

Radontherapie bei muskuloskeletalen Erkrankungen

Für den Inhalt verantwortlich:

Hauptverband der österreichischen Sozialversicherungsträger
Evidenzbasierte Wirtschaftliche Gesundheitsversorgung (EWG)
1031 Wien, Kundmangasse 21, ewg@hvb.sozvers.at
Tel. 01/ 71132-0

1 Inhaltsverzeichnis

1	Inhaltsverzeichnis	2
2	Kurzbericht	3
3	Einleitung/ Hintergrund/ Grundlagen.....	5
4	Methodik	6
4.1	Strukturierte Frage (PICO)	6
4.2	Literaturauswahl.....	6
4.2.1	Einschlusskriterien	6
4.2.2	Ausschlusskriterien	6
4.3	Literatursuche	6
5	Ergebnisse.....	7
5.1	Studienpool	7
5.2	Überprüfung der Qualität der wissenschaftlichen Arbeit	7
5.3	Studien.....	7
6	Evidenz	12
6.1	Radon bei Gonarthrose	12
6.2	Radon bei Morbus Bechterew	12
6.3	Radon bei rheumatoider Arthritis.....	12
6.4	Radon bei nicht-entzündlichen muskuloskeletalen Beschwerden, Arthrose oder Spondylitis ankylosans (M.Bechterew)	13
6.5	Radon bei Asthma.....	13
6.6	Patienten wollen Radonkuren.....	13
7	Diskussion	15
8	Literatur	16

2 Kurzbericht

Methodik

Es wurde ein Update zum EBH-Bericht aus dem Jahr 2007¹ mit Indikationenerweiterung erstellt.

Ergebnisse

Es scheint positives Potential zur Schmerzreduktion bei rheumatoiden Erkrankungen zu bestehen, die Studien zum Thema sind jedoch methodisch kaum in der Lage Beweise zu liefern (Teilnehmerzahlen gering, kaum RCTs).^{2,3,4,5,6}

Befragte Patienten (USA) jedoch beurteilen den Nutzen der Heilstollen positiv und relativieren das mögliche Schadenspotential eines erhöhten Krebsrisikos.^{7,8}

Radonbelastung wird mit erhöhtem Lungenkrebsrisiko^{9,10,11,12,13,14,15,16,17,18} sowie höherem Risiko für Asthma-Verstärkung¹⁹ und Einflüssen auf die Gesundheit von Kindern²⁰ assoziiert. Der Einfluss des Rauchens auf das Lungenkrebsrisiko wird jedoch als wesentlich stärker beschrieben und in epidemiologischen Studien zur Radonbelastung ist die Kanzerogenität des Radons nur schwer ursächlich zu beweisen.

Einige Staaten folgen Empfehlungen und Standards für die Reduktion der Radonbelastung in Haushalt und Umwelt.^{21,22,23,24,25,26} In diesem Zusammenhang werden auch Probleme mit unterschiedlichen Grenzwerten und Laborergebnissen (im Vergleich zwischen mehreren Labors) berichtet.^{27,28,29,30}

Spezielle Personen, die an ihrem Arbeitsplatz erhöhter Radonbelastung ausgesetzt sind (Minenarbeiter, Personal in Radonkurzentren) stehen unter vermehrter Beobachtung auf Auswirkungen der Radonbelastung.^{31,32,33,34,35,36} Studien an speziellen Populationen, wie japanischen Überlebenden der Atombombe oder Patienten mit Radontherapie des Mediastinums, berichten über erhöhte kardiovaskuläre Risiken in diesen Bevölkerungssubgruppen.³⁷

Eine mexikanische Studie nimmt an, dass der Zusammenhang zwischen Radonbelastung und Krebsrisiko nicht-linear ist.³⁸

Schlussfolgerung

Aus den gefundenen Daten kann weiterhin keine wissenschaftlich fundierte Empfehlung zur Investition in die Radontherapie gegeben werden. Die Diskussion über das erhöhte Lungenkrebsrisiko durch Radonbelastung soll dabei nicht außer Acht gelassen werden.

