



Aktennotiz

Datum:	30.06.2020	Seiten:	18	Anhänge:	-	Beilagen:	-
Verteiler intern:	KASI, Archiv						
Verteiler extern:	-						
Sachbearbeiter:	[REDACTED]						
Visum	[REDACTED]						
Visum Vorgesetzte	[REDACTED]						

Klassifizierung	keine
Aktenzeichen	[REDACTED]
Referenz	ENSI-AN-10939

Stellungnahme des ENSI zur Studie “Modeling of a Major Accident in Five Nuclear Power Plants From 365 Meteorological Situations in Western Europe and Analysis of the Potential Impacts on Populations, Soils and Affected Countries” des Institut Biosphère.

1	Zusammenfassung	2
2	Aufbau der Biosphère-Studie	4
3	Unzulänglichkeiten der Biosphère-Studie	5
3.1	Bisherige Nuklearunfälle	5
3.2	Linear-no-Threshold Modell (LNT)	5
3.3	Die betrachteten Kernkraftwerke	6
3.4	Wahrscheinlichkeit eines schweren Nuklearunfalls in Westeuropa	7
3.5	Verwendeter Quellterm	9
3.6	Ausbreitungsrechnungen	10
3.7	Auswirkungen auf die Gesundheit	10
3.7.1	Exkurs Risikomodelle	11
3.7.2	Die Modelle der Biosphère-Studie	13
3.8	Konsequenzen für den Notfallschutz	15
4	Fazit	15
5	Referenzen	17



Klassifizierung:
Aktenzeichen/Referenz:
Titel:

keine
[REDACTED] / ENSI-AN-10939
Stellungnahme des ENSI zur Studie "Modeling of a Major Accident in Five Nuclear Power Plants From 365 Meteorological Situations in Western Europe and Analysis of the Potential Impacts on Populations, Soils and Affected Countries" des Institut Biosphère.
30.06.2020 / [REDACTED]

Datum / Sachbearbeiter:

1 Zusammenfassung

Das Institut Biosphère, Genf, hat im Auftrag der Nichtregierungsorganisation "Sortir du Nucléaire Suisse Romande" auf Basis der meteorologischen Daten des Jahres 2017 die Auswirkungen eines grossen Nuklearunfalls in den vier schweizerischen Kernkraftwerken (KKW) und in demjenigen in Bugey (Frankreich) simuliert [1].

Die Studie wurde am 21. Mai 2019 mit verschiedenen auf die Schweiz bezogenen Erkenntnissen vorgestellt.

Die dabei geäusserten Hauptkritikpunkte betreffen die Wahrscheinlichkeit eines Unfalls, die daraus entstehenden Auswirkungen für die Bevölkerung und die Landwirtschaft sowie die Handlungsfähigkeit der für den Notfallschutz Schweiz verantwortlichen Stellen. Das ENSI widerspricht den Schlussfolgerungen der Biosphère-Studie entschieden. Zu den Hauptkritikpunkten stellt das ENSI das Folgende richtig:

Wahrscheinlichkeit eines schwerwiegenden Nuklearunfalls

Aus diversen Referenzen wird in der Biosphère-Studie die Wahrscheinlichkeit einer sehr grossen Freisetzung in Westeuropa innerhalb von 50 Jahren Betriebszeit der Kernkraftwerke mit 0.8 % abgeschätzt und somit als «wahrscheinlich» bezeichnet. Eine nähere Betrachtung zeigt, dass die zitierten Referenzen das Ergebnis der Biosphère-Studie nicht stützen. Die von der Biosphère-Studie geschätzte Häufigkeit beruht auf der Verwendung dafür unzulässiger Daten, wie in den Referenzen selbst erklärt. PSA-Modelle (wie Modelle im Allgemeinen) haben bekannterweise Einschränkungen und werden gemäss ihrem Verwendungszweck eingesetzt. In der Schweiz verfolgt das ENSI seit mehr als zwanzig Jahren einen integrierten Ansatz, bei welchem sich probabilistische und deterministische Analysen gewinnbringend ergänzen, um einen hohen Sicherheitsstandard zu halten und kontinuierlich zu verbessern.

Auswirkungen eines schwerwiegenden Nuklearunfalls

Quellterm¹: Aus den verschiedensten Referenzen wird in der Biosphère-Studie für den schweren Unfall ein Quellterm unterstellt, der dem mit zusätzlichen Nukliden ergänzten Quellterm von Tschernobyl entspricht. Das ENSI distanziert sich von der Vorgehensweise, die zu dieser Art von Worst-Case-Quellterm führen. Das ENSI beurteilt die Unterstellung eines Quellterms aus einem RBMK-Reaktor als Folge einer prompt überkritischen Reaktivitätsexkursion für einen schweren Unfall eines Schweizer Kernkraftwerks als unseriös. Nicht zuletzt deshalb, weil diese Vorgehensweise zu einer Überschätzung um den Faktor acht der Kontamination durch Cs-137 führt.

Ausbreitung der radioaktiven Stoffe und Kontamination der Umwelt: Aufgrund der hohen Freisetzungsmengen berechnet die Biosphère-Studie anhand eines grob aufgelösten Ausbreitungsmodells mithilfe von groben Meteorodaten, dass Acker- und Weideland mit einer Fläche zwischen 16'000 und 37'000 km² unbrauchbar kontaminiert würden. Das ENSI hat die Berechnungen auf Basis der in der Studie vorliegenden Informationen studiert und kommt zum Schluss, dass die Berechnungen eher ungenau aber plausibel sind. Das ist aber von untergeordneter Bedeutung, weil die Resultate der Berechnungen direkt vom unterstellten Quellterm abhängig sind. Je höher der unterstellte Quellterm desto grösser und/oder stärker ist das kontaminierte Gebiet. Das ist keine neue Erkenntnis. Das ENSI kann demzufolge die Ergebnisse

¹ Als Quellterm gilt die Menge und Art der freigesetzten Radionuklide sowie der zeitliche Verlauf der Freisetzung



Klassifizierung:
Aktenzeichen/Referenz:
Titel:

keine
[REDACTED] / ENSI-AN-10939
Stellungnahme des ENSI zur Studie "Modeling of a Major Accident in Five Nuclear Power Plants From 365 Meteorological Situations in Western Europe and Analysis of the Potential Impacts on Populations, Soils and Affected Countries" des Institut Biosphère.
Datum / Sachbearbeiter: 30.06.2020 / [REDACTED]

aus der Studie zu den Auswirkungen auf die Umwelt nicht akzeptieren, da das ENSI den dafür verwendeten Quellterm (siehe oben) als nicht adäquat betrachtet.

Auswirkungen auf die Gesundheit: Die Biosphère-Studie verwendet für die Berechnung der gesundheitlichen Auswirkungen aus ionisierender Strahlung drei eigene Methoden, die keinem international anerkannten Modell (weder demjenigen der WHO, noch demjenigen der UNSCEAR, und auch nicht demjenigen der ICRP) entsprechen. Das ENSI stellt fest, dass ein grundlegendes Missverständnis seitens der Autoren der Biosphère-Studie vorliegt, was die Beziehung von Excess Relative Risk (ERR) oder Excess Absolute Risk (EAR) und dem Nominal Risk Factor von der ICRP von 5.5 % pro Sv angeht. Das Missverständnis liegt so tief, dass es starke Zweifel am wissenschaftlichen Wert aller weiteren Aussagen zu den gesundheitlichen Auswirkungen gibt. Zudem werden die Ergebnisse aus den ausgewählten Referenzen verschiedentlich falsch oder verzerrt wiedergegeben. Das ENSI kommt zum Schluss, dass die Berechnung der gesundheitlichen Auswirkungen in der Studie grundlegende Fehler aufweist.

Schlussfolgerung für den Notfallschutz in der Schweiz

Die Autoren der Biosphère-Studie schlussfolgern, dass das BABS gegen geltendes Recht verstiesse, da der Notfallschutz Schweiz überhaupt nicht in der Lage wäre, präventive Schutzmassnahmen vor der Wolkenphase umzusetzen. Darlegungen, Referenzen oder Modellrechnung für diese Aussage liegen aber nicht vor. Das ENSI kann die Aussagen der Biosphère-Studie aufgrund fehlender Argumentation nicht nachvollziehen. Die Risiken im Notfallschutz werden regelmässig neu beurteilt und wenn nötig angepasst. Die zugehörigen Abläufe werden in den gesetzlich vorgeschriebenen Gesamtnotfallübungen regelmässig geübt und kritisch hinterfragt. Eine entsprechende Diskussion zum Notfallschutz Schweiz ist in der Biosphère-Studie nicht zu finden.

Die Aussagen der Biosphère-Studie basieren auf unausgewogenen und teilweise falschen Interpretationen der referenzierten Publikationen. Das ENSI vermisst die im Rahmen wissenschaftlicher Prognosen zu Extremereignissen angebrachte umfassende Diskussion einschränkender Rahmenbedingungen. Die Resultate der Biosphère-Studie werden daher vom ENSI nicht geteilt.



Klassifizierung:
Aktenzeichen/Referenz:
Titel:

keine
/ ENSI-AN-10939
Stellungnahme des ENSI zur Studie "Modeling of a Major Accident in Five Nuclear Power Plants From 365 Meteorological Situations in Western Europe and Analysis of the Potential Impacts on Populations, Soils and Affected Countries" des Institut Biosphère.
30.06.2020 /

Datum / Sachbearbeiter:

2 Aufbau der Biosphère-Studie

Die Vorgehensweise der Studie lässt sich grob in fünf Schritte unterteilen.

