Zeitschrift: Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles = Bulletin der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg

Herausgeber: Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles

Band: 102 (2013)

Artikel: WHO-Berichte zum Reaktorunfall von Fukushima

Autor: Völkle, Hansruedi

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-391958

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

WHO-Berichte zum Reaktorunfall von Fukushima

HANSRUEDI VÖLKLE
Physikdepartement der Universität Freiburg

Das Ereignis

Am 11. März 2011 ereigneten sich im japanischen Kernkraftwerk *Fukushima-Daiichi* schwere Reaktorunfälle mit Kernschmelze und Freisetzung grosser Mengen an Radioaktivität in Luft, Gewässer und in das Meer. Diese Anlagen werden von TEPCO (*The Tokyo Electric Power Company Inc.*) betrieben. Vier von sechs Reaktorblöcken wurden weitgehend zerstört. Der Unfall wurde in der höchsten INES-Stufe 7 klassiert *(INES = International Nuclear Event Scale der IAEA).*

Ursache war ein Tsunami, ausgelöst durch das *Tōhuku*-Seebeben vor der japanischen *Sanriku*-Küste mit der Magnitude 9, der zu einem vollständigen Blackout und, als Folge des Ausfalls der Kernkühlung, zu einer Überhitzung mit Kernschmelze und Explosionen führte. Zwar wurden die Reaktoren bereits beim Beben automatisch abgeschaltet, also die nukleare Kettenreaktion gestoppt *(die Reaktorblöcke 5 und 6 waren zu diesem Zeitpunkt für Revisionsarbeiten ausser Betrieb und bei Block war der Kern vollständig ausgeräumt und alle Brennelemente im Brennelementbecken)*, da jedoch die Verbindung zum Stromnetz unterbrochen und zudem die Diesel-Notstromgeneratoren infolge Überschwemmung durch den Tsunami nicht mehr betriebsfähig waren, konnten die Reaktoren nicht mehr gekühlt werden. Weil die Zerfalls-Nachwärme der Brennelemente nicht abgeführt werden konnte, kam zur Überhitzung derselben und zur Kernschmelze mit den genannten Folgen.

Es kam auch zur Wasserstoffexplosionen, deren Ursachen war folgende waren: Die Brennelementhüllen bestehen aus einer Zirkon-Legierung. Bei Temperaturen über 1000 °C reagiert Zirkon mit dem umgebenden Wasserdampf und bildet Zirkon-Oxyd und Wasserstoff. Diese Reaktion ist exotherm, es wird somit zusätzliche Energie frei, welche die Brennstäbe weiter aufheizt. Bei steigender Temperatur nimmt die Reaktion an Stärke zu und die Wasserstoffproduktion steigt. Viele Reaktoren haben Vorrichtungen um diesen Wasserstoff mit Katalysatoren zu neutralisieren. In Fukushima gab es solche Installationen jedoch nicht weshalb es zu Explosionen kam.

Die WHO-Berichte

Zu den radiologischen Folgen dieser schweren Reaktorkatastrophe hat die WHO (Weltgesundheitsorgansation: *World Health Organization*) bisher zwei Berichte veröffentlicht. Einen ersten 2012 mit dem Titel ***«Preliminary Dose Estimations»*** (ISBN 978 92 4 150366 2) sowie einen zweiten 2013 ***«Health Risks Assessment»*** (ISBN 978 92 4 150513 0). Diese Berichte sind auf der WHO-Webseite auch in elektronischer Form verfügbar.

