

# Radiation exposure by medical X-ray applications

## Abstract

**Background:** Radioactive material and ionising radiation play a central role in medical diagnostics and therapy. The benefit of ionising radiation is opposed by the risk of irreparable damage of the human organism. This risk, especially for developing malign neoplasms, has particularly been investigated in the population surviving the atomic bombing of Hiroshima and Nagasaki, but also increasingly in persons with occupational or medical exposure to ionising radiation.

**Methods:** We conducted a systematic search for publications in English and German in relevant databases in March 2016. Retrievals were screened by two independent reviewers. We included examinations using imaging procedures with ionising radiation. The assessment of methodological quality was done concerning representativeness, risk of bias, and further limitations, and reporting quality was assessed using the RECORD checklist.

**Results:** The systematic searches identified seven cross-sectional, one register, and four cohort studies. An increase in collective effective doses analogue to the increase of computed tomography (CT) examinations could be observed. An increased risk of brain tumours in children after exposition to head CT and by an increase of the number of examinations was shown. For children with predisposing factors, an increased risk of tumours of the central nerve system, leukemia, and lymphoma was found. Furthermore, a general risk for malign neoplasms or haemoblastoma, and a specific risk for lymphoma after CT examinations of different parts of the body could be observed.

**Discussion:** Taking into consideration a mostly unclear representativeness of studies and an unclear or high risk of bias as well as lack of comparability due to different research questions, the validity of results is limited.

**Conclusion:** The risk of bias due to a large number of reference sources must be reduced in studies leading to realistic estimates of collective radiation doses. The risk of CT-induced radiation exposure for children should be investigated by further studies with a follow-up of at least ten years.

**Keywords:** diagnostic imaging, radiography, computed tomography, X-rays, radiation exposure, neoplasms

Barbara Buchberger<sup>1,2</sup>

Katharina Scholl<sup>2</sup>

Laura Krabbe<sup>2</sup>

Ljuba Spiller<sup>3</sup>

Beate Lux<sup>2</sup>

1 Robert Koch Institute, ZIG 2  
Evidence-Based Public  
Health, Berlin, Germany

2 University of Duisburg-Essen,  
Institute for Health Care  
Management and Research,  
Essen, Germany

3 University Hospital Bonn,  
Germany

## Introduction

Radioactive material and ionising radiation are playing a central role in medical diagnostics and therapy. Ionising radiation is of very high energy and may cause damage to biological tissue at the atomic and molecular levels. Sources of ionising radiation are natural, but may also be produced by technical means. The application of ionising radiation can be categorised into procedures for diagnostic radiology, nuclear medical diagnostics, and radiographic procedures for therapy. In Germany, the mean effective dose per inhabitant was 1.7 mSv (2011) caused by radiographic examinations, representing a significant proportion of the total collective effective dose of 4.0 mSv [1].

In contrast to radiographic examinations, which are associated with a low level of radiation exposure (<0.01–0.7 mSv), angiographic or computed tomographic (CT) examinations are considerably associated with higher exposure (up to 16.4 mSv) [1].

The Federal Office for Radiation Protection has been collecting the radiation exposure of the population stratified by sources of radiation since 1996. During the period from 1996 to 2012, an increase of exposure by radiographic examinations by 13% was found. Therefore, the increase of CT examinations by 130% during the same period contributed substantially [1].

The benefit of ionising radiation is opposed by the risk of irreparable damage of the human organism. This risk for developing malign neoplasms or haemoblastoma was particularly investigated in the population surviving the

atomic bombing of Hiroshima and Nagasaki in Japan. Depending on the distance to the point of bombing, the radiation dose exposing the population could be defined sufficiently. Based on these results, the incidence of malign neoplasms and haemoblastoma was investigated in epidemiologic studies [2], [3], [4].

Recommendations for responsible use of ionising radiation for diagnostic purposes are therefore necessary.

## Research questions

1. How has the radiation exposure of patients in Germany changed in the last 20 years due to technical developments in diagnostic procedures?
2. Are there any alternative procedures with clearly lower radiation exposure compared to standard procedures by the example of a specific indication, and if yes, how often are these procedures alternatively used in Germany?
3. What is the risk of diagnostic procedures using ionising radiation for causing malign neoplasms and haemoblastoma in exposed children in their life course?

