

Postulat 18.4107; Dosisgrenzwerte bei Kernanlagen, radioaktive Strahlung und Strahlenschutz – Begleitbericht		
Version:	01.06.2023	Autoren: François BOCHUD Didier GAVILLET Patrick MAJERUS

1. Einleitung

Zur Erfüllung des Postulats 18.4107 wurde eine dreiköpfige unabhängige Fachexpertengruppe eingesetzt. Diese Gruppe besteht aus den drei Autoren dieses Begleitberichts, die ein ausgewogenes Verhältnis von Kompetenzen aus den Bereichen Strahlenschutz und nukleare Sicherheit einbringen. Die Expertengruppe legte zunächst die Rahmenbedingungen für den im Postulat geforderten Prüfbericht fest und wählte dann für dessen Erarbeitung das IRSN (französisches technisches Forschungs- und Sachverständigeninstitut), das als dafür geeignetes unabhängiges Gremium betrachtet wurde. Die Gruppe erstellte eine Ausschreibung mit den folgenden drei zentralen Fragen:

1. Wie sieht die Schweizer Strahlenschutzgesetzgebung im Vergleich zu den internationalen Best Practices aus?
2. Wie lassen sich die akzeptablen Risikoniveaus für ein Kernkraftwerk mit denjenigen anderer Möglichkeiten der Verbreitung von Radioaktivität und externer Bestrahlung vergleichen?
3. Worum geht es in den aktuellen Diskussionen in Wissenschaft und Forschung bezüglich der ionisierenden Strahlung im Niedrigdosisbereich?

Die Expertengruppe begleitete die Arbeiten des IRSN, überprüfte die Plausibilität des Prüfberichts und verfasste den vorliegenden Evaluationsbericht.

2. Wie sieht die Schweizer Strahlenschutzgesetzgebung im Vergleich zu den internationalen Best Practices aus?

Auf diese Frage geht das IRSN hauptsächlich in Kapitel 5 seines Berichts ein. Es analysierte verschiedene internationale Regelungen und Empfehlungen und verglich sie mit dem Regelwerk in der Schweiz.

Das IRSN weist darauf hin, dass die Sicherheit einer Kernanlage nicht allein durch die Einhaltung von Dosisgrenzwerten bei Normalbetrieb oder einer Störfallsituation überprüft wird, sondern auf der Anwendung von Sicherheitsgrundsätzen (Prinzip der gestaffelten Sicherheitsvorsorge – Defense in Depth) beruht, die im jeweiligen Regelwerk (ENSI-Richtlinie und Schweizer Gesetzgebung) festgelegt sind. Die Dosisgrenzwerte dienen dazu, die Anwendung dieser Vorschriften zu überprüfen. In anderen Worten: Bei der Bewertung der Dosisgrenzwerte muss berücksichtigt werden, wie konservativ sie abgeschätzt oder berechnet worden sind.

Beim Vergleich der Schweizer Regelung mit den internationalen Praktiken weist das IRSN auf die folgenden Punkte hin:

- Die in der Schweizer Regelung festgelegten Ereignishäufigkeiten (10^{-4} bis 10^{-2} ; 10^{-6} bis 10^{-4}) für Auslegungsstörfälle stehen im Einklang mit den Empfehlungen der Internationalen Atomenergieagentur (IAEA).
- Das Konzept des Risikorichtwerts für potenzielle Expositionen wird gestützt auf die Internationale Strahlenschutzkommission (ICRP) in verschiedenen Ländern für die Auslegung von Endlagern für radioaktive Abfälle, aber nicht direkt für die Bewertung der Sicherheit von Kernanlagen verwendet.
- Der in der Schweizer Regelung festgelegte Dosisrichtwert ist (um den Faktor 10) konservativer als die Empfehlung der ICRP (Kapitel 5.2.1 / Tabelle 4).

