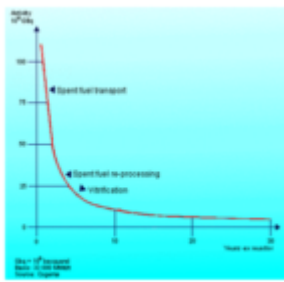


# Radioaktiver Abfall aus Kernkraftwerken?



Change in radioactivity of fission products – one tonne of spent PWR fuel

In verschiedenen Industrien, in der Medizin und der Forschung werden radioaktive Substanzen verwendet, die dann irgendwann Abfall sind. Jedoch ist deren Menge klein gegenüber dem Abfall aus Kernkraftwerken, und nur dieser spielt in der öffentlichen Diskussion eine Rolle. Daher werde ich mich darauf beschränken.

Leute mit grüner Gesinnung regen sich über den radioaktiven Abfall aus Kernkraftwerken so sehr auf, dass sie meinen, dieser Abfall könnte das Ende der Menschheit herbeiführen. Solche Ansichten hört man z.B. in der kirchlichen Tagungsstätte Loccum, die nur noch teilweise der christlich-evangelischen, hauptsächlich aber der Ökoreligion dient.

So sagte dort der Landesbischof Ralf Meister:

*„Allerdings können wir Aussagen machen zu einer hochgiftigen Strahlung, die noch über viele hunderttausend Jahre so giftig sein wird, dass sie das Menschleben und das Leben auf dieser Erde in ihrer Existenz bedroht.“*

Und die atompolitische Sprecherin der Grünen im Bundestag, die Kunsthistorikerin Sylvia Kotting-Uhl:

*„Er (der radioaktive Abfall) ist da und stellt für die heutige und zukünftige Gesellschaften eine existenzielle Bedrohung dar“ und weiter „Atommüll gehört zum Tödlichsten, was es auf der Erde gibt. Er tötet durch Strahlung und ist hochgiftig. Bis das Risiko aus diesen Stoffen halbwegs erträglich geworden ist, vergeht eine Million Jahre. Auch dann noch haben einzelne Nuklide eine hoch umweltgefährdende Aktivität. Den Müll über einen derart langen Zeitraum so aufzubewahren, dass er Mensch und Umwelt nicht gefährden kann, scheint schier unmöglich.“ (Loccumer Protokoll 25/11)*

Solche Beurteilungen setzen die völlige Unkenntnis der Naturwissenschaften und Schwierigkeiten bereits bei den Grundrechenarten voraus. Sie sind auch

auf anderen Gebieten üblich und Grundlagen der derzeitigen Politik. Wie ist das in unserer auf Naturwissenschaft, Mathematik und Technik beruhenden Zivilisation möglich?

Könnte ein alter Römer wieder zum Leben erweckt und in unsere Zeit versetzt werden, würde er staunen: Er kann mit Leuten in Rom von hier aus direkt sprechen, die Rückreise würde weniger Stunden dauern als zu seiner Zeit Wochen, Licht und Wärme schaltet man einfach ein, und vor allem: Es gibt hier nie einen Mangel an Lebensmitteln. Aber gänzlich verblüffen würde den alten Römer, dass, von wenigen Ausnahmen abgesehen, unsere Politiker nichts damit zu tun haben. Schon in der Schule wollten oder konnten sie das, was unserer Zivilisation zugrunde liegt, nicht lernen. Regierung und Bundestag sind etwa so zusammengesetzt wie der Senat in Rom vor mehr als 2.000 Jahren. Es dominieren die Juristen. Zählt man noch dazu, was uns als „Intellektuelle“ vorgestellt wird, ergibt sich folgende Situation (Vince Ebert):

*„Die öffentliche Diskussion über Energieversorgung, Risikobewertung, Gentechnik, Klimawandel, Stammzellen und Digitalisierung wird zu 97 Prozent bestimmt von Geisteswissenschaftlern, Theologen, Schriftstellern, Juristen, Theaterleuten und Ökonomen.“*

Als Angehöriger der MINT-Fächer (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft, Technik) gehöre ich (Physiker) da zu einer Randgruppe. Jedoch werde ich von diesem Standpunkt aus über radioaktive Abfälle berichten.

Was immer die Technik an radioaktivem Abfall erzeugt, die Aktivität wird winzig bleiben gegenüber der natürlichen Radioaktivität unserer Erde. Jedoch kann die spezifische Aktivität, Becquerel (Bq) pro kg, vieler technischer Abfälle unnatürlich hoch sein, und solche Abfälle müssen dann sorgfältig entsorgt werden. Es gibt auch Möglichkeiten, radioaktive Abfälle umzuwandeln (Transmutation), aber das wird bisher nirgends gemacht.

Ich gehe anhand einer Liste von Fragen vor, die mir Herr Dr. Peters, Deutscher Arbeitgeberverband, zugeschickt hat.