## Methods

We conducted a systematic literature search for publications in English and German in the databases of the German Institute of Medical Documentation and Information (DIMDI) (MEDLINE, Cochrane Central Register of Controlled Trails, Cochrane Database of Systematic Reviews, DAHTA Database, Database of Abstracts of Reviews of Effects, Health Technology Assessment Database, NHS Economic Evaluation Database, EMBASE, BIOSIS Previews, EMBASE Alert, SciSearch) via user interface ClassicSearch, and EBSCO (CINAHL Complete, Health Business Elite, SocINDEX) via user interface EBSCOhost in March 2016.

The literature identified was screened by two independent reviewers according to defined inclusion and exclusion criteria. We included full text publications about diagnostic examinations using imaging procedures with ionising radiation exposure to patients. Data extraction into evidence tables was checked by a second reviewer. The same applies for the assessments of methodological quality concerning representativeness, risk of bias, and further limitations as well as for reporting quality which was assessed using the RECORD checklist. Verification and assessments followed international standards of evidence-based medicine.

## Results

The systematic literature searches identified twelve studies: seven cross-sectional studies [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], one register study [12], and four cohort

studies [13], [14], [15], [16]. Seven studies investigated national data [5], [7], [8], [9], [10], [11], [12] and one study European data of 36 countries [6] on collective effective doses of ionising radiation by different diagnostic procedures and total collective effective doses. The cohort studies [13], [14], [15], [16] investigated the risk of children having been exposed to ionizing radiation by CT examinations for the development of malign neoplasms or haemoblastoma. The systematic searches identified no studies about radiation exposure in Germany, and the study about 36 European countries [6] did not stratify the results for single countries. Therefore, we could not answer the research questions 1 and 2. Four out of eight studies about collective effective doses were assessed as being representative [7], [9], [10], [12], the representativeness of the other four studies was unclear [5], [6], [8], [11]. Regarding other causes of bias, the judgment was “high potential of bias” for two studies [9], [12], and “unclear risk of bias” for six studies [5], [6], [7], [8], [10], [11]. The assessment of the cohort studies investigating the risk of tumor entities after radiation exposure in children resulted in one study being representative [14], one being not representative [16], and two studies with unclear representativeness [13], [15]. Risk of bias was high in two studies [14], [16] and unclear in the other two studies [13], [15]. Reporting quality was heterogeneous but mostly acceptable.

The investigations about the collective effective doses of single procedures and the total effective doses reported an increase in collective effective doses analogue to the increase of CT examinations for a period of approximately ten years.

An increased risk for the development of brain tumours in children after exposition to head CT in general and by an increase of the number of examinations was shown [13]. For children with predisposing factors for tumour entities, an increased risk for the development of tumours of the central nerve system, leukemia, and lymphoma was found [14]. Another investigation resulted in a general risk for malign neoplasms or haemoblastoma, and a specific risk for lymphoma after CT examinations of different parts of the body [15].

## Discussion

Against the background of a mostly unclear representativeness of studies and an unclear or high risk of bias, the interpretation of the results is difficult.

Regarding the studies evaluating collective effective radiation doses, it should be discussed whether the results are comparable due to the differences in number and kind of radiographic procedures included and due to the differences in study design (cross-sectional and longitudinal studies). In addition, medical databases as well as evaluation systems of health insurances or hospitals were used, differing not only between studies but also within studies, and therefore increasing error and bias potential. Apart from national differences, the comparability of

studies is further limited by technical conditions of single devices.

## Conclusions/Recommendations

Concerning the investigation of changes in radiation exposure, the potential of bias due to differing reference sources must be decreased to result in realistic estimates for total collective effective doses. To further examine the risk of CT-induced radiation exposure for children, additional studies with a follow-up of at least ten years are necessary, observing children up to the age of 15. A documentation of each CT examination and its individual dosage, the body part examined, and eventually applied contrast media should be done and published. A verification of indication should also be reported, stratified for the medical discipline of the indicating physician (pediatrician, radiologist, pediatric radiologist).

## Notes

### HTA report

This article is the short version of the HTA report of the same title [17].

### Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

## References

1. Deutscher Bundestag. Unterrichtung durch die Bundesregierung – Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 2012. Drucksache 18/708, 18. Wahlperiode. 2014 Mar 03. Available from: <https://dserver.bundestag.de/btd/18/007/1800708.pdf>
2. Little MP. Cancer and non-cancer effects in Japanese atomic bomb survivors. *J Radiol Prot.* 2009 Jun;29(2A):A43-59. DOI: 10.1088/0952-4746/29/2A/S04
3. Preston DL, Ron E, Tokuoka S, Funamoto S, Nishi N, Soda M, Mabuchi K, Kodama K. Solid cancer incidence in atomic bomb survivors: 1958-1998. *Radiat Res.* 2007 Jul;168(1):1-64. DOI: 10.1667/RR0763.1
4. Ron E. Ionizing radiation and cancer risk: evidence from epidemiology. *Radiat Res.* 1998 Nov;150(5 Suppl):S30-41.
5. Aroua A, Trueb P, Vader JP, Valley JF, Verdun FR. Exposure of the Swiss population by radiodiagnosics: 2003 review. *Health Phys.* 2007 May;92(5):442-8. DOI: 10.1097/01.HP.0000254846.47107.9d
6. Bly R, Jahnen A, Järvinen H, Olerud H, Vassileva J, Vogiatzi S. Collective effective dose in Europe from X-ray and nuclear medicine procedures. *Radiat Prot Dosimetry.* 2015 Jul;165(1-4):129-32. DOI: 10.1093/rpd/ncv094
7. Chen TR, Tyan YS, Teng PS, Chou JH, Yeh CY, E TW, Shao CH, Tung CJ. Population dose from medical exposure in Taiwan for 2008. *Med Phys.* 2011 Jun;38(6):3139-48. DOI: 10.1118/1.3592936
8. Etard C, Sinno-Tellier S, Empereur-Bissonnet P, Aubert B. French Population Exposure to Ionizing Radiation from Diagnostic Medical Procedures in 2007. *Health Phys.* 2012 Jun;102(6):670-9.
9. Korir GK, Wambani JS, Korir IK, Tries M, Kidali MM. Frequency and collective dose of medical procedures in Kenya. *Health Phys.* 2013 Dec;105(6):522-33. DOI: 10.1097/HP.0b013e31829c35f4
10. Samara ET, Aroua A, Bochud FO, Ott B, Theiler T, Treier R, Trueb PR, Vader JP, Verdun FR. Exposure of the Swiss population by medical x-rays: 2008 review. *Health Phys.* 2012 Mar;102(3):263-70. DOI: 10.1097/hp.0b013e31823513ff
11. Shannoun F, Zeeb H, Back C, Blettner M. Medical exposure of the population from diagnostic use of ionizing radiation in Luxembourg between 1994 and 2002. *Health Phys.* 2006 Sep;91(2):154-62. DOI: 10.1097/01.HP.0000205237.00357.58
12. Børretzen I, Lysdahl KB, Olerud HM. Diagnostic radiology in Norway trends in examination frequency and collective effective dose. *Radiat Prot Dosimetry.* 2007;124(4):339-47. DOI: 10.1093/rpd/ncm204
13. Huang WY, Muo CH, Lin CY, Jen YM, Yang MH, Lin JC, Sung FC, Kao CH. Paediatric head CT scan and subsequent risk of malignancy and benign brain tumour: a nation-wide population-based cohort study. *Br J Cancer.* 2014 Apr;110(9):2354-60. DOI: 10.1038/bjc.2014.103
14. Journy N, Rehel JL, Ducou Le Pointe H, Lee C, Brisse H, Chateil JF, Caer-Lorho S, Laurier D, Bernier MO. Are the studies on cancer risk from CT scans biased by indication? Elements of answer from a large-scale cohort study in France. *Br J Cancer.* 2015 Jan;112(1):185-93. DOI: 10.1038/bjc.2014.526
15. Krille L, Dreger S, Schindel R, Albrecht T, Asmussen M, Barkhausen J, Berthold JD, Chavan A, Claussen C, Forsting M, Gianicolo EAL, Jablonka K, Jahnen A, Langer M, Laniado M, Lotz J, Mentzel HJ, Queißer-Wahrendorf A, Rompel O, Schlick I, Schneider K, Schumacher M, Seidenbusch M, Spix C, Spors B, Staatz G, Vogl T, Wagner J, Weisser G, Zeeb H, Blettner M. Risk of cancer incidence before the age of 15 years after exposure to ionising radiation from computed tomography: results from a German cohort study. *Radiat Environ Biophys.* 2015 Mar;54(1):1-12. DOI: 10.1007/s00411-014-0580-3
16. White IK, Shaikh KA, Moore RJ, Bullis CL, Sami MT, Gianaris TJ, Fulkerson DH. Risk of radiation-induced malignancies from CT scanning in children who underwent shunt treatment before 6 years of age: a retrospective cohort study with a minimum 10-year follow-up. *J Neurosurg Pediatr.* 2014 May;13(5):514-9. DOI: 10.3171/2014.2.PEDS12508
17. Buchberger B, Scholl K, Krabbe L, Spiller L, Lux B. Radiation exposure by medical X-ray applications. Köln: DIMDI; 2021. (Schriftenreihe Health Technology Assessment; 145). DOI: 10.3205/hta000145L