- Die IAEA hält fest, dass die aus dem Betrieb oder einer Störfallsituation resultierenden Strahlendosen unterhalb der akzeptablen Grenzen bleiben müssen, gibt aber keine konkreten Zahlen an. Auch die EURATOM definiert für die radiologischen Folgen keine quantitativen Grenzwerte, die je nach geschätzter Ereignishäufigkeit einzuhalten wären.
- Das Kriterium von 1 mSv bei Störfällen, die mit einer Häufigkeit zwischen 10^{-2} und 10^{-4} zu erwarten sind, ist eines der niedrigsten Dosiskriterien in den untersuchten Ländern; das Kriterium von 100 mSv bei einer Störfallhäufigkeit zwischen 10^{-4} und 10^{-6} befindet sich an der oberen Grenze, entspricht aber der internationalen Standardpraxis.
Wie im IRSN-Bericht mehrfach erwähnt, müssen die in einer Regelung festgelegten Dosisrichtwerte immer unter Berücksichtigung der konservativen Annahmen bei ihrer Festsetzung, der Integrationszeit, der Personengruppe, für die sie gelten, und des Standorts dieser Gruppe (Distanz zum Störfallort) bewertet/verglichen werden. Ein direkter Vergleich der in den einzelnen Ländern angewendeten Dosisrichtwerte ist aufgrund der zuweilen sehr unterschiedlichen Ansätze äusserst schwierig (wie die Darstellung der französischen Regelung in Kapitel 3 des IRSN-Berichts zeigt).
In der Schweiz beispielsweise muss die Dosis für die am stärksten betroffene Bevölkerungsgruppe, die an der Grenze zum Nuklearstandort lebt und lokale Lebensmittel konsumiert, ermittelt werden. Dieser Ansatz ist sehr konservativ.
- Die Schweiz ist das einzige Land mit einer strikten Anwendung von Dosiskriterien, welche die (vorläufige) Ausserbetriebnahme der Anlage bei Nichteinhalten der Werte verlangen.
- Die Schweizer Regelung gilt für alle Kernanlagen (nicht nur für Kernkraftwerke); dieser Punkt wird im folgenden Kapitel dieses Begleitberichts näher erläutert.

Das IRSN kommt zum Schluss, dass die rechtlichen Rahmenbedingungen in der Schweiz aufgrund der konservativen Annahmen, auf denen sie beruhen, und aufgrund des präskriptiven Ansatzes mit einer strikten Anwendung des Schwellenwerts weitgehend mit den internationalen Best Practices für die Sicherheit von Kernanlagen übereinstimmen.

3. Wie lassen sich die akzeptablen Risikoniveaus für ein Kernkraftwerk mit denjenigen anderer Möglichkeiten der Verbreitung von Radioaktivität und externer Bestrahlung vergleichen?

Der in der Schweiz verfolgte Ansatz, für alle Arten von Anlagen dieselben Kriterien (Ereignishäufigkeiten und Folgen) anzuwenden, ist einzigartig. Die internationale Praxis besteht in der Regel darin, probabilistische Bewertungen ausschliesslich für die Kernkraftwerke und in bestimmten Fällen für andere Anlagen des Kernbrennstoffkreislaufs anzuwenden. Für kleinere Strahlungsanlagen werden deterministische Ansätze verwendet, z. B. um Gefährdungen zu eliminieren. Wie auf Seite 39 des IRSN-Berichts beschrieben, ist es vor allem aufgrund der grossen Vielfalt von Strahlungsanlagen, die sehr spezifische oder auch einzigartige Merkmale aufweisen, schwierig, für alle Anlagenarten einen ähnlichen Ansatz zu verwenden.

Da in der Schweizer Gesetzgebung derselbe Ansatz für die verschiedenen Anlagenarten gilt, kann der Eindruck entstehen, der Vergleich unterschiedlicher radiologischer Risiken sei einfach und unkompliziert. Im IRSN-Bericht werden keine Vergleiche mit Radon- oder medizinischen Expositionen angestellt. Radon beispielsweise verursacht europaweit eine mittlere jährliche Exposition in der Grössenordnung von 1 bis 3 mSv pro Person. Diese Werte sind mit denjenigen medizinischer Expositionen vergleichbar. Beide Expositionsarten führen somit zu einer kumulierten Exposition von mehreren Dutzend und nicht selten auch mehreren Hundert mSv über die Lebensdauer von Europäerinnen und Europäern. Allerdings ist zu unterscheiden zwischen bestehenden «realen» Expositionen und einer potenziellen Exposition, die mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit eintreten kann und anhand konservativer Annahmen berechnet wird. Aufgrund der sehr

unterschiedlichen Kontexte ist es nicht sinnvoll, die Werte nach einem undifferenzierten Ansatz zu vergleichen.

Es ist zwar möglich, das Gesundheitsrisiko bei einer realen Exposition von 100 mSv anzugeben. Aber es kann nicht von einem rechtlich verbindlichen, Sicherheitszwecken dienenden Dosiskriterium direkt auf das Risiko für eine in der Nähe einer Kernanlage lebenden Person geschlossen werden. In dieser Situation kommt in der Risikowahrnehmung eine emotionale Dimension zur wissenschaftlichen Evidenz hinzu. Die meisten Menschen schätzen die Risiken von Kernanlagen als sehr hoch ein. Hingegen gelten andere Expositionssituationen, beispielsweise medizinische oder Radon-Expositionen, als wenig riskant, obwohl sie grössere Gesundheitsauswirkungen haben.

