

Seminar: Neue Entwicklungen im Strahlenschutz und ihre Bewährung in der Praxis  
26./27. Juni 2003, TUEV Akademie GmbH, München

## **Freigrenzen, Freigabewerte und Überwachungsgrenzen: Hintergrund zu den Regelungen der StrISchV über Freigabe von radioaktiven Stoffen und überwachungsbedürftigen Rückständen**

Rolf Michel

Zentrum für Strahlenschutz und Radioökologie, Universität Hannover  
Am Kleinen Felde 30, D-30167 Hannover, [michel@zsr.uni-hannover.de](mailto:michel@zsr.uni-hannover.de)

### **Zusammenfassung**

Im Kontext der novellierten Strahlenschutzverordnung (StrISchV) wird ein Überblick über das System des Strahlenschutzes gegeben unter besonderer Berücksichtigung der Hintergründe zu den Festlegungen von Freigrenzen, Freigabewerten und Überwachungsgrenzen. Die den Festlegungen zugrunde liegenden Modelle werden vorgestellt und einige offene Fragen diskutiert. Handzettel der im Vortrag gezeigten Folien sind im Internet unter [www.zsr.uni-hannover.de](http://www.zsr.uni-hannover.de) erhältlich.

#### **1 Die Novelle der StrISchV**

Mit den Novellierungen des Atomgesetzes vom 3.5.2000 [1], der Strahlenschutzverordnung (StrISchV) vom 20.07.2001 [2] und der Röntgenverordnung (RöV) vom 18.06.2002 [3] hat die Bundesregierung die Euratom Grundnormen [4] und die Patientenschutz-Richtlinie [5] in deutsches Recht umgesetzt. Die Bundesregierung hat die Gelegenheit der Novellierung zu einer Neustrukturierung der StrISchV genutzt und gleichzeitig wesentliche neue Regelungen getroffen. Die Verordnung ist in fünf Teile gegliedert:

- Teil 1 (§§ 1-3) enthält allgemeine Vorschriften, die übergreifend gelten. Gegenstand der Verordnung ist der Schutz des Menschen und der Umwelt vor radioaktiven Stoffen und ionisierender Strahlung.

- Teil 2 (§§ 4-92) stellt neu formulierte Strahlenschutzgrundsätze und Grundpflichten voran und übernimmt unter Einführung der neuen Grenzwerte im wesentlichen die bisherigen Regelungen der alten StrlSchV, die dem Schutz des Menschen und der Umwelt bei der zielgerichteten Nutzung radioaktiver Stoffe oder ionisierender Strahlung dienen.
- Teil 3 (§§ 93 - 104) enthält die aufgrund des Titels VII der Richtlinie 96/29/Euratom neu geschaffenen Regelungen für Expositionen durch natürliche Strahlungsquellen.
- Teil 4 (§§ 105 - 110) enthält die aufgrund von Artikel 4 und Artikel 6 der Richtlinie geschaffenen Regelungen über den Zusatz von radioaktiven Stoffen zu Produkten im verbrauchernahen Bereich oder deren Aktivierung.
- Teil 5 (§§ 111 - 118) enthält weitere gemeinsame Vorschriften, die für alle Teile der Verordnung gelten.

Die StrlSchV ist eine äußerst komplexe, technische Verordnung. Sie enthält neben 118 Paragraphen 14 Anlagen mit detaillierten Festlegungen. Auf Grund der Novellierung der StrlSchV wird eine Vielzahl von anderen Verordnungen, Richtlinien, technischen Anleitungen und Normen zu überarbeiten und mit der Novelle zu harmonisieren sein.

In dieser Arbeit werden einige Grundlagen der StrlSchV dargestellt und insbesondere die Grundlagen der Regelungen der Freigrenzen, der Freigabe und der Entlassung von Rückständen aus der Überwachung diskutiert. Bzgl. einer allgemeinen Diskussion und Darstellung der neuen StrlSchV sei auf [6], bzgl. der speziellen Aspekte, die in dieser Arbeit diskutiert werden, auf [7-10] verwiesen.

In der Folge der Novellierung der StrlSchV sind die getroffenen Regelungen zu Freigrenzen, Freigabewerten und Überwachungsgrenzen in der Öffentlichkeit sehr kontrovers diskutiert worden. Dies bezieht sich sowohl auf die Begründung der getroffenen Regelungen, die in der Öffentlichkeit vielfach unklar geblieben sind, als auch auf die Praktikabilität der Regelungen. In dieser Arbeit wird nicht die Frage der Praktikabilität behandelt, zumal die praktische Durchführung einiger Regelungen auch in der behördlichen Diskussion noch nicht vollständig geklärt ist. Hier wird die Begründung für die getroffenen Regelungen und die Geschichte ihrer Entstehung dargestellt. Abschließend werden einige offene Fragen und Probleme, die in der Zukunft zu lösen sein werden, angesprochen.

## **2 Das System des Strahlenschutzes**

Das System des Strahlenschutzes ruht auf den drei Säulen „Rechtfertigung“, „Begrenzung“ und „Optimierung“ [4,11]. Es handelt sich um die Rechtfertigung von Tätigkeiten, die Strahlungspegel erhöhen, und von Interventionen zur Reduzierung existierender Strahlenpegel, um die Begrenzung der Exposition für kontrollierbare Expositionen durch künstliche Strahlenquellen, die man sinnvoller Weise der Verantwortung des Betreibers zurechnen kann, und die Optimierung, damit Expositionen bei Tätigkeiten und Risiken

bei Interventionen und die Strahlenexposition der Bevölkerung im Sinne des ALARA-Prinzips so niedrig wie sinnvoller Weise möglich gehalten werden. Diese Prinzipien sind im ersten Kapitel von Teil 2 StrlSchV niedergelegt:

- § 4 - Rechtfertigung – legt fest, dass jede neue Tätigkeit durch ihre ökonomischen, sozialen oder anderen Nutzen im Verhältnis zum Schaden, den sie bewirken kann, gerechtfertigt werden muss. Existierende Tätigkeiten können einer erneuten Rechtfertigung unterzogen werden, wenn neue wissenschaftliche Erkenntnisse dies sinnvoll erscheinen lassen.
- § 5 - Dosisbegrenzung – legt die Dosisgrenzwerte für die allgemeine Bevölkerung und für beruflich strahlenexponierte Personen fest.
- § 6 – Vermeidung unnötiger Strahlenexposition und Dosisreduzierung – verpflichtet dazu vermeidbare Expositionen zu vermeiden. Das Prinzip der Optimierung erfordert, dass auch dann, wenn eine Tätigkeit nicht die relevanten Dosisgrenzwerte übersteigt, die Exposition entsprechend dem Stand von Wissenschaft und Technik so niedrig wie sinnvoller Weise möglich zu halten ist.

In Anbetracht der Allgegenwart natürlicher Strahlung und Strahlenexposition und der Unmöglichkeit und Unsinnigkeit, die gesamte Natur und jegliches menschliche Handeln unter behördliche Aufsicht zu stellen, erfordert ein solches System des Strahlenschutzes ein spezielles Konzept, um durchführbar zu sein. Das Konzept der StrlSchV ist in Übereinstimmung mit internationalen Konzepten der IAEA Basic Safety Standards (BSS) [11] und der Euratom Grundnormen [4]. Es wird am besten beschrieben mit den englischen Begriffen *exclusion*, *authorization* und *exemption*, für die es leider keine eindeutige deutsche Begrifflichkeit gibt. Hier werden sie mit den Begriffen „Ausschluss“, „Ausnahme“ bzw. „Freigabe“ übersetzt.

Man geht dabei davon aus, dass jede menschliche Aktivität und jede Strahlenquelle, die eine nicht vernachlässigbare Strahlenexposition zur Folge haben kann, der Genehmigung und Überwachung bedarf, wenn sie nicht explizit *ausgeschlossen* oder von den gesetzlichen Regelungen *ausgenommen* ist.

Das Konzept des *Ausschlusses* (*exclusion*) geht davon aus, dass jede Exposition, deren Höhe oder Wahrscheinlichkeit durch gesetzliche Kontrolle nicht beeinflusst werden kann, von Regelungen ausgeschlossen wird. Unkontrollierbare Expositionen sind solche, die mit sinnvollen Mitteln nicht vermieden werden können. Das Konzept des Ausschlusses bestimmt weiterhin, welche Materialien, Abfälle oder Rückstände in Bezug auf den Strahlenschutz nicht Gegenstand gesetzlicher Regelungen sein sollen. Derartige Stoffe sind ausgeschlossen von der gesetzlichen Kontrolle und werden als normale Materialien, Abfälle oder Rückstände behandelt. Damit folgt man dem Grundsatz des römischen Rechtes „*de minimis non curat lex*“. Nach dem IAEA BSS [11] sind Expositionen durch Kalium-40 im Körper, durch die kosmische Strahlung an der Erdoberfläche, den Fallout der atmosphärischen Kernwaffenexplosionen der Ver-

gangenheit und die „unmodifizierte Konzentrationen von Radionukliden in den meisten Rohstoffen“ ausgeschlossen von gesetzlicher Regelung.