### Corresponding author:

PD Dr. Barbara Buchberger, MPH  
Robert Koch Institute, ZIG 2 Evidence-Based Public Health, Nordufer 20, 13353 Berlin, Germany  
[buchbergerb@rki.de](mailto:buchbergerb@rki.de)

### Please cite as

*Buchberger B, Scholl K, Krabbe L, Spiller L, Lux B. Radiation exposure by medical X-ray applications. GMS Ger Med Sci. 2022;20:Doc06. DOI: 10.3205/000308, URN: urn:nbn:de:0183-0003082*

*This article is freely available from <https://doi.org/10.3205/000308>*

**Received:** 2022-01-27  
**Revised:** 2022-03-28  
**Published:** 2022-03-31

**Copyright**  
©2022 Buchberger et al. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 License. See license information at <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

# Strahlenbelastung durch Röntgenanwendung in der Medizin

## Zusammenfassung

**Hintergrund:** Radioaktive Stoffe und ionisierende Strahlung spielen in der Medizin bei Diagnostik und Therapie eine wichtige Rolle. Dem Nutzen ionisierender Strahlung steht jedoch das Risiko für nicht reparable Schädigungen des menschlichen Organismus entgegen. Dieses Risiko, nach einer Strahlenexposition vor allem bösartige Neubildungen zu entwickeln, wurde ausführlich unter anderem anhand der Population von Überlebenden der Atombombenabwürfe auf Hiroshima und Nagasaki in Japan, aber zunehmend auch anhand beruflich und medizinisch strahlenexponierter Personen untersucht.

**Methoden:** Eine systematische Literaturrecherche nach englisch- und deutschsprachigen Publikationen in relevanten Datenbanken wurde im März 2016 durchgeführt. Die identifizierte Literatur wurde von zwei unabhängigen Gutachtern selektiert. Eingeschlossen wurden vollständige Publikationen über diagnostische Untersuchungen mittels bildgebender Verfahren, bei denen Patienten ionisierender Strahlung ausgesetzt waren. Die Bewertung der methodischen Qualität der eingeschlossenen Studien erfolgte hinsichtlich Repräsentativität, Verzerrungspotenzial und weiteren Limitationen, und die Bewertung der Berichtsqualität anhand der RECORD-Checkliste.

**Ergebnisse:** Durch die systematische Literaturrecherche konnten zwölf Studien identifiziert werden: sieben Querschnittsstudien, eine Registerstudie und vier Kohortenstudien. Hinsichtlich der kollektiven effektiven Strahlendosis zeigte sich über zehn Jahre ein Anstieg analog zur gestiegenen Anzahl von computertomografischen (CT)-Untersuchungen.

Das Risiko für Hirntumoren infolge der Exposition gegenüber Kopf-CT allgemein und durch eine steigende Anzahl von Untersuchungen ist für Kinder erhöht. Im Fall prädisponierender Faktoren zur Entwicklung von Tumorentitäten konnte ein erhöhtes Risiko für Tumoren des Zentralnervensystems, Leukämien und Lymphome festgestellt werden. Ein generelles Risiko für Neoplasien und Hämoblastosen und ein spezielles Risiko für Lymphome nach CT-Untersuchungen verschiedener Körperregionen zeigten sich in einer weiteren Untersuchung.

**Diskussion:** Vor dem Hintergrund der überwiegend unklaren Repräsentativität sowie unklarem bis hohem Verzerrungspotenzial sind die Aussagekraft der Ergebnisse und ihre Vergleichbarkeit durch die Heterogenität der Fragestellungen begrenzt möglich.

**Schlussfolgerung:** Das Verzerrungspotenzial durch unterschiedlichste Referenzquellen muss in entsprechenden Studien gesenkt werden, um kollektive effektive Gesamtdosen realitätsnah schätzen zu können. Das Risiko CT-induzierter Strahlenexposition für Kinder muss in weiteren Studien mit einer Mindestnachbeobachtungszeit von zehn Jahren untersucht werden.