Die ICRP empfiehlt, für nukleare und radiologische Störfälle einen Referenzwert für den Bevölkerungsschutz von 20 bis 100 mSv für das erste Jahr nach Eintritt festzulegen. Referenzwerte bilden die Grundlage für die Definition der Strahlenschutzstrategie. Gestützt auf diese Strategie werden Massnahmen festgelegt, um die Bevölkerung vor über diesen Werten liegenden Expositionen zu schützen. Es handelt sich aber nicht um eine Grenze, die nicht überschritten werden darf. In den im Rahmen einer Sicherheitsbewertung berechneten Dosiswerten werden die Effekte von Schutzmassnahmen nicht berücksichtigt.

Aufgrund der Unterschiede bei der Angabe der Dosen, Berechnung der Exposition und Definition des Kriteriums selbst ist es schwierig und meistens nicht sinnvoll, einfach eine einzige berechnete Dosis zu vergleichen, um die Robustheit der nuklearen Sicherheit festzustellen.

4. Worum geht es in den aktuellen Diskussionen in Wissenschaft und Forschung bezüglich der ionisierenden Strahlung im Niedrigdosisbereich?

Die Auswirkungen niedriger Dosen ionisierender Strahlen wurden im Rahmen eines Berichts des Bundesrats vom 2. März 2018 in Erfüllung eines früheren Postulats¹ untersucht. Diese Frage war auch Gegenstand eines anderen Postulats² im Nationalrat, das den Bundesrat indirekt aufforderte, den Bericht von 2018 dem neuen Wissensstand anzupassen. Dies zeigt, dass die dem IRSN in diesem Teil gestellte Frage nach wie vor aktuell ist.

In Kapitel 6 des IRSN-Berichts wird diese Frage mit einer kurzen Diskussion über die Relevanz des Berichts von 2018 behandelt. Anschliessend werden die jüngsten epidemiologischen Studien zum Risiko von Krebs oder anderen Erkrankungen zusammengefasst. Den Abschluss bildet eine Übersicht über die laufenden Studien.

Das IRSN erachtet den Bericht von 2018 als qualitativ hochwertig, nicht abschliessend, aber umfassend und ausgewogen. Er bietet eine gute Bestandesaufnahme der 2018 vorhandenen epidemiologischen Kenntnisse über die Auswirkungen von Niedrigstrahlung. Die Schlussfolgerungen entsprechen dem heutigen Wissensstand. Es wird klar und zutreffend erläutert, welche Bedeutung sie für den Strahlenschutz haben.

Kapitel 6 des IRSN-Berichts enthält eine sehr gute Zusammenfassung der epidemiologischen Studien zu Überlebenden der Atombombenabwürfe von Hiroshima und Nagasaki, Patientinnen und Patienten, Arbeiterinnen und Arbeitern und der Umwelt sowie die jüngsten Synthesen und Meta-Analysen. Das wissenschaftliche Verständnis der Auswirkungen niedriger Strahlendosen auf das Krebsrisiko wird durch diese Studien deutlich erweitert. Die Ergebnisse zeigen heute, dass bei Dosiswerten in der Grössenordnung von 100 mSv oder weniger zumindest für alle Krebsarten zusammengenommen und

¹ [Das Postulat 08.3475](#) führte zur Publikation eines detaillierten Berichts ([in deutscher](#) und in [französischer Sprache](#)) über die Auswirkungen von Strahlung im Niedrigdosisbereich auf Menschen sowie über die Risikobewertung.

² [Das Postulat 23.3415](#) «Ionisierende Strahlung im Niedrigdosisbereich. Die Empfehlungen dem aktuellen Wissensstand anpassen» wurde am 17. März 2023 eingereicht.

auch für einige spezifische Krebsarten ein zusätzliches Krebsrisiko möglich ist. Dieser Dosiswert entspricht der mittleren Strahlenbelastung einer in der Schweiz lebenden Person über einen Zeitraum von etwa 20 Jahren. Da das Risiko, an Krebs zu erkranken, ohne Strahlung rund 50 Prozent beträgt, belegt ein solches epidemiologisches Resultat die Qualität der jüngsten Studien. Verschiedene internationale Organisationen (ICRP, NCRP, UNSCEAR, NCI) stellen fest, dass die Evidenz für die krebserregende Wirkung ionisierender Strahlung im Niedrigdosisbereich zunimmt und die Annahme, dass es für den Strahlenschutz keinen Schwellenwert gibt, sinnvoll und vernünftig scheint.

In jüngster Zeit wurden verschiedene Studien zu anderen durch ionisierende Strahlung induzierten Leiden als Krebserkrankungen publiziert, insbesondere zu Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Erkrankungen des zentralen Nervensystems, Linsentrübungen und erblichen Effekten. Obwohl eine wachsende Zahl von Resultaten ein zusätzliches Risiko bei niedrigen Dosen zu zeigen scheint, bestehen nach wie vor grosse Unsicherheiten. Aufgrund der Heterogenität der Ergebnisse ist eine Beschreibung dieser Risiken zudem stark eingeschränkt. Mehrere Expertengruppen beteiligen sich an den Arbeiten im Rahmen des UNSCEAR, die es in den kommenden Jahren ermöglichen dürften, unser Wissen über die Auswirkungen von Niedrigdosen zu konsolidieren.

