

## Strontium-Freisetzen aus Fukushima

Von Henrik Paulitz, Februar 2015

Die öffentlich zugänglichen Berichte über die Atomkatastrophe in Fukushima konzentrieren sich auf die gesundheitlichen Folgen der freigesetzten radioaktiven Jod- und Cäsium-Isotope. Über radioaktives Strontium ist fast nichts zu lesen, obwohl die Strontiumisotope Sr-89 und Sr-90 als besonders gefährlich für die Entwicklung von Knochen- und Knochenmarkkrebs gelten. Die wenigen vorliegenden Daten sind jedoch sehr beunruhigend. So zeigen mehrere unabhängige Publikationen relevante Freisetzungen von radioaktivem Strontium in die Atmosphäre, das Grundwasser und den Ozean, sowie messbare Kontaminationen in Bodenproben und Pflanzen in der Präfektur Fukushima und darüber hinaus. Dennoch wird die Thematik von Seiten der zuständigen Behörden bislang größtenteils ignoriert.

### Freisetzungen in die Atmosphäre

Die japanische Regierung berichtete bereits im Juni 2011 macht Angaben über die Freisetzung der beiden Strontium-Isotope Sr-89 und Sr-90 in Fukushima Daiichi. Laut eines offiziellen Regierungsberichts wurden aus den Blöcken 1 bis 3 während der ersten beiden Monate der Atomkatastrophe insgesamt  $2,0 \times 10^{15}$  Becquerel (Bq)<sup>1</sup> Sr-89 und  $1,4 \times 10^{14}$  Bq Sr-90 in die Umwelt freigesetzt.<sup>2,3</sup>

Table 5 Preliminary calculation of FP released to the environment in the early stage of Fukushima Dai-ichi accident (Bq)

		Unit 1	Unit 2	Unit 3	Total
Xe-133	5.2 d	$3.4 \times 10^{18}$	$3.5 \times 10^{18}$	$4.4 \times 10^{18}$	$1.1 \times 10^{19}$
Cs-134	2.1 y	$7.1 \times 10^{14}$	$1.6 \times 10^{16}$	$8.2 \times 10^{14}$	$1.8 \times 10^{16}$
Cs-137	30.0 y	$5.9 \times 10^{14}$	$1.4 \times 10^{16}$	$7.1 \times 10^{14}$	$1.5 \times 10^{16}$
Sr-89	50.5 d	$8.2 \times 10^{13}$	$6.8 \times 10^{14}$	$1.2 \times 10^{15}$	$2.0 \times 10^{15}$
Sr-90	29.1 y	$6.1 \times 10^{12}$	$4.8 \times 10^{13}$	$8.5 \times 10^{13}$	$1.4 \times 10^{14}$
Ra-226	1270 y	$1.3 \times 10^{14}$	$1.1 \times 10^{15}$	$1.9 \times 10^{15}$	$3.2 \times 10^{15}$

Die gesamte Freisetzungsmenge von radioaktivem Strontium beläuft sich diesen Angaben zufolge auf  $2,1 \times 10^{15}$  Bq oder, einfach ausgedrückt, auf 2,1 Petabecque-

<sup>1</sup> Becquerel (Bq) ist die SI-Einheit der Aktivität einer Menge einer radioaktiven Substanz. Die Aktivität gibt die mittlere Anzahl der Atomkerne an, die pro Sekunde radioaktiv zerfallen.

<sup>2</sup> Government of Japan: Report of Japanese Government to the IAEA Ministerial Conference on Nuclear Safety. The Accident at TEPCO's Fukushima Nuclear Power Stations. June 2011. Nuclear Emergency Response Headquarters, Government of Japan. Attachment IV-2. Table 5. p. 7.

<sup>3</sup> ENSI: Auswirkung Fukushima 11032011. Radiologische Auswirkungen aus den kerntechnischen Unfällen in Fukushima vom 11.03.2011.30.01.2012. S. 12. Tabelle 2-3.

rel (PBq)<sup>4</sup>. Studien, die sich mit der Messung von Sr-90 im Pazifik befassen, bestätigen diese Abschätzung.<sup>5,6</sup> Unabhängige wissenschaftliche Angaben zur Freisetzungsmenge von Sr-89 sind nicht bekannt. Auch fehlen Daten zur den Freisetzungen in die Atmosphäre nach der frühen Unfallphase.