**Schlüsselwörter:** diagnostische Bildgebung, Radiographie, Computertomographie, Röntgenstrahlen, Strahlenexposition, bösartige Neubildungen

Barbara Buchberger<sup>1,2</sup>  
Katharina Scholl<sup>2</sup>  
Laura Krabbe<sup>2</sup>  
Ljuba Spiller<sup>3</sup>  
Beate Lux<sup>2</sup>

- 1 Robert Koch-Institut, ZIG 2 Evidenzbasierte Public Health, Berlin, Deutschland
- 2 Universität Duisburg-Essen, Lehrstuhl für Medizinmanagement, Essen, Deutschland
- 3 Universitätsklinikum Bonn, Deutschland

## Einleitung

Radioaktive Stoffe und ionisierende Strahlung spielen in der Medizin bei der Diagnostik und auch bei der Therapie eine wichtige Rolle. Ionisierende Strahlung bezeichnet dabei eine hochenergetische Strahlung, die biologisches Gewebe auf atomarer und molekularer Ebene schädigen kann. Die Quellen der ionisierenden Strahlung sind natürlichen Ursprungs, können jedoch auch technisch erzeugt werden. Die Anwendung von ionisierender Strahlung in der Medizin kann in Verfahren zur Röntgendiagnostik, nuklearmedizinischen Diagnostik und zur Therapie eingeteilt werden. Mit einer mittleren effektiven Dosis von 1,7 mSv pro Einwohner (Bezugsjahr 2011) tragen dabei die radiologischen Untersuchungen einen erheblichen Anteil an der gesamten Strahlenbelastung (4,0 mSv) der deutschen Bevölkerung bei [1]. Während Radiografien mit einer relativ niedrigen Strahlenbelastung verbunden sind (<0,01–0,7 mSv), sind Angiografien oder computertomografische (CT)-Verfahren deutlich belastender (bis 16,4 mSv) [1].

Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) erfasst seit 1996 die Strahlenbelastung der Bevölkerung nach getrennten Strahlenquellen. Im Zeitraum von 1996 bis 2012 wurde eine Zunahme der Belastung durch Röntgenuntersuchungen um 13% festgestellt. Dazu beigetragen hat die gestiegene Häufigkeit von CT-Untersuchungen, da diese zwischen 1996 und 2011 um 130% zugenommen haben [1].

Dem Nutzen der ionisierenden Strahlung steht das Risiko für nicht reparable Schädigungen des menschlichen Organismus entgegen. Das Risiko, nach einer Strahlenexposition bösartige Neubildungen zu entwickeln, wurde ausführlich anhand der Population von Überlebenden der Atombombenabwürfe auf Hiroshima und Nagasaki in Japan untersucht. Die Strahlendosis in Abhängigkeit von der Entfernung zum Bombeneinschlag, der die Bevölkerung ausgesetzt war, konnte in ausreichendem Maße bei höheren Dosiswerten bestimmt werden. In Abhängigkeit davon wurde in epidemiologischen Studien die Inzidenz von bösartigen Neubildungen untersucht [2], [3], [4].

Unter diesen Aspekten ist die Empfehlung für einen verantwortungsvollen Umgang beim Einsatz von ionisierender Strahlung zu diagnostischen Zwecken nachvollziehbar.

## Forschungsfragen

1. Wie hat sich die Strahlenbelastung der Patienten in Deutschland durch die technische Entwicklung diagnostischer Verfahren in den letzten 20 Jahren verändert?
2. Gibt es Alternativen für Verfahren mit deutlich erhöhter Strahlenbelastung im Vergleich zu Standardverfahren am Beispiel einer ausgewählten Indikation und wenn ja, wie häufig werden diese in Deutschland als Alternative genutzt?

3. Besteht das Risiko, durch diagnostische Verfahren mit ionisierender Strahlung im Kindesalter bösartige Neubildungen im Lebensverlauf zu verursachen?