## **1. Was ist Atommüll und in welcher Form wird er eingelagert?**

„Atommüll“ ist eine Bezeichnung der Medien. Radioaktive Elemente entstehen in Kernkraftwerken auf zwei Arten. Uran- und Plutoniumkerne werden in zwei und manchmal auch drei Teile gespalten. Diese Bruchstücke sind Elemente mit zu viel Energie, die sie per Strahlung loswerden wollen. Der zweite Weg ist Aktivierung durch Neutronen. Nimmt Uran, oder auch z.B. Cobalt im Strukturmaterial ein zusätzliches Neutron in seinen Kern auf, dann ist ebenfalls ein Radionuklid entstanden.

Unvermeidlich gelangen solche radioaktiven Elemente, auch Nuklide genannt,

ins Abwasser und in die Abluft. Dort werden sie so weit wie möglich herausgefiltert, und die Filtermaterialien stellen dann schwach aktiven Abfall dar. Insgesamt beträgt die Aktivität dieser Filtermaterialien etwa 1 % aller Kernkraftwerksabfälle. Fässer mit solchem Inhalt darf man anfassen. Internationale Bezeichnung: LLW (Low Level Waste).

Bei Aktionen wie der Demontage von Reaktorkernen fallen Abfälle mit höherer Aktivität an. Auch diese kommen in Fässer, die man aber nicht mehr anfassen sollte. Die Fässer werden in Abschirmungen transportiert. Obwohl sich jede Strahlung letzten Endes in Wärme umsetzt, werden solche Fässer aber kaum warm (unter 2 kW/m<sup>3</sup>). Insgesamt handelt es sich um etwa 4 % der Aktivität aller KKW-Abfälle. Internationale Bezeichnung: ILW (Intermediate Level Waste).

Der ganz überwiegende Teil der Aktivität besteht aus abgebrannten Brennelementen. In einigen Ländern werden Brennelemente wieder aufgearbeitet, d.h. man holt die Wertstoffe Uran und Plutonium heraus. Der Rest wird zu einer Art Glas verarbeitet (vitrified) und ist hochaktiver Abfall, obwohl, wie das Bild aus Frankreich zeigt, die ursprüngliche Aktivität zügig abklingt. Bezeichnung: HLW (High Level Waste), auch HAW.

Bis heute wird solcher Abfall nirgends endgelagert. Es gibt 2 Konzepte: Einlagerung in Granit oder ähnlichem. Das ist aber kein Einschluss, es kommt zu Kontakt mit Wasser. Finnland und Schweden gehen so vor, da sie nichts Besseres haben. Einen Einschluss würde Salz oder Ton bewirken, dies Konzept wird in der Schweiz, Belgien und Frankreich verfolgt. Die Tabelle zeigt den Stand der Planungen.

Land	Abfallart	Tatsächlicher oder geplanter Beginn des Baus	Geplanter Beginn der Einlagerung
Belgien	aufgearbeitet, Brennelemente	2035	
Kanada	Brennelemente		2035
China	aufgearbeitet		2050
Finnland	Brennelemente	2004	2023
Frankreich	aufgearbeitet	2020	
Deutschland	aufgearbeitet, Brennelemente		2085
Japan	aufgearbeitet		2035
Russland	aufgearbeitet	2024	
Schweden	Brennelemente		2028
Schweiz	aufgearbeitet, Brennelemente		2060

In Deutschland wird allein die Suche nach einem Standort offiziell bis 2031 dauern, Insider nehmen aber an, dass es vor 2060 nichts werden kann.

Sollte es kein grundsätzliches Umdenken geben, wird Deutschland niemals ein HLW-Endlager fertigstellen.

Schwach- und mittelaktive Abfälle werden überall auf der Welt oberflächennah deponiert.

## **Lager für schwachaktiven Abfall in Frankreich**

In Deutschland steht schwach- und mittelaktiver Abfall vorwiegend in oberirdischen Lagern. Einiges wurde jedoch schon in die Grube Morsleben gebracht und darf dort auch bleiben. Anders ist es in der „Asse“. Alles soll gegen den Rat aller, auch „grüner“ Fachleute, aber nach dem einstimmigen Willen des Bundestages (mittlerweile ist es ein Gesetz) wieder herausgeholt werden, was Milliarden kosten wird.

Worum geht es? Das Bundesamt für Strahlenschutz schreibt selbst: Die gesamte Aktivität der über 100.000 Abfallfässer, eingelagert in mehr als einem halben Kilometer Tiefe, beträgt 0,5 % der Aktivität eines einzigen Castor-Behälters. Von diesen stehen (November 2011) in Gorleben 113 Stück über der Erdoberfläche.

Ein Denken in Größenordnungen darf man von unseren MdB's nicht erwarten.

