

Strahlentelex

mit ElektromogReport

Unabhängiger Informationsdienst zu Radioaktivität, Strahlung und Gesundheit

ISSN 0931-4288

www.strahlentelex.de

Nr. 706-707 / 30. Jahrgang, 2. Juni 2016

Endlager-Kommission:
Hohe individuelle Strahlendosen werden zugelassen und Kollektivdosen ausgeblendet. Forderungen und Kommentar zur Endlager-Sicherheit von Dr. Werner Neumann.

Seite 4

Atommüll-Lager:
Die Mitglieder der Endlager-Kommission haben sich kurz vor ihrer Auflösung erstmals mit geowissenschaftlichen Kriterien auseinandergesetzt.

Seite 6

Atommüll-Freigabe:
Der schleswig-holsteinische Umweltminister will ein Bekenntnis aller an der Atommüll-Freisetzung Beteiligten zu einem Risikoverständnis von vor vier Jahrzehnten.

Seite 8

THTR Hamm-Uentrop:
Radioaktivität aus dem Kugelhaufenreaktor wurde 1986 vorsätzlich freigesetzt. Das bestätigte jetzt ein früherer verantwortlicher Mitarbeiter des AKW.

Seite 10

Folgen von Fukushima

Zur Belastung von Milchzähnen japanischer Kinder mit radioaktivem Strontium – Erste Ergebnisse

Von Markus Zehringer¹, Michael Wagmann¹, Martin Walter² und Eisuke Matsui³

Hintergrund

Die Kernschmelzen in den japanischen Atomanlagen von Fukushima Dai-ichi im Jahre 2011 hatten eine Freisetzung von radioaktivem Material in der Umwelt zur Folge. Die Emissionen werden auf circa ein Zehntel des beim Tschernobyl-GAU freigesetzten Fallouts geschätzt. Etwa 90 Prozent davon gelangten in den

Pazifik. Trotzdem wurde die Region Fukushima und weitere, umliegende Präfekturen stark kontaminiert. Der gesamte Fallout wird auf $1,5 \cdot 10^{14}$ Becquerel (Bq) Iod-131 (^{131}I) und $1,3 \cdot 10^{13}$ Bq Radiocäsium (^{134}Cs , ^{137}Cs) geschätzt. Für Radiostrontium (^{90}Sr) und Plutonium (^{238}Pu , $^{239,240}\text{Pu}$) liegen keine genauen Zahlen vor. Der Ausstoss an Radiostrontium wird aufgrund

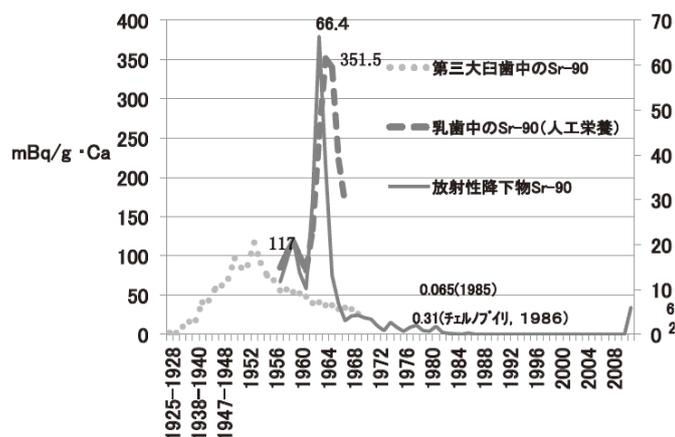


Abbildung 1: ^{90}Sr -Daten von Milchzähnen japanischer Kinder (aus [2])

der geringeren Flüchtigkeit dieses Radionuklids auf circa 10^{10} bis 10^{11} Bq geschätzt [1]. Die Bevölkerung inkorporierte die Strahlung über die Luft und durch den Konsum von kontaminierten Nahrungsmitteln. Kurz nach dem Unfall vorgenommene Messungen von Gemüse wiesen auf erhebliche Kontaminationen hin.

