

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung, einige Szenarien fehlen hier

Einführung.....	3
Szenarien, Störfälle, GAU, SuperGAU, Strahlung.....	4
Szenarium 1 LOCA Loss of cooling accident, Kühlmittel-Verlust.....	4
Szenarium 2 Sturz eines Objektes (Flugzeug, Meteorit) auf die Gebäudehülle	5
Szenarium 3 Sehr hohe Temperaturen (Nuklearia).....	6
Szenarium 4 Wasser- und Lufteintritt (Nuklearia).....	6
Szenarium 5 Terroristen-Attacken.....	6
Szenarium 6 Erdbeben, Hochwasser, Sturmflut.....	7
Szenarium 7 Versagen der Abschaltssysteme (Nuklearia)	7
Szenarium xx Platzhalter – Muster für weitere Szenarien.....	7
Lagerung, Langzeitlager, Abklinglager	8
Strahlung der relevanten Elemente	8
Mengen der relevanten Elemente	8
Ergebnis.....	9
ANHANG : Detailberechnungen	10
TRISO-Technik – Strahlung und Wirkungen von Dr. S. K.	10
KI-Chatbot Analyse	10
Kommentare.....	18
Strahlungsarten und Plutoniumbildung im Kugelhaufenreaktor Dr. S. K.....	24
Radioaktive Strahlungsarten – Charakteristika, Schutzmöglichkeiten und biologische Wirkungen Dr. S. K.....	25
1. Alpha-Strahlung (α).....	26
2. Beta-Strahlung (β).....	26
3. Gamma-Strahlung (γ)	27
4. Neutronenstrahlung (n)	27
Das theoretische Konzept der Strahlenhormesis Dr. L. N.....	28
Die Evidenzlage Dr. L. N.	29
Der Streitpunkt: LNT-Modell vs. Hormesis-Modell Dr. L. N.....	29
Klinische oder praktische Relevanz Dr. L. N.	29
Mögliche biologische und gesundheitliche Effekte ionisierender Strahlung in Abhängigkeit von der Dosis.....	30
Übersicht über mögliche hormetische Prozesse.....	30
Kernenergie --- wie „gefährlich“ ist diese Technik? Dr. Lutz Niemann Juni 2025.....	31
Positive Strahlenwirkungen --- Teil 1 Dr. Lutz Niemann	34
Positive Strahlenwirkungen --- Teil 2 Dr. Lutz Niemann	39

Positive Strahlenwirkungen --- Teil 3 Dr. Lutz Niemann	41
Von Herrn Dr. Eben Mulder, USA,	46

Einführung

Da radioaktive, ionisierende Strahlung bei Atomspaltung neben der Explosion die Hauptquelle für Gefahren ist, wir hier versucht, deren Ursachen, Wirkungen und die Sicherheit im Zusammenhang zu beleuchten. Neben eigenen Kenntnissen und Erfahrungen haben die Autoren:

- Dr. Johannes Hammer
- Dr. med. Siegfried Kober †
- Dr. Friedbert Müller
- Dr. Eben Mulder
- Dr. Lutz Niemann
- Dipl.-Ing. Jochen Michels

auch KI mitwirken lassen.

Ziel ist, durch sachliche Erörterung zunächst eine klare Beurteilung aller Lagerungs-Risiken vorzunehmen, die bei der friedlichen Nutzung von Kernenergie auftreten können. Daneben stehen als weitere Ziele die Massnahmen zur Vermeidung und Abwehr dieser Risiken im Mittelpunkt. Insgesamt soll durch gewissenhafte Abwägung die Nutzung ermöglicht statt verhindert werden.

Zu erwarten ist, dass in einigen Jahren deutlich wird, dass wir auch in Deutschland ohne Kernenergie nicht auskommen werden. Dann muss die emotionale Angst durch wissens- und faktenbasiertes verantwortliches Handeln abgelöst werden.

Weil die „End“lagerung meist viel kritischer gesehen wird, als der Grösste Anzunehmende Unfall (GAU oder SuperGAU), widmet sich diese Schrift insbesondere der Lagerung von Überresten der Brennelemente und anderer Materialien der Kernkraftwerke.

Zwar soll man vor dem Start neuer Projekte Alles „vom Ende her denken“. Nicht immer ist das möglich. Und nicht immer darf man deshalb das ganze Projekt unterlassen. Gerade wenn viele unerprobte Elemente im Spiel sind – wie zum Beispiel

- bei der Raumfahrt oder
- beim Vortrieb eines Tunnels oder
- bei der Entwicklung eines Automodells

– muss man auf Mut, Lernbereitschaft und Gewissen der Handelnden vertrauen, im Fortschreiten jeweils optimale Lösungen zu finden.