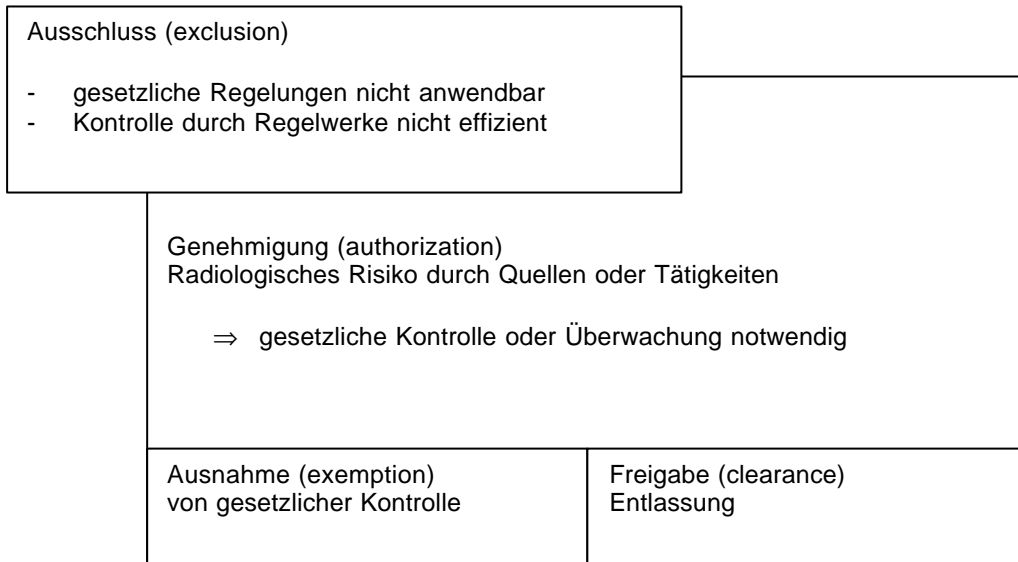


Abb. 1: Administrative Maßnahmen im System des Strahlenschutzes. Modifiziert nach [8].

Das Konzept der *Ausnahme* legt fest, welche Tätigkeiten und Quellen [sowie ihre Abfälle] aus den Anforderungen des BSS, d.h. von der Genehmigungs-, Anzeige- oder Überwachungspflicht, ausgenommen werden können, einschl. der Meldung, Registrierung, Genehmigung, etc. Das Konzept der Ausnahme soll aber nicht zulassen, dass Tätigkeiten erlaubt werden, die ansonsten nicht gerechtfertigt sind. Das Ausnahme Konzept bestimmt, welche Stoffe *a priori* von einigen oder allen gesetzlichen Regelungen ausgenommen werden können und welche nicht. Es soll auch festlegen, welche Stoffe im Prinzip im System sind, aber wegen der Geringfügigkeit ihrer Radioaktivität von behördlicher Kontrolle ausgenommen werden können. Hier folgt man dem Grundsatz des römischen Rechtes „*de minimis non curat praetor*“.

Es gibt zwei Gründe, eine Quelle oder eine Situation der Umwelt von gesetzlichen Regelungen auszunehmen:

- Ein Grund ist, dass die Quelle nur geringfügige Individual- und Kollektivdosen verursacht, sowohl unter normalen als auch unter Unfallbedingungen.
- Der andere Grund ist, dass es keine sinnvollen Kontrollmaßnahmen gibt, die die Individual- und Kollektivdosen signifikant verringern würden.

Die *Ausnahme* ist notwendiger Weise eine Quellen-bezogener Prozess, während die Geringfügigkeit einer Exposition primär auf das Individuum bezogen ist. Historisch ist das Ausnahme Konzept dasjenige Konzept des Strahlenschutzes, in dem weitgehende internationale Übereinstimmung erzielt wurde.

Alle solchen menschlichen Handlungen und Strahlenquellen, die nicht von der gesetzlichen Regelung ausgeschlossen oder ausgenommen sind, befinden sich im Geltungsbereich der StrlSchV und werden damit zu Tätigkeiten und radioaktiven Stoffen. Da radioaktive Kerne zerfallen und damit letztlich in stabile Kerne umgewandelt werden und da bei Tätigkeiten Abfälle und andere Materialien anfallen, deren weitere Verwendung oder Beseitigung lediglich vernachlässigbare Strahlenexposition zur Folge haben können, bestimmt das Konzept der *Freigabe* aus der Genehmigung (clearance), wann radioaktive Stoffe und andere Materialien aufgrund der Geringfügigkeit ihrer Aktivität, Aktivitätskonzentration, Kontamination oder Aktivierung aus der Überwachung entlassen werden können und damit den Geltungsbereich der StrlSchV verlassen.

Realisiert wird das Konzept der Ausnahme (exemption) und der Entlassung (clearance) durch die Festlegung von Freigrenzen bzw. Freigabewerten und Überwachungsgrenzen. Bzgl. der Überwachungsgrenzen und der Umsetzung des Konzeptes des Ausschlusses, der Ausnahme und der Entlassung für natürliche radioaktive Materialien siehe Kap. 6 und 7.

In der Praxis wird der Quellenbezug der Ausnahme durch die Festlegung von Freigrenzen realisiert. Materialien, deren Aktivität  $A_i$  oder Aktivitätskonzentration  $C_i$  (in der Sprache der StrlSchV "spezifische Aktivität") die Freigrenzen  $FG_i$  der Anlage III StrlSchV unter Berücksichtigung der Summenformeln

$$\sum_i A_i / FG_i \leq 1 \text{ und } \sum_i C_i / FG_i \leq 1 \quad (1)$$

unterschreiten, sind von den Regelungen der StrlSchV ausgenommen.

Die gesetzliche Festlegung von Freigrenzen erfordert die Definition einer *trivialen Dosis*, die im System des Strahlenschutzes außer Acht gelassen werden kann. Wie in [8] diskutiert, können individuelle effektive Dosen in der Größenordnung von 10 bis 100  $\mu\text{Sv}$  pro Jahr im Sinne des Strahlenschutzes außer Acht gelassen und damit als trivial bezeichnet werden. Diese Feststellung kann über die Schwankungsbreite der natürlichen Strahlenexposition begründet werden oder durch die Feststellung, dass unter Zugrundelegung der ICRP Risiko Faktoren [12] lediglich mit einem akzeptablen jährliche Risiko zu rechnen ist (Abb. 1). Beide Ansätze begründen im Ergebnis lediglich Größenordnungen einer trivialen Dosis. In der StrlSchV wird zur Umsetzung dieses Konzeptes ein fester Wert der trivialen Dosis benötigt. Die StrlSchV legt ein Dosis Kriterium von 10  $\mu\text{Sv}$  pro Jahr für eine einzelne Quelle oder Tätigkeit zugrunde, wobei dies Kriterium weich als „im Bereich von 10  $\mu\text{Sv}$  im Kalenderjahr“ formuliert wird.

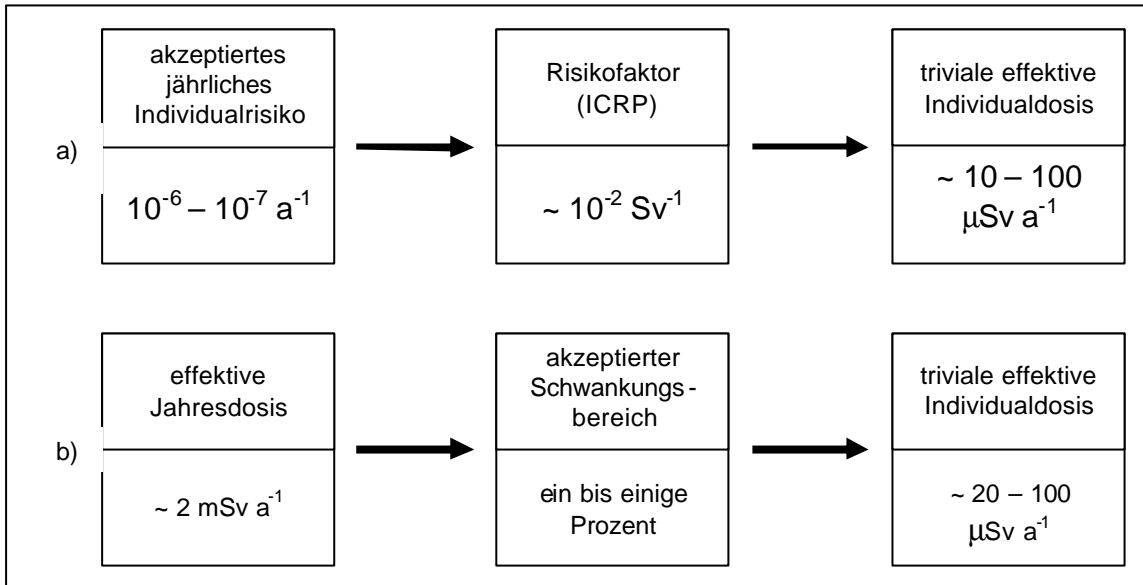


Abb. 2: Ableitung der trivialen Dosis: a) Risiko-orientierter Ansatz, b) Ansatz über die natürliche Strahlenexposition. Modifiziert nach [8].