Verfasser beider Berichte war jeweils ein grösseres, internationales Expertenteam, unterstützt durch WHO-Fachleute und weitere, ebenfalls internationale Beobachter und Fachleute von andern UNO-Organisationen wie der IAEA *(International Atomic Energy Agency)* und der FAO *(Food and Agricultural Organization)*. Es wird darauf hingewiesen, dass es sich um eine erste, vorläufige Berechnung der Strahlenexposition und Bewertung der radiologischen Folgen durch internationale Experten handle und dass UNSCEAR*) angekündigt habe, 2013 einen umfassenderen Bericht der UNO-Generalversammlung vorzulegen *(Zum Zeitpunkt der Verfassung dieses Aufsatzes, war der UNSCEAR-Bericht allerdings noch nicht erschienen).*

Die wichtigsten Folgerungen der beiden WHO-Berichte werden nachfolgend zusammengefasst.

Beim ersteren der beiden Berichte ***«Preliminary Dose Estimations»*** handelt es sich um eine, aufgrund der dannzumal, d.h. bis Mitte September 2011 verfügbaren Daten, durchgeführte vorläufige Ermittlung der Strahlenexposition der betroffenen Bevölkerung durch diesen Unfall, und zwar so-

wohl der effektiven Dosen als auch der Schilddrüsendosen durch radioaktives Jod. Die Rechnungen basieren, wo immer möglich, auf Messwerten aus der Umgebung von *Fukushima* und von Lebensmitteln, ergänzt durch Modellrechnungen, dort wo Daten nicht verfügbar waren, unter Verwendung der aktuellen dosimetrischen und biokinetischen Rechenmodelle. Dabei wurden verschiedene Bevölkerungsgruppen berücksichtigt wie Kleinkinder, Kinder, Erwachsene aber auch die betroffenen TEPCO-Mitarbeiter, dann auch alle möglichen Expositionspfade, also Strahlung aus der Wolke, vom Boden sowie über Ingestion und Inhalation. Die Ergebnisse werden für die verschiedenen Gruppen und Regionen in Form von Dosisbändern für, wie es der Bericht nennt, *«Characteristic Individuals»* angegeben.

Die zwei Hauptergebnisse sind, wie der Bericht betont auf der Basis konservativer Annahmen, die folgenden:

1) Die gesamte effektiven Dosen in den beiden Orten der Präfektur Fukushima *Namie Town* und *Itate Village* mit der höchsten Belastung durch den Unfall liegen für das erste Folgejahr in einen Dosisband zwischen 10 und 50 milli-Sievert. In diesen beiden Orten kommt der grösste Dosisanteil aus der externen Bestrahlung. In den übrigen stark belasteten Gebieten der Präfektur *Fukushima* liegen die Dosen in einem Band zwischen 1 und 10 milli-Sievert, im übrigen Staatsgebiet von Japan in einem Bereich zwischen 0.1 und 1 milli-Sievert und im Rest der Welt *(meist weit)* unter 0.01 milli-Sievert.

2) Die Schilddrüsendosen der Bevölkerung in den am stärksten exponierten Gebieten der Präfektur *Fukushima* liegen in einem Dosisband von 10 bis 100 milli-Sievert. Lediglich an einer ganz bestimmten Stelle hätten sich Schilddrüsendosen von 1-jährigen Kindern in einem Bereich zwischen 100 und 200 milli-Sievert ergeben, wobei hier die Inhalation den grössten Beitrag zur Dosis geliefert hätte. Für die übrigen Gebiete von Japan wird ein Bereich von 1 bis 10 milli-Sievert angegeben, für den Rest der Welt ein Wert *(meist weit)* unter 0.01 milli-Sievert.

Interessant ist der Hinweis, dass ausserhalb der meistbetroffenen Gebiete der Präfektur *Fukushima* die Exposition über Ingestion der dominante Belastungspfad gewesen sei, da die externen Dosen dort klein waren. Weiter wird betont, dass es sich um eine vorläufige Abschätzung der Strahlendosen handle und erst weitere Messdaten (u.a. von Lebensmitteln) und der Einbezug aller Informationen über die getroffenen Schutzmassnahmen sowie über deren Einhalten und Wirksamkeit bessere Angaben liefern können. Mit den genannten Einschränkungen können diese Dosisberechnungen jedoch als genügend robust bezeichnet werden.