1. Einschätzungen zur Konformität der Schweizer Kernanlagen mit derzeitigen Sicherheitsnormen bzw. deren Auslegung aufgrund von vermeintlichen Unzulänglichkeiten
2. Einschätzungen zur Eintrittswahrscheinlichkeit eines schweren Reaktorunfalls in Westeuropa
3. Abschätzung eines Quellterms (Zusammensetzung und Menge der freigesetzten radioaktiven Stoffe)
4. Ausbreitungsrechnungen
5. Darlegung der Folgen der Ausbreitung (betroffenes Gebiet, betroffene Personen, gesundheitliche Konsequenzen, usw.)

Der Aufbau und die Systematik der Biosphère-Studie werden nachfolgend kurz umschrieben.

Bisherige grosse Nuklearunfälle

Die Studie beginnt mit einer Kurzzusammenfassung der beiden Unfälle in Tschernobyl und in Fukushima, umschreibt die Konsequenzen bzw. Folgen der Ereignisse und zeigt auf, wie schwerwiegend ein solcher Unfall aus Sicht der Autoren ist. Die Auswirkung von ionisierender Strahlung wird ebenfalls mit verschiedenen Studien untermauert. Dabei wird das verwendete Linear-No-Threshold Modell (LNT-Modell), welchem die Annahme zu Grunde liegt, dass jegliche ionisierende Strahlung schädlich ist, egal wie hoch sie ist, erklärt.

Die betrachteten Kernkraftwerke

Die Biosphère-Studie zählt die betrachteten Kernkraftwerke mit ihren Leistungsdaten auf (fünf Reaktoren in der Schweiz und vier Reaktorblöcke am Standort Bugey in Frankreich). Dieser Aufzählung folgen ausgewählte Vorkommnisse, die die ungenügende Sicherheit der Reaktoren belegen sollen.

Eintrittswahrscheinlichkeit eines schweren Reaktorunfalls

In der Biosphère-Studie erfolgen knappe Darlegungen zur deterministischen und probabilistischen Sicherheitsanalyse sowie zu den diesbezüglich geltenden schweizerischen und internationalen Regelwerksanforderungen. Die Studie geht des Weiteren auf Schwächen der probabilistischen Sicherheitsanalyse (PSA) ein und versucht, diese mit entsprechenden Referenzen quantitativ auszuweisen. Anschliessend wird von den Autoren der Biosphère-Studie selber, mit einer bereits vorliegenden Auswertung der weltweiten Nuklearunfälle als Hauptdatenbasis, eine für die Schweiz als relevant erwartete Eintrittswahrscheinlichkeit eines schweren Reaktorunfalls berechnet.

Verwendeter Quellterm

Aus der referenzierten Literatur stellen die Autoren der Biosphère-Studie einen aus ihrer Sicht repräsentativen Quellterm zusammen, welchen sie für die anschliessenden Ausbreitungsrechnungen verwenden.

Ausbreitungsrechnungen

Mit dem Quellterm werden für jeden Reaktor Ausbreitungsrechnungen durchgeführt und die als Folge der Ausbreitung entstandene Kontamination berechnet.



Klassifizierung:
Aktenzeichen/Referenz:
Titel:

keine
[REDACTED] / ENSI-AN-10939
Stellungnahme des ENSI zur Studie "Modeling of a Major Accident in Five Nuclear Power Plants From 365 Meteorological Situations in Western Europe and Analysis of the Potential Impacts on Populations, Soils and Affected Countries" des Institut Biosphère.
Datum / Sachbearbeiter: 30.06.2020 / [REDACTED]

Auswirkungen auf die Gesundheit

Die errechnete Kontamination und die daraus abgeleitete Dosisbelastung finden Eingang in drei verschiedene Modelle, mit welchen die Biosphère-Studie das Schadensausmass darlegt (ausschliesslich bezogen auf ionisierende Strahlung).

Konsequenzen für den Notfallschutz

Die bisherigen Resultate fliessen in eine Bewertung der Notfallschutzmassnahmen ein. Unter Verwendung der Bevölkerungsdichte wird aufgezeigt, welche Gebiete evakuiert werden müssten und wie viele Personen vom Unfall betroffen wären.

3 Unzulänglichkeiten der Biosphère-Studie

Die Biosphère-Studie weist gravierende Fehler auf, aufgrund derer der wissenschaftliche Anspruch der Studie nicht gerechtfertigt ist. Die folgenden Kapitel legen die augenfälligsten Unzulänglichkeiten dar.

3.1 Bisherige Nuklearunfälle

Die Hergänge von Tschernobyl und Fukushima werden korrekt wiedergegeben. Allerdings wird von den Autoren behauptet, dass die tatsächlichen Auswirkungen von Tschernobyl, d. h. die Kontamination und die sich daraus ergebende Dosis für die Bevölkerung, kontrovers diskutiert werden und nicht abschliessend klar wäre. Tatsächlich finden sich unterschiedliche Angaben in verschiedenen Publikationen. Einige Publikationen weisen klar ihre Annahmen und Randbedingungen aus (z. B. WHO und IAEA), andere (hauptsächlich Berichte von politisch geprägten NGO's) unterlassen dies jedoch. Die von den Autoren der Biosphère-Studie festgestellte Variation der Kollektivdosen um eine Grössenordnung ist deshalb nicht auf wissenschaftliche Erkenntnislücken, sondern auf unterschiedliche Annahmen (z. B. Mitbezug von Niedrigstdosen im Bereich < 0.1 mSv, vgl. Kap. 3.7) zurückzuführen. Die Autoren der Biosphère-Studie unterlassen es aber, eine Diskussion der unterschiedlichen Ergebnisse zu führen und vermitteln somit den Eindruck, das Ausmass der gesundheitlichen Auswirkungen der durch den Tschernobyl-Unfall verursachten Kontamination wäre noch immer nicht geklärt. Das ist falsch. Die Autoren benutzen diese unterschiedlichen Ergebnisse in ihrer Studie als Rechtfertigung für die aus ihrer Sicht konservative Herangehensweise und für die vermeintliche Erkenntnis, Risiken würden dramatisch unterschätzt. Diese Darlegung ist nicht nur zu einfach, sondern auch falsch und erfüllt den Anspruch an eine wissenschaftliche Studie nicht. Die Autoren der Biosphère-Studie liefern keine neuen Erkenntnisse.

3.2 Linear-no-Threshold Modell (LNT)

Das LNT-Modell ist ein Dosis-Wirkungs-Modell, das auf der Annahme basiert, dass auch im Bereich der niedrigen Dosen die Entstehungswahrscheinlichkeit von Krebs oder Erbkrankheiten proportional zur Strahlungsdosis zunimmt. Der lineare Ansatz legt dabei keine Mindestdosis (Threshold) vor, ab welcher mehr Strahlung auch mehr Schaden erzeugt. Für eine schnelle Risikoabschätzung ist der lineare Ansatz, ohne Schwelle, ab welcher ionisierende Strahlung als schädlich angesehen wird, einfach zu handhaben und hat sich nicht zuletzt genau deswegen etabliert. Dabei erlaubt insbesondere das lineare Addieren von Dosen praxisbezogene Vergleiche beim operationellen Strahlenschutz, sodass bei der Anwendung des Optimierungsprinzips verschiedene Strahlenschutzmassnahmen gegeneinander abgewogen werden können. Das ENSI verwendet das Modell ebenfalls für den praktischen Strahlenschutz in Sinne einer vorsichtigen Abschätzung. Die Autoren der Biosphère-Studie unterlassen jedoch eine



Klassifizierung:
Aktenzeichen/Referenz:
Titel:

keine
/ ENSI-AN-10939
Stellungnahme des ENSI zur Studie "Modeling of a Major Accident in Five Nuclear Power Plants From 365 Meteorological Situations in Western Europe and Analysis of the Potential Impacts on Populations, Soils and Affected Countries" des Institut Biosphère.
30.06.2020 /

Datum / Sachbearbeiter:

wissenschaftliche Diskussion des Modells und deuten die breite Verwendung für bestimmte Zwecke als eine wissenschaftliche Bestätigung des Modells. Tatsächlich wird die Anwendbarkeit des Modells im Bereich der natürlichen Hintergrundstrahlung kontrovers diskutiert, beispielsweise beschrieben in [2].

Die in der Biosphère-Studie referenzierten Publikationen zeigen, dass die Hypothese des LNT-Modells im Bereich von sehr niedrigen Dosen (in der Grössenordnung der natürlichen Strahlung) aktuell nicht widerlegt werden kann und begründen damit die Verwendung des LNT-Modells im Bereich von sehr niedrigen Dosen. Die Autoren der Biosphère-Studie interpretieren die aktuelle Nichtwiderlegbarkeit als neueste Erkenntnis und verschweigen, dass eine wissenschaftliche Bestätigung des LNT-Modells im Bereich sehr niedriger Dosen ebenfalls fehlt. Weiter behaupten die Autoren, dass im Bereich sehr niedriger Dosen Strahlung generell zu gesundheitlichen Effekten führt. Sie führen dabei mit Verweis auf [2] nicht nur ein potentiell erhöhtes Risiko für Krebs, sondern auch für Herz-Kreislauferkrankungen und schädliche Effekte auf die Fortpflanzung an. Just die von den Autoren der Biosphère-Studie referenzierte Publikation kann mit den verfügbaren Daten keinen Zusammenhang zwischen sehr niedrigen Dosen und Herz-Kreislauferkrankungen und auch keine Effekte auf die Fortpflanzung erkennen. Die Autoren der Biosphère-Studie zitieren ihre eigenen Quellen in nicht korrekter oder unvollständiger Weise.