Schlüsselwörter: Radon, Radontherapy

Verfasserin: Dr. Ingrid Wilbacher

Peer-Review: Dr. Irmgard Schiller-Frühwirth, MPH

3 Einleitung/ Hintergrund/ Grundlagen

Die mittlere Radonkonzentration in Haushalten variiert zwischen den Ländern Europas. In den meisten Ländern wird die Weltdurchschnittskonzentration von 40 Bequerel pro Kubikmeter (Bq/M^3) überschritten. Länder mit vorwiegend Kalksedimentboden (wie z.B. Deutschland, die Niederlande, Polen und das UK) zeigen geringere oder gleiche mittlere Konzentrationslevel, Länder mit vorwiegend alten Granitgesteinsflächen (wie z.B. Österreich, die Tschechische Republik und Finnland) sind höheren Radonemissionen ausgesetzt. Wird ein gemeinsames Aktionsniveau bei $200 \text{ Bq}/\text{m}^3$ angesetzt, müssten Österreich, die Tschechische Republik und Finnland in etwa 10% ihrer Haushalte regelmäßige Messungen durchführen, im Gegensatz dazu Länder mit Sedimentsgestein nur bei 3,5%.³⁹

Die mittlere Radonkonzentration in englischen Haushalten beträgt 21 Bequerel pro Kubikmeter (Bq/m^3). Jährlich stehen etwa 1100 Todesfälle von Lungenkrebs (3,3% aller Todesfälle an Lungenkrebs) in Zusammenhang mit Radonbelastung im Haushalt. Mehr als 85% davon treten bei einer Radonbelastung von weniger als $100 \text{ Bq}/\text{m}^3$ auf, und die meisten stehen in Zusammenhang mit aktivem Rauchen.⁴⁰ In Ägypten betragen die mittleren Radonkonzentrationen 42.98 (SD 33.12) Bq/m^3 indoor und 8.63 (SD 6.16) Bq/m^3 outdoor. Das mittlere Risiko für Radon-induzierten Lungenkrebs beträgt damit 83,4 (SD 64,67) indoor und 25.1 (SD 19.52) outdoor / 1 Mio Einwohner. Rauchen erhöht zusätzlich das Risiko beträchtlich.⁴¹

Radonbelastung wird mit erhöhtem Lungenkrebsrisiko^{42,43,44,45,46,47,48,49,50,51} sowie höherem Risiko für Asthma-Verstärkung⁵² und Einflüssen auf die Gesundheit von Kindern⁵³ assoziiert. Der Einfluss des Rauchens auf das Lungenkrebsrisiko wird jedoch als wesentlich stärker beschrieben und in epidemiologischen Studien zur Radonbelastung ist die Kanzerogenität des Radons nur schwer ursächlich zu beweisen.

4 Methodik

4.1 Strukturierte Frage (PICO)

Gibt es seit dem letzten Update im Jahr 2007 Änderungen zur Evidenz für die Radontherapie?

P: Patienten mit muskuloskeletalen und anderen Erkrankungen (speziell Arthrose, Rheuma, Fibromyalgie)

I: Radonbäder, Radonheilstollen

C: Physikalische Therapie, Bäder ohne Radon, keine Therapie (Wartezeit)

O: Schmerz-, Funktions-, Lebensqualitätsbesserung

4.2 Literatúrauswahl

Es wurde ein Update zum EBH-Bericht aus dem Jahr 2007⁵⁴ mit Indikationenerweiterung erstellt.

4.2.1 Einschlusskriterien

- Studien zu Radontherapie
- Vergleichsstudien

4.2.2. Ausschlusskriterien

- Radon zur Tumorthherapie
- Keine Radontherapie
- Studien zur Kosteneffektivität

