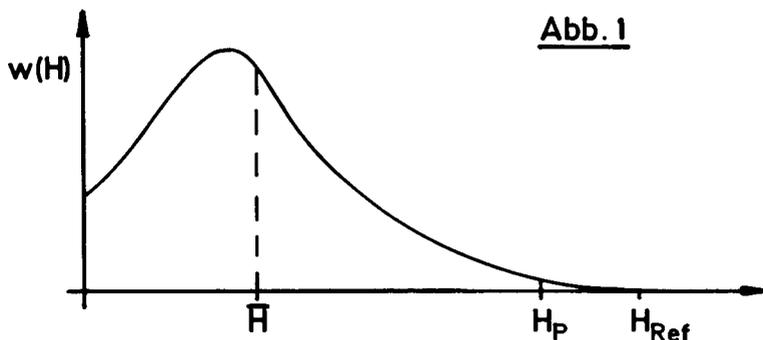


KÖNNEN DIE DERZEIT ÜBLICHEN RADIOÖKOLOGISCHEN REFERENZKONZEPTE IHREN BEITRAG ZUM SCHUTZ DER BEVÖLKERUNG LEISTEN?

H.D. Brenk
Brenk Systemplanung, Aachen, FRG

Der Schutzbeitrag radioökologischer Referenzkonzepte, wie sie derzeit im Genehmigungsverfahren für kerntechnische Anlagen angewendet werden, ist nach wie vor umstritten. Die einen behaupten, ihr überzogener Pessimismus pervertiere die Realität und führe zu unangemessenen Auflagen hinsichtlich der Rückhaltung radioaktiver Stoffe. Die anderen bestreiten ihren Beitrag zum Strahlenschutz der Bevölkerung und argumentieren, ihre Anwendung im Genehmigungsverfahren führe zu einer systematischen Unterschätzung der realen individuellen Strahlenexposition der kritisch exponierten Personengruppe. Welche Auffassung ist nun richtig?

Es sei gestattet, auf diese Frage zunächst mit einem Gedankenexperiment zu antworten: Man stelle sich vor, die jährliche Strahlenexposition aller in einem Umkreis von 10 km Radius um die vorhandenen Standorte kerntechnischer Anlagen lebenden Personen sei meßbar. Dann ergäbe sich aufgrund der Vielfalt der die Strahlenexposition beeinflussenden Größen ein Spektrum von Individualdosen (H), etwa derart, wie es in Abb. 1 dargestellt ist.



Bei Kenntnis obiger Dosisverteilung ($w(H)$) ließe sich die Frage nach dem Schutzbeitrag radioökologischer Referenzverfahren eindeutig beantworten, weil lediglich zu prüfen wäre, inwieweit die berechnete Referenzdosis (H_{Ref}) das Dosispektrum einschließt oder, anders ausgedrückt, weil eindeutig angegeben werden könnte, mit welcher Wahrscheinlichkeit Strahlenexpositionen jenseits der Referenzdosis vorkommen können.

Nun ist aber die Äquivalentdosis prinzipiell nicht meßbar, so daß man zur Beantwortung der anfangs gestellten Frage darauf angewiesen ist, die real existierende Individualdosisverteilung wenigstens theoretisch so realitätsnah wie möglich zu approximieren. Diese Approximation hat einen statistischen und einen systematischen Aspekt, die sich z.T. gegenseitig beeinflussen [1]. Unter dem statistischen Aspekt wird im folgenden

insbesondere die Untersuchung der Form der Verteilung verstanden, während unter dem systematischen Aspekt die Analyse der Lage ihres Mittelwertes zu verstehen ist.

Zum statistischen Aspekt der Dosisberechnung sind in der Vergangenheit verschiedene Untersuchungen für die Ingestionsdosis durch J 131, Sr 90 und Cs 137 durchgeführt worden, [2], [3], [4], [5], [7]. Diese Arbeiten zeigen, daß kritische Individuen einer Personengruppe etwa um eine Größenordnung höher exponiert werden können als der Durchschnitt der Personengruppe oder, anders ausgedrückt, das Verhältnis H_p/\bar{H} beträgt für die 99-Perzentile ($H_p=H_{99}$) der Verteilung (vgl. Abb. 1) etwa eine Größenordnung.