3.3 Die betrachteten Kernkraftwerke

Das ENSI befasst sich im Folgenden ausschliesslich mit den Reaktoren auf Schweizer Staatsgebiet und bezieht keine Stellung zu Anlagen im Ausland.

Um den Rahmen abzustecken, wollen die Autoren der Biosphère-Studie vorweg die vermeintliche Unsicherheit der Schweizer Kernkraftwerke hervorheben und präsentieren einige aus ihrer Sicht kritische Schwachstellen. Die Biosphère-Studie unterlässt jedoch, die aufgeführten Mängel in geeigneten Kontext zu setzen oder eine entsprechende Beurteilung herzuleiten oder mindestens zu referenzieren. Aufgeführt werden nachfolgende von den Autoren der Biosphère-Studie so bezeichnete Fahrlässigkeiten.

Die detektierten Risse im Kernmantel des Reaktors im Kernkraftwerk Mühleberg. Solange die Risse eine Bedeutung für die nukleare Sicherheit hatten, hat der Betreiber Massnahmen getroffen und das ENSI deren Umsetzung überwacht und beurteilt. Dazu hat das ENSI (bzw. HSK) in zahlreichen Publikationen bereits Stellung genommen [3], [4], [5], [6], [7]. Eine weitere Darlegung des Sachverhalts erübrigt sich aus Sicht des ENSI.

Die Aluminiumoxid-Einschlüsse im Reaktordruckbehälter des Kernkraftwerks Beznau 1 werden als nicht korrigierter Fehler bezeichnet. Ursachen der Einschlüsse, Sicherheitsanalysen und Bewertung des Reaktordruckbehälters des Kernkraftwerks Beznau 1 hat das ENSI auf der eigenen Website sowie bei internationalen und nationalen Gremien in extenso dargelegt [8]. Dabei kommt das ENSI zum Schluss, dass die Aluminiumoxid-Einschlüsse keinen negativen Einfluss auf die Sicherheit des Reaktordruckbehälters vom Beznau 1 haben. Eine weitere Darlegung des Sachverhalts erübrigt sich aus Sicht des ENSI.

Scheinbar stellvertretend für alle schweizerischen Kernkraftwerke führen die Autoren der Biosphère-Studie Unzulänglichkeiten des Kernkraftwerks Leibstadt auf. Hierbei bleiben sie es den Leserinnen und Lesern allerdings schuldig, genauere Hintergrundinformationen zu liefern. So wird beispielsweise zur Inbetriebsetzung vermerkt, dass mehrere Änderungen im Projektplan zu langen Verzögerungen geführt hätten. Tatsächlich wurde die Inbetriebsetzung aus zwei Hauptgründen verzögert. Die ursprünglich geplante Durchlaufkühlung wurde durch einen Kühlturm ersetzt und – als Erkenntnisse aus dem Vorfall auf Three Mile Island – es wurden zusätzliche Notstandssysteme eingebaut (wie bei allen schweizerischen Kernkraftwerken). Dass sich die Inbetriebsetzung zur Verbesserung der Sicherheit verzögerte,



Klassifizierung:
Aktenzeichen/Referenz:
Titel:

keine
/ ENSI-AN-10939
Stellungnahme des ENSI zur Studie "Modeling of a Major Accident in Five Nuclear Power Plants From 365 Meteorological Situations in Western Europe and Analysis of the Potential Impacts on Populations, Soils and Affected Countries" des Institut Biosphère.
30.06.2020 /

Datum / Sachbearbeiter:

wird von den Autoren der Biosphère-Studie nicht erwähnt. Weitere «schlechte Beispiele», wie der vermeintliche Dry-Out, waren zum Zeitpunkt der Erstellung der Biosphère-Studie bereits geklärt [9]. Weitere Beispiele mit ähnlich oberflächlichem Inhalt folgen. Das ENSI wird diese nicht weiter kommentieren.

Die Autoren der Biosphère-Studie versäumen es, eine kritische Betrachtung der nuklearen Sicherheit der Kernanlagen in der Schweiz zu liefern. Aufgeführte Beispiele werden nicht diskutiert und die vermeintlichen Einbussen der nuklearen Sicherheit nicht dargelegt. Eine wissenschaftliche Betrachtung der Betriebserfahrung oder der Auslegung der Kernanlagen liegt nicht vor. Darauf basierende Aussagen zur Sicherheit der Kernanlagen in der Schweiz sind Postulate der Autoren der Biosphère-Studie. Das ENSI weist diese entschieden zurück.

Bestätigt wird das durch die Autoren der Biosphère-Studie selbst. Sie richten ihre Kritik nämlich nicht an die Auslegung der schweizerischen Kernkraftwerke, sondern fokussieren auf die Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA) im Allgemeinen und auf Auslegungsschwächen ausgesuchter ausländischer Anlagen (vgl. Kapitel 3.1 und 3.4).

Die Vermutung liegt nahe, dass die unkommentierte Aufzählung von vermeintlichen Auslegungsschwächen der schweizerischen Kernkraftwerke dazu dienen soll, die anschliessend gezogenen Parallelen der bisherigen Unfallreaktoren zu den schweizerischen Kernkraftwerken glaubhafter erscheinen zu lassen. Tatsächlich verfolgte die Schweiz erfolgreich die Strategie, bestehende Anlagen fortlaufend gemäss dem Stand von Wissenschaft und Technik nachzurüsten und die Sicherheit weiter zu verbessern. Die Verbesserungen werden proaktiv initiiert. Verschiedene essentielle Merkmale der Anlagenauslegung, die sich international aus den Erkenntnissen aus Fukushima als Nachrüstungen aufdrängten, waren in der Schweiz bereits vor dem Unfall in Fukushima umgesetzt.

3.4 Wahrscheinlichkeit eines schweren Nuklearunfalls in Westeuropa

Die Darlegungen in der Biosphère-Studie zur deterministischen und probabilistischen Sicherheitsanalyse sowie den diesbezüglich geltenden schweizerischen und internationalen Regelwerksanforderungen halten einer genauen Betrachtung nicht Stand. Beispielsweise unterscheiden die Autoren der Studie nicht klar zwischen der Häufigkeit eines Kernschadens und der Eintrittshäufigkeit eines Auslegungstörfalls. Die Autoren der Biosphère-Studie vermischen unterschiedliche Häufigkeitsbegriffe: Die Eintretenshäufigkeit (eines auslösenden Ereignisses), die Kernschadenshäufigkeit und die Häufigkeit einer grossen Freisetzung werden in der Biosphère-Studie, abhängig von der Argumentation des jeweiligen Unterkapitels, äquivalent verwendet. Das ist nicht korrekt und irreführend.

Die Autoren der Biosphère-Studie nehmen für sich in Anspruch, strukturelle Unzulänglichkeiten der PSA darzulegen, und diese empirisch beweisen zu können. Sie kommen zum Schluss, das Risiko einer grossen Freisetzung werde massiv unterschätzt. Die Biosphère-Studie stützt sich dabei vorwiegend auf drei Quellen ab. Dies sind Wheatley et al. [10], Sornette et al. [11] sowie Löffler et al. [12].

In der Biosphère-Studie wird mit Bezug auf Löffler et al. [12] geltend gemacht, dass die PSA-Studien auf mangelhaften Daten beruhen würden, unvollständig seien und unzureichende Methoden zur Beurteilung menschlicher Handlungen verwenden würden (tatsächlich beziehen sich die Autoren auf die von Löffler referenzierten Inhalte von Wielenberg et al. [13] und nicht auf Löffler et al. [12]). Dies ist eine unausgewogene und zu pauschale Wiedergabe der Ausführungen im Abschnitt *Capabilities and Limitations of PSA Models* der Arbeit von Löffler et al. [12]. Tatsächlich wird in diesem Abschnitt die Leistungsfähigkeit der PSA hervorgehoben, und es wird betont, dass bei Interpretation der PSA-Resultate die allseits bekannten Limitierungen – infolge vorgenommener Vereinfachungen und unberücksichtigter Risikobeiträge – zu beachten sind. Löffler zeigt auf, wie die Auslegung der Anlage, die deterministische



Klassifizierung:
Aktenzeichen/Referenz:
Titel:

keine
[REDACTED] / ENSI-AN-10939
Stellungnahme des ENSI zur Studie "Modeling of a Major Accident in Five Nuclear Power Plants From 365 Meteorological Situations in Western Europe and Analysis of the Potential Impacts on Populations, Soils and Affected Countries" des Institut Biosphère.
Datum / Sachbearbeiter: 30.06.2020 / [REDACTED]

Störfallanalyse und die gestaffelte Sicherheitsvorsorge (defence in depth) ergänzend zusammenwirken und auch zusammen betrachtet werden müssen. Löffler erläutert, wie die PSA als zusätzliche Betrachtungsmöglichkeit, die Sicherheit einer Anlage als Ganzes weiter verbessern kann. Die PSA in der Schweiz berücksichtigt die Betriebserfahrung und damit eine allfällige Zunahme von Komponentenausfällen. Wird eine solche festgestellt, werden Massnahmen ergriffen. Ebenfalls berücksichtigt wird der Ersatz von Komponenten und Anlageänderungen. Operateurhandlungen werden gemäss Richtlinie ENSI-A05 systematisch in der PSA abgebildet. Das ENSI beteiligt sich im internationalen Rahmen aktiv an der Weiterentwicklung der PSA-Methoden. Die integrierte Aufsicht sieht eine ganzheitliche Betrachtung der beaufsichtigten Organisationen vor, indem technische, menschliche und organisatorische Aspekte und deren Interaktionen aus unterschiedlichen Perspektiven und mit unterschiedlichen Methoden betrachtet werden, um zu einer robusten Gesamtbeurteilung zu gelangen. Hierüber wird jährlich in den öffentlich zugänglichen Berichten (Erfahrungs- und Forschungsbericht, Aufsichtsbericht und Strahlenschutzbericht) des ENSI informiert.

