

DGN-Handlungsempfehlung (S1-Leitlinie)

Radioiodtest mit I-131 oder I-123 Natriumiodid

Stand: 7/2022 – AWMF-Registernummer: 031-012

M. Dietlein^{1,3}, M. Hohberg^{1,3}, M. Lassmann^{1,2,4}, H. Hänscheid^{1,2,4}, F.A. Verburg^{1,5},
M. Luster^{1,5}, M. Schmidt^{1,3}

für die ¹Deutsche Gesellschaft für Nuklearmedizin (DGN) und die ²Deutsche Gesellschaft für Medizinische Physik (DGMP)

³Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin der Uniklinik Köln

⁴Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin der Universität Würzburg

⁵Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin des Universitätsklinikums Marburg

Herausgeber

Deutsche Gesellschaft für Nuklearmedizin e.V.

Nikolaistraße 29

37073 Göttingen

Tel.: +49 (0)551 48857-401

Fax: +49 (0)551 48857-401

E-Mail: office@nuklearmedizin.de

Korrespondierender Autor:

Prof. Dr. med. M. Dietlein
Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin
Uniklinik Köln
Kerpener Str. 62
50937 Köln
Tel. 0221 478 5024
Fax 0221 478 89085
E-Mail: markus.dietlein@uk-koeln.de

Texthistorie und Konsentierung: Diese Version der Handlungsempfehlung zum Radioiodtest ist ein Update der Version, die im Jahr 2014 durch die Deutsche Gesellschaft für Nuklearmedizin (DGN) unter Beteiligung der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Physik (DGMP) publiziert wurde. Mit primärer Zielsetzung beschreibt diese Verfahrensanweisung die fachgerechte Durchführung des Radioiodtests. Die Anwendung von I-131 NaI in der Diagnostik beschränkt sich auf die prätherapeutische Dosisabschätzung vor Radioiodtherapie, wobei die vorliegende Verfahrensanweisung auf den Radioiodtest bei benignen Schilddrüsenerkrankungen fokussiert ist. Nach der „Richtlinie Strahlenschutz in der Medizin“ ist die „rechtfertigende Indikation“ zum Radioiodtest und zur Radioiodtherapie durch einen fachkundigen Arzt („Fachkunde in der Diagnostik und Therapie mit offenen radioaktiven Stoffen“) zu stellen. Die Verfahrensanweisung wurde von einer repräsentativen Expertengruppe im informellen Konsens verabschiedet und entspricht damit einer Leitlinie der ersten Stufe (S1) nach den Kriterien der Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF). Die Verfahrensanweisung ist mit den Empfehlungen der European Association of Nuclear Medicine (EANM) harmonisiert worden. Die Deutsche Gesellschaft für Nuklearmedizin dankt dem Autor, Herrn Dr. Wolfgang Eschner, für seine aktive Mitarbeit in den Versionen 1 - 4.

I. Vorbemerkung

International wird der Stellenwert des Radioiodtests vor einer Therapie mit I-131 (Radioiod) unterschiedlich beurteilt (de Rooy et al. 2009, Leslie et al. 2003, Sisson et al. 2007, Bahn et al. 2011). Dies ist darauf zurückzuführen, dass in Amerika und Asien die Radioiodtherapie (RIT) vorwiegend bei der Immunhyperthyreose mit niedrigen Schilddrüsenvolumina eingesetzt wird. Aus diesen Kontinenten stammen Anwendungsbeobachtungen unter Verwendung von I-131 Standardaktivitäten mit hohen Erfolgsraten der RIT zur Beseitigung der Immunhyperthyreose (Sanyal et al. 2008, Canadas et al. 2007, Collier et al. 2009). In Deutschland ist die individuelle Aktivitätsermittlung vor Radioiodtherapie rechtlich vorgeschrieben (RL StrlSch 2014), was dem breiteren Indikationsspektrum zur RIT (Schilddrüsenautonomie, Immunhyperthyreose, großvolumige Struma, Rezidivstruma) Rechnung trägt. Die diversen Rechenalgorithmen haben nicht den Anspruch, zu überlegenen Behandlungsergebnissen zu führen, vielmehr steht der Aspekt einer Optimierung der Strahlenexposition im Zielorgan und im Restkörper im Vordergrund.