Zum Vergleich: In Tschernobyl sollen offiziellen Angaben zufolge 115 PBq Sr-89 und 10 PBq Sr-90 freigesetzt worden sein.<sup>7</sup>

Interessant ist auch der Vergleich mit den Angaben zu den in Fukushima freigesetzten Cäsium-Isotopen Cs-134 und Cs-137. Die Freisetzung von Radiocäsium insgesamt wurde im Juni 2011 von der japanischen Regierung mit 33 PBq angegeben. Demnach belief sich die zu Beginn des Unfalls freigesetzte Strontium-Aktivität auf immerhin 6% der Cäsium-Aktivität.

Anderen Angaben zufolge wurden bis zum 20. April 2011 in Fukushima knapp 37 PBq Cs-137 freigesetzt, wovon 6,4 PBq (rund 18%) auf der japanischen Landfläche abgelagert wurden.<sup>8</sup>

Vergleichbare Angaben, welche Mengen Strontium an Land niedergingen sind nicht verfügbar.

### Belastung von Böden und Pflanzen durch Strontium

Im April 2011 hatte das japanische Wissenschaftsministerium MEXT Daten zu einigen wenigen Strontium-Messungen in Böden und Pflanzen veröffentlicht (vgl. folgende Tabelle).<sup>9</sup> Die Veröffentlichung belegt, dass nennenswerte Strontium-Mengen nicht nur freigesetzt wurden, sondern auch zu Kontaminationen geführt haben, die für die Ernährung von Bedeutung sind.

In den außerhalb der 30-km-Evakuierungszone in bewohnten Städten und Gemeinden entnommenen Pflanzenproben wurden messbare Strontium-Konzentrationen festgestellt. Die Aktivität von Sr-89 lag zwischen 12 und 61 Bq/kg, die von Sr-90 zwischen 1,8 und 5,9 Bq/kg.

---

<sup>4</sup> In anderer Schreibweise: 2,1 Milliarden oder  $2,1 \times 10^{15}$ .

<sup>5</sup> Perriñez R et al. Numerical Modeling of the Releases of <sup>90</sup>Sr from Fukushima to the Ocean: An Evaluation of the Source Term. *Sci. Technol.*, 2013, 47 (21), pp 12305–12313. <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es4031408>.

<sup>6</sup> Maderich V et al. Dispersion and fate of <sup>90</sup>Sr in the Northwestern Pacific and adjacent seas: global fallout and the Fukushima Dai-ichi accident. *Sci Total Environ.* 2014 Oct 1;494-495:261-71. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25058893>.

<sup>7</sup> Nuclear Energy Agency (NEA): Chernobyl. Assessment of Radiological and Health Impacts. 2002 Update of Chernobyl: Ten Years On. Table 1. p. 35.

<sup>8</sup> Stohl A et. al.: Xenon-133 and caesium-137 releases into the atmosphere from the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant: determination of the source term, atmospheric dispersion, and deposition. By A. Stohl, P. Seibert, G. Wotawa, D. Arnold, J. F. Burkhart, S. Eckhardt, C. Tapia, A. Vargas, and T. J. Yasunari. In: *Atmos. Chem. Phys.*, 12. p. 2313–2343. 2012. <http://www.atmos-chem-phys.net/12/2313/2012/acp-12-2313-2012.pdf>. Letzter Zugriff 21.02.2013.

<sup>9</sup> MEXT: Readings of Radioactive strontium in land soil and plant of Fukushima Dai-ichiNPP. Chart:Readings of Radioactives in soil and plants. April 29th, 2011. [www.mext.go.jp/component/english/\\_icsFiles/afildfile/2011/04/29/1305074\\_0412.pdf](http://www.mext.go.jp/component/english/_icsFiles/afildfile/2011/04/29/1305074_0412.pdf). Letzter Zugriff: Jan. 2015.

Readings of Radioactive strontium in land soil and plant of Fukushima Dai-ichiNPP

Chart: Readings of Radioactives in soil and plants

Sample	Sampling Point (Number or Name)	Sampling Date	<sup>131</sup> I	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>89</sup> Sr	<sup>90</sup> Sr	Unit
Land Soil	31* <sup>2</sup>	3/17	30,000	2,300	2,300	13	3.3	Bq/kg WetSoil
Land Soil	32* <sup>2</sup>	3/16	100,000	20,000	19,000	81	9.4	Bq/kg WetSoil
Land Soil	33* <sup>3</sup>	3/16	160,000	52,000	51,000	260	32	Bq/kg WetSoil
Plant	Ootama Village	3/19	43,000	89,000	90,000	61	5.9	Bq/kg raw
Plant	Motomiya City	3/19	21,000	57,000	57,000	28	3.7	Bq/kg raw
Plant	Ono Town	3/19	22,000	12,000	12,000	12	1.8	Bq/kg raw
Plant	Nishigou Village	3/19	12,000	25,000	25,000	15	3.8	Bq/kg raw

- \* 1 Plants are provided by Fukushima Pref.
- \* 2 Namie Town
- \* 3 Iitate Village

Only seven above-mentioned points were sampled, and measured.

