

grund der Tragödie erahnen. Er sei sich sicher, sagt er, dass er zu seinen Lebzeiten nicht mehr dorthin zurückkehren könne.

Als wir eine verspätete Mittagspause machen in einem sogenannten „Family Restaurant“, einem Kettenrestaurant mit moderaten Preisen und überwiegend europäischen Speisen, das erstaunlich gut besucht ist, stellen wir unseren Gastgebern einige Fragen, um unsere Wissens- und Informationslücken zu füllen. Zum Beispiel wie das Informationszentrum organisiert wird und was sie so machen. Sowohl die freundlich wirkende Halle, in der wir eine Diskussionsrunde hatten, als auch der Aufenthaltsraum, in dem wir danach eine Art Festessen einnahmen, waren von den Initiativen selber gebaut worden. Holz, Balken und Ziegel wurden gespendet. Viele haben tatkräftig mitgearbeitet auf der Baustelle. Das Atomunfall-Informationszentrum ist

für alle, die sich in ihrer Umgebung oder in ihrer Nachbarschaft nicht frei genug fühlen, eine Art Anlaufstelle, in der sie sich ermutigt fühlen, über ihre Sorgen, Ängste, ihren Kummer und ihre Probleme offen zu reden und sich über ihre Erfahrungen und Meinungen auszutauschen. Sie informieren sich, bilden sich, unterhalten sich, diskutieren darüber, was sie machen oder wie sie manche Probleme lösen könnten, und feiern natürlich auch mit Sake und hausgemachten Köstlichkeiten. So teilen sie Freude am Leben miteinander.

Wir werden anschließend über die Autobahn zu unserem Ausgangspunkt Shinkansen-Bahnhof Shin-Shirakawa gebracht. Da wir nicht einmal die beiden Herren zum Mittagessen einladen durften, die den ganzen Tag für uns geopfert und uns ihre verlorene Heimat gezeigt haben, wollen wir wenigstens Benzingeld geben, aber sie sind strikt da-

gegen. „Von unseren Gästen, die extra von so weit weg gekommen sind, können wir unmöglich so etwas annehmen“, sagen sie. Auf unsere mehrfache Bitte hin, dann wenigstens eine Spende für das Informationszentrum anzunehmen, dürfen wir den Umschlag schließlich bei den beiden lassen.

Bald sind tatsächlich fünf Jahre seit der dreifachen Katastrophe vergangen. Die Schreckensnachrichten hatten uns stufenweise erreicht, zuerst das Erdbeben, dann der Tsunami und schließlich die Explosionen von Fukushima Daiichi. Wahrscheinlich kommen nicht mehr so viele provozierende, schockierende Bilder wie gleich nach der Flut und den Explosionen, aber die bedrohlichen, wirklich in Angst versetzenden Nachrichten dauern an. Die gravierenden und heillosen Folgen kommen still und bleiben, werden schlimmer, während die anderen, die diese

Bilder nicht in der unmittelbaren Nähe mit ansehen, Fukushima vergessen. Die Bilder, die ich während meines kurzen Aufenthalts gesehen habe, die Geschichten, die ich dort angehört habe, wirken in mir lange nach. Ich sehe immer noch vor mir die schönen orangenen Kakifrüchte am Baum vor Herrn Kannos Haus. Und ich kann nicht aufhören, an die blauen Plastiksäcke daneben zu denken, in denen das vergegenständlichte Leben von Kanno-san zum radioaktiven Müll geworden ist. Es ist die Aufgabe der „anderen“ wie mir, zu versuchen, diese stillen Tragödien zu begreifen und zu bedenken, dass sie auf keinen Fall wiederholt werden dürfen. Ich bin während des kurzen Aufenthaltes reichlich beschenkt und unendlich dankbar, dass ich herkommen durfte. Aber vor allem habe ich erneut begriffen, dass ein Blick mehr als tausend Worte wiegt. ●

## Folgen von Fukushima

# Messungen zeigen deutlich höhere Kontaminationen als Simulationsrechnungen

## Zusätzliche Kontamination durch Radiocäsium und Strontium-90 in Minamisoma-shi nach Schutt- und Erdarbeiten auf dem Gelände von Fukushima Dai'ichi im August 2013

Minamisoma-shi ist eine Verbundgemeinde aus mehreren früher selbständigen ländlichen Kleinstädten. Entsprechend ist das Siedlungsbild: lockere Bebauung wechselt sich ab mit eher städtischen Zentren, dazwischen Reisfelder, Obstplantagen, Gewächshäuser und andere Zeugnisse kommerzieller Landwirtschaft. Die Gemeinde liegt etwa 30 Kilometer nördlich der Unfallstelle von Fukushima Dai'ichi. Das Gebiet der Gemeinde wird in den meisten Teilen offiziell als gering kontaminiert angesehen.

Diese Ansicht wurde bereits im Dezember 2011 durch zwei pflanzliche Proben in Frage gestellt, die einen hohen Gehalt an Strontium-90 und ein Verhältnis Plutonium-239 zu Plutonium-240 aufwiesen, wie es für Reaktorplutonium charakteristisch ist. Weitere derartige Funde mit unerwartet hohem Verhältnis von Strontium-90 zu Cäsium-137 und von Plutonium mit „Reaktorfingerabdruck“ kamen im Laufe der Zeit hinzu.