Die zitierten Arbeiten haben jedoch den Nachteil, daß sie die radioökologischen Referenzmodelle a priori als richtig voraussetzen und nicht hinterfragt wird, inwieweit die Referenzmodelle wegen der in ihnen enthaltenen zahlreichen Vereinfachungen und pessimistischen Annahmen, überhaupt geeignet sind, als Basis für eine statistische Analyse der Individualdosis zu dienen. Es bleibt offen, inwieweit diese Modelle systematisch von der Wirklichkeit abweichen, beispielsweise durch die Verletzung des Massenerhaltungssatzes oder inwieweit sie prinzipiell geeignet sind, die für eine statistische Analyse erforderliche Stichprobengröße im Rahmen ihrer mathematischen Struktur wirklichkeitsgetreu zu realisieren. Letzteres erfordert z.B. die Einbeziehung eines hinreichend großen räumlichen Bereichs um den Standort, um sicherzustellen, daß eine statistisch signifikante Anzahl exponierter Personen erfaßt wird. Diese Forderung gilt u.a. auch für die jeweils kritische Personengruppe, wie etwa für Säuglinge. Aus den genannten Gründen könnten die zitierten Arbeiten hinsichtlich der absoluten Lage ihrer Dosisverteilungen zu falschen bzw. voreiligen Schlüssen verleiten.

Zur Beantwortung der anfangs gestellten Frage nach dem Schutzbeitrag radioökologischer Modelle wird hier deshalb versucht, die o.g. statistischen Analysen der individuellen Strahlenexposition durch eine systematische Analyse zu ergänzen, d.h. auf der Basis eines möglichst realitätsnahen Szenarios und einer entsprechenden Modellstruktur wird versucht, eine möglichst gute Schätzung der zu erwartenden mittleren, individuellen Strahlenexposition (\bar{H}) zu erarbeiten, vgl. Abb. 1. Danach wird am Beispiel des derzeit in der Bundesrepublik Deutschland angewendeten Verfahrens durch Bildung des Quotienten H_{Ref}/\bar{H} geprüft, inwieweit die mittlere Strahlenexposition (\bar{H}) von der Referenzdosis (H_{Ref}) zur sicheren Seite hin abgeschätzt wird und ob der Sicherheitsfaktor (H_{Ref}/\bar{H}) ausreicht, um auch die Höherexposition kritischer Personengruppen gegenüber dem Durchschnitt, die sich durch den Quotienten (H_{99}/\bar{H}) ausdrücken läßt, zu kompensieren. Ist dies der Fall, d.h. gilt $H_{Ref}/H_{99} > 1$, so kann davon ausgegangen werden, daß das untersuchte Referenzverfahren seinen intendierten Beitrag zum Strahlenschutz der Bevölkerung in der Umgebung kerntechnischer Anlagen mit hoher Wahrscheinlichkeit leisten kann.

Die Konkretisierung des o.g. Verfahrens erfolgte an Hand von 3 exemplarischen Expositionspfaden:

Ingestion

- J 131: Weide-Kuhmilch-Säugling (Schilddrüse)
- Sr 90 Wurzelgemüse - Erwachsener (Knochen)

Äußere Bestrahlung

Cs 137: Bodenstrahlung (Gesamtkörper),

die in den betroffenen Organen bis zu 85 % der nuklidspezifischen Dosis verursachen. Gleichzeitig repräsentieren diese Expositionspfade die wichtigsten radioökologischen Prozesse, die im Referenzmodell Berücksichtigung finden.

Die Untersuchungen, deren Einzelaspekte an anderer Stelle [1] ausführlicher erläutert und diskutiert werden, zeigen, daß das deutsche Referenzverfahren die mittlere, realitätsnahe, individuelle Strahlenexposition im Falle der untersuchten Ingestionspfade um etwa zwei Größenordnungen systematisch überschätzt.

Im einzelnen ergibt sich für die Schilddrüsenexposition von Säuglingen durch $J\ 131$ über den Weide-Kuhmilch-Pfad eine Überschätzung des Durchschnittswertes um den Faktor 125. Diese Überschätzung ist im wesentlichen dadurch bedingt, daß Säuglinge entsprechend dem Referenzszenario ständig größte Mengen höchstkontaminierter Milch trinken (Faktor 64), vgl. [1].

Hinsichtlich der Strahlenexposition der Knochen erwachsener Personen durch den Verzehr von Sr 90-kontaminiertem Wurzelgemüse liegt die Referenzdosis, je nach Bodentextur um den Faktor 124 bis 210 oberhalb des Durchschnittswertes (\bar{H}). Dies ist im wesentlichen bedingt durch eine systematische Überschätzung der Aktivitätskonzentration im eßbaren Teil der Pflanze (Faktor 7 bis 12) und eine Überschätzung des Dosiskonversionsfaktors zur Berechnung der Knochendosis bei gegebener Inkorporationsmenge von Sr 90 (Faktor 6), vgl. [1].