Da der erwartete Energiebedarf in Deutschland, Europa und weltweit stark steigen wird, die fossilen Träger zu Ende gehen und Sonne/Wind oft nicht ausreichen, ist der Verzicht auf Kernenergie keine Option.

Kernenergie wird seit Ende des Weltkrieges II in vielen Ländern zunehmend genutzt. Neue und völlig unbekannte Gefahren sind daher auszuschliessen. Es genügt, die realistischen Szenarien zu benennen, zu bewerten und geeignete Massnahmen zu definieren.

Szenarien, Störfälle, GAU, SuperGAU, Strahlung

In welchen Szenarien muss Sicherheit geboten werden gegen GAU oder SuperGAU ? Wir verstehen unter:

GAU: Strahlung nur auf dem Grundstück (auch genannt: Zero-Emission-Konzept)
 SuperGAU: Strahlung über das Grundstück hinaus.

Immer geht es um Strahlenschäden an Mensch und Umwelt, nicht um die Anlagen und Gebäude. Denn deren Risiken kann man mit üblichen Industrieversicherungen abdecken. Neben den versicherbaren Schäden an Anlagen ist ein SuperGAU nicht zu erwarten, da das Zero Emission ¹Konzept Wirkungen über das Grundstück hinaus ausschliesst.

Folgende GAU-auslösende Szenarien sind realistisch denkbar:

- Proliferation – Verbreitung von waffenfähigem Strahlmaterial durch Terroristen o.Ä.
- Unbeabsichtigter, sorgloser Umgang mit den Kernbrennstoffen
- Störfall mit Verbreitung durch Wasser, Wind, Wolken - wie Tschernobyl/Fukushima
- Austreten aus einer längeren Lagerung
- Handhaben der Kugeln im unterkritischen Bereich

Ob nur Ereignis oder Störfall, das wird durch die INES-Skala bestimmt.

Szenarium 1 LOCA Loss of cooling accident, Kühlmittel-Verlust

Der Ausfall des Kühlmittels – egal aus welchem Grund – führt bei jedem Kühlmittel (Wasser, Gas, Metall, Salz) zu einem Störfall und ist daher das wahrscheinlichste und wichtigste Szenarium

LWR Leichtwasser	TRISO-Kugel-HTR mit Helium Kühlgas
Die Brennstäbe werden schnell viel heisser als ca. 400 Grad. Das Rest des Kühlwassers oder des entstandenen Dampfes wird in H ₂ und O zerlegt. Es entsteht Knallgas. Durch Funken oder anderweitig entzündet, explodiert es und beschädigt durch den Druck den Core und evtl. weitere Teile. Die Brennstäbe schmelzen und vergasen teilweise. Die radioaktiven Gase werden von der Explosion in die Atmosphäre getragen und breiten sich mit der Luft aus, über das Grundstück hinaus, unkontrolliert ja nach Wind und Wolken.	Das Kugelbett überhitzt sich schnell. Die Neutronen beschleunigen sich. Es werden weniger von anderen Atomkernen eingefangen, sondern stattdessen vom Grafit der Auskleidung des Druckbehälter. Die Kettenreaktion geht sofort zurück und erlischt innerhalb von Sekunden. Die Nachzerfallswärme wird von den Wänden (Stahl, Beton, liner mit Wasserkühlung) nach aussen in die Umgebungsluft abtransportiert. Bevor durch Abkühlung des Core die Kettenreaktion wieder beginnt (mindestens 3 Stunden) kann man vorgeplante Massnahmen treffen, zum Beispiel Ablassen der Kugeln in den Corecatcher. Dann erfolgt Klärung der Ursache, ggf. Reparatur und wieder Anfahren des Reaktors.

¹ Dieses Konzept besagt, dass die Menge an Radioaktivität nie grösser ist

Lagerung, Langzeitlager, Abklinglager

Der wichtigste Angstfaktor ist in unserm Land die Lagerung des sogenannten Abfalls. Dabei wird weder nach der Strahlungsart und Intensität unterschieden, noch nach den Mengen, die überhaupt anfallen. Beide Faktoren sind jedoch entscheidend für zielführende Massnahmen. Den Begriff Endlager vermeiden wir bewusst, weil damit ganz unterschiedliche Zeiträume gemeint werden, die von Hunderttausenden bis viele Millionen Jahre reichen. Meist ist damit wohl gemeint „auf Nimmer Wiedersehn“.