4.3 Literatursuche

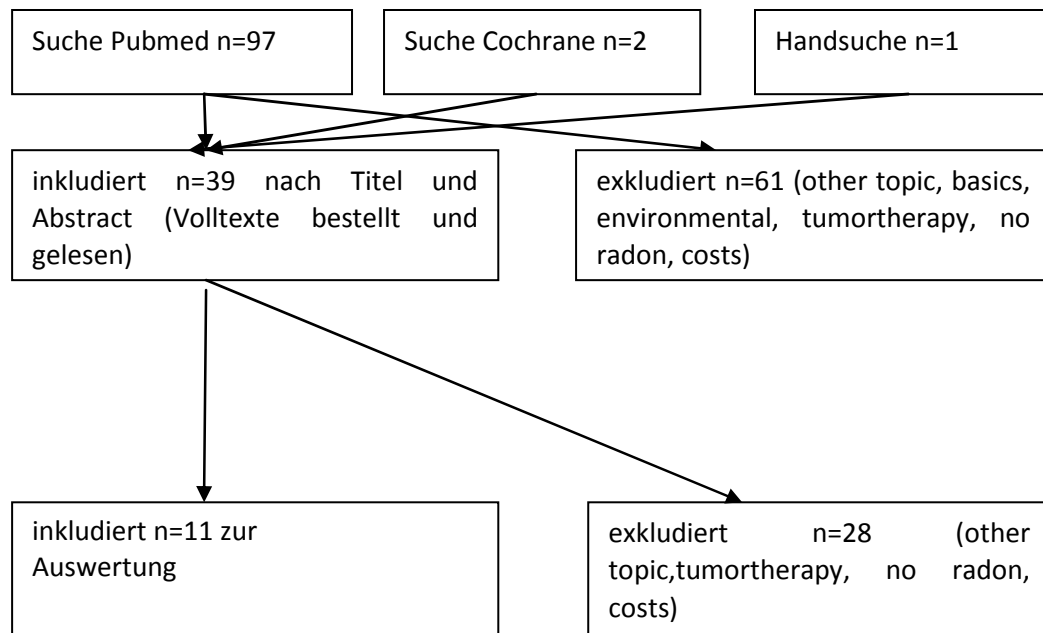
Es wurde nach Radon und Radontherapie in Pubmed und nach Radon in der Cochrane Database for Systematic Reviews gesucht.

Die Suche ergab insgesamt 97 Items in Pubmed und 2 in Cochrane, eine Studie wurde aus einer eigenen Übersichtsarbeit (Hinteregger, Bädertherapie 2010) übernommen. Alle Studien wurden in der LitDb⁵⁵ auf Titel- und Abstractebene vorbeurteilt.

5 Ergebnisse

5.1 Studienpool

Flowchart zur Studienauswahl



5.2 Überprüfung der Qualität der wissenschaftlichen Arbeit

5.3 Studien

Inkludierte Studien

Verhagen AP, Bierma-Zeinstra SMA, BoersM, Cardoso JR, Lambeck J, de Bie R, de VetHCW. Balneotherapy for rheumatoid arthritis. <i>Cochrane Database of Systematic Reviews</i> 2004, Issue 1. Art. No.: CD000518. DOI: 10.1002/14651858.CD000518.
1Beamon SP, Falkenbach A, Fainburg G, Linde K. Speleotherapy for asthma. <i>Cochrane Database of Systematic Reviews</i> 2001, Issue 2. Art. No.: CD001741. DOI: 10.1002/14651858.CD001741.
1Falkenbach A, Kovacs J, Franke A, Jörgens K, Ammer K. Radon Therapy for the treatment of rheumatic diseases - review and meta-analysis of controlled clinical trials. <i>Rheumatol Int</i> (2005) 25: 205-210.
Akiba S, Tokonami S, Bochicchio F, McLaughlin J, Tommasino L, Harley N. Thoron: its metrology, health effects and implications for radon epidemiology: a summary of roundtable discussions. <i>Radiat Prot Dosimetry</i> . 2010 Oct;141(4):477-81. Epub 2010 Sep 16.
Campos MP, Pecequilo BR, Mazzilli BP. 222Rn and 212Pb exposures at a Brazilian spa. <i>Radiat Prot Dosimetry</i> . 2010 Sep;141(2):210-4. Epub 2010 May 31.
Erickson BE. Radioactive pain relief: health care strategies and risk assessment among elderly persons with arthritis at radon health mines. <i>J Altern Complement Med</i> . 2007 Apr;13(3):375-79.