II. Zielsetzung

1. Ermittlung des Radioiod-Uptake bzw. der Radioiodkinetik vor geplanter Radioiodtherapie (RIT). Aus dem Radioiodtest wird die Aktivität errechnet, die zum Erreichen einer vorgegebenen Energiedosis im Zielvolumen bei der RIT appliziert werden muss (siehe Leitlinie zur Radioiodtherapie bei benignen Schilddrüsenerkrankungen (Dietlein et al. 2016) und Verfahrensanweisung zur Radioiodtherapie beim differenzierten Schilddrüsenkarzinom (Verburg et al. 2019)). Diese individuelle Aktivitätsermittlung vor Radioiodtherapie ist in Deutschland rechtlich vorgeschrieben (RL StrlSch 2014, StrSchV 2018, StrlSchG 2017). Sie dient der Dosisoptimierung und in Einzelfällen der Überprüfung der Frage, ob eine RIT überhaupt effizient bzw. mit mittleren I-131 Aktivitäten möglich ist (Bockisch et al. 1997, Dietlein et al. 2016, 2019, Gotthardt et al. 2006).
2. Bei der kongenitalen Hypothyreose leistet das Iod-Stoffwechselstudium einschließlich Depletionstest einen Beitrag zur Differenzierung zwischen morphologischen Entwicklungsstörungen und genetisch bedingten Schilddrüsenhormonsynthesestörungen (Meller et al. 1998). Diese Unterscheidung dient der weiteren Betreuung der Kinder und der genetischen Beratung der Eltern.

III. Definition

Unter dem **Radioiod-Uptake** versteht man den Anteil an appliziertem Radioiod, der zu einer definierten Zeit nach Applikation in der Schilddrüse vorhanden ist (nicht zerfallskorrigiert). Die Ermittlung des Radioiod-Uptake erfolgt durch quantitative Bestimmung dieses Anteils, also durch Messung der Aktivität in der Schilddrüse und Division des Messwertes durch die verabreichte Aktivität.

Unter der **Radioiodkinetik** versteht man den (patientenindividuellen) zeitlichen Verlauf des Radioiod-Uptake. Zur Bestimmung der Radioiodkinetik sind also Messungen des Radioiod-Uptake zu mehreren Zeitpunkten erforderlich.

Unter der **effektiven Halbwertszeit** versteht man im Sinne des Radioiodtests den Zeitraum, während dessen eine Hälfte des in der Schilddrüse vorhandenen Radioiods durch physikalischen Zerfall und biologische Stoffwechselvorgänge aus der Schilddrüse entfernt wird.

Unter **Zielvolumen** (auch: **Herdvolumen**) versteht man Gewebe, das durch die RIT einen deterministischen Effekt erfahren soll. Dies ist manchmal identisch mit der gesamten Schilddrüse (z.B. bei Immunhyperthyreose), häufig aber nur ein Teil davon (z.B. bei Autonomieerkrankungen).

IV. Indikationen

1. Vor Radioiodtherapie benigner Schilddrüsenerkrankungen
2. Differentialdiagnostik bei kongenitaler primärer Hypothyreose

V. Durchführung

A. *Patientenvorbereitung*

Der Radioiodtest ist zeitnahe vor einer Radioiodtherapie durchzuführen, um ähnliche Kinetiken zwischen Test und Therapie zu gewährleisten. Um die Radioiodkinetik unter der Therapie richtig vorhersagen zu können, müssen während des Radioiodtests und der RIT identische Voraussetzungen z.B. bezüglich der thyreostatischen Medikation oder der Schilddrüsenhormon-Medikation oder bezüglich der Iodversorgung bestehen.