Dem Fukushima-Bericht des Wissenschaftlichen Ausschusses der Vereinten Nationen zur Untersuchung der Auswirkungen Atomarer Strahlung (UNSCEAR) vom April 2014 sind allerdings weitaus höhere Werte für die Bodenkontamination zu entnehmen, wie folgende Ausschnitte aus der dort aufgeführten Tabelle zeigen. Es handelt sich dabei um weitere Untersuchungen des japanischen Wissenschaftsministeriums MEXT.<sup>10</sup>

Attachment for UNSCEAR 2013 REPORT Vol.I

UNSCEAR\_2

United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation  
 ATTACHMENT C-5  
 MEXT SURVEY Sr-89, Sr-90, Pu-238, and Pu-(239+240) GROUND DEPOSITION  
 See worksheet "NOTES" for further information about these data.  
 Reproduced with kind permission from the Government of Japan, June 2014.

Latitude	Longitude	Municipal Organization	GID	Mesh ID	MDA?	<sup>89</sup> Sr Ground Deposition (Bq/m <sup>2</sup> )	MDA?	<sup>90</sup> Sr Ground Deposition (Bq/m <sup>2</sup> )
37.551639	140.504333	Nihonmatsu City	819	016N042		531		87
37.071083	140.414056	Asakawa Town	1786	042S050	<	208		33
37.779444	140.599028	Date City	452	042N036	<	444		104
37.781944	140.490391	Fukushima City	456	042N044	<	350		70
37.093444	140.535167	Furudono Town	1731	040S040	<	257		49
37.426083	140.973881	Futaba Town	1064	000N006		6.078		1547
37.436194	140.995917	Futaba Town	1033	002N004		2.072		425
37.461306	141.009881	Futaba Town	991	004N002		17.224		5741
37.460500	140.970472	Futaba Town	994	004N006		776		283
36.958528	140.440000	Hanawa Town	1985	056S048	<	195	<	39
37.242889	140.589639	Hirata Village	1428	022S038	<	248		94
37.239222	140.911722	Hirono Town	1417	022S010	<	363		145
37.230000	140.999250	Hirono Town	1444	024S004	<	349		76
37.203722	140.989806	Hirono Town	1474	026S004		898		222
37.214056	140.941839	Hirono Town	1476	026S008	<	415		117
37.193222	140.958306	Hirono Town	1512	028S006		397		81
36.823639	140.537222	Hitachiota City	2119	072S040	<	188	<	42
37.628806	140.773111	Iitate Village	686	024N022		2.766		702
37.664222	140.732898	Iitate Village	633	028N024		2.061		529
37.664028	140.721028	Iitate Village	634	028N026		1.925		390
37.668056	140.683806	Iitate Village	608	030N028		806		173
37.690611	140.733944	Iitate Village	579	032N024		2.342		696
37.722528	140.688139	Iitate Village	523	036N028		2.141		504
37.819968	140.110130	Inawashiro Town	747	079N077	<	745		80

<sup>10</sup> UNSCEAR: Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. UNSCEAR 2013 Report. Volume I. Report to the General Assembly. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. New York 2014. Attachment C-5. MEXT survey Sr and Pu ground deposition [xls]. [http://www.unscear.org/unscear/en/publications/2013\\_1\\_Attachments.html](http://www.unscear.org/unscear/en/publications/2013_1_Attachments.html) bzw. [http://www.unscear.org/docs/reports/2013/UNSCEAR\\_2013A\\_C-5\\_MEXT\\_survey\\_Sr\\_Pu\\_ground\\_deposition\\_2014-07.xls](http://www.unscear.org/docs/reports/2013/UNSCEAR_2013A_C-5_MEXT_survey_Sr_Pu_ground_deposition_2014-07.xls).