Der zweite Bericht: ***«Health Risks Assessment»*** befasst sich mit den möglichen gesundheitlichen Konsequenzen des Unfalles auf die betroffene Bevölkerung und die TEPCO-Mitarbeiter, dies um eine Optimierung der weiteren Schutzmassnahmen zu ermöglichen. Der Bericht geht dabei von den Ergebnissen des bereits genannten, ersten Berichtes aus, wobei Experten aus den Bereichen Risiko-Modelle, Epidemiologie, Dosimetrie, Strahlenwirkung und Gesundheitswissenschaften beigezogen wurden. Basis sind Art und Zusammensetzung der freigesetzten Radioaktivität, wissenschaftliche Erkenntnisse über die biologische Strahlenwirkung, Risikofaktoren bezüglich der altersabhängigen Krebsinduzierung durch Strahlung, Dosisermittlungen in den verschiedenen betroffenen Gebieten und Personengruppen, dies sowohl bei der betroffenen Bevölkerung als auch bei den Mitarbeiter von TEPCO. Diese Überlegungen wurde für beide Geschlechter getrennt sowie für die verschiedenen Altersklassen 1-jährig, 10-jährig und Erwachsene (20-jährige) durchgeführt, wobei auch eine Kumulation der Strahlenexposition über die 15 folgenden Jahre einbezogen wurde. Für die Mitarbeitenden von TEPCO wurden drei Altersklassen betrachtet: 20-jährige, 40-jährige und 60-jährige.

Grundsätzlich muss bei Radioaktivitätsfreisetzungen nach einem schweren Reaktorunfall mit einer Erhöhung der Krebsinzidenz gerechnet werden. Der Zusammenhang zwischen Strahlenexposition

und Krebsinzidenz ist jedoch komplex und hängt von vielen Faktoren ab: nicht nur von der Dosis sondern auch von der Dauer der Exposition, vom Alter bei der Exposition, vom Geschlecht und ist für verschiedene Krebserkrankungen sehr unterschiedlich.

Man nennt solche Strahlenfolgen, bei denen das Krebsrisiko erhöht wird oder Missbildungen bei den Nachkommen bestrahlter Personen auftreten, ***deterministische Effekte***. Sie sind dadurch gekennzeichnet, dass das Erkrankungsrisiko mit steigender Dosis zunimmt und es keine untere Schwelle gibt unterhalb der diese Folgen nicht auftreten könnten. Das Risiko beginnt somit bei Dosis Null. Bei kleinen Dosen ist allerdings mit einer erheblichen Unsicherheit bei dieser Risikoabschätzung zu rechnen und die ICRP (*International Commission on Radiological Protection*) ausdrücklich davor, im Niedrigdosisbereich Berechnungen von hypothetischen Krebs- oder Todesfällen zu berechnen.

Andere Strahlenfolgen, vor allem Organ- und Gewebeschäden, die erst bei höheren Dosen auftreten, nennt man ***stochastische Effekte***. Bei diesen nimmt die Schwere des Schadens und nicht dessen Eintretenswahrscheinlichkeit mit der Dosis zu und es gibt eine untere Schwelle, unterhalb der solche Schäden nicht auftreten. Solche Effekte seien, gemäss WHO, bei den nach FUKUSHIMA aufgetretenen Dosen hingegen mit grosser Wahrscheinlichkeit nicht zu erwarten. Dies gälte gemäss WHO ebenso für Missbildungen bei Föten, spontane Aborte oder Fehlgeburten, Erhöhung von Fehlbildungen, eine Zunahme der postnatalen Mortalität oder eine Verminderung der kognitiven Fähigkeiten bei Neugeborenen.