1. Eine Schilddrüsenhormon-Medikation und eine thyreostatische Medikation beeinflussen die Radioiodkinetik. Das Absetzen einer thyreostatischen Medikation zwei bis drei Tage vor dem Radioiodtest (sowie zwei bis drei Tage vor der RIT) bewirkt eine Erhöhung des Radioiod-Uptake und der effektiven Halbwertszeit.
2. Stark iodhaltigen Medikamente (z.B. iodhaltige Röntgenkontrastmittel, iodhaltige Desinfektionsmittel, Iodid-Medikation, iodhaltige Augentropfen) oder Nahrungsmittel (z.B. Multivitamin- und Spurenelement-Kombinationen, Seetang) sind acht Wochen vor der Untersuchung zu vermeiden (kann bei klinischer Dringlichkeit verkürzt werden). Wesentlich längere

Zeitintervalle bis zur Durchführung des Radioiodtestes sind nach der Einnahme von Amiodaron zu beachten; ggf. ist die Iodurie zu messen. Eine iodarme Diät wird zwei Wochen vor einem Radioiodtest empfohlen.

3. Reichliche Mahlzeiten können die Resorption des oral applizierten Radioiods vermindern oder verzögern und damit frühe Messungen beeinflussen. Die Patienten sollten daher vier Stunden vor sowie eine Stunde nach der oralen Radioiodapplikation nüchtern bleiben.
4. In den ersten 24 Stunden nach Gabe des Radioiods sollte der Patient genügend Flüssigkeit trinken, um die Strahlenexposition der Harnblase zu reduzieren. Das Ausmaß der Hydratation sollte nach Möglichkeit zwischen Radioiodtest und Radioiodtherapie vergleichbar sein.

B. Notwendige Informationen

Die Indikation zum Radioiodtest wird abgeleitet aus der zur RIT, so dass in Vorbereitung auf den Radioiodtest und die RIT folgende Informationen zu erheben sind (siehe Leitlinie zur Radioiodtherapie bei benignen Schilddrüsenerkrankungen):

1. Schilddrüsenwirksame Medikation (z.B. Schilddrüsenhormon-Medikation, thyreostatische Medikation, iodhaltige Medikamente wie z.B. Amiodaron),
2. Untersuchung mit iodhaltigem Röntgenkontrastmittel,
3. extrem iodreiche Ernährung oder Nahrungsergänzung mit Iodid,
4. Schilddrüsenfunktionsparameter, insbesondere basales TSH, ggf. Quantifizierung der Iodurie,
5. relevante sonographische Befunde einschließlich Ziel- und Schilddrüsenvolumen,
6. Befunde früherer Schilddrüsenszintigramme,
7. Befunde früherer Messungen des Radioiod-Uptake,
8. kürzlich applizierte Radiopharmaka,
9. Schwangerschaft, Laktation: Das Stillen ist vor einer Iod-131-Applikation zu beenden, um die Strahlenexposition des Kindes zu begrenzen.

C. Vorsichtsmaßnahmen

1. Ausschluss einer Schwangerschaft,

2. Eine längere Unterbrechung der thyreostatischen Medikation kann bei einigen Patienten zu einer Exazerbation der Hyperthyreose führen.

D. Radiopharmaka

1. In der Regel Iod-131 NaI (Referenzaktivität 3 MBq) oral (Kapsel) (BfS 2003),
2. Als so genannter Kurztest auch Iod-123 NaI (Referenzaktivität 10 MBq) i.v. möglich (siehe E.),
3. Im Rahmen des Depletionstests Iod-123 NaI i.v. (Referenzaktivität 10 MBq, bei Kindern gewichtsbezogene Reduktion der Aktivität, siehe F.) (Lassmann et al. 2007, 2008)
4. Die Strahlenexposition der Schilddrüse als dem höchst exponierten Organ hängt stark von der individuellen Iod-Kinetik ab; für eine Normalperson ohne eine nachfolgende Therapie mit I-131 läge sie bei 500 mGy/MBq I-131 Iodid bzw. bei 4,5 mGy/MBq I-123 Iodid. Die Schilddrüsendosis durch den Radioiodtest trägt aber nicht als isolierte diagnostische Maßnahme zum stochastischen Risiko bei, da die Schilddrüse anschließend durch eine vielfach höhere Aktivität behandelt wird. Die Strahlenexposition der Schilddrüse während des Radioiodtests ist als integraler Bestandteil der RIT zu betrachten (ICRP 1988, 1998, Snyder et al. 1975).