Erickson BE. Toxin or medicine? Explanatory models of radon in Montana health mines. <i>Med Anthropol Q.</i> 2007 Mar;21(1):1-21.
Grunewald WA, Just G, Petzold J, von Philipsborn H. [Radon transfer and intracorporal deposition of radon decay products under balneotherapeutic conditions]. <i>Z Med Phys.</i> 2009;19(2):108-18.
Kavasi N, Kovacs T, Somlai J, Jobbagy V, Nagy K, Deak E, Berhes I, Bender T, Ishikawa T, Tokonami S. Comparison of urinary excretion of radon from the human body before and after radon bath therapy. <i>Radiat Prot Dosimetry.</i> 2011 Jul;146(1-3):27-30. Epub 2011 Apr 11.
Kozłowska B, Walencik A, Dorda J, Zipper W. Radon in groundwater and dose estimation for inhabitants in Spas of the Sudety Mountain area, Poland. <i>Appl Radiat Isot.</i> 2010 Apr-May;68(4-5):854-7. Epub 2009 Dec 16.
Nagy K, Berhes I, Kovacs T, Kavasi N, Somlai J, Bender T. Does balneotherapy with low radon concentration in water influence the endocrine system? A controlled non-randomized pilot study. <i>Radiat Environ Biophys.</i> 2009 Aug;48(3):311-5. Epub 2009 Mar 24.
Nagy K, Berhes I, Kovacs T, Kavasi N, Somlai J, Kovacs L, Barna I, Bender T. Study on endocrinological effects of radon speleotherapy on respiratory diseases. <i>Int J Radiat Biol.</i> 2009 Mar;85(3):281-90.
Nikolopoulos D, Vogiannis E, Petraki E, Zisos A, Louizi A. Investigation of the exposure to radon and progeny in the thermal spas of Loutraki (Attica-Greece): results from measurements and modelling. <i>Sci Total Environ.</i> 2010 Jan 1;408(3):495-504. Epub 2009 Oct 30.
Forestier R, Francon A. Crenobalneotherapy for limb osteoarthritis: systematic literature review and methodological analysis. <i>Joint Bone Spine.</i> 2008 Mar;75(2):138-48. Epub 2007 Dec 31.
Herold M, Lind-Albrecht G. [Radon within therapeutic strategies of ankylosing spondylitis]. <i>Wien Med Wochenschr.</i> 2008;158(7-8):209-12.

Exkludierte Studien

excluded list			
Chromosomal aberration analysis among underground water well workers in Saudi Arabia.	AlSuhaibani ES.	Radiat Prot Dosimetry. 2011 Mar;144(1-4):651-4. Epub 2010 Nov 12.	no radon
The treatment of solid tumors by alpha emitters released from (224)Ra-loaded sources-internal dosimetry analysis.	Arazi L, Cooks T, Schmidt M, Keisari Y, Kelson I.	Phys Med Biol. 2010 Feb 21;55(4):1203-18. Epub 2010 Feb 2.	tumorthrapy
Growth retardation and destruction of experimental squamous cell carcinoma by interstitial radioactive wires releasing diffusing alpha-emitting atoms.	Cooks T, Arazi L, Schmidt M, Marshak G, Kelson I, Keisari Y.	Int J Cancer. 2008 Apr 1;122(7):1657-64.	tumorthrapy
Nutrition aspects of lung cancer.	Cranganu A, Camporeale J.	Nutr Clin Pract. 2009 Dec;24(6):688-700.	nutrition

Lowering the UK domestic radon Action Level to prevent more lung cancers--is it cost-effective?.	Denman AR, Coskeran T, Phillips PS, Crockett RG, Tornberg R, Groves-Kirkby CJ.	J Radiol Prot. 2008 Mar;28(1):61-71. Epub 2008 Feb 26.	cost effectiveness
Local health campaigns to reduce lung cancers induced by radon and smoking--who responds?.	Denman AR, Timson K, Shield G, Groves-Kirkby CJ, Rogers S, Campbell JA, Phillips PS.	Health Policy. 2009 Dec;93(2-3):201-6. Epub 2009 Aug 26.	housing
Lung-cancer reduction from smoking cessation and radon remediation: a preliminary cost-analysis in Northamptonshire, UK.	Groves-Kirkby CJ, Timson K, Shield G, Denman AR, Rogers S, Phillips PS.	Environ Int. 2011 Feb;37(2):375-82. Epub 2010 Dec 15.	cost effectiveness
Epidemiology of lung cancer in women: risk factors, survival, and screening.	Kligerman S, White C.	AJR Am J Roentgenol. 2011 Feb;196(2):287-95.	no radon
Radon, smoking and lung cancer risk: results of a joint analysis of three European case-control studies among uranium miners.	Leuraud K, Schnelzer M, Tomasek L, Hunter N, Timarche M, Grosche B, Kreuzer M, Laurier D.	Radiat Res. 2011 Sep;176(3):375-87. Epub 2011 Jun 29.	nta
The burden of cancer at work: estimation as the first step to prevention.	Rushton L, Hutchings S, Brown T.	Occup Environ Med. 2008 Dec;65(12):789-800. Epub 2007 Dec 13.	nta
Lung cancer in never smokers: a review.	Subramanian J, Govindan R.	J Clin Oncol. 2007 Feb 10;25(5):561-70.	nta
Proceedings of the 5th Conference on Protection against Radon at Home and at Work. September 9-15, 2007. Prague, Czech Republic.	.	Radiat Prot Dosimetry. 2008;130(1):1-118. Epub 2008 Apr 2.	nta
Environments, indoor air quality, and children.	Anderson ME, Bogdan GM.	Pediatr Clin North Am. 2007 Apr;54(2):295-307, viii.	nta
Lauriston S. Taylor lecture: radiation epidemiology--the golden age and future challenges.	Boice JD Jr.	Health Phys. 2011 Jan;100(1):59-76.	nta
Health Canada's approach to manage risks to populations at risk during a radiological emergency.	Cornett RJ, Kramer GH.	Radiat Prot Dosimetry. 2010 Nov;142(1):33-5. Epub 2010 Oct 8.	nta