Durch die freigegebenen Stoffe darf für Einzelpersonen der Bevölkerung nur eine effektive Dosis im Bereich von 10 Mikrosievert im Kalenderjahr auftreten. Dies ist die Basis für die in Anlage III der StrlSchV angegebenen Freigabewerte für verschiedene Freigabeverfahren. Die Euratom Grundnormen begrenzen zusätzlich die durch die Freigabe verursachte Kollektivdosis auf 1 Personen-Sv pro Jahr.

### 3 Ableitung von Freigrenzen

Nach der Festlegung einer trivialen Dosis können Freigrenzen und Freigabewerte durch Modellierung von möglichen Expositionen am Arbeitsplatz oder für die allgemeine Bevölkerung abgeleitet werden. Die Prinzipien zur Ableitung von Freigrenzen sind in RP 65 [13] niedergelegt. Die für die Festlegung von Freigrenzen benötigten Methoden sind in [13,14] beschrieben. Siehe hierzu auch eine ausführliche Diskussion in [8].

Man geht dabei grundsätzlich so vor, dass ausgehend vom Grenzwert für die triviale Dosis für verschiedene Szenarien generische Modellrechnungen durchgeführt werden, die für die berufliche Handhabung und für die Exposition der allgemeinen Bevölkerung relevant sein können. Anhand der Ergebnisse der Modellrechnungen kann dann ein abdeckender Expositionspfad für jedes Radionuklid ermittelt werden, dass dann die Grundlage für die entsprechende Freigrenze bildet (Abb. 3). Für die Berechnung der Freigrenzen der StrlSchV wurden insgesamt 23 Expositionspfade berücksichtigt. Für die berufliche Exposition

umfassen diese sowohl ein Normalbetrieb-Szenario für den Arbeitsplatz, in dem die externe Exposition durch eine Punktquelle und die externe Exposition durch die Handhabung der Quelle, berücksichtigt wird, als auch ein Unfall-Szenario (Arbeitsplatz). Dabei werden Unfälle mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von  $P = 10^{-2}$  pro Jahr unterstellt, die zu einer Exposition der Haut durch Kontamination der Hände und zu Inhalation von radioaktivem Staub oder leicht flüchtigen Stoffen im Falle eines Brandes führen können.

Für die allgemeine Bevölkerung wird davon ausgegangen, dass radioaktive Materialien unterhalb der Freigrenzen in den Hausmüll und auf die Deponie gelangen. Im Deponie-Szenario ergibt sich so eine externe Exposition auf der Deponie und eine interne Exposition durch Inhalation von Staub von der Deponie.

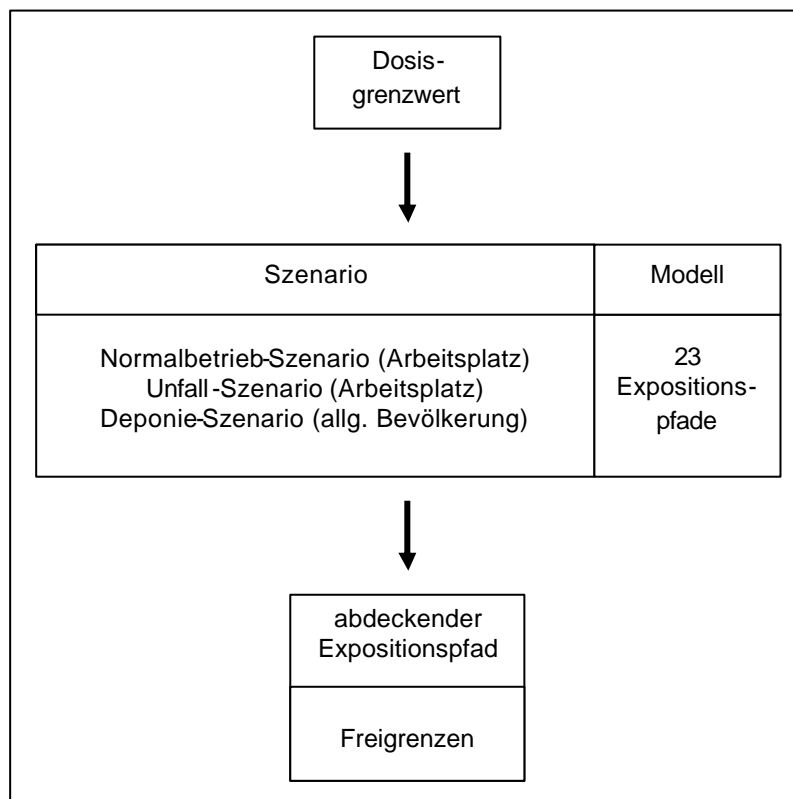


Abb. 3: Ableitung von Freigrenzen, modifiziert nach [8].

Für alle relevanten Expositionspfade werden die potentiellen Dosen pro Aktivität 1 Bq bzw. pro Aktivitätskonzentration 1 Bq g<sup>-1</sup> berechnet. Der limitierende Expositionspfad mit der höchsten potentiellen Dosis wird für jedes Nuklid unter Berücksichtigung aller relevanten chemischen Formen identifiziert. Die Freigrenzen ergeben sich als gerundete Werte der Aktivitäten oder Aktivitätskonzentrationen (spezifische

Aktivitäten), die für ein Nuklid zu einer potentiellen Exposition von 10  $\mu\text{Sv}$  pro Jahr führen würde. Die StrlSchV legt diese Freigrenzen als Aktivitäten (Anlage III Tabelle 1 Spalte 2) und als spezifische Aktivitäten (Anlage III Tabelle 1 Spalte 3) fest.

Für den Umgang mit Materialien, deren Aktivitäten oder Aktivitätskonzentrationen unter den Freigrenzen liegen, ist nach § 8 (1) StrlSchV eine Genehmigung nach § 7 (1) nicht erforderlich. Sie sind von den Regelungen der StrlSchV *ausgenommen*

Das Konzept der *Ausnahme* (exemption) gilt auch für Konsumgüter. Da Konsumgüter nicht kontrolliert werden können, muss sichergestellt werden, dass der Zusatz von radioaktiven Stoffen lediglich zu trivialen Strahlenexpositionen (10  $\mu\text{Sv}$  pro Jahr) führen kann. So nimmt § 107 (1) StrlSchV Bezug auf die Freigrenzen Anlage III Tabelle 1 Spalte 2 und Spalte 3 oder lässt den Nachweis, dass für Einzelpersonen der Bevölkerung nur eine effektive Dosis im Bereich von 10 Mikrosievert im Kalenderjahr auftreten kann, zu.

#### **4 Welche Materialien sind radioaktiv?**

Im System von Ausnahme, Genehmigung und Freigabe ist der Begriff radioaktiver Stoff von herausragender Bedeutung. Er wird speziell für die Freigabe radioaktiver Abfälle, die in der StrlSchV zum ersten Mal ausführlich geregelt auf der Grundlage des Artikels 5 der Euratom Grundnormen [4] ist, benötigt. Der Begriff radioaktiver Stoff wird in gesetzlichem (nicht im physikalischen) Sinn in § 2 des novellierten AtG [1] definiert. Nach dem Atomgesetz sind radioaktive Stoffe (Kernbrennstoffe und andere radioaktive Stoffe) Materialien, die ein oder mehrere Radionuklide enthalten und deren Radioaktivität oder Radioaktivitätskonzentration in Bezug auf die Kernenergie oder die Strahlung nicht außer Acht gelassen werden kann [4,11]. Diese radioaktiven Stoffe unterliegen dem Schutz und Überwachungssystem des AtG und der Umgang mit ihnen wird explizit in der StrlSchV geregelt.

Radioaktive Stoffe im Sinne des AtG sind Materialien, die künstliche Radionuklide oder Radionuklide natürlichen Ursprungs enthalten, deren nukleare Eigenschaften genutzt werden und deren Radioaktivität oder spezifische Radioaktivität die Freigrenzen der StrlSchV überschreiten. D. h., radioaktive Stoffe sind Stoffe, deren Umgang genehmigungspflichtig ist.

Ein radioaktiver Stoff wird durch den *behördlichen Akt der Freigabe* zu einem nicht-radioaktiven Stoff, der nicht mehr dem AtG und der StrlSchV unterliegt. Freigabe ist ein Verwaltungsakt der Behörde, nicht einer privaten Person oder Institution. Es ist staatlicher Akt. Die StrlSchV unterscheidet die uneingeschränkte Freigabe und die eingeschränkte Freigabe und regelt diese zum ersten Mal in § 29 StrlSchV. Die vorherige StrlSchV enthielt hierzu in § 4 lediglich einige spezielle Regelungen.



"Nicht radioaktiv" ist ein Stoff, wenn er entsprechend dem in § 29 vorgesehenen Verfahren freigegeben wurde. Im physikalischen Sinne radioaktive Stoffe können dann außer Acht gelassen werden und sind damit von der Genehmigung und Überwachung *ausgenommen*, wenn u.a. ihre Aktivität oder Aktivitätskonzentration in Anlage III Tabelle 1 der StrlSchV festgelegten Freigrenzen unterschreiten.