Hinweis: Die unter D 1, D 2, D 3 und F 2 genannten Referenzwerte stammen aus einer Publikation des BfS von 2003, in der aktuellen Veröffentlichung im Bundesanzeiger vom 19. Oktober 2012 finden sich keine Referenzwerte für Iod-123 oder Iod-131.

E. Datenakquisition

1. Geräte
 - a) Iod-131-Uptake: Messsonde mit Natrium-Iodid-Kristall (ca. 5 cm Ø, 5 cm lang, an Vielkanalanalysator angeschlossen); andere Detektoren können verwendet werden, wenn ihre Eignung sichergestellt ist. Die Messsonde muss ausreichend abgeschirmt und mit einem Kollimator versehen sein, dessen Gesichtsfeld über dem Hals des Patienten eine die gesamte Schilddrüse überdeckende Fläche erfassen sollte. Zwischen der Kristalloberfläche und der Halskontur des Patienten soll ein Abstand von mindestens 25 cm eingehalten werden. Durch einen fixierbaren Abstandshalter ist ein bei allen Messungen identischer Abstand zu gewährleisten. Zur Auswertung sollte ein geeignetes Fenster bei 364 keV gelegt werden. Alternativ können die Iodlinie bzw. der Untergrund durch eine Fitfunktion angepasst werden.

- b) Schilddrüsen- oder Hals-Phantom zur Ermittlung der Nachweiseffizienz mit einer Standardaktivität in 20-25 mm Tiefe unter der Oberfläche des Phantoms, ggf. zur Vormessung der für den Test zu applizierenden Aktivität und ggf. zur Ermittlung des Korrekturfaktors zwischen Messungen im Phantom und frei Luft.
- c) Alternativ oder zusätzlich: Gammakamera mit Hochenergiekollimator zur Dokumentation der Aktivitätsverteilung. Nach der Richtlinie „Strahlenschutz in der Medizin“ ist, falls medizinisch begründet, die regionale Verteilung des radioaktiven Arzneimittels durch szintigraphische Untersuchungen aufzuzeichnen. Dies kann insbesondere bei fokalen Autonomien der Fall sein. Hierbei kann die Bestimmung des Radioiod-Uptake über geeignete ROIs erfolgen (siehe auch Verfahrensanweisung zur Schilddrüsenszintigraphie). **Anmerkung:** Messfehler können in diesem Fall durch ungeeignete Wahl des Phantoms, fehlende Absorptions- und Streukorrektur sowie den Abzug eines nicht repräsentativen Untergrunds auftreten.
- d) Iod-123-Uptake: Messsonde wie oben oder Quantifizierung mittels einer Gammakamera über geeignete ROIs (siehe Verfahrensanweisung zur Schilddrüsenszintigraphie). **Anmerkung:** siehe c)