The cost-effectiveness of radon-proof membranes in new homes: a case study from Brixworth, Northamptonshire, UK.	Coskeran T, Denman A, Phillips P, Tornberg R.	Health Policy. 2007 May;81(2-3):195-206. Epub 2006 Jul 18.	cost effectiveness
Evaluation of occupational exposure to naturally occurring radioactive materials in the Iranian ceramics industry.	Fathabadi N, Farahani MV, Amani S, Moradi M, Haddadi B.	Radiat Prot Dosimetry. 2011 Jun;145(4):400-4. Epub 2010 Dec 9.	nta
Significance of independent radon entry rate and air exchange rate assessment for the purpose of radon mitigation effectiveness proper evaluation: case studies.	Fronka A, Jilek K, Moucka L, Brabec M.	Radiat Prot Dosimetry. 2011 May;145(2-3):133-7. Epub 2011 Apr 2.	nta
The overview of internal exposure monitoring in Lithuania.	Griciene B, Ladygiene R, Morkunas G, Pilkyte L, Urboniene A.	Radiat Prot Dosimetry. 2007;127(1-4):398-401. Epub 2007 Sep 6.	nta
Real-time measurement of individual occupational radon exposures in tombs of the Valley of the Kings, Egypt.	Gruber E, Salama E, Ruhm W.	Radiat Prot Dosimetry. 2011 Mar;144(1-4):620-6. Epub 2010 Dec 23.	nta
Radon diffusion coefficients in 360 waterproof materials of different chemical composition.	Jiranek M, Kotrbata M.	Radiat Prot Dosimetry. 2011 May;145(2-3):178-83. Epub 2011 Mar 29.	nta
An approach to the subslab depressurization remedial action in a high (222)Rn concentration dwelling.	Llerena JJ, Cortina D, Duran I, Sorribas R.	J Environ Radioact. 2010 Mar;101(3):219-25. Epub 2009 Dec 6.	nta
Use of simulink to address key factors for radon mitigation in a Fairbanks home.	Marsik T, Johnson R.	Health Phys. 2008 May;94(5):434-9.	nta
Occupational health crossing borders part 2: Comparison of 18 occupational health systems across the globe.	Radon K, Ehrenstein V, Nowak D, Bigaignon-Cantineau J, Gonzalez M, Vellore AD, Zamora VE, Gupta N, Huang L, Kandkers S, Lanza AM, Garcia LP, Patsis KS, Rojas AM, Shoma A, Verbeek J.	Am J Ind Med. 2010 Jan;53(1):55-63.	nta

[Passive smoking--health consequences and effects of exposure prevention].	Raupach T, Radon K, Nowak D, Andreas S.	Pneumologie. 2008 Jan;62(1):44-50. Epub 2007 Nov 28.	nta
Environmental radon studies in Mexico.	Segovia N, Gaso MI, Armienta MA.	Environ Geochem Health. 2007 Apr;29(2):143-53.	nta
Myelodysplasia paranoia: iron as the new radon.	Steensma DP.	Leuk Res. 2009 Sep;33(9):1158-63. Epub 2008 Nov 25.	nta
Thoron and decay products, beyond UNSCEAR 2006 Annex E.	Chambers DB.	Radiat Prot Dosimetry. 2010 Oct;141(4):351-6.	tumorthrapy

6 Evidenz

6.1 Radon bei Gonarthrose

In einer systematischen Übersichtsarbeit (2008)⁵⁶ zu Crenobalneotherapie (definiert als ein Spektrum an Anwendungen in Thermalwasser und Wasser mit diversen Zusätzen, wie in medizinischen Kurzentren in Europa und Asien angewandt) bei Patienten mit **Gonarthrose** konnten zwar recht konsistente Ergebnisse zu Schmerz- und Funktionsbesserung sowie Lebensqualitätserhöhung in den einzelnen inkludierten Studien gefunden werden, allerdings zeigen die Arbeiten geringe methodische Qualität bei geringen Teilnehmerzahlen, sodass keine definitiven Aussagen möglich sind.