Die wichtigsten Schlussfolgerungen des Berichtes sind die folgenden:

1) In den zwei meistbetroffenen Ortschaften der Präfektur Fukushima *Namie Town* und *Itate Village*, wo im ersten Folgejahr mit Dosen im Bereich zwischen 12 und 25 milli-Sievert, rechnet der Bericht mit den folgenden Werten für die über die gesamte Lebenszeit kumulierte Erhöhung des Krebsrisiko relativ zur spontanen Inzidenz der betreffenden Krebserkrankung: Für Leukämie bei Männer, die zur Zeit des Unfalles noch im Kindesalter waren, bis 7 Prozent, für Brustkrebs bei Frauen, die zur Zeit des Unfalles noch im Kindesalter waren, bis 6 Prozent, für alle übrigen soliden Tumoren bis 4 Prozent, sowie für Schilddrüsenkrebs bei Frauen, die zur Zeit des Unfalles noch im Kindesalter waren, bis 70 Prozent. Diese letztgenannte Zahl mag hoch erscheinen, man muss jedoch berücksichtigen, dass die entsprechenden spontanen Inzidenzwerte sehr tief sind. Beispielsweise beträgt das spontane Risiko beim Schilddrüsenkrebs ¾ Prozent relativ zu allen Krebserkrankungen und demzufolge sei mit einer durch den Unfall Fukushima bedingten Erhöhung um lediglich ein zusätzliches, halbes Prozent zu rechnen. Diese Schätzwerte beträffen ausschliesslich die meistbetroffene Ortschaft in der Präfektur Fukushima. Für die Bewohner in den am zweitmeist betroffenen Ortschaften der Präfektur (*Katsurao Village* und *Minami Soma City* und einige weitere Ortschaften) seien die entsprechenden Werte halb so gross.

2) An nächster Stelle kommen einige weitere weniger stark betroffene Gebiet in der Präfektur *Fukushima* mit effektiven Dosen zwischen 3 und 5 milli-Sievert. Hier rechnet der WHO-Bericht mit zusätzlichen Risiken zwischen einem Viertel und einem Drittel der Werte gegenüber den oben genannten meistbetroffenen Ortschaften.

3) Bei den betroffenen Arbeiter (rund 20'000) in den Kernkraftwerken von *Fukushima* und bei den Aufräumarbeiten erhielten zwei Drittel Dosen unter 10 milli-Sievert, etwa ein Drittel solche zwischen 10 und 50 milli-Sievert, weniger als 4 Prozent solche 50 bis 100 milli-Sievert und weniger als 1 Prozent solche zwischen 100 und 200 milli-Sievert. Der Anteil Arbeiter mit über 200 milli-Sievert wird zu weniger als ein halbes Promille angegeben. Bei den Schilddrüsendosen werden folgende Zahlen genannt: rund 70 %: 5 milli-Sievert, 30 % 140 milli-Sievert und weniger als 1 Prozent 200 milli-Sievert. Berechnungen der zu erwartenden Zunahmen des Erkrankungsrisikos für Schilddrüsenkrebs, Leukämie und die übrigen soliden

Tumoren wurden für die drei Altersklassen 20-jährige, 40-jährige und 60-jährige durchgeführt, wobei die Werte relativ zur spontanen Inzidenz bei der jüngsten Altersklasse am höchsten sind, da hier die spontane Inzidenz am geringste ist. Bei dieser ergibt sich für 99 % der Arbeiter (also alle mit Dosen bis 100 milli-Sievert) eine Erhöhung des Erkrankungsrisikos bei Leukämie und den übrigen soliden Tumoren um bis wenige Prozent, bei den Schilddrüsentumoren um bis einige Zehn Prozent, bei dem einen Prozent der Arbeit mit höhere Strahlenexposition entsprechend höher. Akute Strahlenerkrankungen wurden bei den Mitarbeitern keine festgestellt.