2. Zeitpunkt der Messung

- a) Iod-131-Uptake: Zur Berechnung der für die RIT zu applizierenden Aktivität ist eine einzelne Messung nach 5 bis 8 Tagen prinzipiell ausreichend (siehe G.). Soll die effektive Halbwertszeit im Rahmen des Radioiodtests bestimmt werden, so sind mindestens zwei Messungen erforderlich. Die frühere Messung sollte kurz nach Erreichen des maximalen Radioiod-Uptake erfolgen (s.u.), die spätere vier bis acht Tage danach. Wird eine genauere Bestimmung der Iodkinetik gewünscht, sind mindestens drei Messungen erforderlich, deren günstigste Zeitpunkte je nach Erkrankung variieren (beim Morbus Basedow z.B. 4-6, 24 und 120 Stunden nach Applikation, sonst 1, 2-3 und 5-8 Tage).
- b) So genannter Kurztest mit Iod-123 oder I-131: Messung nach 4 - 6 Stunden und zwecks Dosimetrie vor Radioiodtherapie nach 24 Stunden. Bei der Verwendung von I-123 sind die gemessenen Werte durch eine Zerfallskorrektur in Iod-131-Swerte umzurechnen, bevor die unten genannten Formalismen zur Berechnung der Therapieaktivität anwendbar sind. Beim Kurztest wird mit krankheitsbezogenen, effektiven Halbwertszeiten gerechnet. Der Kurztest mit Iod-123 bzw. I-131 kann in Ausnahmefällen angewendet werden, wenn Messungen des Iod-131-Uptake zu späteren Zeitpunkten aus organisatorischen Gründen nicht möglich oder zumutbar sind.

3. Durchführung der Messung

- a) Messung der für den Test zu applizierenden Aktivität im Aktivimeter,

- b) fakultativ eine weitere Messung der zu applizierenden Aktivität mit der Sonde bzw. Gammakamera frei Luft oder im Phantom,
- c) Verabreichung der Aktivität an den Patienten und Dokumentation der Applikation,
- d) Bestimmung der Iod-131-Uptake (vgl. G) zu den unter 2. genannten Zeitpunkten durch Berechnung der Aktivität in der Schilddrüse aus
 - Nettozählrate und Nachweiseffizienz und Vergleich mit der Aktivimetermessung der Aktivität oder durch
 - Vergleich der Nettozählrate über der Schilddrüse und über der applizierten Aktivität im Phantom oder durch
 - Vergleich der Nettozählrate über der Schilddrüse und über der applizierten Aktivität frei Luft unter Anwendung des Korrekturfaktors zwischen Messungen im Phantom und frei Luft.
 - Fakultativ erfolgen eine Untergrundkorrektur (z.B. Messung der Untergrundzählrate außerhalb des Zielorgans über z.B. Oberarm, Oberschenkel) und/oder eine Tiefenkorrektur (Berücksichtigung der geometrischen Unterschiede zwischen Patient und Phantom).
- e) Iod-123-Uptake: mittels Messsonde wie oben oder mittels Gammakamera: Quantifizierung wie bei I-131.

4. Planare Szintigraphie

Wenn Knoten mit erhöhter Tc-99m Anreicherung im Vorfeld eines Radioiodtests ein auffälliges Wachstumsverhalten gezeigt haben oder mit einem normalen TSH-Spiegel einhergehen, sollte – neben der quantifizierenden Messung des Iod-131 Uptake – mittels einer zusätzlichen planaren I-131- bzw. I-123-Szintigraphie nach 24 Stunden oder nach einigen Tagen das Iod-Speicherverhalten eines Knotens dargestellt werden. Eine solche funktionstopographische Diagnostik gestattet Aussagen über autonomes Gewebe und dient zum Ausschluss so genannter trapping-only-nodule in der Tc-99m Szintigraphie.

F. Interventionen

1. Suppression der hypophysären Regulation (siehe Leitlinie zur Radioiodtherapie bei benignen Schilddrüsenerkrankungen)
2. Depletionstest: Im Rahmen eines vererbten Enzymdefektes (Typ-II-Defekt: Iodisationsstörung / Peroxidasedefekt, Pendred-Syndrom) kann es zur Störung der Organifizierung von Iod kommen. Dabei kommt es in der quantitativen Schilddrüsenszintigraphie nach Perchloratgabe zu einem Abfall der Zeit-Aktivitätskurve um mehr als 15-20 %.
Durchführung: Nach intravenöser Applikation von Iod-123 NaI (Referenzaktivität 10 MBq, bei Kindern gewichtsbezogene Reduktion der Aktivität) quantitative Schilddrüsenszintigraphie mit einer Gammakamera bis 3 h

p.i.; nachfolgend orale Applikation von Natriumperchlorat (Erwachsenendosis 1 g, bei Kindern gewichtsbezogene Reduktion der Dosis). Erneute Quantifizierung des Uptake mittels ROI-Technik 2 h nach Perchloratgabe (Giovanella et al. 2019).