37,612056	140,139139	Inawashiro Town	747	022N072	<	245		69
37,146167	140,458889	Ishimawa Town	1626	034S046		520		242
37,030222	140,923306	Iwaki City	1850	048S010	<	265	<	46
38,106972	140,878981	Iwanuma City	57	082N012	<	395	<	63
37,168500	140,295250	Izumizaki Village	1599	032S060		579		251
37,242500	140,340611	Kagamishi Town	1436	022S056	<	325		64
37,988028	140,772250	Kakuda City	180	068N022	<	304		50
37,516028	140,848278	Katsurao Village	905	010N016		1.168		284
37,504111	140,764444	Katsurao Village	908	010N022		522		172
37,537222	140,701444	Katsurao Village	839	014N026	<	238		65
37,591056	140,878444	Kawamata Town	757	020N028	<	296		71
37,631861	140,633750	Kawamata Town	691	024N032	<	322		109
37,662639	140,608444	Kawamata Town	637	028N034	<	275		78
37,694194	140,560306	Kawamata Town	586	032N038	<	248	<	43
37,369583	140,736250	Kawauchi Village	1162	006S024		608		381
37,331111	140,884028	Kawauchi Village	1260	012S012		923		231
37,286333	140,838722	Kawauchi Village	1318	016S016	<	193		39
37,278972	140,809722	Kawauchi Village	1355	018S018		354		134
36,778194	140,720444	Kitabaraki City	2146	078S028	<	292	<	44
37,658939	140,506028	Koori Town	338	052N042	<	379		119
37,390722	140,362444	Koriyama City	1147	004S054		720		194
37,890389	140,572278	Kunimi Town	298	056N038		335		80
37,794833	140,748083	Marumori Town	417	044N024	<	652		261
37,425694	140,488306	Miharu Town	1079	000N044	<	463		214
37,560111	140,927806	Minamisoma City	805	016N008		984		515
37,590833	140,931889	Minamisoma City	751	020N008		725		164
37,632139	140,948861	Minamisoma City	680	024N008		1.395		264
37,665556	140,893167	Minamisoma City	629	028N012		2.483		598
37,622861	140,411583	Motomiya City	887	012N050	<	332		147
38,087961	140,741531	Murata Town	76	080N024	<	317		58
37,146111	140,358389	Nakajima Village	1630	034S054	<	377		138
37,470556	140,933111	Namie Town	965	006N008		7.769		1991
37,493556	141,015194	Namie Town	931	008N002		330		56
37,489556	140,963306	Namie Town	934	008N006		2.054		496
37,520778	140,852694	Namie Town	870	012N014		9.182		2099
37,560528	140,823806	Namie Town	807	016N018		15.658		3697
37,598056	140,754111	Namie Town	754	020N022		21.685		4766
37,310500	140,968722	Naraha Town	1287	014S006	<	739		140
37,298250	140,960778	Naraha Town	1316	016S004		777		243
37,271472	140,951306	Naraha Town	1353	018S006	<	322		52
37,258444	140,997583	Naraha Town	1385	020S004	<	760		91
38,120186	140,879385	Natori City	42	084N012	<	327	<	57
37,111906	140,160111	Nishigo Village	1715	038S070	<	454		144
38,046583	140,744083	Ogawara Town	119	074N024	<	292	<	47
37,411864	141,005806	Okuma Town	1060	002S002		6.262		1461
37,408972	140,959083	Okuma Town	1092	002S006		325		94
37,414556	140,912639	Okuma Town	1094	002S010		340	<	61
37,398806	140,999056	Okuma Town	1125	004S004		2.712		621
37,279611	140,634361	Ono Town	1362	018S032	<	361	<	120
37,538139	140,368750	Otama Village	853	014N054	<	314		75
37,042111	140,508972	Samegawa Village	1827	046S042		824		216
38,057028	140,778750	Shibata Town	101	076N020	<	353	<	56
38,004961	140,462444	Shichikashuku Town	168	070N046	<	327		61
37,858833	140,912556	Shinchi Town	323	052N010	<	310		68
37,146472	140,243750	Shirakawa City	1635	034S064		499		127
37,624333	140,569361	Shiroishi City	260	060N036		1.146		248
37,796167	140,914639	Soma City	412	044N010		7.849		2426
37,303472	140,330333	Sukagawa City	1308	014S056	<	302		77
36,707583	140,718639	Takahagi City	2169	066S026	<	423		120
37,203028	140,419806	Tamakawa Village	1482	026S050		289		59
37,417917	140,824917	Tamura City	1065	000N018	<	266		40
37,458139	140,718333	Tamura City	1004	004N026		2.387		612
37,460000	140,638333	Tamura City	1007	004N032	<	264		69

Der Tabelle ist zu entnehmen, dass selbst in Fukushima City mit 350 Bq/m<sup>2</sup> Sr-89 und 70 Bq/m<sup>2</sup> Sr-90 die Bodenbelastung wesentlich höher war, als die MEXT-Daten von April 2011 suggerierten.