Im Übrigen hat die ICRP vor Kurzem einen Prozess zur Aktualisierung des Strahlenschutzsystems eingeleitet. Mehrere Arbeitsgruppen wurden eingesetzt, in denen auch Mitglieder von Schweizer Institutionen mitwirken. Sie befassen sich beispielsweise mit der Verbesserung der Klassifizierung der gesundheitlichen Auswirkungen von Strahlung, Faktoren für die unterschiedliche individuelle Reaktion auf Strahlenexposition oder den Risiken für Herz-Kreislauf-Erkrankungen. In den kommenden Jahren dürften diese Arbeitsgruppen auch neue Synthesen zu den Auswirkungen geringer Dosen bereitstellen. Die wichtigste Feststellung des IRSN ist deshalb, dass der Bericht des Bundesrats von 2018 relevant bleibt. Sie wird dadurch bekräftigt, dass die jüngsten epidemiologischen Studien die Relevanz des linearen Modells ohne Schwellenwert (LNT) als Basis für den Strahlenschutz unterstützen. Für andere Erkrankungen als Krebs scheint zwar zunehmend wahrscheinlich, dass ein zusätzliches Risiko existiert, doch liegen derzeit nicht genügend Beweise vor, die diese Annahme stützen.

5. Schlussfolgerungen des Berichts des IRSN

Die Schweizer Gesetzgebung steht im Einklang mit den internationalen Empfehlungen und dem Regelwerk von Ländern mit vergleichbarem Entwicklungsstand. Die Anwendung strenger Grenzwerte, deren Überschreitung die Ausserbetriebnahme eines Kernkraftwerks zur Folge hat, ist eine Schweizer Besonderheit, die weltweit kein anderes Land kennt, obwohl die Analyse des Verhältnisses zwischen der Eintrittswahrscheinlichkeit eines Ereignisses und der Dosis für die Bevölkerung in unseren Nachbarländern weit verbreitet ist. Dieser unterschiedliche Ansatz erschwert den internationalen Vergleich und das IRSN hat einen solchen ausdrücklich verweigert. Wird dennoch ein Vergleich versucht, zeigt sich, dass die Schweiz einen der höchsten Werte festgelegt hat. Dies wird aber durch das konservative Szenario eines Kindes, das in der Nähe des Kraftwerks lebt und lokale Lebensmittel konsumiert, wieder ausgeglichen.

Der Vergleich des Risikos der Kernindustrie mit demjenigen anderer Strahlungsquellen, beispielsweise in der Medizin oder der Umwelt, nimmt im IRSN-Bericht nur sehr wenig Raum ein. Grund dafür ist wahrscheinlich, dass man seit Langem weiss, dass für die Tolerierbarkeit und Tragbarkeit eines Risikos nicht allein objektive und quantifizierbare Faktoren wie die Dosis massgebend sind, sondern auch Faktoren wie die Kenntnis des Vektors, die Ethik, die Sensitivität, die Art der Effekte, das Vertrauen in die Verantwortlichen usw. Mit dieser Frage befasst sich derzeit eine Arbeitsgruppe der ICRP, in der ein Schweizer Vertreter mitwirkt.

Wichtig ist auch der Hinweis auf den Unterschied zwischen einer bestehenden Exposition – einschliesslich medizinischer, beruflicher oder natürlicher Expositionen – und einem Dosisgrenzwert, der auf Basis von Annahmen und in Bezug auf mehr oder weniger wahrscheinliche Umstände berechnet wird.

Die Haupteckdaten aus dem Bericht des Bundesrats von 2018 zur Risikobewertung behalten ihre Gültigkeit. Unter anderem unterstützen die jüngsten Studien die Anwendung des linearen Modells ohne Schwellenwert als konservative Basis für den Strahlenschutz in der Schweiz. Die Einhaltung der in der Gesetzgebung festgelegten Dosisgrenzwerte stellt sicher, dass dieses Risiko für die Bevölkerung tolerierbar ist. Dies rechtfertigt die weitere Anwendung des Optimierungsprinzips im Strahlenschutz, das darin besteht, die Dosen auf das niedrigste vernünftigerweise erreichbare Niveau zu reduzieren. Abschliessend ist festzuhalten, dass der IRSN-Bericht die schweizerische Gesetzgebung und die damit verbundenen Grenzwerte nicht in Frage stellt.

Die drei unabhängigen Experten und Autoren dieser Studie sind mit dieser Feststellung einverstanden.