

AKW-Restmüll aus Physiker-Sicht

Karl Bendel, Schwieberdingen



Das Atomgesetz sieht vor, dass radioaktive Abfälle freigemessen werden können. Führt deren Strahlung gegenüber der natürlichen Strahlung für niemanden(!) zu einer zusätzlichen jährlichen Belastung größer 10 μSv (Mikro-Sievert), so gelten sie als im Sinne des Rechts nicht mehr als radioaktiv und dürfen auf Deponien wie Schwieberdingen oder Horrheim abgelagert werden. Dieser Grenzwert liegt weit unter der natürlichen Strahlung. Diese soll statistisch zu höchstens jährlich etwa 50 zusätzlichen Krebstoten in D führen. Die Höhe dieses Grenzwerts soll hier nicht weiter diskutiert werden.

Die in Sievert angegebene Strahlenbelastung kann nicht gemessen werden. Sie wird auf Basis einiger physikalischer Größen und sehr vieler Annahmen berechnet. Hier sollen einige Parameter, die in diese Rechenmodelle eingehen und Beispiele für Annahmen, die dazu gemacht werden, aufgezeigt werden. Dies soll zuerst am sehr einfachen Beispiel von durch Tschernobyl verstrahlten Lebensmitteln gezeigt werden. Primäre Messgröße ist immer die Zahl der Zerfälle pro Sekunde (Aktivität in Becquerel) und Masse. Nach Tschernobyl wurde für Nahrungsmittel eine maximale Zerfallsrate von 600 Bq/kg festgelegt. In einigen Gegenden Süddeutschlands müssen deshalb noch heute Pilze oder Wildschweine als verstrahlt entsorgt werden.

Für die Berechnung der Strahlenbelastung muss bekannt sein, wie viele der radioaktiven Stoffe (Nuklide) wie viel Energie im Körper freisetzen. Am Beispiel Tschernobyl kann man davon ausgehen, dass über das Essen alle Nuklide in der Nahrung auch vom Körper aufgenommen und nur sehr langsam ausgeschieden werden. Außerdem gibt es fast nur den Beta-Zerfall von Cäsium-137 nach Barium-137, dessen mittlere Energie, die restlos sehr lokal im Körper absorbiert wird, sehr genau bekannt ist.

Ungleich schwieriger ist die Abschätzung des Risikos durch verstrahlte Kernkraftwerksabfälle. Bei diesen handelt es sich um eine Mischung von sehr vielen unterschiedlichen Nukliden. Nur wenige dieser Nuklide werden vom Menschen aufgenommen (im Gegensatz zu 100 % bei den verstrahlten Lebensmitteln). Ergibt die Rechnung nun z.B., dass von einem(!) Menschen weniger als Eins von einer Million Nukliden über Essen, Trinken oder Staub aufgenommen werden kann, so darf die Aktivität der Probe auch eine Million Mal höher sein, als im Beispiel für Lebensmittel. Aufgabe ist also, für die Aufbereitung, den Transport, die Deponierung und für die Lagerung für die kommenden Tausende Jahre abzuschätzen, wie viele und welche Nuklide von uns und unseren Nachkommen aufgenommen werden könnten. Dazu müssen zahlreiche Annahmen gemacht werden.

Hier ein paar Beispiele wichtiger Größen in den Rechenmodellen, für die nur Annahmen möglich sind:

1. Wie viel **Staub** wird beim Einlagern aufgewirbelt und wie viele Nuklide befinden sich darin? Wie viel davon atme ich ein? - Dies wird bislang nur für Deponiearbeiter und Fahrer abgeschätzt, trotz der Ortsrandlage noch(?) nicht für die in Schwieberdingen direkt angrenzende Kleingartenanlage und nicht für die benachbarten Bürger. Für die Deponiearbeiter erhält man z.B., dass sie sicher unter der 10 μSv -Grenze liegen, wenn sie maximal etwa 17 h pro Jahr diesem Staub und zusätzlicher Gammastrahlung ausgesetzt sind, für die LKW-Fahrer dürften es 33 h pro Jahr sein.

2. Wie schnell „diffundieren“ die Nuklide über den Regen ins **Sickerwasser**? Wie stark regnet es? Wie gut haften die Nuklide auf den Asbest-Plastiksäcken? Was passiert mit diesen Nukliden dann in der Kläranlage? Dieser Pfad ist in verschiedenen Rechnungen der kritischste. Dabei wurde die „Diffusion“ durch den Deponiekörper, die für unterschiedliche Nuklide sehr verschieden sein kann, bislang nur für inerte Materialien ganz grob abgeschätzt. Für die Plastiksäcke liegen noch keine Schätzungen oder gar Messungen vor.