Die Daten der Stadt Ishimawa (520 Bq/m<sup>2</sup> Sr-89 und 242 Bq/m<sup>2</sup> Sr-90) oder der Stadt Inawashiro (245 Bq/m<sup>2</sup> Sr-89 und 69 Bq/m<sup>2</sup> Sr-90) zeigen neben Fukushima Stadt beispielhaft, dass auch außerhalb der Evakuierungszone nennenswerte Strontiumbelastungen in den Böden vorgefunden wurden.

Selbst in 195 km Entfernung vom Atomkraftwerk Fukushima wurde im Oktober 2011 in der rund 30 km nördlich von Tokio gelegenen Stadt Kashiwa noch eine Bodenbelastung von 35 Bq/kg Sr-90 gefunden. 244 km von Fukushima entfernt, fand man in der Großstadt Yokohama, ebenfalls im Ballungsgebiet von Tokio, im Juli 2011 eine Sr-90-Bodenbelastung bis zu 85 Bq/kg (vgl. nachfolgende Tabelle,

Werte in Bq/g). Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Unsicherheit der Messergebnisse immens ist, es also nach unten wie auch nach oben erhebliche Abweichungen geben kann.<sup>11</sup>

Table S1

Spot code (see Fig. 1)	Sample number	Sample type	Sample location	Coordinates (N, E)	Sampling date	Distance to damaged reactors	<sup>90</sup> Sr, Bq/g	Uncertainty (%)
A	A-S	soil	Main Gate Fukushima I	37.417158,141.024714	2011-12-21	0.88	1.07	0.66
A	A-V	vegetation	Main Gate Fukushima I	37.417158,141.024714	2011-12-21	0.88	1.14	0.54
B	B-S	soil	1.5 km from Fukushima I	37.417746,141.016817	2011-12-21	1.5	0.303	0.93
B	B-V	vegetation	1.5 km from Fukushima I	37.417746,141.016817	2011-12-21	1.5	0.388	0.96
C	C-S	soil	1.9 km from Fukushima I	37.417635,141.012247	2011-12-21	1.9	0.0318	1.21
C	C-V	vegetation	1.9 km from Fukushima I	37.417635,141.012247	2011-12-21	1.9	0.448	0.96
D	D-S	soil	4.3 km from Fukushima I	37.388743,141.008309	2011-12-21	4.3	0.232	0.9
D	D-V	vegetation	4.3 km from Fukushima I	37.388743,141.008309	2011-12-21	4.3	0.253	1.01
E	E-S	soil	Chimyo-ji temple	37.495737,141.001373	2011-12-21	8.7	0.0297	1.24
E	E-V	vegetation	Chimyo-ji temple	37.495737,141.001373	2011-12-21	8.7	0.0261	1.25
F	F-S	soil	Fukushima II NPP	37.314889,141.014156	2011-12-21	12.0	0.268	0.84
F	F-V	vegetation	Fukushima II NPP	37.314889,141.014156	2011-12-21	12.0	0.0909	1.1
G	G-S1	soil	Odaka, minami-soma	37.565875,140.992033	2011-12-21	16.4	0.067	1.1
G	G-S2	soil	Odaka, minami-soma	37.565875,140.992033	2011-12-21	16.4	0.00886	1.25
G	G-V	vegetation	Odaka, minami-soma	37.565875,140.992033	2011-12-21	16.4	0.125	1.17
H	H-S	soil	Sendai	38.269,140.869	2012-07-20	95	<0.003	
I	I-S <sup>a</sup>	soil	Kashiwa	35.880008,139.98574	2011-10-26	195	0.035	1.21
J	J-S1 <sup>b</sup>	soil	Yokohama	35.54,139.63	2011-07-25	244	0.085	1.19
J	J-S2 <sup>b</sup>	soil	Yokohama	35.54,139.63	2011-07-25	244	0.0041	1.28

### Strontium-Kontaminationen in Kraftwerksnähe

UNSCEAR zufolge wurde radioaktives Strontium (Sr-89, Sr-90) regelmäßig über ein Jahr lang nach Beginn der Katastrophe am Kraftwerksstandort messtechnisch erfasst. Die Sr-90-Konzentration war demnach um 4 Größenordnungen, d.h. 10.000 mal höher als vor dem Atomunfall.<sup>12</sup>

Sr-90-Werte bis zu 1070 Bq/kg (am Haupttor des Kraftwerks) sind der obigen Tabelle zu entnehmen. Diese Messwerte sind insbesondere für die Sicherheit und Gesundheit der Arbeiter relevant, die täglich auf dem Kraftwerksgelände ein- und ausgehen und unter Umständen größeren Mengen an radioaktivem Strontium ausgesetzt sein könnten.