Das Argument der Biosphère-Studie, dass Industriesabotage, Terroranschläge oder Krieg in den PSA-Studien nicht berücksichtigt würden, ist hinlänglich bekannt und auch korrekt. Zur Bestimmung von Eintrittshäufigkeiten der genannten Unfallauslöser fehlen belastbare und allgemein anerkannte statistische Methoden. Statt mit der PSA wird deshalb der Schutzgrad der schweizerischen KKW gegen solche Angriffe mit deterministischen Sicherheitsanalysen ermittelt.

Mit Referenz zu den Studien von Wheatley et al. [10] und Lelieveld et al. [14] behaupten die Autoren der Biosphère-Studie, die globale KKW-Betriebserfahrung zeige, dass mit der PSA das Risiko massiv unterschätzt würde. Um dies zu zeigen, müssten aber von allen weltweit betrachteten Kernkraftwerken werkspezifische PSA-Ergebnisse vorliegen, die gemäss dem Stand der Technik – d. h., z. B. inklusive externer Ereignisse, wie beispielsweise Erdbeben – bestimmt wurden. Solche Angaben liegen nicht vor. Diese Behauptung der Biosphère-Studie hat deshalb keinerlei Basis.

In der herangezogenen Publikation von Wheatley et al. heisst es zudem explizit, dass es unzulässig ist, aus dem globalen Risiko auf ein spezifisches Werk zu schliessen. Ferner betonen Wheatley et al., dass die in Folge des Fukushima-Unfalls getätigten Nachrüstungen in ihre Analyse nicht eingeflossen sind. Nachrüstungen, welche zur Erhöhung der Sicherheitsmargen bei der Störfallbeherrschung beitragen, wurden jedoch in der Schweiz und in anderen Ländern getätigt (vgl. Kap. 3.3). Übersehen oder bewusst ausgeklammert wird zudem von den Autoren der Biosphère-Studie die 2016 veröffentlichte Klarstellung von Wheatley und Sornette [15]. Diese Klarstellung war aus deren Sicht dringend notwendig, weil ihre Analyse vermehrt für falsche Aussagen verwendet wurde. Die Analyse von Wheatley et al. [10] befasst sich mit Kostenrisiken und nicht mit Sicherheitsrisiken. Wheatley und Sornette stellen klar, dass die Verwendung ihrer Daten für eine Sicherheitsbetrachtung falsch ist und davon abgeleitete Erkenntnisse irreführend sind. Wheatley und Sornette distanzieren sich klar von der Verwendung ihrer Daten zur Betrachtung von Sicherheitsrisiken. Zudem legen sie in einem NZZ-Artikel [16] dar, dass nach ihrer Einschätzung der Sicherheitsstandard der Schweizerischen Kernkraftwerke höher ist als der weltweite Durchschnitt. Dieselbe Aussage findet sich auch in der Publikation von Sornette [11]. Die Autoren der Biosphère-Studie ignorieren diesen Umstand konsequent.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die in der Biosphère-Studie abgeschätzte Eintrittswahrscheinlichkeit einer grossen Freisetzung gemäss ihrer eigenen Quellen wenig belastbar und zu hoch ist, weil die Abschätzung auf einer unzulässigen Übertragung eines weltweit gemittelten Risikos beruht und der risikomindernde Einfluss der in der Schweiz getätigten Nachrüstungen unberücksichtigt bleibt.



Klassifizierung:
Aktenzeichen/Referenz:
Titel:

keine
/ ENSI-AN-10939
Stellungnahme des ENSI zur Studie "Modeling of a Major Accident in Five Nuclear Power Plants From 365 Meteorological Situations in Western Europe and Analysis of the Potential Impacts on Populations, Soils and Affected Countries" des Institut Biosphère.
Datum / Sachbearbeiter: 30.06.2020 /

3.5 Verwendeter Quellterm

Um die Auswirkungen auf die Umgebung zu quantifizieren, weisen die Autoren der Biosphère-Studie jeder untersuchten Anlage einen Quellterm zu. Einleitend vergleichen sie den Quellterm von Tschernobyl mit von verschiedenen Organisationen geschätzten Quelltermen für das Ereignis von Fukushima-Daiichi. Die Schätzungen für den Fukushima-Quellterm stützen sich auf Angaben verschiedener Institutionen (JNES², NISA³, IRSN⁴, IBRAE⁵) ab, welche von der IAEA zusammengefasst wurden. Den Quellterm von Tschernobyl entnehmen die Autoren der Biosphère-Studie einer Publikation der IAEA [17].

Die Quellterme der untersuchten Anlagen versuchen die Autoren der Biosphère-Studie mit hinreichend bekannten Quelltermen durch Skalierung herzuleiten. Sie nehmen mit Verweis auf Lelieveld et al. [14] an, dass die Freisetzung eines beliebigen Reaktors mit dem durch die Bruttoleistung skalierten Quellterm von Tschernobyl abgebildet werden kann. Lelieveld legt allerdings deutlich dar, dass der Quellterm von Tschernobyl nur deshalb benutzt wurde, weil der Quellterm von Fukushima zur Zeit seiner Publikation nicht in demselben Masse geprüft worden war, wie derjenige von Tschernobyl. Lelieveld schätzt den Quellterm von Fukushima um etwa eine Grössenordnung kleiner ein, als denjenigen von Tschernobyl und konstatiert, dass deshalb insbesondere die Cs-137 Kontamination in seiner Publikation überschätzt würde.

Als zweite Quelle verweist die Biosphère-Studie auf Seibert et al. [18], die wiederum für ihre Quellterme auf Lelieveld zurückgreifen. Seibert bezeichnet den Quellterm als grossen Unsicherheitsfaktor. Seibert et al. gehen sogar soweit, dass sie aufgrund fehlender Daten den Unfallszenarien, dem Kerninventar, den Quelltermen und Unfallwahrscheinlichkeiten nur wenig mehr zutrauen als die der Rolle eines Platzhalters, weil detailliertere Informationen zum Zeitpunkt ihrer Veröffentlichung nicht vorhanden waren.

Die dritte Quelle ist eine Publikation des Öko-Instituts von Ustohalova et al. [19] im Auftrag des Trinationalen Atomschutzverbandes. Ustohalova et al. verwenden den Quellterm des Blocks 2 aus Fukushima und zwar gemäss den Modellrechnungen von JNES, die versucht haben, mit Messungen in der Umgebung und dem Simulationsprogramm MELCOR den Quellterm rekursiv zu ermitteln. Der Quellterm von JNES weist dieselbe Grössenordnung auf, wie die auf andere Art und Weise ermittelten Quellterme für Fukushima. Der Block 2 lieferte den grössten Beitrag zur Freisetzung des Kernkraftwerks Fukushima Daiichi. Eine fundierte Erklärung, weshalb dieser für die Schweizer Kernkraftwerke besonders repräsentativ sein soll, liefern weder Ustohalova noch die Autoren der Biosphère-Studie.

In den bisherigen Quellen nicht aufgeführte Isotope leiten die Autoren der Biosphère-Studie nach einem Vorgehen der US Nuklearaufsichtsbehörde (NRC) aus dem Jahre 1994 her [20], welches sich wiederum auf Abschätzungen aus dem Jahr 1990 bezieht [21]. Die NRC stellt darin Ergebnisse für fünf untersuchte kommerzielle Anlagen in den USA vor, welche auf den jeweiligen Probabilistic Risk Analyses (PSA) der betrachteten Anlagen basieren. Konkret heisst das, die Autoren der Biosphère-Studie verwenden für die Zusammenstellung ihres Quellterms Resultate der PSA aus den 1980-er Jahren – also von aus ihrer Sicht veralteten PSA, die generell vermeintlichen Unzulänglichkeiten unterliegen.