Zwei weitere kleine (unterpowerete?) Studien (2009)⁵⁷ beschreiben zwar die Balneotherapie mit Radon haltigem Wasser bzw. die Radonstollentherapie als etabliert und wirksam, jedoch ohne wissenschaftliche Bestätigung der vermuteten endokrinen Auswirkungen.^{58,59}

6.2 Radon bei Morbus Bechterew

Eine Studie aus 2011 kann die vermutete Radonabsorption über die Haut weder bestätigen noch ausschließen, erhöhte inhalative Radondosierungen zeigen jedenfalls keinen signifikanten Unterschied bei der Radonausscheidung durch den Urin.⁶⁰ Eine narrative Übersichtsarbeit (2008)⁶¹ zur Therapie der Spondylitis ankylosans (M. Bechterew) im Radonstollen Bad Gastein beschreibt positive Behandlungseffekte, die bis zu 40 Wochen anhalten.

6.3 Radon bei rheumatoider Arthritis

In einer systematischen Übersichtsarbeit⁶² (Cochrane Review, 2004) zu Bädertherapie wurde eine Studie⁶³ mit Radontherapieanwendungen inkludiert und als methodisch gut bewertet, die allerdings keinen statistisch signifikanten Unterschied bei der Schmerzbesserung zwischen den beiden Gruppen mit Radontherapieanwendung und Kohlensäurebad versus nur Kohlensäurebad bei

Patienten mit rheumatoider Arthritis berichtet (n=30).

6.4 Radon bei nicht-entzündlichen muskuloskeletalen Beschwerden, Arthrose oder Spondylitis ankylosans (M.Bechterew)

In einer systematischen Übersichtsarbeit über randomisierte kontrollierte Studien zu Radontherapie bei Patienten mit nicht-entzündlichen muskuloskeletalen Beschwerden, Arthrose oder Spondylitis ankylosans (M.Bechterew) beschreiben Falkenbach et al. 2005⁶⁴ vergleichbare (positive) Ergebnisse mit und ohne Radon direkt nach Therapie, jedoch deutlich bessere Schmerzreduktionen nach zwei bzw. 6 Monaten in der Radongruppe. Drei der fünf inkludierten Studien verwenden radonhaltige Bäder versus Kohlensäurebäder (sie berichten die jeweils stärksten Wirkungseffekte), zwei der Studien verwenden Radonheilstollen versus Sauna (heterogene Wirkungsunterschiede). Der Einfluss der gleichzeitig angewandten Bewegungstherapie bleibt unklar.

6.5 Radon bei Asthma

Eine systematische Übersichtsarbeit (Cochrane Review, 2001/ update 2006)⁶⁵ zu Speläotherapie (Aufenthalt in Höhlen, aufgelassenen Minen) berichtet vermutete positive Wirkungen bei Patienten mit Asthma. Die betroffenen Patienten verbringen dabei kurze Zeitperioden in entsprechenden Höhlen oder Minen, teilweise ergänzt mit speziellen körperlichen- oder Atemübungen. Positive Wirkungen werden der Luftqualität, dem Untergrundklima, dem Luftdruck oder der Strahlung zugeschrieben, differieren jedoch in den unterschiedlichen Anwendungsorten. Es konnten keine randomisierten kontrollierten Studien, sondern nur klinische Kontrollstudien mit methodischen Unklarheiten inkludiert werden.

6.6 Patienten wollen Radonkuren

Die Nutzer von Radonstollen beurteilen Radontherapie als eine gute Wahl zur Behandlung von Arthritis zur Schmerzbesserung, Vermeidung von Medikamenten-Nebenwirkungen, und hoher Lebensqualität mit geringen Kosten. Ein mögliches

erhöhtes Lungenkrebsrisiko durch die Radonbelastung wird als minimal im Vergleich zum generierten Nutzen gesehen.⁶⁶ Die Nutzer von Heilstollen redefinieren oder ersetzen ein "toxisches Modell" durch neue Erklärungsmodelle, die Radon als heilende Substanz zulassen. Dabei wird die Einstellung von persönlichen Vorlieben und kulturellen Erfahrungen geprägt. Die Quelle des Wissens, die von Personen genannt und akzeptiert wird, hat dabei jeweils einen großen Einfluss.⁶⁷

7 Diskussion

Es wurden vier systematische Übersichtsarbeiten gefunden, drei zu nicht-entzündlichen muskuloskeletalen Erkrankungen, eine zu Asthma, die alle aufgrund der inkludierten methodisch unsicheren Studien keine klare Aussage zur Wirkung der radontherapie machen können. Es werden maximal positive Trends beobachtet (Schmerzreduktion).