Es gilt zu berücksichtigen, dass Umwelt und Nahrungsmittel bereits vor dem Ereignis radioaktiv kontaminiert worden sind. Ab 1945 bis 1962 wurden über 600 atmosphärische Atombombentests

durchgeführt, was zu Kontaminationen auf der ganzen Nordhalbkugel geführt hat (insgesamt etwa $6 \cdot 10^{17}$ Bq ^{90}Sr und $9 \cdot 10^{17}$ Bq ^{137}Cs). Aufgrund der langen Halbwertszeiten um 30 Jahre, sind noch heute Belastungen feststellbar. 1948 begannen des-

¹ Dr. Markus Zehringer, Kantonales Labor Basel-Stadt, Kannenfeldstr. 2, CH-4056 Basel / Schweiz, markus.zehringer@bs.ch

² Dr. Martin Walter, Grenchen / Schweiz

³ Dr. MATSUI Eisuke, Gifu Research Institute for Environmental Medicine, Gifu / Japan

halb die japanischen Behörden, Radiostrontium in Milchzähnen zu untersuchen. Von 1958 bis 2011 wurden insgesamt 849 Proben untersucht auf der Basis von 114.725 gesammelten Milchzähnen. (Abbildung 1) Die Belastung erreichte in den 1960er-Jahren ein Maximum von 400 (Milli-Becquerel ^{90}Sr pro Gramm Kalzium (mBq/gCa) [2], was auf die zahlreichen Bombentest im Pazifik zurückzuführen ist. Unseres Wissens liegen jedoch noch keine relevanten, den Fukushima-GAU betreffenden, Daten vor.

Das „Netzwerk Milchzähne aufbewahren“

2011 gelangte Eisuke Matsui vom Institut für Umweltmedizin in Gifu an uns mit der Bitte um Mithilfe bei der Untersuchung von Milchzähnen. Es wurde das „Netzwerk Milchzähne aufbewahren“ [3] gegründet mit der Absicht, Milchzähne zu sammeln und auf radioaktive Belastung zu überprüfen. Im Jahr 2017 soll hierfür eine eigene Messstelle in Japan in Betrieb gehen unter Mithilfe des Kantonalen Labors Basel-Stadt, das über langjährige Erfahrungen auf diesem Gebiet verfügt. Im Zeitraum 2011 bis 2015 wurden über 200 Milchzähne von

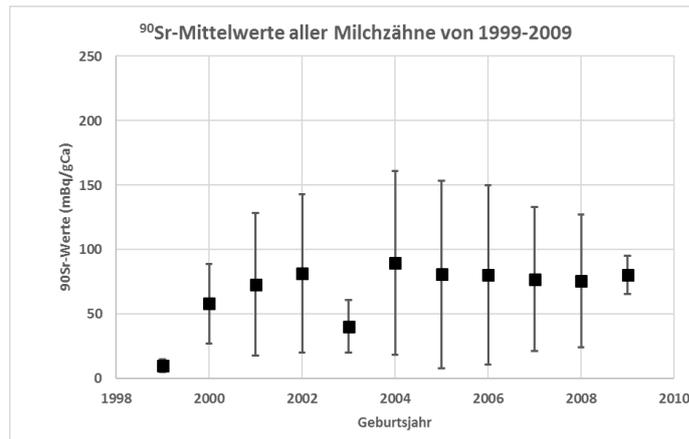


Abbildung 2: ^{90}Sr -Mittelwerte der Jahrgänge 1999 bis 2009

Kindern aus diversen Präfekturen, Aichi, Chiba, Fukushima, Ibaraki, Kanagawa, Miyagi, Saitama, Shiga, Tochigi, Tokyo und Yamaguchi gesammelt und zur Analyse an uns überbracht. Diese Untersuchung kann als Voruntersuchung zu den kommenden Aktivitäten im Rahmen des Netzwerks angesehen werden. Noch sind keine Milchzähne von Kindern verfügbar, die anfangs 2011 auf die Welt gekommen sind. Die im Rahmen der vorliegenden Untersuchung festgestellten Belastungen gehen deshalb nicht auf das Konto des Fukushima-GAU.