## Methodik

Eine systematische Literaturrecherche nach englisch- und deutschsprachigen Publikationen wurde in den Datenbanken des Deutschen Instituts für Medizinische Dokumentation und Information (DIMDI) (MEDLINE, Cochrane Central Register of Controlled Trails, Cochrane Database of Systematic Reviews, DAHTA-Datenbank, Database of Abstracts of Reviews of Effects, Health Technology Assessment Database, NHS Economic Evaluation Database, EMBASE, BIOSIS Previews, EMBASE Alert, SciSearch) über die Benutzeroberfläche ClassicSearch, und in den Datenbanken von EBSCO (CINAHL Complete, Health Business Elite, SocINDEX) über die Benutzeroberfläche EBSCOhost im März 2016 durchgeführt.

Die identifizierte Literatur wurde von zwei unabhängigen Gutachtern hinsichtlich der Thematik sowie der festgelegten Ein- und Ausschlusskriterien selektiert. Eingeschlossen wurden vollständige Publikationen über diagnostische Untersuchungen mittels bildgebender Verfahren, bei denen Patienten ionisierender Strahlung ausgesetzt waren. Die Datenextraktion in Evidenztabellen überprüfte ein Zweitgutachter. Dasselbe galt für die Bewertung der methodischen Qualität hinsichtlich Repräsentativität, Verzerrungspotenzial und weiteren Limitationen, sowie für die Berichtsqualität, die anhand der RECORD-Checkliste bewertet wird. Diese Überprüfung und Bewertung erfolgten nach anerkannten Standards der evidenzbasierten Medizin.

## Ergebnisse

Durch die systematische Literaturrecherche konnten zwölf Studien identifiziert werden: sieben Querschnittsstudien [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], eine Registerstudie [12] und vier Kohortenstudien [13], [14], [15], [16]. In sieben Studien wurden für jeweils einzelne Länder [5], [7], [8], [9], [10], [11], [12] und in einer Studie für 36 europäische Länder [6] kollektive effektive Dosen ionisierender Strahlung durch unterschiedliche Untersuchungsverfahren sowie kollektive effektive Gesamtdosen kalkuliert. In den vier Kohortenstudien [13], [14], [15], [16] wurde das Risiko für Kinder, nach Exposition gegenüber ionisierender Strahlung durch CT-Untersuchungen Neoplasien oder Hämoblastosen zu entwickeln, untersucht. Durch die systematische Recherche konnten keine Publikationen zur Strahlenbelastung in Deutschland identifiziert werden, denn auch in der Studie zu 36 europäischen Ländern [6] waren diese nicht separat dargestellt. Die Fragestellungen 1 und 2 konnten demgemäß nicht beantwortet werden. Vier der acht Studien zur Erfassung kollektiver effektiver Strahlendosen wurden als repräsentativ beurteilt [7], [9],

[10], [12], in den übrigen vier Studien war die Repräsentativität unklar [5], [6], [8], [11]. Hinsichtlich anderer Arten von Bias wurden zwei Studien als mit einem hohen Verzerrungspotenzial behaftet bewertet [9], [12], bei den übrigen sechs Studien war das Biasrisiko unklar [5], [6], [7], [8], [10], [11]. Von den vier Kohortenstudien zur Untersuchung des Risikos für die Entwicklung einer Tumorentität nach Strahlenexposition durch eine CT-Untersuchung [13], [14], [15], [16] wurde eine als repräsentativ bewertet [14], eine als nicht repräsentativ [16], und in den übrigen zwei Studien war die Repräsentativität unklar [13], [15]. Das Verzerrungspotenzial war in zwei Studien hoch [14], [16] und in zwei Studien unklar [13], [15]. Die Berichtsqualität war insgesamt heterogen, aber akzeptabel. Ergebnis der Untersuchungen zur kollektiven effektiven Strahlendosis einzelner Verfahren und zur Gesamtdosis war, dass die kollektive effektive Dosis analog zur Anzahl von CT-Untersuchungen in einem Zeitraum von etwa zehn Jahren gestiegen ist.

Hinsichtlich des Risikos, das eine CT-induzierte Strahlenexposition für Kinder darstellt, zeigte sich, dass es für die Hirntumoren infolge der Exposition gegenüber Kopf-CT allgemein und durch eine steigende Anzahl von Untersuchungen erhöht ist [13]. Für Kinder mit prädisponierenden Faktoren zur Entwicklung von Tumorentitäten konnte ein erhöhtes Risiko für Tumoren des Zentralnervensystems, Leukämien und Lymphome festgestellt werden [14]. Ein generelles Risiko für Neoplasien und Hämoblastosen und ein spezielles Risiko für Lymphome nach CT-Untersuchungen verschiedener Körperregionen zeigten sich in weiteren Untersuchungen [15].

