

Autoren: F. Kramer & M. Zehringer

Menschenhaar / Radioaktivität

untersuchte Proben: 29 beanstandet: 0

Ausgangslage

Die Schweizer Bevölkerung ist ständig einer geringen Strahlenbelastung ausgesetzt, die hauptsächlich aus natürlicher Strahlung besteht (kosmische und terrestrische Strahlung). Ein geringer Anteil stammt von den künstlichen Radionukliden Radiocäsium (^{137}Cs) und Radiostrontium (^{90}Sr), welche hauptsächlich über die Nahrung inkorporiert werden. Sie sind einerseits Bestandteil des Fallouts der Atomwaffentests von 1945-1970, der zum Teil auch über der Schweiz niederging. Andererseits stammt ein beträchtlicher Anteil des Radiocäsiums (ca. 80%¹) vom Fallout des Reaktorbrands in Tschernobyl 1986. Die beiden Radionuklide haben Halbwertszeiten von 29 bzw. 30 Jahren und sind deshalb noch immer in geringen Aktivitäten in der Umwelt vorhanden.



Die durch interne Bestrahlung erzeugten Strahlendosen sind mit einer Ganzkörpermessung abschätzbar, wobei nur Gammastrahlung erfasst wird. Für den Nachweis von inkorporierten Alpha- und Betastrahlern sind aufwändige Verfahren notwendig. Hierzu dienen Harn- und Faecesanalysen. Für Radiostrontium eignen sich die Untersuchung von Knochen und Zähnen, da dieses Radionuklid vorwiegend in diesen Organen gespeichert wird. Haare sind ebenfalls eine denkbare Untersuchungsmatrix. Schwermetall- und anderen Vergiftungen können beispielsweise über eine Haaranalyse abgeklärt werden. Ansatzweise wurden Haare auch radiologisch untersucht².

Untersuchungsziel

Im Rahmen einer Praktikumsarbeit sollte abgeklärt werden, ob radiologische Haaranalysen sich zur Abschätzung einer internen Bestrahlung eignen.

¹ Johannes Abraham et al. Fate of ^{137}Cs , ^{90}Sr and $^{239+240}\text{Pu}$ in soil profiles at a water recharge site in Basel, Switzerland, J. Environ. Radioactivity 182 (2018) 85–94.

² Kist A. et al. Human Hair Radioactivity in the Chernobyl Area. J of Alloys and Compounds 213/214 (1994) 81-85.

Gesetzliche Grundlagen

In der Strahlenschutzverordnung (StSV) sind in Anhang 5 die Dosisfaktoren für die Bevölkerung bei Inkorporation von Radionukliden via Inhalation und Ingestion aufgelistet. Anhand dieser Faktoren können Folgedosen (mit Integrationszeiten von 50 Jahren für Erwachsene bzw. 70 Jahren für Kinder) abgeschätzt werden.

Die Radionuklide werden vorwiegend über die Nahrung aufgenommen, weshalb im Folgenden nur die Ingestionsfaktoren aufgeführt sind.

Radionuklid/Dosis		Ingestionsfaktoren ($\mu\text{Sv/Bq}$)		
		Kind (bis 1 J.)	Kind (1-10 J.)	Erwachsener
^{90}Sr	Ganzkörperdosis	0.073	0.06	0.028
^{90}Sr	Organdosis (KM)	0.73	1.0	0.41
^{137}Cs	Ganzkörperdosis	0.012	0.01	0.013
^{137}Cs	Organdosis (DD)	0.023	0.023	0.015

KM: Knochenmark (meist betroffenes Organ für ^{90}Sr), DD: Dickdarm (für ^{137}Cs)

Probenbeschreibung

In den Kantonen Basel-Stadt und Aargau sammelten insgesamt 11 Friseure ihre Schnitthaare. Da pro Haarschnitt nicht genug Haare für eine Analyse anfallen, sammelten die Friseure die geschnittenen Haare während einer Woche. Dabei wurden Männer- von Frauenhaaren getrennt gesammelt. Insgesamt 102 Proben wurden so erhoben. Gegebenenfalls mussten mehrere Mischproben des gleichen Friseurs gepoolt werden, um ein Minimalgewicht von 500g für die Analyse zu erreichen. Schlussendlich gelangten 23 Poolproben und vier Einzelproben von Schweizer Haaren, sowie zwei Poolproben aus Minamisoma-City in Japan zur Untersuchung. Diese Stadt liegt in der 30km-Sperrzone um das havarierte AKW Fukushima-Daiichi in Japan.

Herkunft der Haare	Anzahl Proben	Frauenhaar	Männerhaar	gemischt
Kantone AG und BS	27	13	9	5
Minamisoma, Japan	2	0	2	0
Total	29	13	11	5

Prüfverfahren

Die gepoolten Haare wurden mehrmals mit Seife gewaschen, um anhaftenden Staub zu entfernen. Die getrockneten Haare wurden anschliessend im Ofen bei 600°C unter Luftausschluss mineralisiert. Die Haarasche wurde direkt für die Gammasspektrometrie verwendet.

Gammasspektrometrie

Zur Bestimmung des Radiocäsiums und der natürlichen Radionuklide wurden die Proben in Petrischalen abgefüllt und mit hochauflösenden Gammasspektrometern während drei bis fünf Tagen ausgezählt. Für die Identifizierung und Quantifizierung des Radiocäsiums wurden folgende Emissionslinien (Emissionswahrscheinlichkeit in %) verwendet ^{134}Cs : 569 keV (15.4), 605 keV (97.6) und 796 keV (85.5), ^{137}Cs : 662 keV (84.6).

Radiostrontium

Die Bestimmung von Radiostrontium (^{90}Sr) erfolgte über das Tochternuklid Yttrium-90 (^{90}Y). Diese beiden Radionuklide stehen im Gleichgewicht, vorausgesetzt, dass die Probe mindestens 20 Tage alt ist. Zuerst wurden ^{90}Sr und ^{90}Y aus der Haarasche extrahiert und durch gezielte Fällungen

gereinigt. Dann wurde das ^{90}Y durch Fällung mit Oxalsäure von ^{90}Sr abgetrennt und mit dem Gasproportionalzähler (β -Counter) während drei Tagen ausgezählt.

Ergebnisse

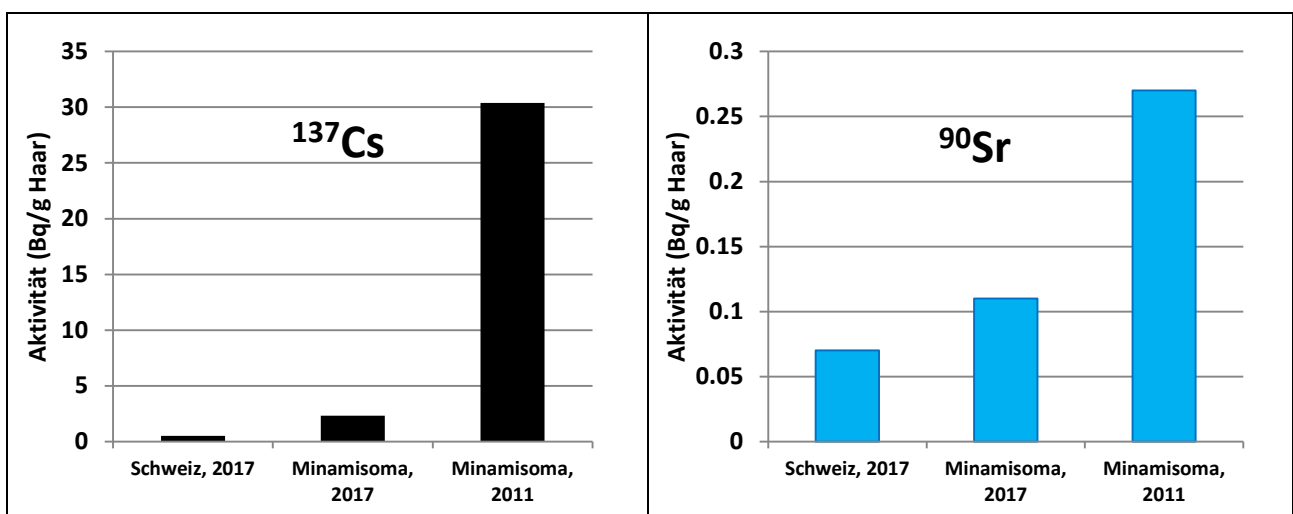
- Schweizer Frauen- und Männerhaare sind mit ^{137}Cs und ^{90}Sr ungefähr gleich belastet. Die Aktivitäten liegen zwischen 0.05 bis 0.1 Bq/g Haar.
- Neben den künstlichen Radionukliden sind einige natürliche Radionuklide aus den Zerfallsreihen des Urans und Thoriums vertreten. Dabei ist Blei-210 (^{210}Pb), ein β -Strahler aus der ^{238}U -Zerfallsreihe, dominant vertreten (480 Bq/g Haar).