Zur Toxizität des Radiostrontiums

Während die Cäsiumisotope sich im Muskelgewebe festsetzen und mit einer biologi-

schon Halbwertszeit von circa 1 Monat relativ schnell wieder aus dem Körper gelangen, wird das radioaktive Strontium in Knochen und Zähnen eingelagert und verweilt dort über viele Jahre (40 Jahre biologische Halbwertszeit). Am problematischsten ist die Ablagerung in der Nähe des blutbildenden Knochenmarks. Die innere Bestrahlung beim Zerfall des ^{90}Sr und des ebenfalls radioaktiven Folgenuklids Yttrium-90 (^{90}Y) kann zu Leukämie und Knochenkrebs führen. Laut Literaturangaben wird Strontium während der Zahnbildung eingelagert, das heißt während der letzten sechs Monate der Schwangerschaft bis circa sechs Monate nach der Geburt.

Es muss jedoch erwähnt werden, dass sich die Wissenschaft nicht einig ist über die

Radiotoxizität von Radiostrontium. Die International Commission on Radiological Protection (ICRP) gibt für ^{90}Sr Ingestionsfaktoren für Säuglinge zwischen 0,2 und 2,3 Mikrosievert pro Becquerel ($\mu\text{Sv/Bq}$) an [4]. Das European Committee on Radiation Risk (ECRR) hingegen nennt einen Faktor von 45 $\mu\text{Sv/Bq}$ bzw. für Föten von 450 $\mu\text{Sv/Bq}$ (also ein deutlich höherer Wert) mit dem Hinweis, dass das geschädigende Potential hoch sei, da ^{90}Sr eine chemische Bindung mit der DNA eingehen kann [5].

Erhebung der Milchzähne

Die ersten Milchzähne wurden von der freiwillig evakuierten Mutter Yuko Nishiyama gesammelt. Danach begannen Zahnärzte Milchzähne zu sammeln. Diese Aktionen werden von Eisuke Matsui koordiniert. Bei der Erhebung des Zahnmaterials wurden die Personalien des Kindes und der Eltern (Geburtsdatum, Geschlecht, Alter, Geburtsort, Aufenthaltsort nach Umzug aus der Sperrzone protokolliert. Die Ernährungsgewohnheiten der Mütter und die verabreichte Babynahrung (Muttermilch, Folgenahrung etc.) wurden nicht nachgefragt.

Insgesamt 226 Milchzähne wurden im Labor untersucht. Um das notwendige Proben-

Präfektur	Anzahl Milchzähne	Median ^{90}Sr (mBq/gCa)	Mittelwert $^{90}\text{Sr} \pm \text{SD}$ (mBq/gCa)
Aichi	3	43	57 ± 27
Chiba	68	50	67 ± 50
Fukushima	47	90	106 ± 83
Hokkaido	1		33 ± 10
Ibaraki	12	59	88 ± 55
Kanagawa	5	50	53 ± 24
Miyagi	6	44	55 ± 32
Osaka	1		54 ± 11
Saitama	11	44	49 ± 17
Shiga	4	52	49 ± 10
Shizuoka	1		120 ± 20
Tochigi	4	46	46 ± 9
Tokyo	21	35	71 ± 66
Yamaguchi	12	54	46 ± 11
Total	196	51	74 ± 61

Tabelle 1: ^{90}Sr in Milchzähnen nach Herkunft

SD: Standardabweichung des Mittelwertes: Bei weniger als 2 Werten ist die Messunsicherheit der Betamessung angegeben.