### Wassergetragene Freisetzungen

Durch das Bersten der Primärkühlkreisläufe des Atomkraftwerks konnte das darin enthaltene Wasser innerhalb der Gebäude austreten. Darüber hinaus wurden im Rahmen der Notfallmaßnahmen große Wassermengen von außen zur Kühlung in die Reaktoren und Brennelementlagerbecken eingebracht. Aufgrund von Leckagen sammelte sich ein Großteil des Wassers in den Reaktorgebäuden und Maschinenhäusern und wurde teilweise nach draußen freigesetzt. Analysen zeigten Kontaminationen u.a. auch mit Strontiumisotopen.<sup>13</sup>

<sup>11</sup> Steinhauser G, Schauer V, Shozugawa K (2013) Concentration of Strontium-90 at Selected Hot Spots in Japan. PLoS ONE 8(3): e57760. doi:10.1371/journal.pone.0057760. Table S1. [http://s3-eu-west-1.amazonaws.com/files.figshare.com/980892/Table\\_S1.docx](http://s3-eu-west-1.amazonaws.com/files.figshare.com/980892/Table_S1.docx).

<sup>12</sup> UNSCEAR: Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. UNSCEAR 2013 Report. Volume I. Report to the General Assembly. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. New York 2014. p. 150. par. B72.

<sup>13</sup> GRS: Fukushima Daiichi. 11. März 2011. Unfallablauf. Radiologische Folgen. 3. Auflage 2014. S. 36.

Neben Leckagen an Lagertanks führen auch Undichtigkeiten in den Gebäuden dazu, dass sich kontaminiertes Wasser mit dem Grundwasser durchmischt und in die Umwelt gelangt.

Die japanische Atomaufsichtsbehörde NISA berichtete, dass bei einer Grundwasser-Probe am Reaktor 2, genommen am 18. Mai 2011, hohe Strontium-Werte gemessen wurden: 19.000 Bq/l Strontium-89 und 63.000 Bq/l Strontium-90.<sup>14</sup>

Noch im Februar 2014 berichtete TEPCO von Strontium-90-Konzentrationen von bis zu 5.000.000 Bq/l.<sup>15</sup>

Nach Angaben des National Institute of Radiological Science (NIRS) wurden durch Fukushima 2,2 PBq radioaktives Strontium in den Pazifik freigesetzt. Weitere 8,6 PBq Radiostrontium befinden sich laut NIRS in stehendem Wasser in den Reaktorgebäuden, den Turbinengebäuden, in diversen unterirdischen Tunneln sowie in den Wassertanks. Zwar gäbe es Leckagen, doch seien hiervon dadurch keine signifikanten Mengen in die Umwelt freigesetzt worden.<sup>16</sup>

Vor dem Hintergrund, dass NIRS die Freisetzung von Radiostrontium in die Atmosphäre mit nur 0,139 PBq angibt,<sup>17</sup> anstelle der offiziell eingeräumten 2,1 PBq, stellt sich die Frage, ob die von NIRS angegebenen Freisetzungsmengen in den Pazifik glaubhaft sind.

#### Aktivitätskonzentrationen im Meer

Gewaltige kontaminierte Wassermengen wurden bislang „kontrolliert“ bzw. „unkontrolliert“ in den Pazifik geleitet. Bis heute gibt es regelmäßige Berichte über nennenswerte Ableitungen vom Kraftwerksstandort ins Meer.<sup>18</sup> Auch der Kraftwerksbetreiber Tepco berichtet regelmäßig über gravierende Probleme mit der Freisetzung u.a. von Strontium.<sup>19</sup>

Zur Ermittlung der Kontamination von Meerwasser und Fischereierzeugnissen führen sowohl der Betreiber als auch die Behörden regelmäßig Messungen der Aktivitätskonzentration u. a. von Jod, Cäsium, Strontium und Tritium in der Umgebung der Anlage Fukushima Daiichi durch. Anfang 2014 beispielsweise wurden im 2-km Radius um die Anlage Fukushima Daiichi Gesamtbeta-Aktivitäten in der Größenordnung bis zu 10 Bq/l und somit „radiologisch relevante Konzentrationen im Meerwasser“ nachgewiesen.<sup>20</sup>

---

<sup>14</sup> Jiji-Press, 12.6.2011, "Radioactive Strontium Detected in Fukushima N-Plant Groundwater". <http://jen.jiji.com/jc/eng?g=eco&k=2011061200225>.

<sup>15</sup> GRS: Fukushima Daiichi. 11. März 2011. Unfallablauf. Radiologische Folgen. 3. Auflage 2014. S. 40.