## 5 Die Freigabe radioaktiver Stoffe und anderer Materialien

Mit den Regelungen zur Freigabe hat die Bundesregierung in der Novelle der StrlSchV gesetzgeberisches Neuland betreten. Sie befindet sich hierbei im Einklang mit den IAEA BSS [11] und den oben diskutierten Vorschriften der Euratom Grundnormen [4] zur Freigabe und zur trivialen Dosis. Das System des IAEA BSS sieht ein abgestuftes Verfahren für den Verbleib von Abfällen vor (Abb. 4). Nach dem IAEA BSS legt der Gesetzgeber Freigabewerte fest, ausgedrückt in Aktivitätskonzentrationen oder Gesamtaktivitäten, unterhalb derer radioaktive Stoffe oder Strahlenquellen aus der gesetzlichen und behördlichen Kontrolle entlassen werden. Der IAEA BSS empfiehlt, dass ein Satz Radionuklid-spezifischer Freigrenzen und Freigabewerte benutzt werden sollte, um gleichzeitig die Ausnahme von Tätigkeiten und die Freigabe von Stoffen aus Tätigkeiten zu regeln.

Dies ist in der StrlSchV nicht der Fall. Hier werden detaillierte Regelungen zu den möglichen Freigabewegen getroffen, die zu Freigabewerten führen, die von den Freigrenzen erheblich abweichen. Die Freigabewerte sind so definiert, dass die erwartete jährliche Individualdosis von Personen der allgemeinen Bevölkerung, die von den freigegebenen Stoffen verursacht wird, in der Größenordnung von 10  $\mu\text{Sv}$  oder weniger liegt. Damit folgt man dem Konzept der Ausnahme, dass eine Entlassung aus dem Regelwerk akzeptabel ist, wenn nur eine triviale Dosis zu erwarten ist. Sie ist damit in Einklang mit Anhang I der Euratom Grundnormen [4]: „Radiation exposure shall be of the order of 10  $\mu\text{Sv}$  or less in a year for any member of the public and the collective dose for the population shall be less than 1 man-Sv in a year.“ Dies ist die Grundlage der Freigabewerte in Anlage III der StrlSchV.

Die StrlSchV unterscheidet in § 29 zwei Arten der Freigabe, die uneingeschränkte und die eingeschränkte Freigabe. § 29 nennt dabei insgesamt neun Freigabeoptionen und legt hierfür jeweils Sätze von massen- und/oder flächenbezogenen Freigabewerten fest.

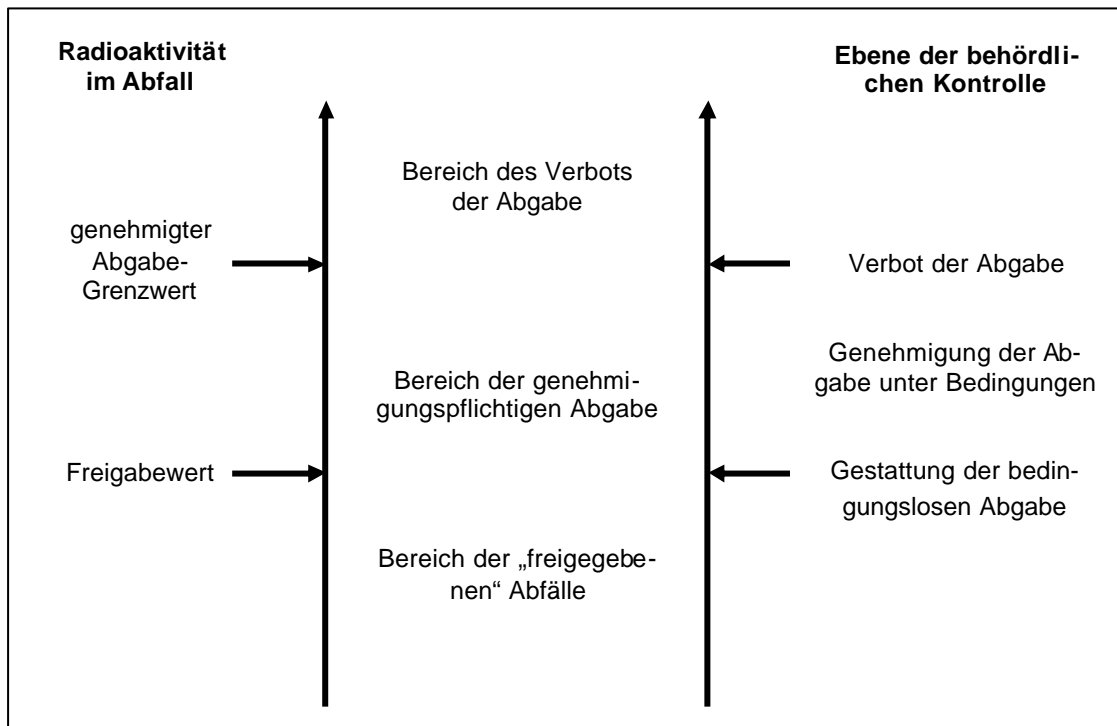


Abb. 4: Ein abgestufter Ansatz für die Abgabe von Abfällen. Modifiziert nach [25].

Die **uneingeschränkte Freigabe** umfasst die 6 Wege der Freigabe

- von festen Stoffen
- von flüssigen Stoffen
- von Bauschutt und Bodenaushub mit einer zu erwartenden Masse von mehr als 1000 Mg im Kalenderjahr
- von Bodenflächen
- von Gebäuden zur Wieder- und Weiterverwendung

und drei Wege der **eingeschränkten Freigabe**

- Feste Stoffe und Flüssigkeiten zur Beseitigung mit Ausnahme von Bauschutt und Bodenaushub von mehr als 1000 t/a,
- Gebäude zum Abriss und
- Metallschrott zum Einschmelzen.

Uneingeschränkt freigegebene Stoffe unterliegen keinerlei Restriktionen bzgl. ihrer zukünftigen Nutzung, Anwendung, Rezyklierung, Wiederverwendung oder Deponierung. Eingeschränkt freigegebene Stoffe

dürfen nicht recycelt oder wieder verwendet werden, sondern müssen auf eine Deponie verbracht oder in einer Abfallverbrennungsanlage vernichtet werden. Über die Möglichkeit und die Art der Freigabe entscheiden Freigabewerte der Anlage III Tabelle 1 StrlSchV. Für die uneingeschränkte Freigabe sind dies die spezifischen Aktivitäten nach Spalten 5 – 8 und der Oberflächenkontamination nach Spalte 4; für die eingeschränkte Freigabe die spezifischen Aktivitäten nach Spalten 9, 10, 10a. Freigegebene radioaktive Stoffe fallen unter das Kreislaufwirtschaftsgesetz [15].

Entsprechend dem Detaillierungsgrad der Freigaberegulungen entstammen die Grundlagen für die Freigabewerte der StrlSchV aus einer Vielzahl von Empfehlungen und Untersuchungen:

- Freigabewerte für die uneingeschränkte Freigabe sowie für die Freigabe zur Beseitigung: eine SSK-Empfehlung von 1998 [16].
- Die Freigabewerte für die uneingeschränkte Freigabe: [17]. Sie wurden auf der Basis von wenigen, leicht nachvollziehbaren abdeckenden Szenarien, die mittels zuvor durchgeführten komplexen Untersuchungen als abdeckend nachgewiesen wurden, abgeleitet.
- Die Freigabewerte für die Freigabe zur Beseitigung: [17]. Das radiologische Modell wurde von Poschner und Schaller [18] entwickelt. Die Weiterentwicklung dieses Modells erfolgte im Rahmen von Parametervergleichen sowie unter Analyse der Konservativität des Modells durch Deckert und Thierfeldt [19].
- Freigabewerte für Gebäude zum Abriss und zur Wiederverwendung sowie für Bauschutt kerntechnischer Anlagen: die Empfehlung RP 113 der Europäischen Kommission [20]. Siehe hierzu auch [21] und bzgl. der Übertragung und Prüfung der Anwendbarkeit der Freigabewerte für die deutsche Situation sowie die Erweiterung auf die vollständige Nuklidliste [22].
- Freigabewerte für Metallschrott: die Empfehlung RP 89 der Europäischen Kommission [23]. Siehe hierzu auch [24] und bzgl. der Anwendbarkeit für die deutsche Situation und die Erweiterung auf die vollständige Nuklidliste [17].
- Freigabewerte für Bodenflächen kerntechnischer Standorte: [26].
- Die flächenbezogenen Freigabewerte, welche gleichzeitig als Kontaminationswerte gemäß § 44 StrlSchV gelten: [27].