G. Datenauswertung

Der Radioiod-Uptake $RIU(t)$ ist derjenige Anteil der verabreichten Aktivität A_a , der sich zum Zeitpunkt t nach Applikation in der Schilddrüse befindet:

$$RIU(t) = \frac{A_{SD}(t)}{A_a} = \frac{\text{Nettozählrate}_{SD}(t)}{\text{Nettozählrate}_{\text{Phantom}}} \quad (1)$$

Die Aktivität in der Schilddrüse errechnet sich aus der Nettozählrate über der Schilddrüse und der aus der Nachweiseffizienz für eine Aktivität im Phantom berechneten Nettozählrate für A_a .

Bei Vormessung der verabreichten Aktivität mit Sonde oder Kamera können zur Berechnung des RIU auch direkt die Nettozählraten über der Schilddrüse und der applizierten Aktivität verglichen werden, wobei bei Vormessungen gegen Luft ein Korrekturfaktor zwischen Messungen im Phantom und den Messungen gegen Luft anzuwenden ist. Die Nettozählraten ergeben sich nach Subtraktion der zugehörigen Untergrundzählraten.

Die erforderliche Aktivität zum Erreichen einer angestrebten Dosis D im Zielvolumen der Masse M errechnet sich nach

$$A_a [MBq] = \frac{F}{\ln(2)} \cdot \frac{M [g] \cdot D [Gy]}{\int_0^\infty RIU(t) dt} \quad (2)$$

Anmerkung: Da die Masse des Zielvolumens linear in die Berechnung der zu applizierenden Aktivität eingeht, ist diese so genau wie möglich mittels bildgebender Verfahren zu bestimmen. Der Fehler der absoluten Bestimmung der Masse der gesamten Schilddrüse mittels planarem Ultraschall liegt in der Größenordnung von 25% (Schlögl et al. 2001, Andermann et al. 2007), somit kann die Aktivitätsberechnung bei einer vorgegebenen Zieldosis nicht genauer sein. Bei der Ausmessung von Teilvolumina mittels Sonographie oder bei Verwendung anderer bildgebender Verfahren kann der Fehler geringer sein.

Dabei sind

$RIU(t)$ der Radioiod-Uptake als Funktion der Zeit, und

F ein Umrechnungsfaktor, der die mittlere im Zielvolumen deponierte Energie pro Zerfall des Radioiods enthält. Für ein Schilddrüsenvolumen von 20 ml ist

$$F = 0,247 \text{ MBq} \cdot \text{d} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{Gy}^{-1} \text{ (MIRD-Pamphlet 11).}$$

Anmerkung: Dieser Faktor stammt aus Simulationsrechnungen und gilt streng genommen für eine regelmäßig geformte Schilddrüse von 20 g. Bei größeren

Zielvolumina ist die mittlere im Zielvolumen deponierte Energie pro Zerfall etwas höher (ca. 5% mehr bei 90 ml), bei kleinen Volumina etwas niedriger (ca. 5% weniger bei 2 ml). Im Einzelfall können volumenabhängige Korrekturen angebracht werden.

Sofern **mindestens 3 Messungen** zu geeigneten Zeitpunkten durchgeführt wurden (4 bis 6 Stunden, 1 bis 2 Tage, 5 bis 8 Tage) können die Parameter k_t , k_B , k_T der Iodkinetik und das Integral in Gl. (2) daraus errechnet werden (Hänscheid et al. 2012)

$$RIU(t) = \frac{k_t}{k_B - k_T} \cdot (e^{-k_T \cdot t} - e^{-k_B \cdot t}) \quad (3)$$

Die zu applizierende Aktivität wird dann nach Gl. (4) errechnet:

$$A_a [MBq] = \frac{F}{\ln(2)} \cdot \frac{M [g] \cdot D [Gy] \cdot k_B [d^{-1}] \cdot k_T [d^{-1}]}{k_t [d^{-1}]} \quad (4)$$

Aus zwei Messungen zu geeigneten Zeitpunkten ($t_e = 1$ bis 2 Tage, $t_l = 5$ bis 8 Tage) kann die effektive Halbwertszeit T_{eff} für die Elimination des Radioiods aus der Schilddrüse genähert werden:

$$T_{eff} [d] = \frac{\ln(2) \cdot (t_l [d] - t_e [d])}{\ln(RIU(t_e)) - \ln(RIU(t_l))} \quad (5)$$

Bei langsamer Kinetik kann der berechnete Wert für T_{eff} größer als die physikalische Halbwertszeit sein, weil zum Zeitpunkt t_e noch Iodid im Blut vorhanden und die Akkumulationsphase nicht abgeschlossen ist. Zur Vermeidung einer Überschätzung der Dosis ist dann $T_{eff} = 8$ d zu setzen. Die zu applizierende Aktivität wird dann nach Gl. (6) bestimmt:

$$A_a [MBq] = \frac{F}{0,97} \cdot \frac{M [g] \cdot D [Gy]}{RIU(t_l) \cdot T_{eff} [d] \cdot 2^{t_l [d]/T_{eff} [d]}} \quad (6)$$

Sofern nur eine Messung nach 1 bis 2 Tagen durchgeführt wird, muss für T_{eff} in Gl. (6) ein mittlerer Wert für die jeweilige Erkrankung verwendet werden. Diese Methode ist wegen der großen Breite der Verteilung individueller Halbwertszeiten (Kobe et al. 2010) nicht zu empfehlen.

Allerdings weisen späte Messungen des Uptake eine hohe Korrelation mit dem Integral aus Gl. (2) auf (Bockisch et al. 1991, 1993, Hänscheid et al. 2011, Jonsson and Mattsson 2003). **Aus einer einzelnen späten Messung** nach $t_l = 5$ bis 8 Tage kann die zu applizierende Aktivität nach Gl. (7) errechnet werden:

$$A_a [MBq] = \frac{F}{1,94} \cdot \frac{M [g] \cdot D [Gy]}{RIU(t_l) \cdot t_l [d]} \quad (7)$$

Sofern die Berechnung durch ein vom Hersteller der Sonde oder der Gammakamera geliefertes Programm erfolgt, ist dafür Sorge zu tragen, dass

diese einer der hier geschilderten Vorgehensweisen entspricht bzw. die errechneten Werte nicht signifikant von denen abweichen, die sich bei Verwendung der hier empfohlenen Formalismen ergeben.

Anmerkung: In den Gleichungen (6) & (7) ist die Abweichung der Retentionsfunktion von einer monoexponentiellen Funktion in der Akkumulationsphase, durch die das Zeitintegral in Gleichung (2) typischerweise um 3% überschätzt ist, durch den Faktor $1/0,97$ berücksichtigt.

H. Befundung und Dokumentation

1. Aufzeichnung von Datum, Uhrzeit und Aktivität des verabreichten radioaktiven Stoffes,
2. Angabe des Iod-Uptake in Prozent der applizierten Aktivität und in Abhängigkeit vom Zeitpunkt nach Applikation. Die Messwerte über dem Zielorgan, für die Standardaktivität und die Daten zur Konstanzprüfung (siehe I.) sind zu dokumentieren.
3. Aktivitätsverteilung (Szintigramm), sofern nicht zeitnah (4 – 6 Wochen) eine Szintigraphie mit Tc-99m-Per technetat oder Iod-123 erstellt worden war.
4. Im Iod-Stoffwechselstudium bei kongenitaler Hypothyreose wird als Depletionseffekt der maximale Abfall der Zeit-Aktivitätskurve nach Perchloratgabe in Prozent des 3-h-Speicherwertes vor Perchloratgabe angegeben.

I. Qualitätssicherung

Die Qualitätssicherung ist in der Richtlinie Strahlenschutz in der Medizin von 2011/2014 vorgeschrieben (RL StrISch 2011/2014) und betrifft vor Durchführung des Radioiodtests die Messsonde, das Aktivimeter und die Gammakamera. Vor Beginn der Untersuchungen sind arbeitstäglich die Untergrundzählrate und die Einstellung des Energiefensters, mindestens einmal wöchentlich die Einstellungen und die Ausbeute bei reproduzierbarer Geometrie mit einem geeigneten Prüfstrahler, z.B. Caesium-137, zu überprüfen (DIN 6855-1) (DIN 6855-1, 1992). Es wird empfohlen, vor jeder Applikation die zu verabreichende Aktivität mit Sonde oder Kamera vorzumessen und die aus der Nettozählrate und der Nachweiseffizienz berechnete Aktivität auf Konsistenz zum Wert der Aktivimetermessung zu überprüfen.

J. Fehlerquellen

1. Fehler bei der Volumetrie des Zielvolumens,
2. Abweichungen im Patienten-Detektorabstand,
3. unrealistisches Phantom, Kontamination des Phantoms,

4. ungeeignete Zentrierung der Sonde über dem Zielorgan,
5. Instabilität der Messelektronik, insbesondere bei mangelhafter Qualitätskontrolle,
6. Variation der Untergrundimpulsrate (z.B. von anderen Patienten ausgehende Strahlung),
7. Einfluss durch Medikamente oder iodreiche Ernährung,
8. Resorptionsminderung bzw. -verzögerung durch kurzzeitig zurückliegende Nahrungszufuhr,
9. kurz zurückliegende Applikation eines anderen Radionuklids,
10. Fehler bei der Volumetrie des Zielvolumens gehen unmittelbar in die Berechnung der für die RIT zu applizierenden Aktivität ein (Schlögl et al. 2001).
11. Ungünstige Wahl der Zeitpunkte für die Messungen kann zu erheblichen Fehlern bei der Berechnung der effektiven Halbwertszeit führen.

VI. Offene Fragen

Der Radioiod-Uptake und die effektive Halbwertszeit unter Therapie weichen häufig von den im Radioiodtest ermittelten Werten ab. Es ist offen, ob und wie dies vorab bei der Berechnung der zu applizierenden Therapieaktivität zu berücksichtigen ist.

VII. Vorbehaltserklärung

Die Deutsche Gesellschaft für Nuklearmedizin gibt Leitlinien heraus, um die Anwendung von Untersuchungsverfahren und Behandlungsmethoden in der Nuklearmedizin zu fördern. Diese Art von Empfehlungen gilt nicht für alle Gegebenheiten in der Praxis. Die Leitlinien sollen nicht den Anspruch erheben, dass sie alle in Frage kommenden Verfahren enthielten oder dass sie Methoden, die zum gleichen Ergebnis führen, ausschließen würden. Ob ein Untersuchungsverfahren angemessen ist, hängt zum Teil von der Prävalenz der Erkrankung in der Patientenpopulation ab. Außerdem können sich die zur Verfügung stehenden Möglichkeiten in verschiedenen medizinischen Einrichtungen unterscheiden. Aus diesem Gründen dürfen Leitlinien nicht starr angewendet werden.

Fortschritte in der Medizin vollziehen sich schnell. Deshalb muss bei der Benutzung einer Leitlinie auf ihr Entstehungsdatum geachtet werden.