Radionuklid	Mittelwerte \pm SD Schweiz (in Bq/g Haar)		
Bq/g Haar	Frauen	Männer	Durchschnitt
^{134}Cs	0.05 (n=1)	0.09 (n=1)	0.07 \pm 0.03 (n=2)
^{137}Cs	0.07 \pm 0.03 (n=13)	0.08 \pm 0.05 (n=9)	0.07 \pm 0.04 (n=25)
^{90}Sr	0.10 \pm 0.04 (n=14)	0.04 \pm 0.01 (n=9)	0.07 \pm 0.04 (n=27)
^{226}Ra	17 \pm 11 (n=20)		
^{228}Ra	20 \pm 10 (n=22)		
^{210}Pb	480 \pm 465 (n=15)		
^{40}K	144 \pm 104 (n=26)		
^{235}U	34 \pm 16 (n=6)		

SD: Standardabweichung

- Die beiden Haarproben von Japanern aus Minamisoma enthielten deutlich höhere Aktivitäten von ^{137}Cs und ^{90}Sr . Die Bewohner sind gegenüber der relativ unbelasteten Schweizer Bevölkerung stärker mit diesen Radionukliden belastet. Diese innere Verstrahlung hat innerhalb der letzten sechs Jahre wiederum deutlich abgenommen (heute noch ca. 10% bei ^{137}Cs bzw. 30% bei ^{90}Sr).

Radionuklid	Schweiz 2017	Minamisoma 2011	Minamisoma 2017
^{134}Cs	0.07 \pm 0.03	19 \pm 6	0.24 \pm 0.05
^{137}Cs	0.07 \pm 0.04	30 \pm 4	2.3 \pm 0.2
^{90}Sr	0.07 \pm 0.04	0.27 \pm 0.05	0.11 \pm 0.02



Vergleich der Haare aus der Nordwest-Schweiz mit Haaren aus Minamisoma (Japan).

- Mithilfe von Literaturdaten konnte für ^{137}Cs eine Ganzkörperbelastung abgeschätzt werden. Aufgrund der vorliegenden Haaranalysen beträgt sie in der Nordwest-Schweiz zurzeit zwischen 14 und 34 Bq/Mensch. Gemäss BAG³ wurden im 2016 bei Ganzkörpermessungen ^{137}Cs -Werte von <60 bis maximal 630 Bq/Mensch bestimmt, wobei die meisten Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze lagen.
- Für ^{90}Sr kann keine Ganzkörpermessung durchgeführt werden. Deshalb wurde die Gesamtdosis unter Zuhilfenahme von Knochenanalysen des BAG⁴ abgeschätzt. Unter der Annahme, dass der Hauptanteil des ^{90}Sr im Skelett abgelagert ist, ergibt sich eine Ganzkörperbelastung von ca. 300 Bq/Mensch.

Schlussfolgerungen

- Schweizer Haare sind etwa gleich belastet mit ^{137}Cs und ^{90}Sr . Hingegen sind Haare aus Minamisoma-City, das in der 30km-Sperrzone um Fukushima-Daiichi liegt, deutlich stärker belastet. Die Hauptquelle des ^{90}Sr ist der Bombenfallout. Hingegen stammt das ^{137}Cs vorwiegend vom Fallout der AKWs Fukushima-Daiichi.
- Eine Inkorporation von Radiokontaminanten widerspiegelt sich u.a. in erhöhten Werten im Haar. Die Analyse von Menschenhaar ist ein taugliches Verfahren zur Abschätzung einer inneren Verstrahlung im Krisenfall.

³ Estier, S et al. Ergebnisse der Ganzkörpermessungen. In: Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz 2016, Bundesamt für Umweltschutz Ed.) 2017, Kp. 6.1, 94-95.

⁴ Froidevaux, P. et al. Mesures de ^{90}Sr , ^{210}Po et ^{226}Ra dans les vertèbres et de ^{90}Sr dans les dents de lait. In: Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz 2016, Bundesamt für Umweltschutz Ed.) 2017, Kp. 6.1, 96-99.