Insgesamt sind abdeckende oder probabilistische Dosisberechnungen mit generischen Modellen für mehr als 50 Expositionsszenarien unter Berücksichtigung der Expositionspfade externe  $\gamma$ -Bestrahlung, Exposition durch Inhalation und durch Ingestion betrachtet worden. Dabei wurden generische Szenarien berücksichtigt für die

- uneingeschränkte Freigabe zur Wiederverwendung und Recyclierung
- uneingeschränkte Freigabe von Metallen
- uneingeschränkte Freigabe von Bauschutt < 1000 Mg/a
- uneingeschränkte Freigabe von Gebäuden zur Wiederverwendung Freigabe von Bauschutt > 1000 Mg/a

- uneingeschränkte Freigabe von Standorten
- Freigabe von Gebäuden zum Abriss
- Freigabe von festen Stoffen zur Beseitigung auf Deponien
- Metallen zum Einschmelzen

Formal wird dabei wie in Abb. 3 bei der Ableitung von Freigrenzen verfahren, um Aktivitätskonzentrationen und Oberflächenaktivitäten zu berechnen, die in den jeweiligen Szenarien zu Expositionen mit einer trivialen Dosis von 10  $\mu\text{Sv}$  pro Jahr. Über die Frage, ob die im Anhang I der Euratom Grundnormen formulierte Forderung, dass die Strahlenexposition von Einzelpersonen der Bevölkerung einige 10  $\mu\text{Sv}$  nicht übersteigt oder die Kollektivdosis geringer ist als 1 Personen-Sv pro Jahr erfüllt ist, hängt vom abdeckenden Charakter der angenommen Szenarien ab.

Die StrlSchV trifft zur Kollektivdosis als Folge der Freigabe keine Regelungen. Die Frage, ob das Kollektivdosiskriterium der EU erfüllt ist, wird zur Zeit in einem Forschungsvorgaben des BfS durch probabilistische Modellrechnungen zur Freigabe prospektiv mit voraussehbaren, retrospektiv mit tatsächlichen Freigabemengen und Ausschöpfungsgraden untersucht.

Die Freigrenzen und Freigabewerte der StrlSchV weisen teilweise beträchtliche Unterschiede auf (z.B. Tab. 1), da ihrer Ableitung unterschiedliche Szenarien und Modelle zugrunde liegen. Allgemein sind die Freigabewerte geringer als die Freigrenzen. Dies führt bisweilen zur Verwirrung und Verunsicherung in der Bevölkerung, da diese Unterschiede nur vor dem Hintergrund der zugrunde liegenden Modelle und der enthaltenen Konservativitäten verstanden werden können. Der IAEA BSS [11] hat darauf bereits hingewiesen: „Unterschiedliche Modelle liegen der Ableitung von Freigrenzen und Freigabewerten zu Grunde. Eine Fülle von Werten, jeder für ein spezielles Material oder eine Industrie wird zur Verwirrung führen.“ Nach dem IAEA BSS wäre es wünschenswert, nur einen einzigen Satz identischer Freigrenzen und Freigabewerte zu haben.

Beim Vergleich der Freigrenzen und Freigabewerte ist zudem problematisch, dass die Freigrenzen der StrlSchV in Form von Größenordnungen angegeben werde, während die Freigabewerte mit anderer Rundung festgelegt wurden und damit eine höhere Genauigkeit suggerieren als durch das zugrunde liegende Konzept gerechtfertigt ist.

Als zusätzlicher Beitrag zur Verwirrung muss gesehen werden, dass es eine Vielzahl von (unterschiedlichen) internationalen Beiträgen zur Ableitung von Freigabewerten gibt. Dazu sollen hier sollen lediglich einige Europäische Publikationen und Publikationen der IAEA der letzten Jahre zitiert werden [28-35].

Tab. 1: Vergleich von Werten für Freigrenzen und freigabewerten in Form von Aktivitätskonzentrationen (spezifischen Aktivitäten) für die uneingeschränkte Freigabe nach § 29 StrlSchV für einige ausgewählte Radionuklide.

Radionuklid	Freigrenze in Bq/g	Freigabewert in Bq/g
U-238sec	1	0,009
Pu-239	1	0,04
Pb-210++	10	0,02
Co-60	10	0,1
Cs-137	10	0,5
Sr-90+	100	2
I-131	100	2
I-125	1000	3
P-32	1000	20
Re-186	1000	1000 <sup>1</sup>
Cl-36	10000	8
Tc-99	10000	10
C-14	10000	80
Fe-55	10000	200
S-35	100000	60
H-3	1000000	1000

<sup>1</sup> Für Radionuklide mit Halbwertszeiten von weniger als 7 d gelten die Freigrenzen gleichzeitig als Freigabewerte.

Es werden im internationalen Vergleich teilweise beträchtliche Unterschiede der Freigabewerte beobachtet, die wieder auf den verschiedenen Modellen, Szenarien, Expositionspfaden und in die Berechnung eingehenden Parameter zurückzuführen sind. Dabei können Unterschiede in den Parameterwerten tatsächliche Unterschiede der technischen Realisierung der Freigabe in den unterschiedlichen Ländern widerspiegeln. Besondere Abweichungen zwischen Freigabewerten verschiedener Länder treten bei Radionukliden mit sehr geringen und mit sehr großen Halbwertszeiten auf. Eine Übereinstimmung von Freigabewerten innerhalb von Faktoren von 2 oder 10 kann angesichts der unterschiedlichen Modelle, Szenarien und Parameterwerte generell als ausgezeichnet bzw. gut bezeichnet werden.

## 6 Tätigkeiten und Arbeiten

In Teil 3 der neuen StrlSchV (§§ 93-104) wird zum ersten Mal der Schutz des Menschen und der Umwelt vor den Gefahren natürlicher Strahlung und Radioaktivität geregelt, die bei „Arbeiten“ anwesend sind, ohne dass ihre radiologischen oder kernphysikalischen Eigenschaften genutzt werden. Eine entsprechende Begriffsbestimmung findet sich in § 3 Nr. 6. Damit unterscheidet die Verordnung zwei Arten menschlicher Betätigung im Zusammenhang mit ionisierender Strahlung:

- **Tätigkeiten**, bei denen Vorsorge- und Überwachungsmaßnahmen aus einer künstlichen Strahlungsquelle oder aus einer natürlichen Strahlungsquelle, deren natürliche Radionuklide aufgrund ihrer Radioaktivität, ihrer Nutzung als Kernbrennstoff oder zur Erzeugung von Kernbrennstoff verarbeitet werden, getroffen werden müssen;
- **Arbeiten**, bei denen im Unterschied zum Tätigkeitsbegriff zwar natürliche Strahlungsquellen vorhanden sind, deren Radioaktivität oder ionisierende Strahlung aber nicht genutzt wird, und durch die sich die Exposition von Arbeitskräften oder Einzelpersonen der Bevölkerung so erheblich erhöht, dass dies aus der Sicht des Strahlenschutzes nicht außer Acht gelassen werden kann.

Da natürliche Radioaktivität und Strahlung allgegenwärtig ist, unterscheidet sich das Strahlenschutzkonzept deutlich von dem der Tätigkeiten. Insbesondere enthalten die Regelungen keine Festlegungen in Bezug auf die Rechtfertigung von Arbeiten. Die neuen Vorschriften der StrlSchV gelten nur für diejenigen Arbeitsfelder und Verwendungen von Materialien, die ausdrücklich im einzelnen in den Vorschriften und den dazugehörigen Anlagen XI und XII genannt sind. Auch die für die Tätigkeiten geltenden Strahlenschutzgrundsätze (Rechtfertigung, Grenzwerte, Reduzierung der Strahlenexposition) wurden für den Bereich der natürlichen radioaktiven Stoffe modifiziert. Drei Bereiche menschlicher Betätigungen sind Gegenstand der neuen Regelungen:

- Die erhöhte Strahlenexposition von Arbeitern in speziellen Arbeitsbereichen,
- Die Strahlenexposition von fliegendem Personal als Folge der kosmischen Strahlung,
- Die erhöhte Strahlenexposition von Einzelpersonen der Bevölkerung durch Rückstände von Arbeiten.

Die StrlSchV nennt in Anlage XI explizit die betroffenen Arbeitsbereiche, die nach verschiedenen Untersuchungen auf der Grundlage einer Empfehlung der Strahlenschutzkommission festgestellt wurden [37]. Siehe hierzu auch [38,39]. Diese Arbeitsplätze unterliegen der Kontrolle, Expositionen müssen abgeschätzt werden und der zuständigen Behörde müssen Expositionen größer 6 mSv pro Jahr gemeldet werden. Generell wird in § 93 StrlSchV festgelegt, dass das Grenzwertsystem für die berufliche Strahlenexposition bei Tätigkeiten auch für Arbeiten gilt. Einer besonderen Regelung des Bevölkerungsschutzes bedarf es im Zusammenhang mit diesen Arbeiten nicht, weil nach heutigen Erkenntnissen für Personen

der Bevölkerung Strahlenexpositionen, die aus der Sicht des Strahlenschutzes nicht außer acht gelassen werden dürfen, nicht zu erwarten sind.

Dies ist anders für Rückstände und sonstige Materialien mit natürlichen Strahlungsquellen aus den in Anlage XII Teil A genannten industriellen und bergbaulichen Prozessen. Hierfür werden in Kapitel 3 in Verbindung mit Anlage XII Teil B bis D Regelungen getroffen, die sicherstellen sollen, dass niemand durch ihre Verwendung einer zusätzlichen effektiven Dosis von mehr als 1 mSv im Kalenderjahr ausgesetzt wird. Die Vorschriften gelten nur für zivilisatorisch bedingte Expositionen. Ziel ist der Schutz vor schädlichen radiologischen Wirkungen menschlich verursachter Umweltveränderungen, die zu einer Erhöhung der natürlicherweise vorhandenen Strahlenexposition führen. Ionisierende Strahlung, die ohne menschliches Zutun, z.B. auf Grund bestimmter geogener Verhältnisse, ausschließlich auf natürlichem Wege auftritt, fällt nicht in den Anwendungsbereich der Regelungen.

## 7 Überwachungsbedürftige Rückstände aus Arbeiten

Im Kontext dieser Arbeit sind die Rückstände von Arbeiten von besonderer Bedeutung. Sie werden häufig als NORM (*naturally occurring radioactive materials*) oder TENORM (*technologically enhanced naturally occurring materials*) Materialien bezeichnet. Bisher ist die internationale Praxis für diese Materialien ziemlich unklar. Der IAEA BSS spricht im Zusammenhang mit dem Ausschlussprinzip von "unmodified concentrations of radionuclides of radionuclides in most raw materials" [11].

Zum Schutz der Bevölkerung bei natürlich vorkommenden radioaktiven Stoffen enthält § 97 StrlSchV für Rückstände aus industriellen und bergbaulichen Prozessen mit erhöhter natürlicher Radioaktivität Festlegungen für eine ggf. erforderliche Einstufung als "überwachungsbedürftige Rückstände". NORM und TENORM Rückstände werden ausgenommen aus der Kontrolle, wenn die Aktivitätskonzentrationen jedes Radionuklids der U-238 und Th-232 Zerfallsreihen unter  $0,2 \text{ Bq g}^{-1}$  liegen. Zusätzlich werden bestimmte Rohstoffe, die in Anlage XII StrlSchV aufgeführt sind von der Überwachung ausgenommen. Ein gestuftes System begrenzender Aktivitätskonzentrationen wird in Anlage XII StrlSchV festgelegt, dass über die Entlassung von Rückständen aus der Überwachung entscheidet.

Rückstände aus Arbeiten sind zu überwachen, wenn ihre Rezyklierung oder Deponierung zu einer Strahlenexposition von Personen der allgemeinen Bevölkerung führen kann, die *1 mSv pro Jahr als Richtwert* übersteigt. Überwachungsbedürftige Rückstände können aus der Überwachung entlassen werden durch eine Prozedur, die in Analogie zur Freigabe radioaktiver Stoffe modelliert wurde. Sie können nur entlassen werden aus der Überwachung, wenn die zu erwartende Strahlenexposition einen Richtwert von 1 mSv pro Jahr für Personen der allgemeinen Bevölkerung ohne weitere Vorsichtsmassnahmen nicht übersteigt.

Die StrlSchV legt fest, wann dies der Fall ist, und legt spezielle Deponierungsvorschriften fest. Materialien unterhalb der Freigrenzen, aus der Überwachung entlassene Rückstände aus Arbeiten sind wie freigegebene radioaktive Abfälle nicht mehr radioaktive Stoffe im rechtlichen Sinne. Aber, sie fallen als Abfälle und Rückstände unter das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz [15].

Wie im Begründungspapier [36] zur StrlSchV ausführlich dargelegt, sieht die Verordnung eine „erheblich erhöhte Strahlenexposition“ im Sinne des Euratom Grundnormenrichtlinie erst in einer zusätzlichen Strahlenexposition im Kalenderjahr von mehr als 1 Millisievert.

„Für die Orientierung an einem Dosiskriterium von 1 Millisievert im Kalenderjahr waren verschiedene Gesichtspunkte von Bedeutung:

Zum einen wurden die Empfehlungen der Europäischen Kommission zur Umsetzung des Titels VII der Richtlinie 96/29/Euratom berücksichtigt. Danach kann eine erhöhte Strahlenexposition, die nach Artikel 40 und 41 der Richtlinie eine strahlenschutzrechtlichen Überwachung erforderlich macht, bei Produkten oder Abfällen eines Arbeitsprozesses nur dort allgemein ausgeschlossen werden, wo lediglich effektive Dosen von weniger als 1 mSv im Kalenderjahr auftreten können [4].

Eine Orientierung am Merkmal der „geringfügigen Dosis“, und damit am „de minimis-Prinzip“, das für Freigaben nach Teil 2, Kapitel 2, Abschnitt 9 maßgebend ist, wäre im Bereich der Arbeiten keine sinnvolle Alternative. Da hier, anders als bei Tätigkeiten mit künstlichen radioaktiven Stoffen, Stoffe mit natürlichen Radionukliden betroffen sind, wie sie auch unter menschlich unbeeinflussten Umweltverhältnissen allenthalben vorkommen, wird ein Abgrenzungskriterium benötigt, unter dem sich die zu überwachenden Materialien vom natürlichen Hintergrund hinreichend abheben. Dies wäre bei einem niedrigeren Dosiswert nicht der Fall.

Hinzu kommt, dass im Bereich der neuen Bundesländer für die Nutzung bergbaulicher und industrieller „Haldenmaterialien“ - in der Sache handelt es sich dabei um Rückstände im Sinne der Anlage XII Teil A - bisher schon ein Dosiskriterium von 1 mSv im Kalenderjahr Anwendung gefunden hat. Grundlage waren entsprechende Vorschriften der früheren DDR.“

Auch die Überwachungsgrenzen der StrlSchV haben einen beträchtlichen Detaillierungsgrad. Gemäß StrlSchV Anlage XII Teil B Nr. 1 ist die Einhaltung der Summenformel

$$C_{U238max} + C_{Th232max} \leq C \quad (1)$$

für repräsentativ ermittelte Werte  $C_{U238max}$  und  $C_{Th232max}$  der größten spezifischen Aktivitäten der Radionuklide der Nuklidketten U-238sec und Th-232sec mit einem Wert der Überwachungsgrenze von



$C = 1$  Bq/g zu überprüfen. Wenn  $C_{U238max}$  oder  $C_{Th232max}$  kleiner als 0,2 Bq/g ist, so bleibt die jeweilige Nuklidkette unberücksichtigt. Wenn  $C_{U238max}$  und  $C_{Th232max}$  für einen Rückstand kleiner als 0,2 Bq/g sind, so ist er nach StrlSchV Anlage XII kein Rückstand im Sinne von § 97.

Abweichend von Nr. 1 gelten nach Anlage XII Teil B Nr. 2 bzw. Nr. 3 die Überwachungsgrenzen

- $C = 0,5$  Bq/g bei Deponierung von Rückstandsmengen über 5000 t/a im Einzugsbereich eines nutzbaren Grundwasserleiters sowie bei Verwertung in Baustoffen für den Hausbau mit einem Anteil von mehr als 20 % oder bei der Verwertung in Baustoffen des Straßen-, Wege-, Landschafts- oder Wasserbaus sowie im Bereich von Sport- und Spielplätzen mit einem Anteil von mehr als 50 %;
- $C = 5$  Bq/g bei der untertägigen Verwertung oder Deponierung von Rückständen.

Gemäß Anlage XII Teil B Nr. 4 ist abweichend von (1) von der Summenformel

$$R \cdot C_{U238max} + C_{Th232max} \leq C \quad (2)$$

auszugehen, wenn die größte spezifische Aktivität der Radionuklide der Teilkette Pb-210++ um einen Faktor von  $A > 5$  über der spezifischen Aktivität der übrigen Radionuklide der U-238-Zerfallsreihe liegt. Für den Faktor R gelten bei übertägiger Verwertung oder Beseitigung ein Wert von 0,5 und bei untertägiger Verwertung oder Beseitigung in Abhängigkeit von A folgende Werte:  $R = 0,3$  für  $5 < A \leq 10$ ;  $R = 0,2$  für  $10 < A \leq 20$ ;  $R = 0,1$  für  $20 < A$ .

Gemäß Anlage XII Teil B Nr. 5 gelten abweichend von (1) die Bedingungen

$$C_{U238max} \leq 0,2 \text{ Bq/g} \quad \text{und} \quad C_{Th232max} \leq 0,2 \text{ Bq(g)}, \quad (3)$$

wenn bei der Deponierung oder bei der Verwertung von Nebengestein im Straßen-, Wege- oder Landschaftsbau sowie im Bereich von Sport- und Spielplätzen im Einzugsbereich eines nutzbaren Grundwasserleiters eine Fläche von mehr als 1 ha belegt wird.

Die Ableitung von Überwachungsgrenzen erfolgte analog zu der von Freigrenzen und Freigabewerten, nach dem Schema in Abb. 3 unter Berücksichtigung des Richtwertes der potentiellen Strahlenexposition von Einzelpersonen der Bevölkerung von 1 mSv pro Jahr. Dabei wurde davon ausgegangen, dass Rückstände aus Arbeiten entweder rezykliert oder deponiert werden, wobei sowohl die übertägige als auch die untertägige Deponierung erfolgen kann. Insgesamt wurden 10 Expositionsszenarios betrachtet, die die typischen Verwendungen oder Entsorgungswege von Rückständen beschreiben.

Bei der Rezyklierung werden die potentiellen Expositionen für 7 Szenarien betrachtet, und zwar

- von Arbeitern
  - bei der Verwendung von Rückständen beim Straßenbau
  - bei der Verwendung von Rückständen als Zuschlagsstoff beim Bau von Gebäuden
  - bei der Lagerung von Rückständen
  - bei der Anwendung von Rückständen bei Sandblasarbeiten

und

- von Einzelpersonen der Bevölkerung durch die Verwendung von Rückständen
  - beim Bau von Strassen
  - beim Bau von öffentlichen Plätzen
  - als Zuschlagsstoff beim Hausbau.

Bei der Deponierung werden die potentiellen Expositionen für 3 Szenarien betrachtet

- von Arbeitern auf übertägigen Deponien
- von Arbeitern in untertägigen Deponien
- von Einzelpersonen der Bevölkerung, die nahe einer Deponie leben, in der Rückstände abgelagert wurden.

Für diese Szenarien wurden die Expositionspfade externe Bestrahlung, Inhalation von Staub, Inhalation von Radon und Radonzerfallsprodukten und Dreckingestion von Staub und Boden berücksichtigt. Die Exposition von Einzelpersonen der Bevölkerung berücksichtigt auch die Migration von Radionukliden mit dem Grundwasser und die mögliche Expositionspfade des Menschen durch die Verwendung radioaktiven Grundwassers. Die Überwachungsgrenzen wurden im Rahmen des Forschungsvorhabens StSch-9410-2 erarbeitet [40]. Eine ausführliche Darstellung zur Problematik der Strahlenexposition bei Arbeiten und durch Rückstände ist an anderer Stelle gegeben [10]. Die Ableitung der Überwachungsgrenzen wird in [41] näher diskutiert.

## **8 Einige offene Fragen und Herausforderungen für die Zukunft**

Als Folge der Novellierung der StrlSchV muss eine Vielzahl von anderen Verordnungen, Richtlinien, technischen Anleitungen und Normen überarbeitet werden. Damit werden die Festlegungen der StrlSchV in Hinsicht auf die praktische Anwendung präzisiert werden. Besonders in den Bereichen, in denen man mit der StrlSchV gesetzgeberisches Neuland betreten hat, ist dies für die praktische Anwendung erforderlich. Im Bereich der Festlegungen zur Freigabe und zur Entlassung von Rückständen aus der Überwachung ergeben sich dabei einige offene Fragen, die eine Herausforderung für die Zukunft des Strahlenschutzes darstellen. Diese Herausforderungen werden durch aktuelle Entwicklungen in der Auswertung und Beurteilung von Messungen, in der Betrachtung von Strahlenexpositionen und – nicht zu letzt – durch die Rea-

lismusforderung der Euratom Grundnormen [4] bei der Ermittlung von Strahlenexpositionen zugespitzt. Einige dieser Fragenkomplexe sollen hier abschließend kurz angesprochen werden.

Der erste Problemkreis ergibt sich dadurch, dass freizugebende radioaktive Stoffe oder aus der Überwachung zu entlassene Rückstände von Arbeiten meist nicht homogen sind und die zur messtechnischen Beurteilung erforderlichen Größen wie die Aktivitätskonzentration und die Oberflächenaktivität nicht einen wohl definierten wahren Wert besitzen, sondern nur durch Messwertverteilungen beschrieben werden können, die sowohl durch die messtechnischen Unsicherheiten als auch durch die intrinsische Inhomogenität verursacht werden. Hier reicht es nicht diese Materialien durch den Mittelwert oder den Median der Aktivitätskonzentration oder der Oberflächenaktivität zu charakterisieren. Damit erhebt sich die Frage welche der die Verteilung der Radioaktivität im Material charakterisierenden Größen auch die zu erwartende Exposition kennzeichnet. Welche Größen sollen benutzt werden, um die Einhaltung von Grenzwerten und Richtwerten nachzuweisen?

Für die Entlassung von Rückständen aus der Überwachung wird in diesem Zusammenhang derzeit in der Strahlenschutzkommission entsprechende Verfahren diskutiert, die im Sinne der den Überwachungsgrenzen zugrunde liegenden Modellen die Einhaltung der Dosiskriterien garantieren sollen. Dabei zeigt sich z.B., dass häufig von einer logarithmischen Normalverteilung der Aktivitätskonzentrationen der Rückstände auszugehen ist. In diesem Falle ist aber nicht der Mittelwert oder der Median der Aktivitätskonzentration sondern der Erwartungswert der Verteilung die Dosis-relevante Größe.

Allgemein stellt sich die Frage, wie die Einhaltung von Grenz- und Richtwerten angesichts generell unsicherer Messgrößen zu belegen ist. Obwohl mit dem ISO Guide for the Expression of Uncertainty in Measurements [42], entsprechenden deutschen Normen [43,44] und den EURACHEM Empfehlungen [45] international einheitliche Regelungen zur Bestimmung der Messunsicherheiten vorliegen, ist die Beantwortung dieser Frage noch offen. In Österreich wird sie inzwischen im Ansatz diskutiert [46] und erste Vorschläge für eine standardisierte Antwort auf diese Frage liegen vor [47,48]. In diesem Zusammenhang wird auch die oft diskutierte Frage wieder aktuell, wie man mit Messwerten unterhalb der Erkennungsgrenze umgeht?

Ein weiterer Fragenkomplex, der auch Auswirkungen auf die Freigabe- und Entlassungspraxis haben wird, ist die nach der Umsetzung der Realismusforderung der Euratom Grundnormen bei der Ermittlung der Strahlenexposition. Was ist eine realistische Bestimmung der Strahlenexposition? Auch die Beantwortung dieser Frage wird dadurch kompliziert, dass die meisten für den Strahlenschutz relevanten Größen logarithmisch normal verteilt sind und ein einzelner Wert die tatsächliche Situation nicht zu charakterisieren im Stande ist. Hier ergeben sich Herausforderungen für den Gesetzgeber, die Rechtsprechung und die praktische Durchführung, die in ihren Auswirkungen heute noch nicht abgeschätzt werden können.

Ein letzter Bereich offener Fragen und zukünftiger Herausforderungen ergibt sich zu den Themen Harmonisierung von Freigrenzen und Freigabewerten und Harmonisierung von Vorschriften für natürliche und künstliche Radionuklide. Nach dem IAEA BSS [11] wäre es wünschenswert, dass ein Satz Radionuklid-spezifischer Freigrenzen und Freigabewerte benutzt werden, um gleichzeitig die Ausnahme und die Freigabe zu regeln. Dies würde sicherlich mit einem Verlust an „Gerechtigkeit“ in Detailfragen verbunden sein, hätte aber den Vorteil der leichteren Vermittelbarkeit. Bei der IAEA werden entsprechende Vorschläge im Bereich der Verbrauchsgüter (commodities) derzeit diskutiert [49]. Man wird abwarten müssen, welche Ergebnisse diese Diskussionen haben werden, und auch, wie sich die detaillierten Regelungen der StrlSchV in der Praxis bewähren werden. Unabhängig davon ist derzeit nicht abzusehen, ob es gelingt für radioaktive Stoffe und Materialien, die natürliche Radionuklide enthalten, einheitliche Regelungen zu erreichen. Der hohe Stand der Begrenzung der Strahlenexposition aus Tätigkeiten kann angesichts der Höhe der natürlichen Strahlenexposition und der Allgegenwart natürlicher Radioaktivität und Strahlung im Bereich der natürlichen Exposition nicht durchgehalten werden.

## 9 Schlussfolgerung

Die neue StrlSchV vom 20. Juli 2001 ist ein äußerst anspruchsvolles Regelwerk, in dem in wesentlichen Bereichen gesetzgeberisches Neuland betreten wurde. Dies gilt insbesondere für die Regelungen zur Freigabe und für die Berücksichtigung von Strahlenexpositionen durch natürliche Radionuklide und Strahlung. Der Detaillierungsgrad der Verordnung erfordert zum Verständnis der Festlegungen eine intensive Beschäftigung mit dem zugrunde liegenden System des Strahlenschutzes und den Methoden, mit denen Freigrenzen, Freigabewerte und Überwachungsgrenzen abgeleitet wurden. Die praktische Ausgestaltung der neuen Regelungen steht noch am Anfang. Das Verständnis der Grundlagen kann aber die Diskussion um die praktische Ausgestaltung der neuen Regelungen erleichtern. Es bleibt aber noch eine Fülle von Fragen offen, die in der Zukunft beantwortet werden müssen.

## 10 Literaturnachweis

- [1] Atomgesetz (AtG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. Juli 1985 (BGBl. I, S. 1565) zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 3. Mai 2000 (BGBl. I, S. 1350).
- [2] Verordnung für die Umsetzung von Euratom Richtlinien zum Strahlenschutz vom 20 Juli 2001, BGBl. I, S. 1714.
- [3] Verordnung über den Schutz vor Schäden durch Röntgenstrahlung (RöV) vom 8. Januar 1987 (BGBl. I, S. 114), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung zur Änderung der Röntgenverordnung und anderer atomrechtlicher Verordnungen vom 18.06.2002 (BGBl. I, S. 1869).
- [4] Council Directive 96/29/Euratom of 13 May 1996 laying down basic safety standards for the protection of the health of workers and the general public against the dangers arising from ionizing radiation, OJ 1-159 of 29.06.1996 p. 1.