Geburtsjahr	Mädchen		Knaben	
	Anzahl Proben	Mittel $^{90}\text{Sr} \pm \text{SD}$ (mBq/gCa)	Anzahl Proben	Mittel $^{90}\text{Sr} \pm \text{SD}$ (mBq/gCa)
1999	1	10 ± 5	0	
2000	5	58 ± 31	0	
2001	16	55 ± 47	5	93 ± 71
2002	13	103 ± 64	9	50 ± 40
2003	16	45 ± 23	13	33 ± 13
2004	10	124 ± 65	8	55 ± 60
2005	19	91 ± 84	14	67 ± 50
2006	16	78 ± 74	14	83 ± 63
2007	8	53 ± 32	15	90 ± 61
2008	11	69 ± 53	5	178 ± 45
2009	2	80 ± 16	1	80 ± 16

Tabelle 2: Abhängigkeit der Radiostrontium-Belastung vom Geschlecht

SD: Standardabweichung des Mittelwertes: Bei weniger als 2 Werten ist die Messunsicherheit der Betamessung angegeben.

gewicht von 2 bis 5 Gramm Zahnmaterial zu erhalten, wurden mehrere Milchzähne gleicher Jahrgänge und gleichen Geschlechts zu einer Messprobe zusammengezogen (Pooling). Aufgrund der ohnehin schon geringen Probenmenge wurden die Milchzähne als Ganzes untersucht, also nicht in Enamel, Dentin und Cementum unterschieden. Trotz dieses Poolings gab es Messungen unterhalb der Bestimmungsgrenze. Diese Messungen wurden mit dem Wert der halben Bestimmungsgrenze in die Auswertung miteinbezogen. Die Resultate wurden dann nach Geburtsjahr sortiert und innerhalb des Geburtsjahres statistisch bewertet. Dabei wurden Ausreisser mit Hilfe des Duncan-Tests ermittelt und eliminiert. Es verblieben 201 um Ausreisser bereinigte Einzelwerte.

Analytik des Radiostrontiums

Die Analyse auf Strontium ist relativ aufwendig, da im Gegensatz zur Gammaspktrometrie, die störende Matrix (in Zähnen ist dies hauptsächlich Calciumhydroxyapatit) vor der eigentlichen Analyse eliminiert werden muss. Nach dieser Reinigung wird das Tochter nuklid ^{90}Y vom Radiostrontium durch mehrmalige chemische Fällung abgetrennt und dann betaspektrometrisch über mehrere Tage ausgemessen. Ist das hergestellte Messpräparat zu wenig rein, so zeigt sich dies an einer zu hohen Halbwertszeit für das ^{90}Y , theoretisch 64 Stunden). Die Messung muss nach Erreichen des säkularen Gleichgewichts zwischen ^{90}Y und ^{90}Sr in der rückgestellten ^{90}Sr -Lösung nach erneuter Abtrennung des ^{90}Y und dessen β -Messung wiederholt werden.

Resultate

Gesamtbetrachtung

Die ^{90}Sr -Mittelwerte von 1999 bis 2009 liegen in einem engen Bereich zwischen 10 und 90 mBq/gCa. (Abbildung 2)

Aufgrund der relativ hohen Streuung innerhalb der einzelnen Geburtsjahre kann ein Trend der Messwerte nicht prognostiziert werden. Für einige Jahrgänge sind noch zu wenige Daten vorhanden, um verlässliche Mittelwerte anzugeben.

Die Strontiumwerte in Milchzähnen der „Vorperiode“ vor 2011 liegen zwischen 50 bis 100 mBq/gCa. Vergleichbare Werte von Messungen der Jahre 1992 bis 1999 wurden von Mari Takenouchi mitgeteilt. Der Mittelwert dieser Jahre betrug 81 mBq/gCa und das Zahnmaterial stammte ausschliesslich von japanischen Kindern [6]. Auf alle Fälle scheinen japanische Kinder deutlich belasteter zu sein als beispielsweise Schweizer Kinder. In der Schweiz liegen die Durchschnittswerte bei Radiostrontium zwischen 10 und 20 mBq/gCa [7].

Auswertung nach Herkunft der Kinder (Präfektur)

In Tabelle 1 sind die Resultate nach Präfektur geordnet dargestellt. Die Mittelwerte sind aufgrund der grossen Streubreite innerhalb der Präfekturen meist deutlich höher als die Medianwerte. Fünf Messwerte waren ohne Angabe der Präfektur: Ein Milchzahn stammte von einem Kind, das sich zu dieser Zeit offenbar in der Ukraine aufgehalten hatte. Diese Werte mussten unberücksichtigt bleiben.

Die Daten weisen eine hohe Streuung innerhalb der Präfekturen auf, sodass Aussagen über eine unterschiedliche, geographische Belastung derzeit nicht möglich sind.

Geschlechtsspezifische Unterschiede

Die Radiostrontium-Daten wurden nach Geburtsjahr und Geschlecht bewertet. Tabelle 2 zeigt keine signifikanten Unterschiede zwischen Mädchen und Knaben. Zu gross ist die

Variation der Werte innerhalb der Jahrgänge. (Tabelle 2)

Zusammenfassung

Die Analysen der ersten 200 Milchzähne japanischer Kinder ergaben eine mittlere Belastung mit ^{90}Sr um 50 bis 100 mBq/gCa. Die Geburtsjahre reichen momentan bis 2009 zurück. Noch konnten keine Milchzähne von Kindern untersucht werden, die im Jahre 2011 geboren worden sind. Es bleibt abzuwarten, ob die Belastung ansteigen wird. Ein signifikanter Anstieg der Radiostrontium-Belastung wird durch Studien von Rinderzähnen von Tieren aus der Evakuierungszone belegt. Die Belastung der Molaren ist mit 550 mBq/gCa signifikant höher als bei Vieh aus einer Vergleichsregion wie auch höher als bei Tieren, deren Dentition vor dem Unfall bereits abgeschlossen war. Es wurde ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Zahnbelastung und der Bodenkontamination festgestellt [8]. Bei der Auswertung unserer eigenen Daten wurden wie erwähnt einige Ausreisser eliminiert. Es handelte sich dabei um 22 Zahnproben mit Werten um 400 bis 500 mBq/gCa sowie einem sehr hohen Wert von beinahe 2000 mBq/gCa. Dieses Zahnmaterial stammte aus den Präfekturen Chiba (5), Fukushima (9), Saitama (3) und Tokyo (2). Die Messungen werden fortgesetzt.

Literatur

- [1] Povinec, P., Hirose, K., Aoyama, M. Radiostrontium in the Western North Pacific: Characteristics, Behavior, and the Fukushima Impact. *Environ.Sci.Technol.* 2012, 46, 10356-10363.
- [2] Kazuhiko Inoue, Ichiro Yamagouchi. Studies on the accumulation of radionuclides (strontium, plutonium) emitted from the Fukushima No.1 nuclear power plant accident into human milk teeth, *Jpn Clin Ecol* 22, No2. 2013.102-113.
- [3] Strahlentelex: Netzwerk Milchzähne Aufbewahren in Japan gegründet, Nr. 700-701 (3. 2016). Direkter link: <http://pdn311.town-web.net/english>

- [4] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). Sources, effects and risks of ionizing radiation. UNSCEAR 2013 Report. Vol 2, Annex B: effects of radiation exposure of children, 65.
- [5] ECRR: 2010 Recommendations of the European Committee On Radiation Risk, Brussels 2010, Annex A.
- [6] Mari Takenouchi, persönliche Mitteilung.
- [7] Froidevaux P., Straub, M., Barraud, F., Pedro M., Bochud F. Mesure de ^{90}Sr dans les vertèbres et les dents de lait. In: Umweltra dioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz 2013, Bundesamt für Gesundheit, Bern., 109-111.
- [8] Kazuma Koarai et al. ^{90}Sr in teeth of cattle abandoned in evacuation zone: Record of pollution from the Fukushima-Daiichi Nuclear Power Plant accident. *Scientific Reports*, 6:24077/DOI10.1038/srep24077.[Internet]: www.nature.com/scientificreports