<sup>16</sup> National Institute of Radiological Sciences (NIRS): Strontium-90 contamination, analysis and difficulties related to the Fukushima nuclear accident. N. Kavasi, S.K. Sahoo, H. Arae, A. Takamasa, T. Aono, S. Yoshida. June 18, 2014. p. 8.

<sup>17</sup> National Institute of Radiological Sciences (NIRS): Strontium-90 contamination, analysis and difficulties related to the Fukushima nuclear accident. N. Kavasi, S.K. Sahoo, H. Arae, A. Takamasa, T. Aono, S. Yoshida. June 18, 2014. p. 8.

<sup>18</sup> Vgl. Z.B.: Energy News: Deadly" radioactive material up around 50,000,000% at Fukushima plant in recent months. Strontium-90 spikes to record level near ocean outside Reactor No. 2. December 5th, 2014. <http://ennews.com/deadly-strontium-spikes-record-levels-fukushima-reactor-50000000-recent-months-chart>. Letzter Zugriff: Januar 2015.

<sup>19</sup> Tepco: Detailed Analysis Results in the Port of Fukushima Daiichi NPS, around Discharge Channel and Bank Protection. Nov. 27, 2014. Most recent report on Strontium-90 concentration in underground observation hole No. 1-17: [http://www.tepco.co.jp/en/nu/fukushima-np/f1/smp/2014/images/2tb-east\\_14112701-e.pdf](http://www.tepco.co.jp/en/nu/fukushima-np/f1/smp/2014/images/2tb-east_14112701-e.pdf). Letzter Zugriff: Januar 2015.

<sup>20</sup> GRS: Fukushima Daiichi. 11. März 2011. Unfallablauf. Radiologische Folgen. 3. Auflage 2014. S. 40.

Vor allem für die marine Fauna spielt die Strontiumkontamination eine relevante Rolle, da das Isotop in der Nahrungskette akkumulieren und dem Menschen als Konsument von Meeresfrüchten und Fisch dadurch gefährlich werden kann.

### Biologische Strahlenwirkung der Strontium-Isotope

Das besondere Risiko der Strontiumisotope besteht darin, dass sie im Körper wie Kalzium verstoffwechselt und daher konzentriert in die Knochen eingelagert werden und dort für lange Zeit verbleiben können.

Sr-89 und Sr-90 sind sog. Beta-Strahler und schießen daher Elektronen ins umliegende Gewebe ab. Durch die konstante Bestrahlung können sie im Knochen zur Bildung bösartiger Tumore führen und im blutbildenden Knochenmark zudem Leukämien und andere Blutkrankheiten auslösen. Gefährdet ist auf Grund seiner Lage nahe der Beckenknochen auch der untere Dickdarm.

Die physikalische Halbwertszeit von Sr-89 beträgt 50,5 Tage, die von Sr-90 29,1 Jahre. Die biologische Halbwertszeit beider Isotope im menschlichen Körper beträgt 35,6 Jahre, in Knochen sogar 49,3 Jahre. 30% der löslichen Strontium-Salze werden im mineralischen Anteil des Knochens und somit dort verbleibend, eingebaut.<sup>21,22</sup>

Aufgrund der langen physikalischen und biologischen Halbwertszeiten bestrahlt das einmal eingelagerte Sr-90 den Körper praktisch ein Leben lang von innen. Die Bestrahlung durch Sr-89 klingt aufgrund der begrenzten physikalischen Halbwertszeit innerhalb von Monaten ab.

Die folgende Tabelle zeigt die offiziellen Dosiskoeffizienten für Ingestion (Sv/Bq), also die Dosisbelastung bei der Aufnahme von Strontiumisotopen mit der Nahrung.

#### Dosiskoeffizienten für Ingestion - Effektivdosis (Sv/Bq)

	Kinder < 1 Jahr	Kinder 1 - 2 Jahre	Kinder 2 - 7 Jahre	Kinder 7 - 12 Jahre	Jugendliche 12-17 Jahre	Erwachsene > 17 Jahre
Sr-89	<b>3,6E-08</b>	1,8E-08	8,9E-09	5,8E-09	4,0E-09	2,6E-09
Sr-90	<b>2,3E-07</b>	<b>7,3E-08</b>	<b>4,7E-08</b>	<b>6,0E-08</b>	<b>8,0E-08</b>	<b>2,8E-08</b>
zum Vergleich:						
Cs-134	<b>2,6E-08</b>	1,6E-08	1,3E-08	1,4E-08	1,9E-08	1,9E-08
Cs-137	<b>2,1E-08</b>	1,2E-08	9,6E-09	1,0E-08	1,3E-08	1,3E-08

Es zeigt sich, dass bei gleicher Aktivitätsaufnahme das Gesundheitsrisiko durch Sr-90 größer ist als das von Sr-89 und nochmals größer als das von Radiocäsium.