Die Autoren der Biosphère-Studie stellen aus den drei referenzierten Dokumenten einen Quellterm pro Kernkraftwerk zusammen: Zuerst benutzen die Autoren die Werte von Seibert et al, welche auf einem skalierten Tschernobyl Quellterm beruhen. Anschliessend verwenden sie die Werte von Ustohalova, die

² Japan Nuclear Energy Safety Organization

³ Nuclear and Industrial Safety Agency (Japan)

⁴ Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (Frankreich)

⁵ Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences



Klassifizierung:
Aktenzeichen/Referenz:
Titel:

keine
[REDACTED] / ENSI-AN-10939
Stellungnahme des ENSI zur Studie "Modeling of a Major Accident in Five Nuclear Power Plants From 365 Meteorological Situations in Western Europe and Analysis of the Potential Impacts on Populations, Soils and Affected Countries" des Institut Biosphère.
Datum / Sachbearbeiter: 30.06.2020 / [REDACTED]

sich auf die geschätzten Daten aus dem Block 2 von Fukushima berufen und nachfolgend werden die noch fehlenden Isotope anhand von PSA-Ergebnissen aus den USA auf die Schweizer Kernkraftwerke skaliert. Diese Reihenfolge erlaubt es den Autoren der Biosphère-Studie, den Quellterm entsprechend gross zu halten. Denn die Skalierung des Tschernobyl-Quellterms (Seibert) liegt je nach Isotop bis zu 8-mal höher als der Fukushima-Quellterm (Ustohalova). Das heisst, für die später in der Biosphère-Studie betrachtete Kontamination von Cs-137 verwenden die Autoren den 8-fach höheren Wert aus dem Quellterm von Tschernobyl und nicht den ebenfalls verfügbaren Wert von Fukushima, obwohl dieser vom unterstellten Unfallablauf und vom Reaktortyp her besser passen würde.

Das Vorgehen gemäss NRC [20], [21] wird inkonsistent verwendet. Für die Schweizer Kernkraftwerke werden nicht diejenigen Szenarien aus dem NUREG-Katalog entnommen, die gemäss Ablauf (Eintretenshäufigkeit, Dauer bis zur Freisetzung, Dauer der Freisetzung) dem Fukushima-Ereignis entsprechen, sondern generell die höchsten Werte pro Anlage. Das heisst, es werden nicht für alle Anlagen die gleichen Unfallsequenzen verwendet.

Die Zusammenstellung des Quellterms für die Ausbreitungsrechnungen wird zwar von den Autoren der Biosphère-Studie hinreichend beschrieben, aber aus Sicht des ENSI nicht nachvollziehbar begründet oder diskutiert. Die Entscheidung, den skalierten Tschernobyl-Quellterm als Einstieg zu verwenden, ist aus Sicht des ENSI nicht sinnvoll und führt gegenüber dem skalierten Fukushima-Quellterm (Leichtwasser-Reaktor westlicher Bauart) insbesondere bei Cs-137 zu einer Erhöhung um den Faktor 6 bis 8.

3.6 Ausbreitungsrechnungen

Die Ausbreitungsrechnungen wurden von den Autoren der Biosphère-Studie mit frei verfügbarer Software und Wetterdaten durchgeführt. Die Auflösung der Wetterdaten wird in der Biosphère-Studie mit 0.25° (Länge und Breite) angegeben, was auf der Breite der Schweiz ungefähr 20 km entspricht. Die verwendeten Wetterdaten stammen von der National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) der Vereinigten Staaten von Amerika. Die Autoren der Biosphère-Studie begründen ihre Wahl der Wetterdaten damit, dass feiner aufgelöste Wetterdaten für den betrachteten Zeitraum nicht verfügbar wären. Das ist nicht korrekt. Die Daten sind verfügbar, allerdings nicht öffentlich, beziehungsweise kostenfrei zugänglich. Die vom ENSI für Kontrollrechnungen für denselben Zeitraum verwendeten Wetterdaten der Meteo Schweiz haben eine Auflösung von 250 m, also pro Dimension 80-fach feiner als im Modell der NOAA. Sie sind damit deutlich geeigneter, um Ausbreitungsprognosen für den Notfallschutz zu erstellen.

Die Ausbreitungsrechnungen in der Biosphère-Studie weisen Acker- und Weideland mit einer Fläche zwischen 16'000 und 37'000 km² aus, welche durch die Kontamination unbrauchbar würden. Die Vergleichsrechnungen des ENSI konnten zeigen, dass die Grössenordnung der kontaminierten Fläche nachvollziehbar ist. Entscheidend ist aber nicht die Ausbreitungsrechnung an sich, sondern die für die Ausbreitungsrechnungen verwendete Menge an freigesetzten radioaktiven Stoffen. Je höher der unterstellte Quellterm ist, desto grösser und/oder stärker fällt auch das kontaminierte Gebiet aus. Das ist trivial. Das ENSI kann die Durchführung der Ausbreitungsrechnungen so akzeptieren – mit den dem groben Netz geschuldeten Ungenauigkeiten. Weil aber der eingangs verwendete Quellterm nicht sinnvoll ist, sind auch die Resultate der Ausbreitungsrechnungen nicht sinnvoll verwertbar.

3.7 Auswirkungen auf die Gesundheit

Die Autoren ermitteln auf der Basis der von ihnen berechneten Kontamination die potentielle Auswirkung auf die Gesundheit. Sie bedienen sich dabei der gängigen Risikomodelle, wenden diese aber nicht



Klassifizierung:
Aktenzeichen/Referenz:
Titel:

keine
[REDACTED] / ENSI-AN-10939
Stellungnahme des ENSI zur Studie "Modeling of a Major Accident in Five Nuclear Power Plants From 365 Meteorological Situations in Western Europe and Analysis of the Potential Impacts on Populations, Soils and Affected Countries" des Institut Biosphère.
Datum / Sachbearbeiter: 30.06.2020 / [REDACTED]

korrekt an. Zum Teil erklärt sich die falsche Anwendung aus den angegebenen Quellen, welche ähnliche Fehler aufweisen.

Die Autoren der Biosphère-Studie unterlassen es, ihre verwendeten Modelle klar zu beschreiben. Verschiedene Quellen werden falsch zitiert oder interpretiert. Es ist zudem meistens unklar, ob die Autoren der Biosphère-Studie eigene Annahmen treffen oder ob sie Aussagen den referenzierten Quellen zuordnen. Ein Diskurs zu den zitierten Quellen fehlt und der zugehörige Kontext wird nicht dargelegt. So zitiert die Biosphère-Studie zum Beispiel Sipyagina et al. [22] und legt das Potential ionisierender Strahlung dar, das Genom eines Lebewesens zu verändern und streicht die Häufigkeit von Mutationen – die auch ohne den Einfluss ionisierender Strahlung stattfinden – heraus. Die Autoren der Biosphère-Studie unterlassen es aber, die von Sipyagina et al. beschriebenen Rahmenbedingungen und Schlussfolgerungen bzw. Resultate zu erklären. Sipyagina et al. untersuchten ausschliesslich Kinder und kamen zum Resultat, dass durch die gemäss ihrem gewählten statistischen Vertrauensintervall festgestellte Erhöhung der Mutationen (in einzelnen Zellen) keine gesundheitlichen Störungen festgestellt wurden. Um eine gründliche Untersuchung durchzuführen, welche die Mechanismen radioinduzierter Veränderungen bei den untersuchten Kindern erklären würde, wären solche gesundheitlichen Störungen aber zwingende Voraussetzung. Die Autoren der Biosphère-Studie verschweigen diese Erkenntnisse und schlussfolgern, dass die Resultate von Sipyagina et al. Krebs, angeborene Fehlbildungen, Erbkrankheiten (die von Generation zu Generation weitergegeben würden) erklären würden.

Auf die gleiche Art und Weise undifferenziert behandeln die Autoren der Biosphère-Studie die Opferzahlen des Unfalls in Tschernobyl. Tatsächlich sind unterschiedliche Zahlen publiziert worden und die Unterschiede sind gross. Die Unterschiede kommen aber nicht nur durch stochastische Effekte zustande oder durch unterschiedliche Quellterme für die Berechnung der Dosen, sondern durch die Anwendung der Kollektivdosis, streng nach dem LNT-Modell. Eine geringe Dosis, multipliziert mit einer sehr grossen Zahl von Menschen, ergibt eine hohe Kollektivdosis. Die Publikation von Fairlie et al. [23] zum Beispiel, verwendet Dosen im ersten Jahr (first-year effective dose equivalent) nach dem Unfall in Tschernobyl aus dem UNSCEAR-Report von 1988 [24] und verrechnet diese mit der Einwohnerzahl. Dabei verwenden Fairlie et al. für die Schweiz, gemäss [24] eine Dosis von ca. 0.275 mSv. Das ist ein Wert, der rund einem Viertel des gesetzlichen Grenzwertes der Schweiz für die nicht beruflich strahlenexponierte Bevölkerung entspricht oder der Hälfte der zu erwartenden kosmischen Strahlung in einem Jahr oder einem Sechzehntel der durchschnittlichen Strahlenbelastung pro Jahr einer in der Schweiz wohnhaften Person. Fairlie et al. verwenden für ihre Opferzahlen auch deutlich geringere Dosen für andere Länder (Bundesrepublik Deutschland: ca. 0.14 mSv, Frankreich: ca. 0.06 mSv, usw.). Weil diese zusätzlichen Dosen kaum von der Grundstrahlung zu unterscheiden sind, ist das Ausweisen eines Tschernobyl-Effekts bei dieser Grössenordnung nahezu unmöglich und wird von der IAEA – aus Sicht des ENSI korrekterweise – auch nicht ausgewiesen. Opferzahlen zu generieren mit einer zusätzlichen Dosis von 0.275 mSv im ersten Jahr nach Tschernobyl oder gemäss [24] 0.8 mSv für die Lebensdauer einer Person in der Schweiz, ist nicht zielführend. Das ergibt sich auch aus der Publikation 103 der ICRP [25]. Effektive Kollektivdosen sind nicht als Werkzeug für epidemiologische Studien gedacht und es ist unangebracht, diese für Risikoabschätzungen zu verwenden. Insbesondere die Berechnung von Krebstoten auf der Grundlage von effektiven Kollektivdosen, die eine geringfügige Exposition gegenüber grossen Populationen beinhaltet, ist nicht sinnvoll und sollte vermieden werden. Dafür ist das Modell schlicht nicht vorgesehen und würde gemäss ICRP [25] zu Fehleinschätzungen führen.