Da der havarierte Reaktor als stabilisiert gilt, müssen Be-

funde, die nicht in das bisherige Bild der Verteilung der radioaktiven Kontamination durch den Unfall passen, erklärt werden.

Eine international zusammengesetzte Gruppe von Wissenschaftlern unter der Leitung des Japaners Akio KOIZUMI von der Universität Kyoto untersuchte die Hypothese, daß – speziell im August 2013 – Schuttrüumarbeiten auf dem Kraftwerksgelände radioaktiv belasteten Staub aufgewirbelt hätten, der dann durch Wind und Niederschlag die am südlichen Rand von Minamisoma-shi festgestellten zusätzlichen Kontaminationen verursacht hätte. [1]

Die Wissenschaftler nutzten dazu die Daten von seit Oktober 2012 betriebenen Luftfiltern in der weiteren östlichen und nordöstlichen Umgebung des Unfallgeländes, in denen der Staub aufgefangen und wöchentlich analysiert wird. Typische Werte werden seit-

her mit zwischen 0,04 und 0,95 Milli-Becquerel Cäsium-134 plus Cäsium-137 pro Kubikmeter Luft gemessen ( $\text{mBq/m}^3$ ). Vor dem Unfall von Fukushima lagen sie im Mikro-Becquerel-Bereich – also um den Faktor 1.000 geringer –, hauptsächlich Restbestände aus den oberirdischen Atomwaffentests, wie die Autoren schreiben.

Im Mai und Juni 2013 verzeichnete das in Haramachi (Minamisoma-shi) aufgestellte Geräte deutlich Spitzen der Luftbelastung um die 5 Milli-Becquerel, und am 19. August 2013 einen Höchstwert mit 26,3 Milli-Becquerel pro Kubikmeter Luft.

Zeitgleich waren um den Reaktor 3 von Fukushima Dai'ichi herum Erd- und Schuttarbeiten durchgeführt worden, wobei zwei Arbeiter hohen Strahlendosen ausgesetzt waren. Die japanische Atomaufsichtsbehörde NRA hatte die bei diesen Arbeiten

freigesetzte Gesamtradioaktivität abgeschätzt und mit 110 Milliarden Becquerel angegeben. [2]

Unter Zugrundelegung eines daraus errechneten Quellterms von 77 Milliarden Becquerel für Cäsium-137 und mit Hilfe eines Dispersions- und Niederschlagssimulationsmodells (Weather Research and Forecasting/Chemistry; Version 3.6.1) fanden die Forscher nach Abgleich mit tatsächlich gemessenen Werten der Luftfilter heraus, daß die NRA die Freisetzungen um mindestens das 3,61-fache unterschätzt haben dürfte. Nach NRA-Schätzungen hätten in dem Luftfilter in Haramachi/Minamisoma-shi über die Woche zwischen dem 15. und 22. August 2013 gemittelt, nur 5,09 mBq/m<sup>3</sup> Cäsium-137 gefunden werden dürfen, tatsächlich waren es 18,4 mBq/m<sup>3</sup>.

Für den Luftfilter in Tamano/Soma-shi, fast 50 Kilometer nordwestlich des Reaktorgebietes gelegen, ergab sich eine Unterschätzung um den Faktor 4,35.

Die Präfektur Fukushima gibt monatliche Meßdaten zum zu-

sätzlichen Niederschlag von Cäsium-137 an ausgewählten Meßpunkten bekannt. Diese haben die Forscher mit der eigenen Modellierung verglichen, die sie zuvor um den Faktor 3,61 korrigiert hatten. In Haramachi/Minamisoma wurde demnach im August 2013 ein Niederschlag von 190 Becquerel Cäsium-137 pro Quadratmeter Bodenfläche (Bq/m<sup>2</sup>) gemessen. Die Simulation hätte nur einen Wert von 116 Bq/m<sup>2</sup> erwarten lassen, das sind 61 Prozent des tatsächlichen Wertes.

Am Meßpunkt Koriyama in der Gemeinde Futaba-machi, 3 Kilometer vom Reaktorgebiet entfernt, gingen im August 2013 sogar 24.000 Bq/m<sup>2</sup> Cäsium-137 nieder. Hier hatte auch die korrigierte Simulation nur 702 Bq/m<sup>2</sup> erwartet, knapp 3 Prozent des gemessenen Wertes.

Im Zentrum der simulierten radioaktiv belasteten Staubwolke, im südlichen Minamisoma, haben die Forscher zusätzlich 21 Bodenproben entnommen und auf Cäsium-134, Cäsium-137, Plutonium-239 und Plutonium-240 sowie Strontium-90 untersucht.

