscheidend für die Aufnahme.
4. Die Aufnahme schwankt individuell von Fisch zu Fisch sehr stark, vor allem in den ersten 10 Tagen. Der Anreicherungsfaktor steigt im weiteren Verlauf der Versuche von diesen in den ersten 10 Tagen erreichten unterschiedlichen Ausgangspunkten ziemlich gleichmäßig bei allen Fischen.
5. Werden die Fische einzeln gehalten, findet man während der ersten 10 Tage individuelle Unterschiede. Bei Hälterung von größeren und kleineren Fischen in einem Becken sind die individuellen Unterschiede am größten. Gibt man mehr als 6 - 8 Fische von gleicher Größe in ein Becken, so sind die individuellen Unterschiede klein.
6. Die Aufnahme von Kobalt ist bei allen Versuchsgruppen Schwankungen unterworfen. Es gibt Zeiträume mit stärkerer und schwächerer Aufnahme. Unerklärt sind noch Zeiträume, in denen bei gleichen Bedingungen plötzlich mehr abgegeben als aufgenommen wird.
7. Die Aufnahme hängt vom Stoffwechselumsatz (Temperatur des Wassers) und von der Jahreszeit ab. Bei gleicher Temperatur und "Tageslänge"

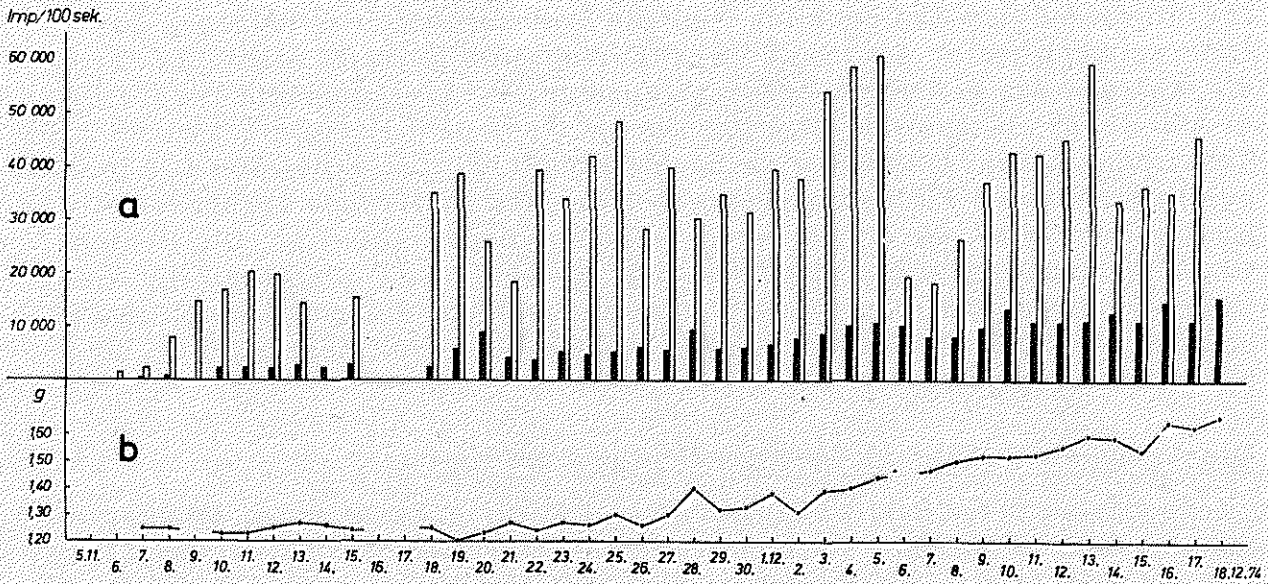


Abb. 1 a) Co-57 Aufnahme einer Regenbogenforelle durch Verfütterung von kontaminiertem Tubifex
schwarzer Balken: Co-57 Gehalt im Ganzfisch vor der Fütterung
weißer Balken: Co-57 Gehalt im Ganzfisch nach der Fütterung
b) Gewichtszunahme der Forelle während des Versuchs

(Lichtsteueranlage) war die Aufnahme im Juli/August höher als im Oktober/November.

8. Das Wohlbefinden und der Gesundheitszustand der Fische ist mitentscheidend für die Aufnahme von Kobalt. Kranke Fische oder Fische vor dem Verenden nehmen sehr viel mehr auf. Bei Verletzungen der Haut ist ähnliches zu beobachten. Ist die Haut intakt, so wird die Aufnahme gebremst. Abgetötete Fische oder formolfixierte Fische erreichen nach wenigen Tagen einen Anreicherungsfaktor von 10^3 und mehr. Der Aufnahmemechanismus muß mit Membranstudien noch genauer ermittelt werden.
9. Die Aufnahme von Kobalt erfolgt sowohl über die Kieme als auch über die Haut.

Zusammenfassend kann bis jetzt gesagt werden, daß bei bestimmten Versuchsbedingungen Kobalt-57 mit dem Faktor 10^2 über Haut und Kieme angereichert werden kann.

Verwendet man bei beiden Versuchsreihen Aquarienwasser einer Aktivität von z.B. $1 \mu\text{Ci/l}$ oder 1nCi/ml , so benötigt man folgende Zeiten, um 1nCi/g Fisch zu erzielen:

1. Nach ungefähr 3 Stunden haben die Forellen ohne Futter allein durch Haltung die Aktivität von 1nCi/g .
2. Verfüttert man Tubifex, der solange im Aquarienwasser von 1nCi/ml gehalten wurde, bis er 10nCi/g Feuchtgewicht hat ($\text{CF}=10$), so muß er 30 Tage verfüttert werden, insgesamt aber mindestens das 15fache des Kör-

pergewichts der zu untersuchenden Forellen, um die spezifische Aktivität von 1 nCi/g Gesamtfisch zu erreichen. Die Aufnahme des Radionuklids Co-57 über die Haut und Kieme geht also sehr viel schneller als über die Nahrung.

H. Bühringer
Isotopenlaboratorium der BFA Fischerei
Hamburg