3.7.1 Exkurs Risikomodelle

Für das bessere Verständnis müssen vor der Diskussion der Vorgehensweise der Autoren der Biosphère-Studie ein paar wenige Begriffe erläutert werden. Zur Berechnung des Risikos einer Erkrankung,



Klassifizierung:
 Aktenzeichen/Referenz:
 Titel:

keine
 / ENSI-AN-10939
 Stellungnahme des ENSI zur Studie "Modeling of a Major Accident in Five Nuclear Power Plants From 365 Meteorological Situations in Western Europe and Analysis of the Potential Impacts on Populations, Soils and Affected Countries" des Institut Biosphère.
 Datum / Sachbearbeiter: 30.06.2020 /

beziehungsweise einer körperlichen Schädigung werden verschiedene statistische Grössen verwendet. Nachfolgend bezieht sich das ENSI zur Veranschaulichung nur auf die Krankheit Krebs, für sämtliche andere Krankheiten gelten die Darlegungen analog. Dabei wird für die betrachtete Gruppe/Population immer das Grundrisiko verwendet. Das sogenannte Baseline Disease Risk oder Baseline Risk ist ein Mass für die Wahrscheinlichkeit einer Person der betrachteten Population, an Krebs zu erkranken (wird normalerweise als Wahrscheinlichkeit pro Jahr angegeben). Die Baseline muss für die betrachtete Population bekannt sein und kann sich regional, alters- und geschlechtsabhängig stark unterscheiden. Um nun den Effekt von ionisierender Strahlung zu quantifizieren, wird die Abweichung zum Baseline Risk ermittelt. Dies geschieht entweder als Multiplikation des Baseline Risk, als Relative Risk ausgewiesen, oder als absolute Erhöhung, als Absolute Risk ausgewiesen. Die Erhöhung des Risikos wird ebenfalls relativ oder absolut angegeben. Die WHO erklärt dies in ihrem Health Risk Assessment zu Fukushima [26] sehr anschaulich und nachvollziehbar. Das Beispiel der WHO sieht wie folgt aus: Eine Kohortenstudie kommt zum Schluss, dass die Krebsinzidenz bei der nicht zusätzlich bestrahlten Gruppe 150 pro 100'000 Personen-Jahre beträgt und die Krebsinzidenz bei der bestrahlten Gruppe 200 pro 100'000 Personen-Jahre.

Krebsrisiko Baseline: $KR_{base} = 150 \cdot 10^{-5}$ Pers.-Jahre	Relatives Risiko für Bestrahlte: $RR = \frac{KR_{exp}}{KR_{base}} = \frac{200}{150} = 1.333$	Überhöhtes relatives Risiko (excess relative risk) für Bestrahlte (RR – Baseline): $ERR = RR - 1 = 0.333$
Krebsrisiko bestrahlt: $KR_{exp} = 200 \cdot 10^{-5}$ Pers.-Jahre	Absolutes Risiko für Bestrahlte: $AR = KR_{exp} = 200 \cdot 10^{-5}$ Pers.-Jahre	Überhöhtes absolutes Risiko (excess absolute risk) für Bestrahlte (AR – Baseline): $EAR = KR_{exp} - KR_{base} = 50 \cdot 10^{-5}$ Pers.-Jahre

Bei gleicher Baseline repräsentieren beide Werte dieselbe Erhöhung, einmal relativ zur Baseline und einmal als absolute Erhöhung derselben. Grosse Unterschiede ergeben sich aber, wenn ermittelte ERR oder EAR auf andere Populationen mit ähnlicher Strahlenbelastung übertragen werden. Die Anwendung des obigen ERR führt hierbei zu einer 1.333-fachen Erhöhung gegenüber der Baseline, die Anwendung des EAR aber unabhängig von der Baseline zu einer Erhöhung von 50 Fällen pro 100'000 Personen. ERR und EAR sind also nicht ohne weiteres übertragbar auf andere Populationen (mit anderer Baseline), selbst bei vergleichbarer Strahlenbelastung.

Basierend auf der Krebsinzidenzrate einer Population, kann das *Lifetime Baseline Risk* (LBR), dem Risiko zu Lebzeiten an Krebs zu erkranken, integriert werden. Die WHO hat z. B. in ihrem Health Risk Assessment zum Nuklearunfall in Fukushima die Lebensjahre zwischen einem und 89 Jahren integriert [26].

$$LBR = \int_{a_{min}}^{a_{max}} m(a, g) \cdot S_{aj}(a, g) da$$

Integriert wird vom Mindestalter a_{min} bis zum betrachteten Maximalalter a_{max} . Die Funktion $m(a, g)$ ist die Krebsinzidenzrate, abhängig von Alter a und Geschlecht g . $S_{aj}(a, g)$ ist die angepasste Überlebensfunktion, sie repräsentiert die Nicht-Krebsfälle und ist ebenfalls abhängig von Alter und Geschlecht.

Auf ähnliche Weise wird das Lifetime Attributable Risk (LAR) berechnet, welches die Wahrscheinlichkeit angibt, dass eine Person innerhalb der betrachteten Gruppe frühzeitig an strahleninduziertem Krebs erkrankt. Für eine gegebene Dosis D , dem Alter bei der Strahlenexposition e und dem Geschlecht g entspricht das LAR der zusätzlichen kumulativen Wahrscheinlichkeit bis zu einem bestimmten Alter a_{max} an Krebs zu erkranken. Integriert wird vom Alter bei der Strahlenexposition plus einer entsprechenden Latenzzeit $e + L$ bis zum betrachteten Maximalalter a_{max} .



Klassifizierung:
Aktenzeichen/Referenz:
Titel:

keine
/ ENSI-AN-10939
Stellungnahme des ENSI zur Studie "Modeling of a Major Accident in Five Nuclear Power Plants From 365 Meteorological Situations in Western Europe and Analysis of the Potential Impacts on Populations, Soils and Affected Countries" des Institut Biosphère.
30.06.2020 /

Datum / Sachbearbeiter:

$$LAR(D, e, g) = \int_{e+L}^{\alpha_{\max}} M(D, e, a, g) \cdot \frac{S_{aj}(a, g)}{S_{aj}(e, g)} da$$

Der Wert für das nominelle Risiko aus der ICRP von 5.5 % pro Sv [25] berechnet sich aus dem LAR, welcher wiederum aus den ERR und EAR der japanischen Atombombenüberlebenden ermittelt wurde. Dabei sind ERR und EAR abhängig von der Dosis D , Geschlecht g , Alter bei der Strahlenexposition e , erreichtes Alter a und Krebsart. Für jede Krebsart und beide Geschlechter wird für verschiedene Zeitspannen α_{\max} das Integral für das LAR gelöst. Für alle erhaltenen LAR wird die Streberate je Krebsart und der Faktor für die verkürzte Lebenserwartung verrechnet und anschliessend über alle Krebsarten und beide Geschlechter gemittelt um den *detriment-adjusted nominal risk coefficient* für stochastische Effekte nach einer Strahlenexposition bei niedriger Dosis zu erhalten. Das entspricht dem von den Autoren der Biosphère-Studie und den Autoren der referenzierten Publikationen zitierten Wert von 5.5 % pro Sv. In einem Entwurf der ICRP [27] wird beschrieben, dass der *detriment-adjusted nominal risk coefficient* nicht aus dem LAR, sondern aus dem Risk of Exposure-Induced Cancer (REIC) berechnet wird. Weil für Organ-Dosen unterhalb von 500 mGy LAR und REIC praktisch identisch ausfallen [28] [29], ist die Verwendung des LAR zur Bestimmung des *detriment-adjusted nominal risk coefficient* gerechtfertigt. Diesem Wert allerdings ein ERR oder EAR für z. B. eine bestimmte untersuchte Krebsart gegenüberzustellen und daraus zu schliessen, der angegebene Wert von der ICRP wäre nicht korrekt, ist grundlegend falsch.

3.7.2 Die Modelle der Biosphère-Studie

In der Biosphère-Studie werden drei Modelle (A, B und C) beschrieben, die eine Projektion der gesundheitlichen Aspekte eines schweren Nuklearunfalls in der Schweiz abbilden sollen.

3.7.2.1 Modell A

Nach Angaben der Autoren der Biosphère-Studie entspricht das Modell A der Vorgehensweise gemäss ICRP 103 [25]. Allerdings erwähnen die Autoren der Biosphère-Studie nicht, dass die ICRP selbst diese Vorgehensweise für diese Zwecke ausdrücklich ausschliesst. Die ICRP empfiehlt die Verwendung ihres Modells für den operativen Strahlenschutz (in der Planung) und nicht zur Bestimmung von Krebs- oder gar Todesfällen. Die Beschreibung des Modells deutet zudem stark darauf hin, dass dieses (obwohl nicht anwendbar in diesem Fall) auch noch falsch angewendet wurde. Der von der ICRP hergeleitete *Detriment adjusted nominal risk coefficient for cancer and heritable effects* von 5.5 % pro Sv entspricht nicht dem EAR (vgl. Kap. 3.7.1).