## Diskussion

Vor dem Hintergrund der überwiegend unklaren Repräsentativität sowie unklarem bis hohem Verzerrungspotenzial der Studien ist die Interpretation der Ergebnisse insgesamt schwierig. Hinsichtlich der Studien zur Erfassung kollektiver effektiver Strahlendosen muss diskutiert werden, inwieweit die Ergebnisse aufgrund der unterschiedlichen Anzahl und Arten radiologischer Untersuchungen so wie Querschnitt- und Längsschnittbeobachtungen vergleichbar sind. Darüber hinaus wurden auch innerhalb von einzelnen Studien sowohl medizinische Datenbanken als auch Erfassungssysteme von Krankenkassen und Krankenhäusern genutzt, weswegen sich das Fehler- und infolgedessen Verzerrungspotenzial aufgrund der großen Anzahl unterschiedlichster Erfassungssysteme erhöht. Abgesehen von nationalen Unterschieden ist eine Vergleichbarkeit zwischen den Studien auch durch technische Gegebenheiten einzelner Geräte für radiologische Untersuchungen nur sehr bedingt möglich.

## Schlussfolgerung/Empfehlungen

Für die Untersuchung von Veränderungen der Strahlenexposition muss das Verzerrungspotenzial durch unterschiedlichste Referenzquellen gesenkt werden, um kollektive effektive Gesamtdosen realitätsnah schätzen zu können. Hinsichtlich des Risikos, das eine CT-induzierte Strahlenexposition für Kinder bedeutet, sind weitere Studien mit einer Mindestnachbeobachtungszeit von zehn Jahren notwendig, in denen Kinder bis zum Alter von 15 Jahren beobachtet werden. Darüber hinaus sollte die jeweilige CT-Untersuchung mit entsprechender individueller Dosis, untersuchter Körperregion und eventueller Kontrastmittelgabe dokumentiert sein. Eine Indikationsüberprüfung sollte erfolgen und diese nach der Fachrichtung des jeweils indizierenden Arztes (Pädiater, Radiologe, Kinderradiologe) stratifiziert dargestellt werden.

## Anmerkungen

### HTA-Bericht

Dieser Artikel ist die Kurzfassung des HTA-Berichts gleichen Titels [17].

### Interessenkonflikte

Die Autoren erklären, dass keine Interessenkonflikte im Zusammenhang mit diesem Artikel bestehen.

## Literatur

1. Deutscher Bundestag. Unterrichtung durch die Bundesregierung – Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 2012. Drucksache 18/708, 18. Wahlperiode. 2014 Mar 03. Available from: <https://dserver.bundestag.de/btd/18/007/1800708.pdf>
2. Little MP. Cancer and non-cancer effects in Japanese atomic bomb survivors. *J Radiol Prot.* 2009 Jun;29(2A):A43-59. DOI: 10.1088/0952-4746/29/2A/S04
3. Preston DL, Ron E, Tokuoka S, Funamoto S, Nishi N, Soda M, Mabuchi K, Kodama K. Solid cancer incidence in atomic bomb survivors: 1958-1998. *Radiat Res.* 2007 Jul;168(1):1-64. DOI: 10.1667/RR0763.1
4. Ron E. Ionizing radiation and cancer risk: evidence from epidemiology. *Radiat Res.* 1998 Nov;150(5 Suppl):S30-41.
5. Aroua A, Trueb P, Vader JP, Valley JF, Verdun FR. Exposure of the Swiss population by radiodiagnostics: 2003 review. *Health Phys.* 2007 May;92(5):442-8. DOI: 10.1097/01.HP.0000254846.47107.9d
6. Bly R, Jähnen A, Järvinen H, Olerud H, Vassileva J, Vogiatzi S. Collective effective dose in Europe from X-ray and nuclear medicine procedures. *Radiat Prot Dosimetry.* 2015 Jul;165(1-4):129-32. DOI: 10.1093/rpd/ncv094
7. Chen TR, Tyan YS, Teng PS, Chou JH, Yeh CY, E TW, Shao CH, Tung CJ. Population dose from medical exposure in Taiwan for 2008. *Med Phys.* 2011 Jun;38(6):3139-48. DOI: 10.1118/1.3592936