- [5] Council Directive 97/43/Euratom of 30 June 1997 on health protection of individuals against the dangers of ionizing radiation in relation to medical exposure, and repealing Directive 84/466/Euratom, OJ 09. 07. 1997, p. 22.
- [6] Special Subject: The new German Radiation Protection Ordinance, Kerntechnik 67, No. 1 (2002).
- [7] M. Palm, The revised German Radiation Protection Ordinance, Kerntechnik 67, No. 1, 8 (2002).
- [8] N. Dymke, Radiological basis for the determination of exemption levels, Kerntechnik 67, No. 1, 13 (2002).
- [9] G. Schaller, A. Bayer, Clearance of material with negligible levels of radioactivity based on the amended German Radiation Protection Ordinance, Kerntechnik 67, No. 1, 18 (2002).
- [10] E. Ettenhuber, New regulations for the protection of man and environment against natural radiation sources, Kerntechnik 67, No. 1, 36 (2002).
- [11] Food and Agriculture Organization of the United Nations, International Atomic Energy Agency, International Labor Organization, OECD Nuclear Energy Agency, Pan American Health Organization, World Health Organization, International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Series No. 115, IAEA, Wien (1996).
- [12] International Commission on Radiological Protection, 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60, Annals of the ICRP, Vol. 21 No. 1-3 (1991).
- [13] Principles and Methods for Establishing Concentrations and Quantities (Exemption values) below which reporting is not required in the European Directive. CEC, Radiation Protection-65, Doc. XI-28/93 (1993).
- [14] Principles for the exemption of radiation sources and practices from regulatory control, IAEA Safety series Nr. 89, Wien (1988).
- [15] Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz) vom 27 September 1994, BGBl I, S. 2705.
- [16] Freigabe von Materialien, Gebäuden und Bodenflächen mit geringfügiger Radioaktivität aus anzeige- oder genehmigungspflichtigem Umgang. Empfehlung der Strahlenschutzkommission, in: Berichte der SSK des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Heft 16 (1998).
- [17] A. Deckert, S. Thierfeldt, Berechnung massenspezifischer Freigabewerte für schwach radioaktive Reststoffe, BMU-1998-520, Schriftenreihe Reaktorsicherheit und Strahlenschutz des BMU, ISSN 0724-3316, Brenk Systemplanung, Aachen (1998).
- [18] S. Thierfeldt, E. Kugeler, Freigabe von Gebäuden und Bauschutt aus kerntechnischem Umgang" und "Abschätzung der Strahlenexposition durch Rezyklierung schwach radioaktiver Schlacke aus der konventionellen Müllverbrennung, in: Schriftenreihe Reaktorsicherheit und Strahlenschutz, BMU-2000-558.
- [18] J. Poschner, G. Schaller, Richtwerte für die spezifischen Aktivitäten von schwach radioaktiv kontaminierten Abfällen, die konventionell entsorgt werden, BfS-ISH-169/95.
- [19] A. Deckert, S. Thierfeldt, Konservativitätsanalysen bei Freigabegrenzwerten, Endbericht zum Forschungsvorhaben 02S 7635 5 des BMBF, Aachen (1997).
- [20] Radiation Protection 113: Recommended radiological protection criteria for the clearance of buildings and building rubble arising from the dismantling of nuclear installations, Luxemburg (2000).

- [21] A. Deckert, S. Thierfeldt, E. Kugeler, I. Neuhaus, Definition of Clearance Levels for the Release of Radioactively Contaminated Buildings and Building Rubble, Final Report for Contract C1/ETU/970040, Brenk Systemplanung, Aachen, Mai 2000.
- [22] S. Thierfeldt, E. Kugeler, Freigabe von Gebäuden und Bauschutt aus kerntechnischem Umgang, Endbericht erstellt im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Brenk Systemplanung, Aachen, Juni 2000.
- [23] Radiation Protection 89: Recommended radiological protection criteria for the recycling of metals from the dismantling of nuclear installations; Luxemburg (1998).
- [24] A. DECKERT, Basis for the definition of surface contamination clearance levels for recycling or reuse of metals arising from the dismantling of nuclear installations. Final Report for Contract 93-ET-017, Brenk Systemplanung, Aachen, Radiation Protection No. 101, Lusemburg, 1999, ISBN 92-828-5098-6.
- [25] J. Cooper, A.J. González, G. Linsley, T. Wrixon, What waste is "radioactive"?, IAEA Bulletin 42, 35 (2000).
- [26] S. Thierfeldt, A. Nüsser, A. Deckert, M. Schramke, I. Neuhaus, Stilllegung von Kernanlagen - Freigabe von Bodenflächen kerntechnischer Standorte, Endbericht zu Vorhaben SR 2271 des BMU, Brenk Systemplanung, Aachen (1999).
- [27] A. Deckert, S. Thierfeldt, Radiologische Bewertung einer Kontamination: Entscheidungshilfe zur Festlegung von flächenbezogenen Freigabewerten, Endbericht zu Vorhaben St.Sch. 4149 des BMU, Brenk Systemplanung, Aachen (1999).
- [28] IAEA, Clearance levels for radionuclides in solid materials, IAEA-TECDOC-855, IAEA, Wien (1986).
- [29] Principles for the exemption of radiation sources and practices from regulatory control, IAEA Safety Series Nr. 89, Wien (1988).
- [30] Principles and methods for establishing concentrations and quantities (exemption values) below which reporting is not required in the European Directive. CEC, Radiation Protection-65, Doc. XI-028/93 (1993).
- [31] IAEA, Clearance levels for radionuclides in solid materials, IAEA-TECDOC-855, IAEA, Wien (1986).
- [32] Radiation Protection 101: Basis for the definition of surface contamination clearance levels for the recycling or reuse of metals arising from the dismantling of nuclear installations, CEC, Luxembourg (1999).
- [33] Radiation Protection 114: Definition of Clearance Levels for the Release of Radioactively Contaminated Buildings and Building Ruble – Final Report, CEC, Luxembourg, 07/2000.
- [34] Radiation Protection 117: Methodology and models used to calculate individual and collective doses from the recycling of metals from the dismantling of nuclear installations, CEC, Luxembourg 07/2000.
- [35] Radiation Protection 122: Practical use of the concepts of clearance and exemption, Part I: Guidance on general clearance levels for practices, CEC, Luxembourg, 2000; Part II: Application of the concepts of exemption and clearance to natural radiation sources, CEC, Luxembourg (2002).
- [36] BMU, Begründung zur Neufassung der Strahlenschutzverordnung, BR-Drucksache 207/01 vom 16. März 2001.

- [37] SSK, Strahlenexposition an Arbeitsplätzen durch natürliche Radionuklide, Stellungnahme der Strahlenschutzkommission, Berichte der Strahlenschutzkommission, Heft 10, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York, ISBN 3-437-21336-9 (1997) 48 Seiten.
- [38] Radiation Protection 95: Reference levels for workplaces processing materials with enhanced levels of naturally occurring radionuclides – A guide to assist implementation of Title VII of the European Basic Safety Standards Directive (BSS) concerning natural radiation sources, CEC, Luxembourg 19/07/1999.
- [39] Radiation Protection 107: Establishment of reference levels for regulatory control of workplaces where materials are processed which contain enhanced levels of naturally occurring radionuclides, CEC, Luxembourg, 23/08/1999.
- [40] Barthel, R.; Goldammer, W.; Kisting, S.; Kugeler, E.; Nüsser, A.; Thierfeldt, S.; "Ableitung von Überwachungsgrenzen für Reststoffe mit erhöhten Konzentrationen natürlicher Radioaktivität", Brenk Systemplanung GmbH, Aachen, 31.05.1999 (Anhänge A und B: 24.08.1999).
- [41] Barthel, R.; Goldammer, W.; Helming, M.; "Exemption Levels for the Recycling and Disposal of Residues with Enhanced Levels of Natural Radioactivity (TENORM) in Germany", 8th International Conference on Environmental Management (ICEM '01), September 30 - October 4, 2001, Bruges, Belgium.
- [42] ISO Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. ISO International Organization for Standardization, Geneva 1993, corrected reprint 1995.
- [43] DIN 1319-4, Behandlung von Unsicherheiten bei der Auswertung von Messungen, Beuth Verlag, Berlin, Köln, 02-1999.
- [44] DIN V ENV 13005, Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen, Beuth Verlag, Berlin, Köln, 06-1999.
- [45] Eurachem, Die Ermittlung der Messunsicherheit in der Analytischen Chemie, Deutsche Ausgabe von Quantifying Uncertainty in Analytical Chemistry, Erste Ausgabe (1998).
- [46] C. Schmitzer, K. Grün, A. Steurer, Uncertainties of measurements in radiation protection in: R. Michel, M. Täschner, A. Bayer (Hrsg.) Praxis des Strahlenschutzes: - Messen, Modellieren, Dokumentieren -, Tagungsband der 34. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz e.V., Kloster Seeon, 21. - 25. April 2002, TÜV-Verlag, Köln (2002) 141 - 148.
- [47] ÖNORM S 5255-1:2001-09-01: Measurement uncertainties and legal limits in radiological protection; Teil 1: Fundamentals.
- [48] Proposal ÖNORM S 5255-2:2002-02-01: Measurement uncertainties and legal limits in radiological protection; Part 2: Judgment on measurements with respect to compliance with legal limits.
- [49] IAEA, Radioactivity in material not requiring regulation for purposes of radiation protection, draft, Wien (2003).