Ein Review mit Metaanalyse beschreibt aus sechs Einzelstudien eine nachweisbare verzögerte schmerzreduzierende Wirkung nach 2 bzw. 6 Monaten, nicht jedoch direkt nach Therapieende.

Die (begleitende) Radonbelastung der (Wohn-) Umgebung wird in keiner der Studien adressiert, auch nicht die vielfach publizierten und diskutierten Studien zum Zusammenhang zwischen Radonexposition und Lungenkrebsrisiko. Für den Leser teilt sich die medizinisch-wissenschaftliche Landschaft zu Radon in zwei Lager: die (arbeitsmedizinische oder Umwelt-) Belastung und das damit verbundene erhöhte Krebsrisiko, sowie die therapeutische Anwendung als Bäder und in Heilstollen.

Aus dieser Diskrepanz ergeben sich mehrfache Biasrisiken für die wissenschaftliche Untersuchung von Radonwirkung:

- Der unbekante Einfluss einer Vorbelastung des Patienten (und damit ein eventueller verborgener Selektionsbias)
- Der nicht zu trennende Zusatzfaktor *aktives Rauchen* zum erhöhten Lungenkrebsrisiko bei Radonbelastung
- Die subjektive Endpunktmessung *Schmerzbesserung*, vor allem bei unverblindeten Patienten und Untersuchern
- Die berichtete unterschiedliche Wirkung, Dosierung, Messung von Radon

Diese Übersichtsarbeit hat die Limitationen, dass Studien, die nicht in englischer und deutscher Sprache verfasst sind, exkludiert wurden. Die Suche hatte einen engen Fokus und wurde in PubMed, Cochrane Library, und Referenzen durchgeführt. Sowohl die Vorselektion auf Abstract-Ebene, als auch die Inklusion der potentiell relevanten Treffer nach Vorliegen des Volltextes und die Datenextraktion der Daten erfolgte nur durch die Autorin.