8. Etard C, Sinno-Tellier S, Empereur-Bissonnet P, Aubert B. French Population Exposure to Ionizing Radiation from Diagnostic Medical Procedures in 2007. *Health Phys.* 2012 Jun;102(6):670-9.
9. Korir GK, Wambani JS, Korir IK, Tries M, Kidali MM. Frequency and collective dose of medical procedures in Kenya. *Health Phys.* 2013 Dec;105(6):522-33. DOI: 10.1097/HP.0b013e31829c35f4
10. Samara ET, Aroua A, Bochud FO, Ott B, Theiler T, Treier R, Trueb PR, Vader JP, Verdun FR. Exposure of the Swiss population by medical x-rays: 2008 review. *Health Phys.* 2012 Mar;102(3):263-70. DOI: 10.1097/hp.0b013e31823513ff
11. Shannoun F, Zeeb H, Back C, Blettner M. Medical exposure of the population from diagnostic use of ionizing radiation in Luxembourg between 1994 and 2002. *Health Phys.* 2006 Sep;91(2):154-62. DOI: 10.1097/01.HP.0000205237.00357.58
12. Børretzen I, Lysdahl KB, Olerud HM. Diagnostic radiology in Norway trends in examination frequency and collective effective dose. *Radiat Prot Dosimetry.* 2007;124(4):339-47. DOI: 10.1093/rpd/ncm204
13. Huang WY, Muo CH, Lin CY, Jen YM, Yang MH, Lin JC, Sung FC, Kao CH. Paediatric head CT scan and subsequent risk of malignancy and benign brain tumour: a nation-wide population-based cohort study. *Br J Cancer.* 2014 Apr;110(9):2354-60. DOI: 10.1038/bjc.2014.103
14. Journy N, Rehel JL, Ducou Le Pointe H, Lee C, Brisse H, Chateil JF, Caer-Lorho S, Laurier D, Bernier MO. Are the studies on cancer risk from CT scans biased by indication? Elements of answer from a large-scale cohort study in France. *Br J Cancer.* 2015 Jan;112(1):185-93. DOI: 10.1038/bjc.2014.526
15. Krille L, Dreger S, Schindel R, Albrecht T, Asmussen M, Barkhausen J, Berthold JD, Chavan A, Claussen C, Forsting M, Gianicolo EAL, Jablonka K, Jahnen A, Langer M, Laniado M, Lotz J, Mentzel HJ, Queißer-Wahrendorf A, Rompel O, Schlick I, Schneider K, Schumacher M, Seidenbusch M, Spix C, Spors B, Staatz G, Vogl T, Wagner J, Weisser G, Zeeb H, Blettner M. Risk of cancer incidence before the age of 15 years after exposure to ionising radiation from computed tomography: results from a German cohort study. *Radiat Environ Biophys.* 2015 Mar;54(1):1-12. DOI: 10.1007/s00411-014-0580-3
16. White IK, Shaikh KA, Moore RJ, Bullis CL, Sami MT, Gianaris TJ, Fulkerson DH. Risk of radiation-induced malignancies from CT scanning in children who underwent shunt treatment before 6 years of age: a retrospective cohort study with a minimum 10-year follow-up. *J Neurosurg Pediatr.* 2014 May;13(5):514-9. DOI: 10.3171/2014.2.PEDS12508
17. Buchberger B, Scholl K, Krabbe L, Spiller L, Lux B. Radiation exposure by medical X-ray applications. Köln: DIMDI; 2021. (Schriftenreihe Health Technology Assessment; 145). DOI: 10.3205/hta000145L

**Korrespondenzadresse:**

PD Dr. Barbara Buchberger, MPH

Robert Koch-Institut, ZIG 2 Evidenzbasierte Public Health, Nordufer 20, 13353 Berlin, Deutschland  
buchbergerb@rki.de**Bitte zitieren als***Buchberger B, Scholl K, Krabbe L, Spiller L, Lux B. Radiation exposure by medical X-ray applications. GMS Ger Med Sci. 2022;20:Doc06. DOI: 10.3205/000308, URN: urn:nbn:de:0183-0003082***Artikel online frei zugänglich unter**<https://doi.org/10.3205/000308>**Eingereicht:** 27.01.2022**Überarbeitet:** 28.03.2022**Veröffentlicht:** 31.03.2022**Copyright**©2022 Buchberger et al. Dieser Artikel ist ein Open-Access-Artikel und steht unter den Lizenzbedingungen der Creative Commons Attribution 4.0 License (Namensnennung). Lizenz-Angaben siehe <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.