## **2. Wie definiert man die Anforderungen an ein Endlager?**

Auch unter ungünstigsten Annahmen darf nicht irgendwann, irgendwo, irgendwer einer höheren Strahlendosis als 0,1 Millisievert pro Jahr (mSv/a) aus dem Endlager ausgesetzt sein. Das ist 1/20 der natürlichen Strahlenexposition im Flachland von 2 mSv/a. Anderswo leben große Bevölkerungsgruppen bei 10 mSv/a und mehr, ohne dass ein Einfluss auf deren Gesundheitszustand erkennbar wäre.

In der Endlagerkommission sind auch einige wenige Fachleute, und ich hatte Gelegenheit, mit einem davon zu sprechen. Ich fragte ihn, ob es die Endlagersuche nicht erleichtern würde, wenn man höhere Grenzwerte als die 0,1 mSv/a zuließe. Nein, sagte er. Für jeden einigermaßen geeigneten Standort würden die Sicherheitsanalysen zu dem Ergebnis kommen, dass diese 0,1 mSv/a eingehalten werden können.

## **3. Sollte Atommüll rückholbar gelagert werden?**

Hierbei wird an die Sicherheit gedacht; vielleicht wird es in Zukunft Möglichkeiten geben, den Abfall unschädlicher zu machen? Er schadet schon heute niemandem.

Oder sollte man die Möglichkeiten offenhalten, einmal Wertstoffe aus dem Abfall herauszuholen? Aufarbeitung lohnt sich heute nicht, warum soll das einmal anders werden?

Rückholbarkeit macht die Sache nur unnötig schwierig.

#### **4. Wie verändert sich Atommüll über die Jahrtausende?**

Wer Leute erschrecken will, kann durchaus zutreffend sagen: Die Zahl radioaktiver Atome nimmt auch in Jahrtausenden nur langsam ab. Ein Behälter mit hochaktivem Abfall, Kokille genannt, aus einer Wiederaufarbeitungsanlage enthält nach 30 Jahren typischerweise  $4,11 \cdot 10^{25}$  radioaktive Atome, und 1.000 Jahre später sind es noch  $3,44 \cdot 10^{25}$  Atome, also 84 %.

Aber: Die Aktivität, d.h. Strahlenteilchen pro Sekunde (Bq), wird dann von  $4,1 \cdot 10^{15}$  Bq auf  $2,0 \cdot 10^{13}$  zurückgegangen sein, auf etwa 0,5 %. Ursprünglich enthält eine solche Kokille 44 Arten von Radionukliden, nach 1.000 Jahren sind die 10 aktivsten aufgrund ihrer Halbwertszeiten unter 100 Jahren ausgeschieden. Viel Masse hatten sie nicht, denn hochaktiv bedeutet hohe spezifische Aktivität (Bq/kg).

Es bleiben schwachaktive Radionuklide. Ob diese von Bedeutung sind, hängt von ihrer Löslichkeit und ihrer Adsorption auf einem möglichen Weg nach oben ab.

Da spielt das gefürchtete Plutonium gar keine Rolle. Ausbreitungsrechnungen zeigen, dass andere Elemente, wie das recht unbekannte Selen 79, eine viel größere Chance haben, durchzukommen.

Nun sagen die Geologen: Wir blicken viele Millionen Jahre in die Vergangenheit, also können wir auch sagen, was in der nächsten Million von Jahren passiert. Aber wenn sich jemand ins Endlager hinab begibt, um etwa aus Unkenntnis ein Bergwerk anzulegen, und über die heute üblichen Explorationsmethoden nicht verfügt?

Bereits nach 100.000 Jahren muss man 4 kg vom Kokilleninhalte essen, um die tödliche Dosis zu erhalten (W. Rüegg, „Radioaktive Abfälle, lösbares oder unlösbares Problem?“ 2014). Das kann nicht mehr als Giftstoff bezeichnet werden.

#### **5. Was passiert bei Austreten von radioaktiven Substanzen in die Umwelt?**

In den ersten Jahrhunderten nach der Einlagerung wäre das unangenehm. Man hat da Erfahrungen: In Tschernobyl und in geringerem Maße in Fukushima befinden sich künstliche radioaktive Stoffe an der Erdoberfläche. Caesium 137 wäre das bei weitem gefährlichste Radionuklid. Von Plutonium ist nichts zu befürchten. Nur als eingeatmeter Staub ist es ungewöhnlich gefährlich. In Tschernobyl kommen durch Plutonium kontaminierte Flächen vor, aber es gilt, was das Chemielexikon von Römpp schreibt:

*Da Pu-Verbindungen unter natürlichen Bedingungen stets in das unlösliche 4-wertige Oxid übergehen, das im Boden komplex fixiert*

*wird, ist die Gefahr eines Transportes in die Nahrungskette oder in das Trinkwasser gering.*

Finnland und Schweden werden bald ein Endlager haben, in Frankreich geht es auch voran. In USA hat die Obama-Regierung erst einmal alles gestoppt. Über die Einstellung von Trump ist mir nichts bekannt.

In Deutschland wird es mit der Endlagerung nichts werden, solange die zu Anfang erwähnten Leute zu entscheiden haben.