Der *Dose-Rate and Dose Effectiveness Factor* (DDREF) mit Wert 2 wird von den Autoren der Biosphère-Studie als veraltet, beziehungsweise überholt dargestellt. Richtig ist, dass über die Verwendung des DDREF, beziehungsweise den Wert, der dem Faktor zugeordnet wird, kontrovers diskutiert wird. UNSCEAR und WHO bezeichnen die Verwendung von DDREF = 2 keinesfalls als überholt, wie von den Autoren der Biosphère-Studie behauptet. Ein DDREF = 1 entspricht einem strikten LNT-Modell, ein DDREF > 1 berücksichtigt eine potentielle Überschätzung des Risikos bei sehr niedrigen Dosen, welches sich aktuell nur aus einer Extrapolation von Daten im höheren Dosisbereich herleiten lässt (hauptsächlich von Überlebenden der beiden Atombombenabwürfe in Japan). An die Daten einer solchen Projektion in den Niedrigdosisbereich werden hohe Ansprüche gestellt. Die erhaltenen Dosen müssen hinreichend genau ermittelt werden können und adäquate Vergleichsgruppen müssen zugänglich sein. Im Niedrigdosisbereich ist eine separate Betrachtung der zusätzlichen Strahlung in der Grössenordnung der natürlichen Hintergrundstrahlung schwierig bis unmöglich. Der potentielle Effekt von zusätzli-



Klassifizierung:
Aktenzeichen/Referenz:
Titel:

keine
/ ENSI-AN-10939
Stellungnahme des ENSI zur Studie "Modeling of a Major Accident in Five Nuclear Power Plants From 365 Meteorological Situations in Western Europe and Analysis of the Potential Impacts on Populations, Soils and Affected Countries" des Institut Biosphère.
30.06.2020 /

Datum / Sachbearbeiter:

cher Dosis im Bereich von wenigen Millisievert oder weniger lässt sich kaum quantifizieren. Diese Ungenauigkeit und die bedingte Übertragbarkeit von Versuchen mit gezielter Bestrahlung von Tieren oder Zellen auf den Menschen führen dazu, dass das LNT-Modell im Niedrigstdosisbereich aktuell noch Gegenstand der laufenden Forschung ist. Die Behauptung der Autoren der Biosphère-Studie, durch das Setzen des DDREF = 1 nicht nur die Mortalität als Resultat von ionisierender Strahlung zu berücksichtigen, sondern auch Krebsfälle, die nicht zum Tod führen, ist falsch. Der Faktor DDREF wird auf das komplette Risiko angewendet und dient nicht der Abgrenzung von Mortalität und Krebsbefund. Die Verwendung von unterschiedlichen Werten für den DDREF ist begründet mit dem noch nicht vollständigen Verständnis über die Auswirkungen ionisierender Strahlung im Niedrigstdosisbereich. Eine wissenschaftliche Diskussion zur Verwendung des DDREF wird von den Autoren der Biosphère-Studie nicht geführt. Die Autoren kombinieren ohne erkennbares und nachvollziehbares Muster verschiedene Werte (z. B. verwenden sie das statistische Vertrauensintervall von BEIR VII [1] aber nicht den DDREF = 1.5 aus ebendiesem Bericht) und leiten daraus eine nicht belegte Aktualität und neue Erkenntnisse ab. Die durch das Modell A berechneten Werte sind aus wissenschaftlicher Sicht somit nicht belastbar.

3.7.2.2 Modell B und C

Gemäss Biosphère-Studie stützen sich die Modelle B und C auf neuere Daten als das Modell A ab. Diese Aussage ist falsch. Modell A, beziehungsweise der ICRP basiert auf regelmässig aktualisierten Daten der Atombombenüberlebenden in Japan. Die von den Autoren der Biosphère-Studie zitierten Publikationen sind z. T. deutlich älter oder beziehen sich auf noch ältere Daten aus kleineren Kohorten-Studien.

Die Autoren der Biosphère-Studie verwenden für ihre Berechnungen die Publikation von Cardis et al. [30], dessen Ergebnisse durch falsche Daten der kanadischen Kohorte verfälscht wurden und zu einem überhöht eingeschätzten Risiko führten. Auf diesen Sachverhalt wird in der ebenfalls referenzierten Publikation von Richardson et al. [31] ausdrücklich hingewiesen. Ganz generell werden für das Modell B Referenzen aufgeführt, die zum Teil identische Datengrundlagen ausweisen oder nicht Niedrigdosisbereiche abdecken. Die Vermischung von EAR und ERR, die von den Autoren der Biosphère-Studie zudem falsch definiert und deshalb unzulässigerweise gleichgesetzt werden, mindert die Aussagekraft der Äusserungen deutlich. Jeglicher Bezug zum Baseline Risk für die Population in Europa fehlt, dieser wäre jedoch zur Sicherstellung der Übertragbarkeit der Werte EAR und ERR aus den referenzierten Studien essentiell (vgl. Kap. 3.7.1). Die ICRP zeigt dies an einem extremen Beispiel anschaulich auf. Die Population der Atombombenüberlebenden in Japan liefern die am genauesten untersuchten und verfügbaren Abschätzungen für das strahlenbezogene Risiko an Magenkrebs zu erkranken. Die entsprechenden altersspezifischen Baselines unterscheiden sich zwischen Japan und den USA um einen Faktor 12. Es konnte gezeigt werden, dass die Übertragbarkeit des ERR grob gegeben, aber für die Verwendung des EAR ein Korrekturfaktor von 12 notwendig ist.

Dass unter anderem deshalb die Autoren der von der Biosphère-Studie referenzierten Publikationen ihre Ergebnisse mit entsprechendem Vorbehalt publizieren und auf mögliche Fehler und Fehlerquellen hinweisen, erwähnen die Autoren der Biosphère-Studie nicht.

Weil die Biosphère-Studie Aussagen zur Übertragbarkeit der verwendeten EAR und ERR unterlässt und weil die Darstellung und Interpretation der Risikomodelle fundamentale Fehler aufweisen, sind die präsentierten Daten aus den Modellen B und C wissenschaftlich nicht belastbar.



Klassifizierung:
Aktenzeichen/Referenz:
Titel:

keine
/ ENSI-AN-10939
Stellungnahme des ENSI zur Studie "Modeling of a Major Accident in Five Nuclear Power Plants From 365 Meteorological Situations in Western Europe and Analysis of the Potential Impacts on Populations, Soils and Affected Countries" des Institut Biosphère.
30.06.2020 /

Datum / Sachbearbeiter:

3.8 Konsequenzen für den Notfallschutz

Die Biosphère-Studie äussert starke Kritik am Bevölkerungsschutz der Schweiz. Zum einen behaupten die Autoren der Biosphère-Studie, der Bevölkerungsschutz wäre hochgradig unzureichend und die Notfallschutzkonzepte würden die Strahlenexposition der Bevölkerung um einen Faktor 30 unterschätzen. Beides wird weder nachvollziehbar belegt noch mit entsprechenden Referenzen untermauert. Es ist für das ENSI deshalb nicht möglich nachzuvollziehen, wie die Kritik am Bevölkerungsschutz zustande kommt. Zum anderen unterstellen die Autoren der Biosphère-Studie für die Berechnung der effektiven Dosen, dass keine Notfallschutzmassnahme wirkt. Sie verzichten bewusst auf Schutzfaktoren von Gebäuden, und begründen dies mit der Vorgehensweise des ENSI gemäss der Richtlinie ENSI-G14, welche für die Störfallanalyse angewendet wird und entsprechend konservative Annahmen beinhaltet. Anders formuliert unterstellen die Autoren der Biosphère-Studie, die von einer Freisetzung betroffene Bevölkerung würde vor Durchzug der Wolke die Häuser verlassen und im Freien den Durchzug der Wolke abwarten. Das mag für die Strahlenschutzplanung ein sinnvoller und konservativer Ansatz sein, ist aber für die Abschätzung von Dosen im Falle eines real eintretenden Ereignisses nicht zielführend. Schon der Aufenthalt im Haus kann die erhaltene Dosis um den Faktor 10 reduzieren. Der Aufenthalt im Keller oder im Schutzraum führt zu einer noch grösseren Schutzwirkung um den Faktor 50 bis 100. Weitere in der Biosphère-Studie getroffene Annahmen, wie ein extremes Verkehrschaos, das Verhalten der Bevölkerung, oder die generelle Leistungsfähigkeit des Bevölkerungsschutzes, sind nicht nachvollziehbar dargelegt oder durch entsprechende Referenzen gestützt. Die Ausführungen sind zudem nicht konsistent mit den Resultaten bisheriger Untersuchungen, wie derjenigen der ETH zur Modellierung einer Evakuierung um das KKW Gösgen [32]. Das ENSI weist die Darstellung der Autoren der Biosphère-Studie zum Notfallschutz in der Schweiz zurück.