Leider werden nur die gefundenen Cäsiumwerte, das Verhältnis der beiden Plutoniumwerte und aus nicht diskutierten Gründen Kalium-40 mitgeteilt. [3] Die Aussagen zum Strontium-90 beschränken sich auf eine ausführliche Darstellung des Nachweisverfahrens und eine einzige Angabe im Abstract. Der höchste gefundene Wert liegt demnach bei  $78 \pm 8$  Becquerel pro Kilogramm Erdboden (Bq/kg); das Verhältnis Strontium-90 zu Cäsium-137 sei mit 0,04 (= 4:100) sehr hoch, wird erklärt. Solche Werte finde man sonst nur in der nächsten Umgebung des Reaktors, schreiben die Autoren.

Das japanische Ministerium für Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT) hatte zuvor die Ansicht vertreten, das Verhältnis Strontium-90 zu Cäsium-137 in dem auf dem Erdboden abgelagerten Fallout liege überwiegend bei 1:1.000 (= 0,001). [4]

1. Steinhauser, Georg; Niisoe, Tamon; Harada, Kouji H.; Shozugawa, Katsumi; Schneider, Stephanie; Symal, Hans-Arno; Walther, Clemens; Christl, Marcus; Nanba, Kenji; Ishikawa, Hi-

rohiko und Koizumi, Akira: Post-Accident Sporadic Releases of Airborne Radionuclides from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Site. Environmental Science and Technology Vol. 49 (2015), 14028 – 14032. DOI: 10.1021/acs.est.5b03155.

<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.est.5b03155>

Die Autorinnen und Autoren gehören zu folgenden Institutionen: Colorado State University, USA; Universität Kyoto, Japan; Universität Tokyo, Japan; ETH Zürich, Schweiz; Leibniz Universität Hannover, Deutschland; Universität Fukushima, Japan. Finanzielle Unterstützung leisteten die Japan Society for the Promotion of Science, Bousaiken sowie die Nuclear Regulatory Commission der USA.

2. [www.nsr.go.jp/data/000051154.pdf](http://www.nsr.go.jp/data/000051154.pdf) (in japanischer Sprache; hier zitiert nach dem besprochenen Artikel)

3. Supplementary information, Figure S2, Table S1 und Table S3

4. Das Verhältnis Strontium-90 zu Cäsium-137 ist im Gebiet der Stadt Soma besonders hoch. Strahlentelex 618-621 v. 4.10.2012, S. 2-5,

[www.strahlentelex.de/Stx\\_12\\_618-621\\_S02-05.pdf](http://www.strahlentelex.de/Stx_12_618-621_S02-05.pdf)

## Folgen von Fukushima

### Immer noch und schon wieder Probleme mit dem Wasser in Fukushima Dai'ichi

An der Meeresseite des Kraftwerks Fukushima Dai'ichi war 2015 eine 780 Meter lange Spundwand errichtet worden, um das Auslaufen von kontaminiertem Grundwasser in den Pazifik zu verhindern. Zwischen Wand und Kraftwerk wurden fünf Brunnen eingerichtet, aus denen das Wasser hochgepumpt, analysiert und – sofern zulässig – ins Meer abgepumpt werden sollte.

Vier der fünf Brunnen wiesen so hohe radioaktive Belastun-

gen auf, daß eine Einleitung ins Meer erst nach einer Dekontamination des Wassers zulässig gewesen wäre. Diese scheiterte jedoch an der zu geringen Kapazität entsprechender Anlagen und auch am unerwartet hohen Salzgehalt des heraufgepumpten Wassers. Für Salz- oder Brackwasser waren die Anlagen nicht ausgelegt.

Da die Spundwand sich unter dem Wasserdruck zu verformen begann, mußte man wieder darauf zurückgreifen, das

kontaminierte Wasser heraufzupumpen und in Tanks abzulagern. Mittlerweile liegt das zu bewältigende Wasseraufkommen, das man eigentlich auf 150 Tonnen pro Tag hatte vermindern wollen, wieder bei 300 Tonnen pro Tag, in der Spitze sogar bei 400 Tonnen, wie Mainichi Shimbun am 31. Dezember 2015 berichtete. [1]

Im Laufe des Jahres 2016 hofft der Betreiber Tepco, das Grundwasser, das die Reaktorgebäude durchströmt, auf eine Menge von 100 Tonnen pro Tag zu reduzieren und eine für mehrere Arten von Radionukliden geeignete Dekontaminationsanlage namens ALPS in Betrieb zu nehmen. Die „Zunahme des kontaminierten Wassers“ solle bis zur Olympiade in Tokyo 2020 auf

„fast Null“ reduziert werden, teilte MASUDA Naohiro, der Leiter der Dekontaminationsarbeiten, auf einer Pressekonferenz mit.

Auf die Probleme, die die Lagerung von verbrauchtem und kontaminiertem Kühlwasser verursacht, weist ein Artikel in Tokyo Shimbun vom 6. Januar 2016 hin [2]:

Das verbrauchte Kühlwasser wird mit speziellen Chemikalien versetzt, die radioaktive Partikel binden sollen, und erhält dadurch eine schlammartige Konsistenz. In dieser Form wird es in besonders robusten Tanks von 1,5 Metern Durchmesser und 1,8 Metern Höhe gelagert.

Im April 2015 wurde erstmals festgestellt, daß sich durch