### UNSCEAR ignoriert die Strontium-Problematik

UNSCEAR klammert in seinem Fukushima-Bericht von April 2014 die Strontium-Problematik fast vollständig aus.<sup>23</sup>

Zahlreiche Sektionen der internationalen IPPNW kritisierten in einer kritischen Analyse, dass UNSCEAR auf Grund der geringeren Freisetzungen gegenüber Cäsium-

<sup>21</sup> International Radiation Protection Association (IRPA) : Sr-89. 2.3.89. Daten und Fakten zum Umgang mit Radionukliden und zur Dekontamination in Radionuklidlaboratorien. Loseblattsammlung. Stand : Oktober 1996.

<sup>22</sup> IRPA: Sr-90. 2.3.90.

<sup>23</sup> UNSCEAR: Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. UNSCEAR 2013 Report. Volume I. Report to the General Assembly. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. New York 2014. p. 150. par. B72.

137 die Strontium-Isotope nicht in ihre Abschätzung der Kollektivdosis der Bevölkerung einbezogen hat. Diese bedauernswerte Unterlassung rechtfertigte UNSCEAR damit, dass zu Beginn ihrer Arbeit an dem Bericht 2012 die ersten Strontiummessungen noch nicht vorgelegen hätten.<sup>24</sup> Die IPPNW verweist darauf, dass zwischen Mai 2012 und April 2014 immerhin fast zwei Jahre lagen, in denen man das Versäumnis hätte nachholen können.<sup>25</sup>

#### Dosisbelastung laut National Institute of Radiological Science

Das National Institute of Radiological Science (NIRS) hingegen veröffentlichte 2014 eine Schätzung der Dosisbelastung. Demnach ist außerhalb der Evakuierungszone mit maximal „tens of  $\mu\text{Sv}$ “ pro Jahr aufgrund der Strontium-Freisetzen zu rechnen:<sup>26</sup>

*“Considering uncertainties and applying overestimation, the maximum range of the average annual effective dose originating from radiostrontium isotopes released by the Fukushima accident and excluding the restricted area is **tens of  $\mu\text{Sv year}^{-1}$ .**”*

Wie oben dargestellt, sind Angaben des National Institute of Radiological Science über die Freisetzung von Radiostrontium vermutlich viel zu niedrig angesetzt. Die durch Strontium bedingte Dosisbelastung könnte daher deutlich höher liegen.

#### Fazit

Die öffentlich zugänglichen Daten zur Freisetzung und Kontamination von Nahrungsmitteln mit Strontium sind völlig unzulänglich. Da der Strontiumgehalt von Nahrungsmitteln technisch schwerer messbar ist als der von beispielsweise Cäsium, wird er meist an Hand von Rechenmodellen abgeschätzt oder, wie im Falle des UNSCEAR-Berichts, schlichtweg ignoriert.<sup>27</sup>

Angesichts der besonderen Gefährlichkeit von radioaktivem Strontium ist es dringend erforderlich, alle erhobenen Daten und Informationen öffentlich zugänglich zu machen. Ebenso ist auch eine hinreichend genaue Abschätzung der Dosisbelastung der Bevölkerung durch radioaktives Strontium dringend notwendig.

---

<sup>24</sup> Rapporteur's report from the 59th session of UNSCEAR, Vienna, 21-25 May 2012". June 8th, 2012. UNSCEAR/59/14/Rev.1. Document R.691. p. 23.

<sup>25</sup> IPPNW: Critical Analysis of the UNSCEAR Report "Levels and effects of radiation exposure due to the nuclear accident after the 2011 Great East-Japan Earthquake and tsunami". Alex Rosen, IPPNW Germany, Yuri Hiranuma, Alfred Meyer & John Rachow, PSR USA. June 5th, 2014. p 8.

<sup>26</sup> National Institute of Radiological Sciences (NIRS): Strontium-90 contamination, analysis and difficulties related to the Fukushima nuclear accident. N. Kavasi, S.K. Sahoo, H. Arae, A. Takamasa, T. Aono, S. Yoshida. June 18, 2014. S. 13.

<sup>27</sup> Steinhauser G et al.: Concentration of Strontium-90 at Selected Hot Spots in Japan. PLoS ONE 8(3): e57760, 2013. <http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0057760>.