4 Fazit

Die Autoren der Biosphère-Studie berechnen eine hohe Häufigkeit für schwere Nuklearunfälle aus gemäss den eigenen Referenzen unzulässigen Daten. Für die Ausbreitungsrechnungen stellen sie einen Quellterm zusammen, der ebenfalls gemäss eigenen Referenzen nicht repräsentativ für westliche Leichtwasserreaktoren ist. Die berechneten Auswirkungen auf die Gesundheit werden durch falsch angewendete Risikomodelle ermittelt und der Notfallschutz in der Schweiz wird ohne entsprechende Referenz oder eigene Darlegung als nicht funktionierend beschrieben. Zusammenfassend hält das ENSI für nachfolgende Aussagen des Biosphère-Berichts folgendes fest:

- *Biosphère: Ein schwerwiegender Nuklearunfall (wie in Tschernobyl oder in Fukushima) wird als «möglich» und nicht als «unwahrscheinlich» oder gar «sehr unwahrscheinlich» bezeichnet. Die Wahrscheinlichkeit einer sehr grossen Freisetzung innerhalb von 50 Jahren Betriebszeit der Kernanlagen läge bei 0.8 %.*
ENSI: Die in der Studie dargelegte Häufigkeit beruht auf der Verwendung dafür unzulässiger Daten.
- *Biosphère: Acker- und Weideland zwischen 16'000 und 37'000 km² würden unbrauchbar.*
ENSI: Das ENSI erachtet den dafür verwendeten Quellterm (insbesondere Cs-137) als nicht adäquat.
- *Biosphère: Die hohe Freisetzung führe zu 20'000 bis 50'000 Krebsfällen und zu 7'500 bis 18'500 Herz-Kreislauf-Erkrankungen.*
ENSI: Die Berechnung der gesundheitlichen Schäden beinhaltet grundlegende Fehler.



Klassifizierung:

Aktenzeichen/Referenz:

Titel:

keine

██████████ / ENSI-AN-10939

Stellungnahme des ENSI zur Studie "Modeling of a Major Accident in Five Nuclear Power Plants From 365 Meteorological Situations in Western Europe and Analysis of the Potential Impacts on Populations, Soils and Affected Countries" des Institut Biosphère.

Datum / Sachbearbeiter:

30.06.2020 / ██████████

- *Biosphère: Der Notfallschutz der Schweiz sei überhaupt nicht in der Lage, präventive Schutzmassnahmen vor der Wolkenphase umzusetzen und das BABS würde somit gegen geltendes Recht verstossen.*

ENSI: Darlegungen, Referenzen oder Modellrechnung für diese Aussage liegen nicht vor.

Aus diesen Gründen distanziert sich das ENSI von den Hauptresultaten der Biosphère-Studie und kann aus den Ausführungen keine gewinnbringenden Erkenntnisse ziehen.



Klassifizierung:
Aktenzeichen/Referenz:
Titel:

keine
/ ENSI-AN-10939
Stellungnahme des ENSI zur Studie "Modeling of a Major Accident in Five Nuclear Power Plants From 365 Meteorological Situations in Western Europe and Analysis of the Potential Impacts on Populations, Soils and Affected Countries" des Institut Biosphère.
30.06.2020 /

Datum / Sachbearbeiter:

5 Referenzen

- [1] Piguet et al., "Modeling of a Major Accident in Five Nuclear Power Plants from 365 Meteorological Situations in Western Europe and Analysis of the Potential Impacts on Populations, Soils and Affected Countries", Institut Biosphère, 21.05.2019, revidierte Version vom 27.08.2019
- [2] Board on Radiation Effects Research Division on Earth and Life Studies (BEIR), "Health Risks from exposure to low levels of Ionizing Radiation", BEIR VII Phase 2, The National Academic Press, 2006
- [3] TÜV NORD EnSys Hannover GmbH & Co. KG, «Kernkraftwerk Mühleberg – Gutachten zur Sicherheitsbewertung der Klammervorrichtung (Zugankerkonstruktion) im Hinblick auf Kernmantel-Durchrisse», Dezember 2006
- [4] ENSI Webseite, «Kernmantel Mühleberg: Das ENSI verlangt eine Langzeitlösung», <https://www.ensi.ch/de/kernmantel-muehleberg-das-ensi-verlangt-eine-langzeitloesung/>, aufgerufen am 11.02.2020
- [5] ENSI Webseite, «Risse im Kernmantel Mühleberg», <https://www.ensi.ch/de/2011/08/04/risse-im-kernmantel-muehleberg/>, 04.08.2011, aufgerufen am 11.02.2020
- [6] ENSI Webseite, «Selbst wenn die Risse die vom ENSI festgelegten Grenzwerte erreichen, ist der Kernmantel noch genügend stabil», <https://www.ensi.ch/de/2015/01/27/selbst-wenn-die-risse-die-vom-ensi-festgelegten-grenzwerte-erreichen-ist-der-kernmantel-noch-ausreichend-stabil/>, 27.01.2015, aufgerufen am 11.02.2020
- [7] ENSI Aktennotiz, ENSI-AN-8874, «Stellungnahme zur Studie „Risiko Altreaktoren Schweiz“», 23.06.2014, https://www.ensi.ch/de/wp-content/uploads/sites/2/2014/06/ensi-stellungnahme_studie_risiko_altreaktoren_schweiz_ensi-an-8874.pdf, aufgerufen am 11.02.2020
- [8] ENSI Webseite, «Beznau 1: Aluminiumoxid-Einschlüsse haben keinen negativen Einfluss auf die Sicherheit des Reaktordruckbehälters», <https://www.ensi.ch/de/2018/03/06/beznau-1-aluminiumoxid-einschlusse-haben-keinen-negativen-einfluss-auf-die-sicherheit-des-reaktordruckbehalters/>, 06.03.2018, aufgerufen am 11.02.2020
- [9] ENSI Webseite, «ENSI stuft Brennstab-Vorkommnis im KKW Leibstadt tiefer ein», <https://www.ensi.ch/de/2019/09/12/ensi-stuft-brennstab-vorkommnis-im-kkw-leibstadt-tiefer-ein/>, 12.09.2019, aufgerufen am 11.02.2020
- [10] S. Wheatley et al., "Of disasters and dragon kings: a statistical analysis of nuclear power incidents and accidents", Risk analysis, DOI 10.1111/risa.12587, 2016
- [11] D. Sornette et al., "Exploring the limits of safety analysis in complex technological systems", D-MTEC ETH Zürich, 21.05.2018
- [12] H. Löffler et al., «Guidance for Decision Making based on Extended PSA», Volume 1 – Summary report, 31.12.2016
- [13] A. Wielenberg et al. "The link between the Defence-in-Depth Concept and Extended PSA", 31.12.2016
- [14] J. Lelieveld et al., "Global risk of radioactive fallout after major nuclear reactor accidents", Atmospheric Chemistry and Physics, 12, 4245–4258, 12.05.2012



Klassifizierung:
Aktenzeichen/Referenz:
Titel:

keine

██████████ / ENSI-AN-10939

Stellungnahme des ENSI zur Studie "Modeling of a Major Accident in Five Nuclear Power Plants From 365 Meteorological Situations in Western Europe and Analysis of the Potential Impacts on Populations, Soils and Affected Countries" des Institut Biosphère.

Datum / Sachbearbeiter:

30.06.2020 / ██████████

- [15] S. Wheatley et al., MTEC News Update, "Cost versus safety of nuclear energy: an independent academic perspective", 07.11.2016, ETH Zürich
- [16] S. Wheatley et al., «Frühzeitiger AKW-Ausstieg? Nicht der optimale Weg», 23.11.2016, Gastkommentar NZZ, Seite 10
- [17] IAEA, "Environmental Consequences of the Chernobyl Accident and their Remediation: Twenty Years of Experience", Vienna 2006
- [18] Seibert et al., flexRisk – Flexible Tools for Assessment of Nuclear Risk in Europe", ISSN 1994-4179, BOKU-Met Report 23, Mai 2013
- [19] Ustohalova et al., "Untersuchung möglicher Folgen eines schweren Unfalls in einem schweizerischen Kernkraftwerk auf die Trinkwasserversorgung», Öko-Institut, Im Auftrag des Trinationalen Atomschutzverbandes (TRAS), 18.06.2014
- [20] NUREG CR-6094, «Calculations in Support of a Potential Definition of Large Release", Mai 1994
- [21] NUREG 1150, "Severe Accident Risks: An Assessment for Five U.S. Nuclear Power Plants", Dezember 1990
- [22] A. E. Sipyagina et al., "Role of Postradiation Genome Instability in Evaluating the Development of Radiation-Determined Pathology in Children After the Chernobyl Accident and Investigation Perspectives", AASCIT Journal of Medicine, 30. Juni 2015
- [23] I. Fairlie et al., "The Other Report on Chernobyl (TORCH)", 6. April 2006
- [24] UNSCEAR Report 1988, "Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation", United Nations, New York, 1988
- [25] ICRP, Annals of the ICRP, ICRP Publication 103, "The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection", ISBN 978-0-7020-3048-2, 2007
- [26] WHO, Health risk assessment from the nuclear accident after the 2011 Great East Japan Earthquake and Tsunami based on a preliminary dose estimation, 2013
- [27] ICRP, Draft TG102, "Radiation Detriment Calculation Methodology", ICRP ref: 4829-8874-8978
- [28] A. M. Kellerer et al. «On the conversion of solid cancer excess relative risk into lifetime attributable risk", Radiation Environmental Biophysics 40, 249–257 (2001)
- [29] L. Walsh et al., "Risk bases can complement dose bases for implementing and optimising a radiological protection strategy in urgent and transition emergency phases", Radiation Environmental Biophysics 58, 539–552 (2019)
- [30] Cardis et al., Risk of cancer after low doses of ionising radiation: retrospective cohort study in 15 countries, June 2005
- [31] Richardson et al., "Risk of cancer from occupational exposure to ionising radiation: retrospective cohort study of workers in France, the United Kingdom, and the United States (INWORKS)
- [32] K. Axhausen et al., «Grossräumige Evakuierung Agenten-basierte Analyse, ETH Zürich, Juni 2013