Unter Beachtung der Tatsache, daß die H_{99}/\bar{H} -Werte für die Schilddrüsenexposition von Säuglingen durch $J\ 131$ bei etwa 7 und die für die Knochenexposition erwachsener Personen durch Sr 90, je nach Nahrungspfad, zwischen 7 und 21 liegen, ergibt sich für die hier untersuchten Ingestionspfade ein Sicherheitsabstand (H_{Ref}/H_{99}) der Referenzdosis gegenüber der Dosis kritisch exponierter Personen von etwa einer Größenordnung.

Für den Fall der äußeren Strahlenexposition durch Cs 137 am Boden ergibt sich für das Referenzverfahren gegenüber der Durchschnittsexposition eine systematische Überschätzung von einer Größenordnung. Für diesen Expositionspfad sind bisher keine statistischen Untersuchungen bekannt. Wegen der wenigen zu berücksichtigenden biologischen Parameter, die meist eine wesentlich größere Varianz aufweisen als beispielsweise rein physikalische oder chemische Parameter, ist jedoch anzunehmen, daß dieser Sicherheitsabstand ausreichen wird, um auch kritische Expositionsfälle einzuschließen.

Zusammenfassend bleibt festzustellen, daß das hier untersuchte, in der Bundesrepublik Deutschland benutzte, Referenzkonzept zum Schutz der allgemeinen Wohnbevölkerung vor zu großer Strahlenexposition für einzelne Expositionspfade gegenüber der mittleren Strahlenexposition am Standort kerntechnischer Anlagen Sicherheitsabstände bis zu zwei Größenordnungen bereithält, die durch die Höherexposition kritischer Gruppen gegenüber dem Mittelwert um etwa eine Größenordnung, nicht aufgezehrt werden. Der verbleibende Sicherheitsabstand zur kritischen Gruppe beträgt danach etwa eine Größenordnung. Es ist somit wenig wahrscheinlich, daß der verbleibende Sicherheitsabstand nicht ausreichen wird, um die Bevölkerung hinreichend zu schützen. Dies dürfte auch dann gelten, wenn man in Betracht zieht, daß die Szenarien,

auf deren Basis die angegebenen Zahlen zur statistischen Variabilität (H_{99}/\bar{H}) und zur systematischen Überschätzung (H_{Ref}/\bar{H}) der Strahlenexposition beruhen, nicht vollständig kompatibel sind. Dieses Faktum erzeugt eine gewisse Restunsicherheit in der Gesamtbeurteilung der Ergebnisse. Es ist jedoch zu hoffen, daß der verbleibende Sicherheitsabstand ausreichen wird. Diese Hoffnung wird durch die vorliegenden Meßergebnisse aus dem Bereich der Umgebungsüberwachung bei kerntechnischen Anlagen, z.B. in [6] bisher bestärkt. Für solche Fälle kann davon ausgegangen werden, daß das untersuchte Referenzverfahren seine Schutzfunktion mit hoher Wahrscheinlichkeit erfüllt. Von überzogenem Pessimismus kann dabei jedoch nicht die Rede sein.

LITERATURANGABEN

1. H.D. Brenk, K.J. Vogt: Quantifizierende Bemerkungen zur Frage der Konservativität der "Allgemeinen Berechnungsgrundlagen", Jül-1821, Dez. 1982
2. Dunning, D.E., Schwarz, G.: Variability of Human Thyroid Characteristics and Estimates of Dose from Ingested Dose, Health Physics, Vol. 40, pp. 661-675, 1981
3. Hoffman, F.O., Baes, C.F. (editors): A Statistical Analysis of Selected Parameters for Predicting Food Chain Transport and Internal Dose of Radionuclides, Oak Ridge Nat. Lab. Rep. No. NUREG/CR-1004, ORNL/NUREG/TM-282 Oct. 1979
4. Schwarz, G., Hoffman, F.O.: Imprecision of Dose Predictions for Radionuclides Released to the Environment: An Application of a Monte Carlo Simulation Technique, Environment International, Vol. 4, pp. 289-297, 1981
5. Schwarz, G.u.a.: Untersuchungen zur Entwicklung eines probabilistisch gestützten Bewertungskonzepts für Aktivitätsfreisetzungen nach Reaktorstörfällen, Brenk Systemplanung, Aachen, Interner Bericht BSU 8101/1, Febr. 1982
6. Wiechen, A.: Erste Erfahrungen mit der J 131-Überwachung der Milch aus der Umgebung von Kernkraftwerken, Milchwissenschaft 32, (5), 1977
7. Hoffman, F.O., Gardner, R.H., Eckerman, K.F.: Variability Dose Estimates Associated with the Food Chain Transport and Ingestion of Selected Radionuclides, Draft-Report No. NUREG/CR-2612, 1982