



Strahlenschutzkommission

Geschäftsstelle der
Strahlenschutzkommission
Postfach 12 06 29
D-53048 Bonn

<http://www.ssk.de>

Ermittlung der Vorbelastung durch Radionuklid- Ausscheidungen von Patienten der Nuklearmedizin

Empfehlung der Strahlenschutzkommission

Verabschiedet in der 197. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 16./17. Dezember 2004

1 Einleitung

Die Erfahrungen aus der Umweltüberwachung in Deutschland haben gezeigt, dass insbesondere in Ballungsgebieten die Abgabe von Iod-131 an das öffentliche Kanalwassernetz, vorwiegend durch die Ausscheidungen von Personen nach Radioiod-Therapie gutartiger und bösartiger Schilddrüsenerkrankungen nach ihrer Entlassung aus stationärer Therapie, eine wesentliche Quelle der im Abwasser gemessenen Aktivitätskonzentrationen darstellt.

Die SSK hat 1996 eine Empfehlung zu den Strahlenschutzgrundsätzen für die Radioiod-Therapie ausgesprochen [SSK, 1996]. Sie empfahl:

1. Die Radioiod-Therapie soll, unabhängig von der applizierten Iod-131-Aktivität, wie bisher nur bei mindestens 48stündigem stationärem Aufenthalt erfolgen.
2. Patienten können entlassen werden, wenn nicht zu erwarten ist, dass die effektive Dosis für Personen aus der Umgebung des Patienten 1 mSv pro Jahr übersteigt. Die Entlassungsaktivität soll demzufolge nicht höher als 250 MBq sein. Dies entspricht einer Dosisleistung von 3,5 μ Sv/h in 2 m Abstand. Der Patient ist über Vorsorgemaßnahmen zum Strahlenschutz seiner Umgebung schriftlich und mündlich aufzuklären.
3. Die in der „Richtlinie Strahlenschutz in der Medizin“ vorgesehenen Ausnahmeregelungen für die Entlassung des Patienten sollen weiterhin beibehalten werden (meldepflichtig bis 5 mSv, genehmigungspflichtig > 5 mSv).
4. Bei der Ableitung von Radioiod aus einer nuklearmedizinischen Einrichtung mit dem Abwasser soll im Jahresdurchschnitt eine Radioiod-Aktivität von 7 Bq/l nicht überschritten werden. Die Konzentration ist für den Ort zu ermitteln, an dem die Ableitungen zum ersten Mal in den begehbaren oder offenen Teil der Abwasserkanäle einmünden, bzw., wenn keine begehbaren Abwasserkanäle bis zur Einmündung in die Kläranlage vorhanden sind, an der Einleitung zum Klärwerk.
5. Die aus einer nuklearmedizinischen Einrichtung an der Austrittsstelle in die freie Atmosphäre abgegebene Abluft soll im Jahresdurchschnitt für Radioiod eine Aktivität von 1 Bq/m³ nicht überschreiten.
6. Die Behörde kann nach § 46 Abs. 5 StrlSchV^{*)} höhere Aktivitätskonzentrationen und Aktivitätsabgaben für die Ableitung von Radioiod mittels Abwasser und Abluft zulassen, wenn durch radioökologische Betrachtungen nachgewiesen wird, dass die Vorschriften des § 45 StrlSchV^{*)} eingehalten werden.

Im Verlauf der Anpassung der AVV zu § 47 StrlSchV an die Richtlinie 96/29/Euratom und die novellierte StrlSchV von 2001 hat die SSK empfohlen, die Ausscheidungen von Radioiod durch Patienten nach ihrer Entlassung aus der Therapie bei der Begrenzung der Strahlenexposition der Bevölkerung nach § 46 StrlSchV und bei der Begrenzung der Ableitungen radioaktiver Stoffe gemäß § 47 StrlSchV als Vorbelastung zu berücksichtigen [SSK, 2002a].

^{*)} Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV) in der Fassung der Bekanntmachung vom 30. Juni 1989 [BGBl. I S. 1321, 1926], zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 25. Juli 1996 [BGBl. I S. 1172]

Die SSK empfahl weiterhin, zur Ermittlung der Vorbelastung gemäß § 47 Abs. 5 StrlSchV auch diejenige Radioaktivität realistisch abzuschätzen und in Ansatz zu bringen, die durch Ausscheidungen von mit radioaktiven Stoffen behandelten oder untersuchten Patienten über das öffentliche Abwasserkanalnetz und die Kläranlagen in den Vorfluter gelangt. Dazu wurde empfohlen, von der Anzahl der im Einzugsbereich des Vorfluters lebenden Menschen, der Anzahl der Radioiod-Therapien pro Kopf der Bevölkerung und den mittleren Entlassungsaktivitäten der Patienten auszugehen [SSK, 2002b].

Auf der Grundlage der im Jahr 2002 vorliegenden Daten konnte davon ausgegangen werden, dass der Anteil der Iod-Aktivität, die von therapierten Patienten nach ihrer Entlassung ausgeschieden wird, etwa 90% der gemessenen Aktivität im Abwasser ausmachen dürfte. Die Abgabe über Abklinganlagen und die Ableitungen aus der Diagnostik spielen demgegenüber mit insgesamt 10 % keine erhebliche Rolle. Die nach Entlassung stationärer Patienten ausgeschiedene Aktivität ist abhängig von der jeweiligen effektiven Halbwertszeit von Iod-131 im Patienten. Es war davon auszugehen, dass bis zu 40% der Entlassungsaktivität ins Abwasserkanalnetz eingeleitet wird. Der Anteil des Eintrages von Iod-131 infolge von „ambulanten Radioiod-Therapien“ im Ausland konnte nicht abgeschätzt werden.

Die „ambulante Radioiod-Therapie“ wurde von der Strahlenschutzkommission bereits im Jahr 1996 in der Empfehlung „Strahlenschutzgrundsätze für die Radioiod-Therapie“ abgelehnt [SSK, 1996]. Die SSK hat 2004 auch eine stationäre Durchführung der Ganzkörperszintigraphie mit Iod-131 beim Schilddrüsenkarzinom empfohlen [SSK, 2004].

Die SSK soll gemäß Beratungsauftrag des BMU vom 02. Dezember 2003 prüfen, inwieweit die laut den Empfehlungen „Erfassung der über Ausscheidungen in die Umwelt abgegebenen radioaktiven Stoffe nach ihrer Anwendung in der Nuklearmedizin“ [SSK, 2002b] und „Strahlenschutzgrundsätze für die Radioiodtherapie“ [SSK, 1996] bei der Begrenzung der Strahlenexposition der Bevölkerung nach § 46 StrlSchV und bei der Begrenzung der Ableitung radioaktiver Stoffe gemäß § 47 StrlSchV als Vorbelastung zu berücksichtigende Ausscheidung von Iod-131 (Radioiod) durch Patienten nach ihrer Entlassung aus der Therapie mit den Entlassungsaktivitäten vereinbar ist.

Zur Erhebung belastbarer Daten zur Beantwortung dieser Fragestellung hat das BMU ein Forschungsvorhaben zum Thema „Erfassung der über Ausscheidung in die Umwelt abgegebenen radioaktiven Stoffe nach ihrer Anwendung in der Nuklearmedizin“ vergeben.

2 Empfehlung

Auf der Grundlage der Ergebnisse dieses Forschungsvorhabens [Eschner et al., 2004] bekräftigt die SSK ihre früheren Empfehlungen [SSK, 1996, 2002a, 2002b, 2004] und empfiehlt, einen Wert von

40 kBq Iod-131 pro Jahr und Einwohner in das Abwasser entlassene Aktivität

zur Ermittlung der Vorbelastung nach § 47 Abs. 5 StrlSchV gemäß AVV heranzuziehen. Dieser Wert ist mit den Entlassungsaktivitäten, die durch die SSK [1996] empfohlen wurden, vereinbar.

3 Wissenschaftliche Begründung

Bereits in den 1980er Jahren wurde das Problem der Vorbelastung am Beispiel des Kernkraftwerksstandorts Biblis behandelt [Aurand et al., 1981; Der Hessische Minister für Wirtschaft und Technik, 1980-1981]. In der Modellstudie Radioökologie Biblis wurden die Ableitungen aus dem Kernkraftwerk Biblis mit der theoretisch abgeschätzten Vorbelastung des Rheins verglichen. Dabei wurde ausdrücklich festgestellt, dass im Falle der nuklearmedizinischen Anwendungen von Radionukliden *„eine eindeutige Definition der Quelle nicht möglich ist, falls man von nuklearmedizinischen Zentren absieht“* [Der Hessische Minister für Wirtschaft und Technik, 1980, Band 7.2, Teilstudie 7, Bericht 2, p. 16].

Die Höhe der Vorbelastung, in der Modellstudie Radioökologie Biblis definiert als die Konzentration eines Radionuklids im Rhein, wurde ermittelt, indem Daten, die in Berlin zur Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus dem medizinischen und Forschungsbereich in Westberlin und zu Aktivitätskonzentrationen in der Spree erhoben worden waren, auf den Rhein übertragen wurden. Daraus wurden Werte für die Ableitung pro Einwohner und Jahr ermittelt [Gans, 1977]. Das damals gewählte Verfahren wies erhebliche methodische Unsicherheiten auf, die durch mangelnde Information über die Ostberliner Einleitungen und das Fehlen belastbarer Daten über die Ausscheidungen von Patienten nach ihrer Entlassung verursacht wurden. Dennoch wurde dieses Verfahren in der Folge auch vielfach von Gutachtern in Genehmigungsverfahren verwandt.

Auf der Grundlage der Ergebnisse des Forschungsvorhabens zum Thema „Erfassung der über Ausscheidung in die Umwelt abgegebenen radioaktiven Stoffe nach ihrer Anwendung in der Nuklearmedizin“ [Eschner et al., 2004] liegen nun belastbare Daten über die durch Ausscheidungen durch Patienten in die Umwelt abgegebenen radioaktiven Stoffe nach ihrer Anwendung in der Nuklearmedizin vor. Dabei handelt es sich um die Therapie benigner und maligner Schilddrüsenerkrankungen mit radioaktivem Iod-131, da im Vorfeld bereits Einigkeit darüber bestand, dass diese Anwendung aufgrund der für nuklearmedizinische Verhältnisse langen Halbwertszeit von 8 Tagen den unter radioökologischen Gesichtspunkten relevantesten Beitrag liefert.

3.1 Sachstand

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden in 5 großen nuklearmedizinischen Kliniken (Dresden, Hannover, Köln, München, Würzburg) für das Jahr 2002 (in Köln auch für 2003) folgende Daten erhoben

- Alter
- Geschlecht
- PLZ des Wohnorts
- Diagnose
- Applizierte Iod-131-Aktivität
- Applikationsdatum
- Entlassungsaktivität
- Entlassungsdatum
- Effektive Halbwertszeit für die Ausscheidung des Iods aus der Schilddrüse bzw. aus dem Körper

und einer statistischen Auswertung unterzogen.

Die ermittelten Diagnosen wurden kategorisiert als

- gutartige Schilddrüsenerkrankungen (benigne)
- bösartige Schilddrüsenerkrankungen (Schilddrüsenkarzinom, SD-Ca oder maligne),

und beim Schilddrüsenkarzinom weiter aufgeschlüsselt als

- therapeutische Anwendung des Iod-131 (CaT)
- diagnostische Anwendung des Iod-131 zur Verlaufskontrolle nach Therapie (CaD).

Diese weitere Aufschlüsselung wurde vorgenommen, weil die verabreichten Aktivitäten bei der therapeutischen Anwendung um mindestens eine Größenordnung höher liegen als bei der diagnostischen und die diagnostische Anwendung im Jahr 2002 in einigen Kliniken ambulant durchgeführt wurde, in anderen stationär.

Zur diagnostischen Anwendung des Iod-131 beim Schilddrüsenkarzinom zur Verlaufskontrolle nach Therapie (CaD) hat die Strahlenschutzkommission inzwischen die stationäre Durchführung empfohlen [SSK, 2004].

Für die applizierten Aktivitäten bei den verschiedenen Anwendungskategorien ergaben sich die in Tabelle 1 dargestellten Ergebnisse. Die Entlassungsaktivitäten sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tab. 1: Applizierte Aktivitäten bei den verschiedenen Anwendungskategorien in MBq [Eschner et al., 2004]

Anwendungskategorie	benigne	CaT	CaD
Anzahl der Anwendungen	3.048	908	880
Mittelwert	757	5030	451
Standardabweichung	504	2611	150
Median	607	3800	400

Tab. 2: Entlassungsaktivitäten bei den verschiedenen Anwendungskategorien in MBq [Eschner et al., 2004]

Anwendungskategorie	benigne	CaT	CaD
Anzahl der Anwendungen	3.048	908	880
Mittelwert	168	127	46
Standardabweichung	88	90	37
Median	166	113	42

Die Ausscheidungen von Iod-131 durch Patienten nach der Entlassung lassen sich nicht durch das ICRP-Modell [ICRP, 1997] beschreiben. Sie können aber auf der Grundlage von Bilanzrechnungen ermittelt werden [SSK, 2002c; Eschner et al., 2004]. Dazu wurden die indivi-

duellen effektiven Halbwertszeiten für die verschiedenen Anwendungskategorien ermittelt. Für benigne Erkrankungen ergaben sich die in Tabelle 3 dargestellten Ergebnisse. Aus Hannover konnten keine Angaben zu den effektiven Halbwertszeiten erhalten werden.

Tab. 3: Tabelle der effektiven Halbwertszeiten in Tagen bei benignen Erkrankungen
[Eschner et al., 2004]

Klinik	Dresden	Würzburg	Köln 2002	Köln 2003	München	alle
Anzahl	841	815	671	711	320	3.048
Mittelwert	5,30	4,18	5,80	5,72	5,14	5,06
Standardabweichung	1,85	2,24	1,29	1,40	0,66	1,87
Median	5,50	4,00	5,90	5,90	5,00	5,52

Generell problematisch ist die Bestimmung der effektiven Halbwertszeiten bei Karzinom-Patienten. Da diese keine Schilddrüse mehr haben, fehlt die Radioiod-Speicherung in der Schilddrüse. Die Radioiod-Therapie soll das nach der Operation verbliebene Schilddrüsen-restgewebe ablativ schädigen. Das Iod-131 wird daher sehr schnell aus dem Körper ausgeschieden (Abbildung 1). Daher wurde bei den Karzinom-Patienten unterstellt, dass 95% der applizierten Aktivität bzw. Entlassungsaktivität ausgeschieden wird.

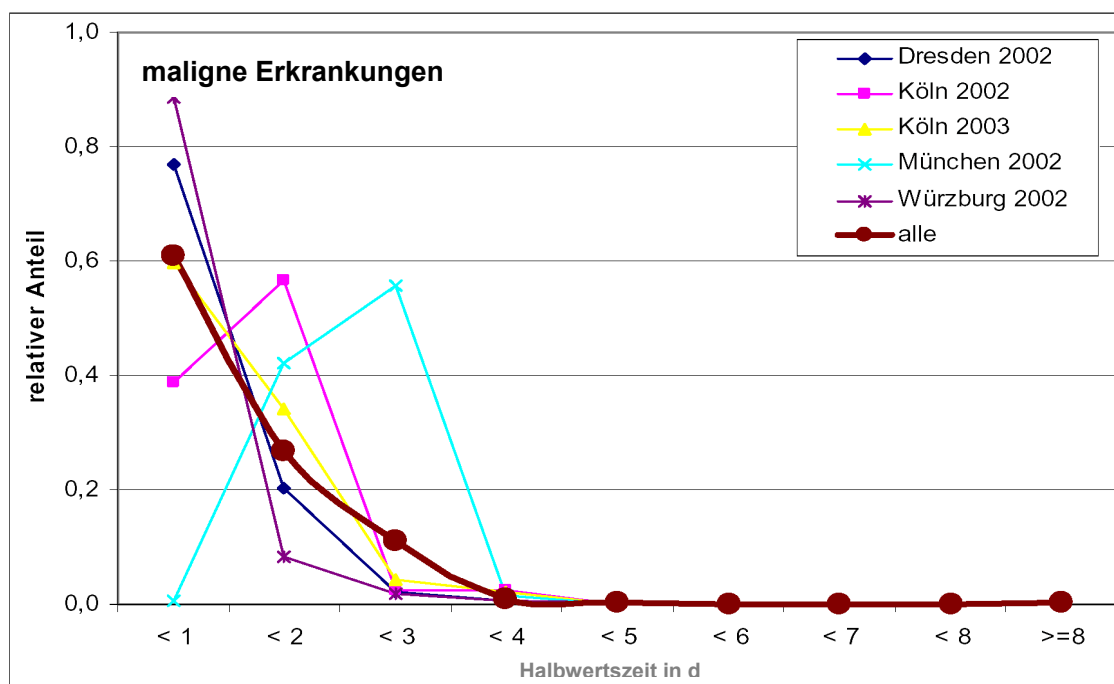


Abb. 1: Histogramme der effektiven Halbwertszeiten bei malignen Erkrankungen (CaT und CaD) [Eschner et al., 2004]

Da die Halbwertszeiten bei CaD nur mit großer Unsicherheit bestimmbar waren, wurden für die Bilanzrechnungen zusätzlich zwei weitere Berechnungen der Ausscheidung nach CaD durchgeführt:

1. Die erste Rechnung unterstellte eine effektive Halbwertszeit der Ausscheidung von 12 Stunden bei allen Patienten; das entspricht einer integrierten Ausscheidung von 95% der Entlassungsaktivität („CaD_95“) und überschätzt damit sicher die tatsächliche Ausscheidung;
2. die zweite Rechnung unterstellte eine durchgehend ambulante Durchführung der CaD, zusätzlich die vorgenannte 95%-ige Ausscheidung, d.h. es würden 95% der applizierten Aktivität ausgeschieden (Spalte „CaD_amb“).

Daraus wurden unter Verwendung der Bilanzrechnung zu erwartende Iod-131-Ausscheidungen pro Patient errechnet (Tabelle 4). Diese betragen bei Therapien wegen gutartiger Schilddrüsenerkrankungen im Mittel 56 MBq (Median 43 MBq, 25.-Perzentil 26 MBq, 75.-Perzentil 70 MBq), bei Therapien von Schilddrüsen-Karzinomen im Mittel 102 MBq (Median 77 MBq, 25.-Perzentil 46 MBq, 75.-Perzentil 128 MBq).

Tab: 4: Iod-131-Ausscheidungen in MBq von Patienten nach ihrer Entlassung über alle Kliniken für die Anwendungskategorien [Eschner et al., 2004]

	benigne	CaT	CaD	CaD_95	CaD_amb
Median	42,9	76,5	21,3	34,9	415,2
Mittelwert	56,0	102,0	28,8	48,5	427,6
5.-Perzentil	12,9	21,9	6,0	9,2	278,8
25.-Perzentil	26,2	45,8	12,6	20,2	352,6
75.-Perzentil	70,2	127,6	35,9	60,3	488,9
95.-Perzentil	142,8	266,8	76,2	132,5	618,4

Aus den von allen deutschen Kliniken übermittelten Daten nach § 21 KHentG ergab sich, dass im Jahr 2002 bundesweit ca. 47.000 Therapien mit radioaktiven Stoffen stationär durchgeführt wurden. Aus den auf das Bundesgebiet hochgerechneten Inzidenzdaten für Schilddrüsenkarzinome des Saarländischen Krebsregisters ließen sich geschätzte Zahlen von jährlich 5.000 Therapien von Schilddrüsen-Karzinomen und 8.000 diagnostischen Ganzkörper-Untersuchungen in der Verlaufskontrolle des Schilddrüsen-Karzinoms herleiten.

Die regionale Verteilung der Wohnorte der behandelten Patienten konnte nur für die Würzburger Klinik untersucht werden, da diese im Gegensatz zu den anderen Standorten „Alleinversorger“ einer Region ist. Die Verteilung ließ keine signifikanten örtlichen Variationen erkennen, so dass von einer bundesweit ähnlichen Anzahl von Therapien pro Einwohner und Jahr ausgegangen werden kann.

Die nach [Eschner et al. 2004] beste und gleichzeitig leicht konservative Schätzung für die Zahl der Prozeduren lautet daher wie folgt: In Deutschland werden pro Jahr 48.000 Radioiod-Therapien durchgeführt. Davon sind 5.000 Therapien beim Schilddrüsenkarzinom, 43.000 bei benignen SD-Erkrankungen. Zudem werden 8.000 Iod-Ganzkörperdiagnostiken (CaD) durchgeführt. Für die weitere Berechnung wird davon ausgegangen, dass diese zumindest im Jahr

2002 überwiegend ambulant (nicht stationär) durchgeführt wurden und daher in den genannten 48.000 nicht enthalten sind, obwohl einige sicher darin enthalten sind und das Verfahren insofern konservativ ist.

Mit den leicht konservativ abgeschätzten Therapiezahlen (43.000 pro Jahr bei benignen, 5.000 bei malignen Schilddrüsenerkrankungen, zudem 8.000 diagnostische Prozeduren) und der Einwohneranzahl von 82,440 Mio. am 31.12.2001 wurden dann die Erwartungswerte der Ausscheidung von Iod-131 pro Bundesbürger und Jahr errechnet (Tabelle 5). Aus den Werten von Tabelle 5 ergibt sich in der Summe der Anwendungskategorien benigne, CaT und CaD eine

mittlere Ausscheidung von Iod-131 pro Bundesbürger und Jahr von 40 kBq.

Dieser Wert gilt unter der Voraussetzung, dass die diagnostischen Ganzkörperprozeduren beim Schilddrüsenkarzinom sämtlich stationär durchgeführt werden. Er ändert sich nicht, wenn anstatt der Diagnosekategorie CaD die Kategorie CaD_95 gewählt wird. Würden die diagnostischen Ganzkörperprozeduren beim Schilddrüsenkarzinom allerdings in ihrer Gesamtheit ambulant durchgeführt (CaD_amb), so wäre hieraus mit einem zusätzlichen Beitrag von ca. 40 kBq pro Person und Jahr zu rechnen.

Aus der Betrachtung eines einzelnen Gebietes ergibt sich kein Hinweis auf eine regional stark variierende Zahl von Therapien pro Einwohner. Es wurde daher unterstellt, dass die Therapiehäufigkeit pro Jahr und Einwohner überall in Deutschland gleich ist.

Mit der mittleren Ausscheidung von Iod-131 pro Bundesbürger und Jahr lässt sich für ein beliebiges zu betrachtendes Gebiet aufgrund seiner Einwohnerzahl die erwartete Iod-131-Ausscheidung errechnen und unter Hinzuziehung von Daten über die Wasserversorgung die Vorbelastung des Wasserpfadabschätzen.

Tab. 5: Iod-131-Ausscheidungen in kBq pro Einwohner und Jahr für die Anwendungskategorien [Eschner et al., 2004]

Anwendungskategorien	benigne	CaT	CaD	CaD_95	CaD_amb
Anzahl der Anwendungen	43.000	5.000	8.000	8.000	8.000
Mittelwert der Iod-131 Ausscheidung in kBq pro Einwohner und Jahr	29,2	6,2	2,8	4,7	41,5

Auf der Grundlage der ermittelten Iod-131-Ausscheidungen pro Einwohner und Jahr für die Anwendungskategorien und der Therapie- bzw. Diagnoseanzahlen lässt sich die gesamte Abgabe von Iod-131 durch Ausscheidungen von Patienten nach der Entlassung an die Umwelt mit 3.149 GBq pro Jahr abschätzen (Summe der Werte für die Anwendungskategorien benigne, CaT und CaD; Tabelle 6). Sie übertrifft bei weitem die Ableitung aus kerntechnischen Anlagen. Im Jahr 2001 lagen die Ableitungen von Iod-131 mit der Abluft für die deutschen Kernkraftwerke zwischen 0,00004 und 0,2 GBq [BMU, 2001]. Die Ableitungen aller Spalt- und Aktivierungsprodukte mit dem Abwasser lagen im Jahr 2001 für die deutschen Kernkraftwerke zwischen 0,0001 GBq und 0,5 GBq [BMU, 2001].

Tab. 6: Schätzung der gesamten Iod-131-Ausscheidungen von Patienten in Deutschland nach der Entlassung an die Umwelt in GBq im Jahr 2002. Bei der diagnostischen Anwendung des Iod-131 zur Verlaufskontrolle nach Therapie sind die stationäre (CaD und CaD_95) und ambulante (CaD_amb) Durchführung unterschieden.

Anwendungskategorien	benigne	CaT	CaD	CaD_95	CaD_amb
Iod-131-Ausscheidungen in GBq	2.408	510	230	388	3.421

Eine ambulante Durchführung der Verlaufskontrolle nach Therapie (CaD) würde die an die Umwelt abgegebene Iod-131-Aktivität im Jahr 2002 noch einmal um mehr als 3.000 GBq erhöht haben.

Die Ableitungen von Iod-131 aus nuklearmedizinischen Kliniken mit dem Abwasser kann für ganz Deutschland mit weniger als 2 GBq pro Jahr abgeschätzt werden [Eschner, 2002]. Somit übertrifft die Abgabe von Iod-131 durch Ausscheidungen von Patienten nach der Entlassung an die Umwelt auch diese Quelle von Iod-131 in der Umwelt um Größenordnungen.

3.2 Radiologische Auswirkungen

Die radiologische Relevanz der über Ausscheidungen von Patienten in die Umwelt abgegebenen radioaktiven Stoffe nach ihrer Anwendung in der Medizin kann auf der Grundlage der Ergebnisse des Forschungsvorhabens [Eschner et al., 2004] anhand von Modellrechnungen diskutiert werden.

Bezogen auf die Wassermengen aus Wasserwerken und Niederschlag ergibt sich aus den ermittelten Iod-131-Abgaben durch Patienten nach der Entlassung für Deutschland eine Konzentration an Iod-131 von $< 0,1$ Bq/Liter. In der Nähe von Ballungsräumen mit hoher Bevölkerungsdichte kann der Wert bis zu 0,15 Bq/Liter betragen.

Die Vorbelastung durch Iod-131-Ausscheidungen von Patienten nach der Entlassung ist für Ballungsräume mit hoher Bevölkerungsdichte und Vorfluter mit geringer Wasserführung in Genehmigungsverfahren relevant. Am Beispiel der Stadt München und der Kläranlage München II, aus der bei München-Dietersheim 40 % des Münchener Abwassers bei Flusskilometer 126,6 in die Isar eingeleitet werden, kann dies verdeutlicht werden; vergleiche hierzu [SSK 2001].

Unter der Annahme von 1,4 Millionen Einwohnern für die Stadt München, einer Iod-131-Abgabe an die Umwelt durch Ausscheidungen von Patienten nach der Entlassung von 40 kBq pro Einwohner und Jahr und einem Anteil von 40 % des gesamten Abwassers für die Kläranlage München II ergibt sich eine Ableitung in München-Dietersheim von 22 GBq pro Jahr.

Auf der Grundlage der AVV zu § 47 Abs. 2 StrlSchV in Form des Entwurfs vom 28.06.2000 ergeben sich die in Tabelle 7 angegebenen maximalen potentiellen Strahlenexpositionen für die Referenzperson.

Tab. 7: Maximale potentielle Strahlenexpositionen durch Ableitung von 22 GBq Iod-131 pro Jahr mit dem Abwasser in die Isar für die Referenzperson in μSv pro Jahr.

	>17a	>12 -≤17a	>7 -≤12a	>2 -≤7a	1 - ≤2a	≤1a ²	≤1a ¹
Schilddrüse	35	42	54	85	138	98	153
Effektiv	6	6	8	11	18	10	18

¹ unter Berücksichtigung des Muttermilchpfades

² unter Berücksichtigung des Verzehrs von Milchfertigprodukten

Es ist nicht Gegenstand dieser Empfehlung, die Realitätsnähe der Ermittlung der Strahlenexposition nach der AVV zu § 47 StrlSchV zu diskutieren. Dennoch muss darauf hingewiesen werden, dass bereits die Autoren der Modellstudie Radioökologie Biblis eine Überschätzung der tatsächlichen Strahlenexposition durch Iod-131 durch den Fischverzehr auf der Grundlage des damaligen tatsächlichen Verzehrs am Standort Biblis mit einem Faktor drei annehmen. Die Iod-131-Exposition durch Trinkwasser ist realistischer Weise vollständig zu vernachlässigen, da „unter Berücksichtigung hydrologischer Gegebenheiten am Standort des betrachteten Uferfiltratwasserwerks bei Biebersheim und der Erfahrungen mit bestehenden Uferfiltratwasserwerken am Rhein davon auszugehen ist, dass die Verweilzeit von Uferfiltrat im Untergrund (vom Übergang in den Grundwasserleiter bis zur Förderung als Trinkwasser) mehrere Monate beträgt“ [Aurand et al., 1981].

Eine derartige Argumentation ist im Hinblick auf eine realistische Ermittlung der Strahlenexposition wichtig und z.B. in einer standortspezifischen Untersuchung einer bestehenden Anlage sicher auch zu berücksichtigen. Zur Sicherstellung der Einhaltung der Grenzwerte der Strahlenexposition bei Ableitungen radioaktiver Stoffe in die Umwelt ist in Deutschland jedoch der konservative Ansatz der Strahlenschutzverordnung und der AVV anzuwenden und bei der Ermittlung der Vorbelastung nach §47 StrlSchV entsprechend zu berücksichtigen.

3.3 Bewertung

Über Ausscheidungen von Patienten, die in der Nuklearmedizin mit Iod-131 behandelt werden, werden nach ihrer Entlassung in Deutschland ca. 3.150 GBq Iod-131 pro Jahr in die Umwelt abgegeben (Tabelle 6). Diese Patientenausscheidungen stammen aus der genehmigungspflichtigen Anwendung von Radionukliden in der medizinischen Diagnostik und Therapie.

Die Ableitung von Iod-131 aus nuklearmedizinischen Kliniken mit dem Abwasser für ganz Deutschland kann mit weniger als 2 GBq pro Jahr abgeschätzt werden [Eschner, 2002]. Die Ableitungen von Iod-131 mit der Abluft lagen im Jahr 2001 für die deutschen Kernkraftwerke zwischen 0,00004 und 0,2 GBq; die Ableitungen aller Spalt- und Aktivierungsprodukte mit dem Abwasser zwischen 0,0001 GBq und 0,5 GBq [BMU, 2001]. Die Genehmigungswerte der deutschen Kernkraftwerke für die Ableitungen liegen bei ca. 10 GBq Iod-131 pro Jahr für die Abluft und im Bereich von 30 GBq bis 200 GBq für die Summe von Spalt- und Aktivierungsprodukten für das Abwasser.

Damit liegt die Iod-131-Aktivität, die über Ausscheidungen von Patienten pro Jahr in die Umwelt gelangt, um einen Faktor 1.000 über den Aktivitäten, die genehmigt aus Kliniken und

Praxen oder aus kerntechnischen Anlagen im Inland abgeleitet werden. Sie überschreitet sogar die Genehmigungswerte kerntechnischer Anlagen im Inland um ein Vielfaches.

Dieser Vergleich bestätigt die Einschätzung der SSK [SSK, 2002a], dass Patientenausscheidungen als Quelle der Umweltradioaktivität bei der Ermittlung der Vorbelastung nicht außer Acht gelassen werden dürfen.

Eine Begrenzung der Patientenausscheidungen erfolgt nur über die Festlegung der Entlassungsaktivität gemäß der „Strahlenschutzgrundsätze für die Radiojodtherapie“ [SSK, 1996], die auf der Begrenzung der effektiven Dosis durch externe Strahlung für die Personen aus der Umgebung des Patienten beruht.

Praktisch wäre eine Begrenzung des Eintrags über Patientenausscheidungen nur über eine Reduzierung der Entlassungsaktivität möglich. Dies sieht die SSK in der Abwägung sozialer Gesichtspunkte gegenüber der Verbesserung des Strahlenschutzes als nicht gerechtfertigt an, da eine Reduzierung der Entlassungsaktivität zu einer Zunahme ambulanter Radiojod-Therapien im Ausland führen würde und damit die Einträge eher erhöht würden.

Allerdings sieht die SSK auch die Notwendigkeit, neue nuklearmedizinische Verfahren jeweils auch im Hinblick auf die verursachten Ableitungen von Radionukliden durch Patienten nach ihrer Entlassung zu bewerten. Dies hat die SSK mit ihrer Empfehlung zur Notwendigkeit der stationären Ganzkörperszintigraphie mit Iod-131 beim Schilddrüsenkarzinom getan [SSK, 2004]. Die Ergebnisse des Forschungsvorhaben [Eschner et al., 2004] bestätigen diese Einschätzung.

Die SSK hat empfohlen [SSK, 2002a], die Patientenausscheidungen bei der Ermittlung der Vorbelastung zu berücksichtigen. Sie empfiehlt hier ein praktikables Verfahren zur Ermittlung der Vorbelastung durch Ausscheidungen von Patienten nach der Entlassung in die Umwelt.

In der Genehmigungspraxis war eine Berücksichtigung der Patientenausscheidungen in der Vergangenheit zwar nicht explizit gefordert, wurde von Gutachtern in der Regel aber durchgeführt. Die hier exemplarisch berechneten Expositionen (Tabelle 7) durch die von Patienten ausgeschiedene Iod-131-Aktivität sind nach Einschätzung der SSK im Rahmen von Genehmigungsverfahren nicht zu vernachlässigen.

Für den Fall, dass sich aus der Summe der Patientenausscheidungen und den Ableitungen gemäß Umgangsgenehmigungen ein relativer Dosisbeitrag im Hinblick auf die Einhaltung der Grenzwerte nach § 47 StrlSchV ergibt, sieht die SSK als praktische Konsequenz keine Änderung der Entlassungsaktivitäten, sondern empfiehlt eine Überprüfung und gegebenenfalls Aktualisierung der Umgangsgenehmigungen im Einzugsbereich des betrachteten Vorfluters, die erfahrungsgemäß selten in vollem Umfang ausgeschöpft werden.

Literatur

- [Aurand et al., 1981] K. AURAND, I. GANS, H. RÜHLE (HRSG.): Modellstudie Radioökologie Biblis, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 1981.
- [BMU, 2001] BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT: Bundestagsdrucksache 14/6905, 10.09.2001.
- [BMU, 2000] BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT: Entwurf der AVV zu § 47 StrlSchV vom 28.06.2000.
- [Der Hessische Minister für Wirtschaft und Technik, 1980-81] DER HESSISCHE MINISTER FÜR WIRTSCHAFT UND TECHNIK (HRSG.): Modellstudie Radioökologie Biblis, 12 Bände, 1980-1981.
- [Der Hessische Minister für Wirtschaft und Technik, 1980] DER HESSISCHE MINISTER FÜR WIRTSCHAFT UND TECHNIK (HRSG.): Modellstudie Radioökologie Biblis, Bände 7.1 und 7.2, Materialienbände, Wasserpfad, (1980), ISBN 3-88668-007-X und ISBN 3-886888-008-8.
- [ESCHNER, 2002] W. ESCHNER: Messungen der Iod-131-Aktivität im Urin von Radioiodtherapie-Patienten, Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin, Klinikum der Universität zu Köln, 29.01.2002.
- [ESCHNER ET AL., 2004] W. ESCHNER, B. BREUSTEDT, M. LASSMANN, H. HÄNSCHIED: Erfassung der über Ausscheidungen in die Umwelt abgegebenen radioaktiven Stoffe nach ihrer Anwendung in der Nuklearmedizin, Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben BfS StSch 4413, 2004.
- [GANS, 1977] I. GANS: Zur Vorbelastung des Rheins bei Biblis mit radioaktiven Stoffen infolge Anwendung radioaktiver Stoffe in Forschung, Medizin und Technik; Abschlussbericht zu Teilstudie 7 "Vorbelastung des Vorfluters" der "Modellstudie Radioökologie Biblis", Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes, Berlin, 1977.
- [ICRP, 1997] ICRP PUBLICATION 78: Individual monitoring for internal exposure of workers (replacement of ICRP publication 54). Ann ICRP 1997;27(3-4):i-x, 1-161.
- [SSK, 1996] STRAHLENSCHUTZKOMMISSION: Strahlenschutzgrundsätze für die Radioiod-Therapie – Empfehlung der Strahlenschutzkommission; verabschiedet in der 142. Sitzung am 5./6. Dezember 1996, BAnz Nr. 68 vom 11.04.1997.
- [SSK, 2001] STRAHLENSCHUTZKOMMISSION: Empfehlung zur 3. Teilgenehmigung des Forschungsreaktors München II (FRM-II) – Empfehlung der Strahlenschutzkommission, verabschiedet auf der 175. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 13./14. Dezember 2001.
- [SSK, 2002a] STRAHLENSCHUTZKOMMISSION: Ermittlung der Vorbelastung – Fortschreibung der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zu § 47 der Strahlenschutzverordnung, Empfehlung der Strahlenschutzkommission, verabschiedet auf der 178. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 12.04.2002.

- [SSK, 2002b] STRAHLENSCHUTZKOMMISSION: Erfassung der über Ausscheidungen in die Umwelt abgegebenen radioaktiven Stoffe nach ihrer Anwendung in der Nuklearmedizin, Empfehlung der Strahlenschutzkommission, verabschiedet in der 179. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 05. Juli 2002, BAnz Nr. 207 vom 7.11.2002.
- [SSK, 2002c] STRAHLENSCHUTZKOMMISSION: Begründung zur Empfehlung „Erfassung der über Ausscheidungen in die Umwelt abgegebenen radioaktiven Stoffe nach ihrer Anwendung in der Nuklearmedizin“, Empfehlung der Strahlenschutzkommission, Entwurf / Stand: 19.06.2002.
- [SSK, 2004] STRAHLENSCHUTZKOMMISSION: Notwendigkeit der stationären Durchführung der Ganzkörperszintigraphie mit Iod-131 beim Schilddrüsenkarzinom – Empfehlung der Strahlenschutzkommission, verabschiedet in der 190. Sitzung am 22./23. April 2004, BAnz Nr. 158 vom 24.08.2004.