Abschliessend weist der Bericht darauf hin, dass die hier vorstellten Daten auf dem aktuellen Stand der Wissenschaft basieren würden und die verwendeten Modelle dem Stand der Erfahrungen und der Erkenntnisse aus andern Strahlenunfällen entsprächen aber nicht in allen Einzelheiten die spezifischen Randbedingungen von Fukushima hätten berücksichtigen können. Die hier präsentierten Risikowerte seien daher eher als Grössenordnungen zu verstehen und nicht als exakte Voraussagen. Im Weiteren wird betont, dass nur Daten bis September 2011 in die Rechnungen einbezogen werden konnten. Da zu erwarten sei, dass die Wissenschaft im Bereich der Strahlenwirkung niedriger Dosen weitere Fortschritte machen werde, würden zukünftige Analysen möglicherweise zu andern Risikowerten führen. Der Bericht kommt zu Schluss, dass ausserhalb Japans keine nachweisbaren gesundheitliche Effekte auftreten würden. In Japan sollen diese Berechnungen jedoch aufzeigen, auf welche Parameter in den nächsten Jahren beim Gesundheits-Monitording besonders geachtet werden müsse. Eine weitere, kontinuierliche Überwachung der Radioaktivität in den Lebensmitteln würde zu einer Verfeinerung dieser Prognosen führen, ebenso die weiteren Untersuchungen durch andere Gremien, insbesondere der angekündigte UNSCEAR-Bericht*).

Kommentar

Zum Schluss sei – als persönliche Bemerkung – angeführt, dass die Ergebnisse dieser Berichte vielleicht manchen weniger spektakulär erscheinen, als sie erwartet haben. Dies beeinträchtigt jedoch deren Glaubwürdigkeit in keiner Weise und der oft der WHO gemachte Vorwurf mangelnder Objektivität und Verbandelung mit der IAEA entbehrt jeder Grundlage. Man muss berücksichtigen, dass die Freisetzung in die Atmosphäre – ohne die grossen Ableitungen von Radioaktivität ins Meer, die teilweise auch noch lange nach dem Umfall erfolgten, aber einen geringeren radiologischen Impakt hatten als jene über die Abluft – insgesamt etwa eine Grössenordnung kleiner sind als jene von Tschernobyl. Berücksichtigt man weiter, dass die Information der Bevölkerung rasch und umfassend erfolgte und dass Schutzmassnahmen ebenfalls rasch eingeleitet wurden, was insbesondere die Strahlenexposition über den Verzehr kontaminierter Lebensmittel deutlich verringerte, dann scheint die Schlussfolgerung, dass die erwarteten Kollektivdosen der meistbetroffenen Bevölkerung um rund zwei Grössenordnungen tiefer sind als jene von Tschernobyl, plausibel.

Dies soll jedoch nicht davon ablenken, dass dieser Unfall – wie auch jener von Tschernobyl – ohne weiteres vermeidbar gewesen wären, wenn die entsprechenden international geltenden Sicherheitsstandards, verbunden mit der nötigen *«Safety Culture»* und regelmässiger Überprüfungen und Nachrüstungen der Anlagen, eingehalten worden wären. Hierzu bietet die IAEA nämlich in Form der OSART- und IRRS-Missionen sehr effiziente Dienstleistungen an. Bei den OSART-Missionen *(Operationale Safety Review Team)* wird eine Kernanlage durch neutrale, internationale Experten überprüft, bei den IRRS-Missionen *(International Regulatory Review Service)* geht es um die Überprüfung einer Behörde durch ein internationales Expertenteam. In den Expertenberichte wird dann ein Vergleich zu internationalen Standards gemacht und entsprechende Empfehlungen zur Verbesserung der Sicherheit und zur Anpassung an den Stand der Technik gemacht. Die einzelnen Mitgliedstaaten müssen diese Dienstleitung jedoch selbst anfordern und sich auch verpflichten, die von den Experten gemachten Empfehlungen und Vorschläge innerhalb nützlicher Frist auch umsetzten.

*) UNSCEAR = *United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation*