

DGN-Handlungsempfehlung (S1-Leitlinie)

Schilddrüsenszintigraphie mit Tc-99m Pertechnetat und I-123 Natriumiodid

Stand: 7/2022 – AWMF-Registernummer: 031-011

Autoren:

M. Dietlein^{1,3}, M. Hohberg^{1,3}, M. Lassmann^{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, Uniklinik Köln

⁴Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin, Universität Würzburg

⁵Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin, Universitätsklinikum 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: Die Version 5 der Handlungsempfehlung zur Schilddrüsenszintigraphie ist ein Update der Version 4, die im Jahr 2014 durch die Deutsche Gesellschaft für Nuklearmedizin (DGN) unter Beteiligung der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Physik (DGMP) publiziert worden war. Mit primärer Zielsetzung beschreibt diese Verfahrensanweisung die fachgerechte Durchführung der Schilddrüsenszintigraphie. Nach der „Richtlinie Strahlenschutz in der Medizin“ ist die „rechtfertigende Indikation“ zur Schilddrüsenszintigraphie durch einen fachkundigen Arzt („Fachkunde in der Diagnostik mit offenen radioaktiven Stoffen“) zu stellen. Daher werden Indikationen zur Schilddrüsenszintigraphie in der Verfahrensanweisung aufgelistet. Die Handlungsempfehlung 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 Deutsche Gesellschaft für Nuklearmedizin dankt dem Autor, Herrn Dr. Wolfgang Eschner, für seine aktive Mitarbeit in den Versionen 1 - 4.

I. Zielsetzung

Beurteilung der Funktionstopographie der Schilddrüse. Der regelhaft zu bestimmende Tc-99m-Uptake (TcU) oder der Radioiod-Uptake (RIU) zeigen eine gute Korrelation zur Iodid-Clearance, so dass man den TcU und RIU auch als Clearanceäquivalente bezeichnet (Mahlstedt et al. 1989).

Die Schilddrüsen-Szintigraphie mit Tc-99-Sestamibi ist nicht Gegenstand dieser Leitlinie. Hier wird auf andere Publikationen verwiesen (Giovannella et al. 2019a, Schmidt 2016).

II. Hintergrundinformation und Definition

Eine hohe Iodid-Clearance bedeutet, dass die Schilddrüse pro Minute eine große Menge Plasma von Iodid befreit. Dafür kann Iodmangel die Ursache sein oder eine pathologisch erhöhte Hormonproduktion (Dietlein et al. 2016, 2019). Eine niedrige Iodid-Clearance deutet umgekehrt auf eine ausreichende Iodversorgung oder mangelnden TSH-Stimulus. Eine scheinbar fehlende oder sehr niedrige Iodid-Clearance findet man bei Iodexzess oder auch bei der Mehrzahl der Thyreoiditiden. Die Schilddrüse erscheint im Szintigramm nahezu ohne Aktivitätsaufnahme („blockiert“). Sehr selten beruht ein fehlender Uptake auf Defekten im TSH-Rezeptor oder im Natrium-Iodid-Sympporter (NIS) bei kongenitaler Hypothyreose trotz vorhandener Schilddrüse (Tabelle 1).

Tc-99m-Uptake: Tc-99m Per Technetium wird nur im ersten Anraffungsschritt passager angereichert und verlässt wegen Unmöglichkeit der Organifizierung das Organ relativ rasch wieder, so dass sich ab der 15. Minute p.i. ein Gleichgewicht einstellt. Der TcU als relative Aktivitätsaufnahme in die Schilddrüse wird ausschließlich mit Gammakamera und Rechnersystem bestimmt und ist als Clearanceäquivalent mit der Iodid-Clearance für klinische Zwecke ausreichend eng korreliert.

Der **Radioiod-Uptake** als relative Nettoaktivitätsaufnahme in die Schilddrüse steht in einer festen, jedoch nicht linearen Korrelation zur Iodid-Clearance.

III. Indikationen

Indikationen für die Schilddrüsenszintigraphie mit Tc-99m Per Technetium oder Iod-123 Natriumiodid (SSK 2012) sind:

- Tastbare und/oder sonographisch abgrenzbare Herdbefunde (Knoten \geq 1 cm).
- Verdacht auf fokale oder diffuse Autonomie in Euthyreose, bei latenter Hyperthyreose oder bei manifester Hyperthyreose.
- Diagnostisch unklare Fälle in der Abklärung eines M. Basedow gegen eine chronisch lymphozytäre Thyreoiditis oder ein Marine-Lenhart Syndrom.
- Diagnostisch schwierige Fälle bei V.a. Thyreoiditis und seltene Differenzialdiagnosen einer latenten oder manifester Hyperthyreose (Tabelle 1).
- Zur Dokumentation des Therapieerfolges nach definitiver Therapie (postoperativ, Radioiodtherapie einer Autonomie).

- Ggf. im Verlauf unbehandelter fokaler Autonomien.
- Ggf. zur Festlegung und Therapiekontrolle einer medikamentösen Behandlung bei Struma ohne oder mit Knoten ≥ 1 cm.
- Nach Schilddrüsenoperation vor adjuvanter Radioiodtherapie (Giovanella et al. 2019b).
- Schilddrüsendysgenesien oder – dystopien, z.B. Hemiagenesis thyroidea oder ektop gelegenes Schilddrüsengewebe wie retrosternale Struma oder Zungengrundstruma (Schneider et al. 2019).
- Konnatale Hypothyreose (Livett und La Franchi 2019).

Dezidierte Indikationen für eine Schilddrüsenszintigraphie mit I-123:

- Organifizierungsdefekte (Perchlorat-Test).

Die rechtfertigende Indikation ist von einem fachkundigen Arzt zu bestätigen (RL StrlSch 2011/2014, StrlSchV 2018, StrlSchG2017).

IV. Durchführung der Untersuchung

A. Patientenvorbereitung

1. Eine Schilddrüsenhormon-Medikation oder eine thyreostatische Medikation beeinflussen den Uptake. Die Einnahme einer Schilddrüsenhormon-Medikation ist Voraussetzung für eine Suppressionsszintigraphie. Ist eine Schilddrüsenszintigraphie ohne Schilddrüsenhormon-Medikation indiziert, sind Trijodthyronin(T3)-Präparate 10 Tage vor der Untersuchung, Levothyroxin(T4)-Präparate vier Wochen vor der Untersuchung abzusetzen.
2. Keine stark iodhaltigen Medikamente (z.B. iodhaltige Röntgenkontrastmittel, iodhaltige Desinfektionsmittel, iodhaltige Augentropfen) vier Wochen vor der Untersuchung. Das Aufschieben der Szintigraphie kann bei klinischer Dringlichkeit verkürzt werden. Wesentlich längere Zeitintervalle bis zur Durchführung einer Schilddrüsenszintigraphie sind nach Einnahme des Medikaments Amiodaron zu beachten.

Unter einer physiologischen Iodid-Medikation (bis 150 μg Iodid täglich) ist die Szintigraphie möglich. Eine stark iodreiche Ernährung (z.B. Seetang) kann allerdings stören und zu einer Erniedrigung des Tc-99m-Uptakes führen.

B. Notwendige Informationen

1. Schilddrüsenwirksame Medikamente (z.B. Schilddrüsenhormon-Medikation, thyreostatische Medikation, iodhaltige Medikamente),
2. Exposition mit iodhaltigen Röntgenkontrastmitteln,
3. extrem iodreiche Ernährung,
4. Schilddrüsenfunktionsparameter, insbesondere der TSH-Wert,
5. sonographische Befunde einschließlich Bilddokumentation,
6. Befunde und Bilddokumentation früherer Schilddrüsenszintigramme,
7. kürzlich applizierte Radiopharmaka,
8. Schwangerschaft, Laktation

C. Vorsichtsmaßnahmen

Ausschluss Schwangerschaft und Stillen. Sofern eine Szintigraphie während der Stillperiode indiziert ist, wird eine Unterbrechung des Stillens für 12 Stunden (Tc-99m) empfohlen (Leide-Svegborn et al. 2016).

D. Radiopharmaka

1. Tc-99m Perchnetat (Referenzaktivität 70 MBq) i.v., Kalibrierung mit einem Aktivimeter. In Ausnahmefällen (immobiler, schwerkranker Patient oder Patient mit großen Strumen) sind höhere Aktivitäten gerechtfertigt. Wird die Referenzaktivität von 70 MBq Tc-99m Perchnetat überschritten, ist die Begründung hierfür schriftlich zu dokumentieren (BfS 2003, RL StrlSch 2011/2014).
2. Iod-123 NaI (Referenzaktivität 10 MBq) i.v. (Tab. 2)
3. Strahlenexposition (Tab. 3)

Hinweis: Die unter D 2 genannte Referenzaktivität stammt aus der Veröffentlichung des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) im Bundesanzeiger von 2003. In der letzten Veröffentlichung im Bundesanzeiger vom 19. Oktober 2012 findet sich keine Referenzaktivität für Iod-123.

In der Handlungsempfehlung der europäischen und US-amerikanischen Fachgesellschaften für Nuklearmedizin (EANM, SNMMI) von 2019 werden für Erwachsene 74 - 111 MBq Tc-99m Perchnetat und 7,4 – 14,8 MBq I-123 als übliche Aktivitäten beschrieben (Giovannella et al. 2019a). In Deutschland ist der Umgang mit den Referenzaktivitäten durch das BfS verbindlich geregelt.

Bei Applikation an Kinder und Jugendliche sind für Tc-99m die derzeit gültigen diagnostischen Referenzwerte sowie die gewichtsabhängigen Dosierungsvorschriften und Minimalaktivität für Tc-99m zu beachten (Bekanntmachung der aktualisierten diagnostischen Referenzwerte für nuklearmedizinische Untersuchungen, BAnz AT 19.10.2012 B5). Für I-123-Natriumiodid sind Vorschläge zur Aktivitätsbemessung in der 2008 veröffentlichten „EANM Paediatric Dosage Card“ zu finden (Lassmann et al. 2008).

E. Datenakquisition

1. Geräte
 - a. **Gammakamera:** Feldgröße von Gammakamera und verwendete Rechner-Matrix müssen aufeinander abgestimmt werden, so dass eine Pixelgröße von < 3 mm gewährleistet ist. Schilddrüsen-Spezialkollimator oder Kollimator mit hoher Auflösung für niedrige Energien.
 - b. **Rechnersystem:** Grundvoraussetzung ist die Möglichkeit der digitalen Speicherung von Szintigrammen mit Auswertung durch ROI-Technik zur Ermittlung von ROI-Größen und darin enthaltenen Impulssummen
 - c. **Software** zur Organisation der Relativmessung mit Teilfunktionen:
 - Erfassung der Testaktivität durch direkte Spritzenmessung auf der Gammakamera oder Eingabe der mit dem Aktivimeter gemessenen Aktivität (MBq) nach Ermittlung eines Kalibrierungsfaktors,
 - Restaktivität in der Injektionsspritze,
 - Restaktivität von anderen Untersuchungen mit Radioaktivität,
 - paravenös injizierte Aktivität,
 - Korrektur des physikalischen Zerfalls,
 - Kalkulation des Uptake.
2. Positionierung

Bei sitzender Positionierung mit Reklination des Halses ist eine Fixierung des Patienten wesentlich. Eine liegende Positionierung mit überstrecktem Hals ist gleichfalls möglich, bei immobilen Patienten und bei Kindern zu bevorzugen. Ein Schluckverbot während der Aufnahme ist obsolet.

3. Zeitpunkt der Szintigraphie

- Tc-99m Perchnetat: Aufnahmen 5 - 25 Minuten nach Injektion. Innerhalb dieses Zeitraums geringe Variabilität des TcU.
- Iod-123-Nal: Aufnahme nach zwei bis vier Stunden, spätere Aufnahmen möglich.

4. Akquisition

Tc-99m Perchnetat: Die Szintigramme sollten im Normalfall mindestens 100.000 Impulse über der Schilddrüse enthalten. Bei Verwendung von Schilddrüsen-Spezialkollimatoren bedeutet dies in der Regel eine Aufnahmezeit von 5 bis 10 Minuten.

I-123: Die Szintigramme sollten im Normalfall mindestens 100.000 Impulse über der Schilddrüse enthalten. Bei Verdacht auf eine Zungengrundstruma oder eine intrathorakale Struma ist zusätzlich eine SPECT, wenn möglich eine SPECT/CT, diagnostisch sinnvoll.

F. Interventionen

Suppressionsszintigraphie

Indikation: klinischer Verdacht auf fokale oder diffuse Autonomie bei peripherer Euthyreose und nicht supprimiertem basalem TSH.

Durchführung der Suppression: Eine effektive Suppression des basalen TSH ist mit den folgenden Schemata möglich, wobei ggf. bei bereits niedrig normalem TSH die Dosis zu reduzieren ist:

- a) 60-100 µg Liothyronin (ca. 1 µg/kg Körpergewicht) täglich über 8-10 Tage.
- b) 150-200 µg Levothyroxin (ca. 2 µg/kg Körpergewicht) täglich über 14 Tage.
- c) 2 µg Levothyroxin pro kg Körpergewicht täglich über 4-6 Wochen.
- d) Zum Zeitpunkt der Szintigraphie Dokumentation der Suppression durch Bestimmung des basalen TSH.
- e) Die Gabe von Schilddrüsenhormonen bei bereits endogen supprimiertem TSH ($\leq 0,1$ mU/l) ist obsolet.

Beurteilung:

Die Interpretation des TcU unter Suppressionsbedingungen, ob eine funktionell relevante Autonomie vorliegt, wird durch regionale und individuelle Unterschiede in der Iodversorgung relativiert. Für die Definition von Referenzwerten für den TcU fehlen aktuelle Daten. Sofern keine Immunerkrankung vorliegt, kann ein TcU $> 2,0\%$ für eine funktionell relevante Autonomie sprechen. Allerdings wird ein TcU $> 2,0\%$ auch bei gesunden, euthyreoten Personen beobachtet, so dass ein relativ hoher TcU lediglich ein Hinweis auf eine Autonomie sein kann und in Zusammenschau mit Anamnese, Vorbefunden und Begleitbefunden zu interpretieren ist. Umgekehrt ist bei einem niedrigeren TcU eine relevante Autonomie möglich, wenn - ohne die Beeinflussung durch eine Schilddrüsen-spezifische

Medikation - wiederholt erniedrigte oder supprimierte TSH-Spiegel nachgewiesen werden (Gotthardt et al. 2006). Ein Suppressions-Uptake unter 1% macht eine stoffwechselrelevante Autonomie wenig wahrscheinlich. Ein Suppressions-Uptake unter 0,5% schließt eine stoffwechselrelevante Autonomie weitgehend aus und die Entwicklung z.B. einer Kontrastmittel-induzierten Hyperthyreose ist wenig wahrscheinlich (Leidig-Bruckner 2019, Fricke et al. 2004).

Mittels der Suppressionsszintigraphie kann ferner die Funktionalität von sonographisch nachgewiesenen Knoten (≥ 1 cm) charakterisiert werden, die sich in der Basisszintigraphie indifferent dargestellt haben. Mit der verbesserten Iodversorgung steigt der Anteil von fokalen Autonomien, die mit einem normwertigen TSH-Spiegel einhergehen.

G. Datenauswertung

1. Visuell unter Berücksichtigung der Grauwertbereiche oder der Farbskala,
2. quantitativ mittels ROI-Technik: Die Schilddrüsen-ROI hat die Schilddrüse derart kleinstmöglich einzugrenzen, dass mit Sicherheit keine Organaktivität ausgeschlossen wird. Das wird in der Regel am günstigsten durch eine irreguläre ROI erreicht. Fokale Mehranreicherungen sind ggf. mit einer separaten ROI zu quantifizieren. Die Korrektur auf Nettoaktivität erfolgt flächenbezogen durch eine Background-ROI.

Die Background-ROI kann als Querbalken zwischen den kaudalen Polen der Schilddrüse und der oberen Grenze der Aktivität der großen thorakalen Bluträume liegen, die Einstellung erfolgt bei geeigneter Übersteuerung der Bildeinstellung am Monitor. Die kaudale Background-ROI überschätzt den Background-Anteil geringfügig.

Eine kraniale Background-ROI, über dem Kehlkopf und zwischen den beiden kranialen Schilddrüsenpolen gelegen, muss die Speicheldrüsen berücksichtigen oder Formenanomalien wie Lobus pyramidalis oder Ductus thyreoglossus-Reste. Die hier eher zu niedrigen Background-Werte kompensieren die intrathyreoidale Strahlenabsorption zumindest teilweise. Bei retrosternalen Strumen kann eine Background-ROI lateral unterhalb der Clavicula links sinnvoll sein.

H. Befundung und Dokumentation

1. Für die Interpretation der Schilddrüsenszintigraphie ist die Kenntnis der Anamnese, des Tastbefundes, der Laborparameter und der Sonographie erforderlich. Zu beschreiben sind das Verteilungsmuster und die Intensität der Speicherung sowie die Lokalisation und Größe von Arealen mit erhöhter oder verminderter Speicherung. Szintigraphische und sonographische Befunde sind hinsichtlich Größe, Begrenzung und Lokalisation, ggf. der Lage von Schilddrüsenknoten sowie ggf. der Lage einer zervikalen Raumforderung zu korrelieren. Der TcU ist in Kenntnis des basalen TSH-Spiegels zu bewerten.
2. Inhalte der Bilddokumentation: auf Röntgenfilm oder als Papierausdruck:
 - Patientendaten zur Identifikation,
 - Bezeichnung des verabreichten Radiopharmakons,
 - verabreichte Aktivität in MBq,
 - Aufnahmezeitpunkt relativ zur Applikation,
 - Messdauer in Minuten,
 - TcU / RIU in Prozent der applizierten Aktivität,

- Schilddrüsenbild im Maßstab 1 : 1 mit Angabe des Maßstabes (cm),
- Farbskala (monochromatisch, polychromatisch) oder Grauwertskala über den gesamten Zählratenbereich,
- ROI-Bild mit Darstellung der verwendeten ROI (Schilddrüse und Untergrund), siehe Empfehlung der Arbeitsgemeinschaft Standardisierung der DGN (Geworski 2003)

I. Qualitätssicherung

Die Qualitätssicherung ist in der Richtlinie Strahlenschutz in der Medizin von vorgeschrieben (RL StrlSch 2011/2014).

Die Konstanzprüfung muss alle für die Verwendung der Gammakamera relevanten Systemparameter (Inhomogenität, örtliche Auflösung und Linearität, Einstellung des Energiefensters, Untergrundzählrate, etc.) umfassen. Der Anwender muss sich vor Beginn der Untersuchungen von der ordnungsgemäßen Funktion der Geräte überzeugen. Homogenität und Ausbeute sind nach technischen Normen (DIN 6855-2) zu überprüfen. Darüber hinaus ist eine Konstanzprüfung auf jeden Fall immer dann vorzunehmen, wenn der Verdacht auf eine Fehlfunktion der Gammakamera besteht; weiterhin sind diejenigen Abbildungsbedingungen nach Neueinstellungen und Kalibrierungen zu prüfen, die Einfluss auf die Abbildungseigenschaften haben können (z.B. Anwendbarkeit von Homogenitätskorrekturmatrizen).

J. Fehlerquellen

1. Kontamination (z.B. Kleidung, Haut, Haare, Kollimator, Kristall),
2. Aktivität im Ösophagus,
3. Patientenbewegung,
4. niedrige Schilddrüsenimpulsrate durch physiologische Tc-99m Per technetate-Aufnahme in die Speicheldrüsen

V. Offene Fragen

Abnehmende Bedeutung der Suppressions-Szintigraphie.

Wert der Tc-99m Per technetate SPECT in Kombination mit der Sonographie zur verbesserten Schilddrüsendiagnostik (Freesmeyer et al. 2019)

VI. 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.

VII. Literaturverzeichnis

1. Bundesamt für Strahlenschutz - Bekanntmachung der diagnostischen Referenzwerte für radiologische und nuklearmedizinische Untersuchungen. Bundesanzeiger Nr. 143 vom 5. August 2003, S. 17503.
2. Bundesamt für Strahlenschutz - Bekanntmachung der aktualisierten diagnostischen Referenzwerte für nuklearmedizinische Untersuchungen vom 25.09.2012. Bundesanzeiger BAnz AT 19.10.2012 B5.
3. Dietlein M, Grünwald F, Schmidt M, Schneider P, Verburg FA, Luster M. Leitlinie zur Radioiodtherapie (RIT) bei benignen Schilddrüsenerkrankungen (Version 5). Nuklearmedizin 2016; 55: 213 – 220.
4. Dietlein M, Hohberg M, Lassmann M, Hänscheid H, Verburg FA, Luster M, Schmidt M. DGN-Handlungsempfehlung (S1-Leitlinie) Radioiodtest (Version 5), Stand 11/2019 – AWMF-Registernummer: 031-012.
5. DIN 6855-2 Qualitätsprüfung nuklearmedizinischer Messsysteme - Teil 2: Konstanzprüfung von Einkristall-Gamma-Kameras zur planaren Szintigraphie und zur Einzel-Photonen-Emissions-Tomographie mit Hilfe rotierender Messköpfe (Juli 2011).
6. Freesmeyer M, Winkens T, Kühnel C, Opfermann T, Seifert P. Technetium-99m SPECT/US hybrid imaging compared with convention diagnostic thyroid imaging with scintigraphy and ultrasound. Ultrasound Med Biol 2019; 45: 1243 – 1252.
7. Fricke E, Fricke H, Esdorn E, Kammeier A, Lindner O, Kleesiek K, Horstkotte D, Burchert W. Scintigraphy for risk stratification of iodine-induced thyrotoxicosis in patients receiving contrast agent for coronary angiography: a prospective study of patients with low thyrotropin. J Clin Endocrinol Metab 2004; 89: 6092 – 6096.
8. Geworski L, Lottes G, Reiners C, Schober O (Hrsg.). Empfehlungen zur Qualitätskontrolle in der Nuklearmedizin – Klinik und Messtechnik. Schattauer, Stuttgart 2003.
9. Giovanella L, Avram AM, Iakovou I, Kwak J, Lawson SA, Lulaj E, Luster M, Piccardo A, Schmidt M, Tulchinsky M, Verburg FA, Wolin E. EANM practice guideline/SNMMI procedure standard for RAIU and thyroid scintigraphy. Eur J Nucl Med Mol Imaging 2019a; 46: 2514 - 2525.
10. Giovanella L, Paone G, Ruberto T, Ceriani L, Trimboli P. ^{99m}Tc pertechnetate scintigraphy predicts successful postoperative ablation in differentiated thyroid carcinoma patients treated with low radioiodine activities. Endocrinol Metab (Seoul) 2019b; 34: 63 – 69.
11. Gotthardt M, Stübinger M, Pansegrau J et al. Decrease of ^{99m}Tc-uptake in autonomous thyroid tissue in Germany since the 1970s. Nuklearmedizin 2006; 45:122 - 125.
12. International Commission on Radiological Protection. Radiation dose to patients from radiopharmaceuticals. In: Annals of the ICRP, Vol. 18, Publication 53. Smith H (ed.). Oxford: Pergamon Press 1988.

13. International Commission on Radiological Protection. Radiation dose to patients from radiopharmaceuticals. Addendum to ICRP 53. In: Annals of the ICRP, Vol. 28, Publication 80. Valentin J (ed.). Oxford: Pergamon Press 1998.
14. Lassmann M, Biassoni L, Monsieurs M, Franzius C, Jacobs F. The new EANM paediatric dosage card. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2008; 35:1748.
15. Leide-Svegborn et al. Excretion of radionuclides in human breast milk after nuclear medicine examinations. Biokinetic and dosimetric data and recommendations on breastfeeding interruption. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2016; 43: 808 – 821.
16. Leidig-Bruckner G. [Iodinated contrast medium in patients with thyroid disorders]. *Radiologe* 2019; 59: 413 – 424.
17. Livett T, La Franchi S. Imaging in congenital hypothyroidism. *Curr Opin Pediatr* 2019; 31: 555 – 561.
18. Mahlstedt J, Bähre M, Börner W, Joseph K, Montz R, Reiners C, Schicha H: Indikationen zur Schilddrüsenszintigraphie. *Nuklearmediziner* 1989; 12: 223-228.
19. Richtlinie zur Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV). Änderung der Richtlinie RS II 4 – 11432/1 vom 07.07.2014.
20. Ross DS, Burch HB, Cooper DS et al. 2016 American Thyroid Association guidelines for diagnosis and management of hyperthyroidism and other causes of thyrotoxicosis. *Thyroid* 2016; 26: 1343 – 1421.
21. Schmidt M. MIBI-Szintigrafie bei hypofunktionellen Schilddrüsenknoten. *Der Nuklearmediziner* 2016; 39: 178 – 190.
22. Schneider C, Dietlein M, Faust M, Drzezga A, Schmidt M. Thyroid hemiagenesis is combined with a variety of thyroid disorders. *Nuklearmedizin* 2019; 58: 265 – 271.
23. Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) - Gesetz zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung, zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 27.06.2017 (BGBl. I S. 1966). www.gesetze-im-internet.de/strlschg.
24. Strahlenschutzkommission (SSK) des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg). Orientierungshilfe für bildgebende Untersuchungen. 2., überarbeitete Auflage. Empfehlung der Strahlenschutzkommission. Schnelle Verlag, Berlin 2012.
25. Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) vom 29.11.2018 (BGBl. I 2018; Nr. 41, 2034).

Tab. 1 (nach Ross DA et al. 2016)

Schilddrüsenerkrankungen mit normalem oder erhöhtem Schilddrüsen-Uptake

- Morbus Basedow
- Schilddrüsenautonomie (unifokal, multifokal, disseminiert, fokal-disseminiert)
- Trophoblastenerkrankungen
- TSH-produzierendes Hypophysenadenom
- Schilddrüsenhormonresistenz (Schilddrüsenhormonrezeptor-Mutationen)

Schilddrüsenerkrankungen mit niedrigem oder fehlendem Schilddrüsen-Uptake

- Akute Thyreoiditis
- Hashimoto-Thyreoiditis, schmerzlose (silent) Thyreoiditis
- Subakute (granulomatöse) Thyreoiditis de Quervain
- Amiodaron-induzierte Thyreoiditis
- Palpations-Thyreoiditis
- Iatrogene Thyreotoxikose
- Thyreotoxicosis factitia (durch Ingestion von Schilddrüsenhormonen)
- Struma ovarii
- Schilddrüsenhormonproduzierende Metastasen (bei meist hohe Tumorlast)

Tab. 2: Eigenschaften von Tc-99m Pertechetat und Iod-123 Natriumiodid

	Vorteile	Nachteile
^{99m} Tc-Pertechetat	<ul style="list-style-type: none"> • preisgünstig; • rasch verfügbar; • kurze Untersuchungszeit 	<ul style="list-style-type: none"> • Trapping, aber keine Organifikation; • Überlagerung durch Aktivität im Ösophagus oder in den Gefäßen; • reduzierte Bildqualität im Falle eines niedrigen Uptake
¹²³ I-Natriumiodid	<ul style="list-style-type: none"> • bessere Erkennbarkeit von retrosternalem Schilddrüsengewebe 	<ul style="list-style-type: none"> • höhere Kosten; • weniger rasch verfügbar; • grundsätzlich längere Aufnahmezeit

Tab. 3: Strahlenexposition bei Erwachsenen bzw. bei Kindern (5 Jahre)

Radiopharmakon	applizierte Aktivität (MBq)	höchst exponiertes Organ (mGy / MBq)	effektive Dosis (mSv / MBq)
^{99m} Tc-Pertechnetat	20 - 70 i.v. Erwachsene	0,042 Dickdarm	0,01
	1 - 5 i.v. Kinder (5 Jahre)	0,14 Dickdarm	0,04
¹²³ I-Iodid	5 - 10 i.v. Erwachsene	4,5 Schilddrüse	0,2
	3 i.v. Kinder (5 Jahre)	23 Schilddrüse	1,1

ICRP 53 (ICRP 1988) und 80 (ICRP 1998), unter der Annahme von 35 % Uptake

Versionsnummer: 4.0

Erstveröffentlichung: 12/1999

Überarbeitung von: 07/2022

Nächste Überprüfung geplant: 07/2027

Die AWMF erfasst und publiziert die Leitlinien der Fachgesellschaften mit größtmöglicher Sorgfalt - dennoch kann die AWMF für die Richtigkeit des Inhalts keine Verantwortung übernehmen. **Insbesondere bei Dosierungsangaben sind stets die Angaben der Hersteller zu beachten!**

Autorisiert für elektronische Publikation: AWMF online