Klar ist, dass Menschen vor Schäden durch radioaktive Strahlung geschützt werden müssen.

Strahlung der relevanten Elemente

Bekannt ist, dass die rund 40 verschiedenen Elemente und Isotope, die bei der Spaltung entstehen, sehr unterschiedliche Eigenschaften wie

- Halbwertszeiten (HWZ),
- Strahlenenergie (eVolt),
- Intensität (Becquerel, Bq) und
- Reichweiten (Meter)

haben.

Wir halten uns an die übliche Einteilung in

- stark
- mittel
- schwach

strahlend, und versuchen, diese Begriffe genau zu definieren.

Bei der Kernspaltung in Kernkraftwerken entstehen aus dem Einsatzstoff Uran oder Thorium etwa 40 verschieden Elemente, teils neue, teils Isotope. Sie entstehen in unterschiedlichen Mengen und mit verschiedener Strahlung. Manche senden viel Strahlung aus und sind daher bald ausgestrahlt, andere strahlen schwach, dafür aber Tausende von Jahren. Einige Beispiele für die Halbwertszeit (in der die Hälfte durch Strahlung verschwunden ist):

Element	HWZ in Jahren	unter 1 % in Ja.	Becquerel/g	Strahlart
Strontium	29	210	5.100.000.000.000	Beta,
Cäsium	30	210	3.200.000.000.000	Beta , Gamma,
Americium	432	3.000	125.000.000.000	Alpha, Gamma,
Plutonium	24.110	200.000	2.300.000	Alpha, Beta.
Uran235	700.000.000	> Erdalter	25.000	
Thorium232	14.000.000.000	> Erdalter	4.000	

Die Tabelle ist nach HWZ geordnet. Die kürzeste hat Strontium mit 29 Jahren.

Die dritte Spalte zeigt die erforderliche Zeit, bis wann die Masse auf 1 Prozent schrumpft.

Bei Strontium 210 Jahre, bei Plutonium 200.000 Jahre. Jeweils 7 HWZ sind dazu nötig.

In der vierten Spalte ist die Stärke der Strahlung in Bq angegeben. Man sieht, dass starke Strahler eine kurze HWZ besitzen und umgekehrt. Plutonium strahlt viel schwächer als Strontium oder Cäsium. Uran und Thorium strahlen am schwächsten.

Mengen der relevanten Elemente

Daneben ist auch noch wichtig, welche Mengen denn überhaupt in einem Kernkraftwerk jährlich anfallen. Bei einem 1.000 MW Kraftwerk sind es bis zu 25 Tonnen abgebrannter

Kernbrennstoff. Darin ist ca. 1 Prozent Plutonium enthalten. Das sind ca. 250 Kilo, eine Stange von etwa 200 cm x 10 cm x 10 cm - ungefähr so groß wie ein Paar Skier.

Nimmt man für Deutschland 20 LWR-KKW mit je 1.000 MW an, so entstehen im Jahr rund 5 Tonnen Plutonium. In 50 Betriebsjahren wären es 250 Tonnen, 7 LKW-Ladungen.

Lässt man diese Zahlen auf sich wirken, erkennt man, dass etwa 300 Jahre ausreichen, um grosse Teile des „Abfalls“ verschwunden zu sehen. Der Rest strahlt zwar immer noch, aber wegen der geringen Mengen schon bei Abstand von 10 Metern nicht stärker als wir Menschen und unsere Umwelt ohnehin strahlen. Man braucht also nur 10 Meter Abstand zu halten, nicht 1.000 Meter in einem tiefen Schachtsystem.

Ergebnis

Alle anderen Spaltprodukte, also etwa 35 verschiedene Elemente sind nach Menge und Strahlen so gering, dass sie für die Lagerungspraxis nur geringe Bedeutung haben.

Da schon jetzt an vielen Stellen am Recycling durch Transmutation und Aufarbeitung gearbeitet wird, ist realistisch anzunehmen, dass spätestens in 100 Jahren die heute sogenannten Abfälle dringend gesuchte Wertstoffe darstellen und zu neuer Energiegewinnung eingesetzt werden.

Die Vollversion mit den Anhängen ist unter Kachel A4 (bitte die Bezahlschranke beachten)