3. Wie lange können die nach unten diffundierenden Nuklide vom **Grundwasser** abgehalten werden? Wo könnten bei Halbwertszeiten von z.B. 462 Jahren für Americium-241 oder 24000 Jahren für Pluto-

nium-239 irgendwann (vielleicht erst in 1000 Jahren?) Brunnen gebaut werden (Annahme: 500 m Abstand)? Wie stark ist dann die Verdünnung im Grundwasser? Seine Strömungsgeschwindigkeit? Wofür wird das Wasser dann genutzt werden? - Hier gilt für die Berechnung ähnliches wie für das Sickerwasser. Dies wird UNS nicht mehr betreffen. Die Basis- und Deckfolien sollen z.B. mindestens 100 Jahre dicht sein (Annahme! Keine Erfahrungswerte; Kontrollmessungen sind nicht vorgesehen).

4. Wie stark reichern sich die aufgenommenen Nuklide im Körper an? Wo im Körper (verschiedene Alphastrahler z.B. in Knochen)? Wie schnell werden sie wieder ausgeschieden?

Mit Annahmen für diese und zahllose weitere Fragen kann man dann die für den Restmüll erlaubte Aktivität (Zerfälle pro Sekunde) für die unterschiedlichen Nuklide abschätzen, so dass der Grenzwert 10 $\mu\text{Sv/a}$ für niemanden jemals überschritten werden kann – sofern die Annahmen zutreffen.

Beim **Freimessen** muss überprüft werden, ob der so bestimmte Grenzwert eingehalten wird. Dazu müssen alle ausgewählten Gebäudeteile (viele Tausend Tonnen!) auf Massen von maximal 300 kg (entspricht unter 200 Litern) zerkleinert werden, damit sie in die Messkammer passen. Jede dieser Fraktionen muss einzeln vermessen werden. Man schätzt, dass in Neckarwestheim nach entsprechender Vorbehandlung (Dekontamination durch Abwaschen, Sandstrahlen, Ultraschallbad) etwa 3350 t als unbedenklich freigemessen werden können. Dies sind über 11'000 „positive“ Einzelmessungen. Dazu kommen noch Tausende Messungen von Abfällen, die für eine Deponierung zu hohe oder auch deutlich niedrigere Werte aufweisen. Mit einer Messzeit von mindestens 10 Minuten pro Probe dürfte die reine Messzeit bei nahezu 2000 h liegen! Alternativ darf bei einigermaßen gleichmäßig verstrahlten Oberflächen durch Mittelung über eine nicht festgelegte Zahl von Einzelmessungen ein repräsentativer Wert für die Aktivität dieser Fläche berechnet werden.

Trotz des enormen Aufwands kann beim Freimessen nur die Gammastrahlung erfasst werden; die Alpha- und Betastrahlung wird absorbiert, bevor sie in die Detektoren gelangen kann. Ihr Anteil wird abgeschätzt, indem in aufwendigen Labormessungen die Anzahl aller Nuklide relativ zur Zahl der Gammastrahler gemessen wird („Nuklidvektor“). Vor Ort schätzt man die Zahl aller Nuklide aus der Zahl der Gamma-Strahler. Aber auch die Zahl der Gamma-Quellen kann in der Freimessanlage nicht sicher detektiert werden. Wie Röntgenstrahlung wird auch ein Teil davon vom umgebenden Material absorbiert, abhängig von der Strecke durch das Material und von dessen Dichte. Befindet sich der Strahler z.B. auf der dem Detektor zugewandten Oberfläche eines Steins, so erreichen ihn nahezu alle in Detektorrichtung ausgesandten Strahlen. Müssen die Strahlen aber durch den Stein, so wird nur ein Bruchteil davon detektiert, die Zahl der Nuklide wird also unterschätzt und muss mit „geeigneten“ Annahmen zu Verteilung, Dicke und Dichte des Mülls nach oben korrigiert werden.

Fast alle Annahmen, die für die Berechnungen verwendet werden, scheinen, soweit sie veröffentlicht sind, sehr konservativ zu sein, so dass eigentlich nichts passieren sollte. Ob man aber nicht doch etwas übersehen hat (z.B. die direkt angrenzenden Schrebergärten in Schwieberdingen, zunehmender Starkregen durch Klimawandel) und ob sich immer alle an die Vorschriften halten werden (vgl. Asbest), sieht man halt leider erst, wenn etwas passiert ist. Vielleicht deshalb ist die spätere Bebauung oder landwirtschaftliche Nutzung des Geländes verboten.

Was sind die Alternativen? Schließlich muss der Müll ja irgendwo hin. Das Atomgesetz schreibt vor, dass die Landkreise, in denen sich Atomkraftwerke befinden, auch für deren Beseitigung verantwortlich sind. „Verantwortlich“, d.h. nicht, dass sie den Abfall auf einer Ihrer Deponien ablagern müssen, wenn sie vielleicht eine andere Möglichkeit finden. Aber da kennen sich andere besser aus, als ich! In anderen Bundesländern jedenfalls wird dies durchaus so gehandhabt. Im Fall Neckarwestheim soll sogar die EnBW schon in der Planungsphase nach Alternativen gesucht und angeblich auch welche gefunden haben.

Ausgerechnet der „grüne“ Umweltminister F. Untersteller besteht jedoch darauf, dass die Abfälle auf Landkreis-eigenen Deponien gelagert werden müssen. Warum auch immer...