8 Literatur

- ¹ http://www.hauptverband.at/mediaDB/656038_Fibromyalgie.pdf
- ² Forestier R, Francon A. Crenobalneotherapy for limb osteoarthritis: systematic literature review and methodological analysis. *Joint Bone Spine*. 2008 Mar;75(2):138-48. Epub 2007 Dec 31.
- ³ Verhagen AP, Bierma-Zeinstra SMA, Boers M, Cardoso JR, Lambeck J, de Bie R, de Vet HCW. Balneotherapy for rheumatoid arthritis. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2004, Issue 1. Art. No.: CD000518. DOI: 10.1002/14651858.CD000518.
- ⁴ Beamon SP, Falkenbach A, Fainburg G, Linde K. Speleotherapy for asthma. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2001, Issue 2. Art. No.: CD001741. DOI: 10.1002/14651858.CD001741.
- ⁵ Falkenbach A, Kovacs J, Franke A, Jörgens K, Ammer K. Radon Therapy for the treatment of rheumatic diseases - review and meta-analysis of controlled clinical trials. *Rheumatol Int* (2005) 25: 205-210.
- ⁶ Herold M, Lind-Albrecht G. [Radon within therapeutic strategies of ankylosing spondylitis]. *Wien Med Wochenschr*. 2008;158(7-8):209-12.
- ⁷ Erickson BE. Radioactive pain relief: health care strategies and risk assessment among elderly persons with arthritis at radon health mines. *J Altern Complement Med*. 2007 Apr;13(3):375-79.
- ⁸ Erickson BE. Toxin or medicine? Explanatory models of radon in Montana health mines. *Med Anthropol Q*. 2007 Mar;21(1):1-21.
- ⁹ http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/97448/4.6_WEB.pdf
- ¹⁰ Riesenfeld EP, Marcy TW, Reinier K, Mongeon JA, Trumbo CW, Wemple BE, Kaminsky DA. Radon awareness and mitigation in Vermont: a public health survey. *Health Phys*. 2007 May;92(5):425-31.
- ¹¹ Turtiainen T, Salonen L. Prevention measures against radiation exposure to radon in well waters: analysis of the present situation in Finland. *J Water Health*. 2010 Sep;8(3):500-12. Epub 2009 Dec 4.
- ¹² Haucke F. The cost effectiveness of radon mitigation in existing German dwellings--a decision theoretic analysis. *J Environ Manage*. 2010 Nov;91(11):2263-74.
- ¹³ Long S, Fenton D. An overview of Ireland's National Radon Policy. *Radiat Prot Dosimetry*. 2011 May;145(2-3):96-100. Epub 2011 Apr 1.
- ¹⁴ Tokonami S. Why is 220Rn (thoron) measurement important?. *Radiat Prot Dosimetry*. 2010 Oct;141(4):335-9. Epub 2010 Sep 16.
- ¹⁵ Bochicchio F. The radon issue: considerations on regulatory approaches and exposure evaluations on the basis of recent epidemiological results. *Appl Radiat Isot*. 2008 Nov;66(11):1561-6. Epub 2008 Apr 11.
- ¹⁶ Vanmarcke H. Radon: a special case in radiation protection. *Radiat Prot Dosimetry*. 2008;130(1):76-80. Epub 2008 Apr 15.
- ¹⁷ Alberg AJ, Ford JG, Samet JM. Epidemiology of lung cancer: ACCP evidence-based clinical practice guidelines (2nd edition). *Chest*. 2007 Sep;132(3 Suppl):29S-55S.
- ¹⁸ Samet JM, Avila-Tang E, Boffetta P, Hannan LM, Olivo-Marston S, Thun MJ, Rudin CM. Lung cancer in never smokers: clinical epidemiology and environmental risk factors. *Clin Cancer Res*. 2009 Sep 15;15(18):5626-45.
- ¹⁹ Henneberger PK, Mirabelli MC, Kogevinas M, Anto JM, Plana E, Dahlman-Hoglund A, Jarvis DL, Kromhout H, Lillienberg L, Norback D, Olivieri M, Radon K, Toren K, Urrutia I, Villani S, Zock JP. The occupational contribution to severe exacerbation of asthma. *Eur Respir J*. 2010 Oct;36(4):743-50. Epub 2010 Mar 29.
- ²⁰ Barnes G, Fisher B, Postma J, Harnish K, Butterfield P, Hill W. Incorporating environmental health into nursing practice: a case study on indoor air quality. *Pediatr Nurs*. 2010 Jan-Feb;36(1):33-9, 52; quiz 40.
- ²¹ Bochicchio F. The newest international trend about regulation of indoor radon. *Radiat Prot Dosimetry*. 2011 Jul;146(1-3):2-5. Epub 2011 May 11.
- ²² Fojtikova I, Rovenska K. Radon programmes and health marketing. *Radiat Prot Dosimetry*. 2011 May;145(2-3):92-5. Epub 2011 Apr 16.
- ²³ Long S, Fenton D. An overview of Ireland's National Radon Policy. *Radiat Prot Dosimetry*. 2011 May;145(2-3):96-100. Epub 2011 Apr 1.
- ²⁴ Zhang W, Chow Y, Meara J, Green M. Evaluation and equity audit of the domestic radon programme in England. *Health Policy*. 2011 Sep;102(1):81-8. Epub 2010 Oct 27.
- ²⁵ Neznal M, Neznal M. Human perception of radon risk and radon mitigation: some remarks. *Radiat*

Prot Dosimetry. 2008;130(1):85-7. Epub 2008 Apr 11.

²⁶ Kozłowska B, Walencik A, Dorda J, Zipper W. Radon in groundwater and dose estimation for inhabitants in Spas of the Sudety Mountain area, Poland. *Appl Radiat Isot.* 2010 Apr-May;68(4-5):854-7. Epub 2009 Dec 16.

²⁷ Al-Jundi J, Li WB, Abusini M, Tschiersch J, Hoeschen C, Oeh U. Inhalation dose assessment of indoor radon progeny using biokinetic and dosimetric modeling and its application to Jordanian population. *J Environ Radioact.* 2011 Jun;102(6):574-80. Epub 2011 Apr 8.

²⁸ Rovenska K, Jiranek M. 1st International comparison measurement on assessing the diffusion coefficient of radon. *Radiat Prot Dosimetry.* 2011 May;145(2-3):127-32. Epub 2011 Apr 6.

²⁹ Balashazy I, Farkas A, Madas BG, Hofmann W. Non-linear relationship of cell hit and transformation probabilities in a low dose of inhaled radon progenies. *J Radiol Prot.* 2009 Jun;29(2):147-62. Epub 2009 May 19.

³⁰ Akiba S, Tokonami S, Bochicchio F, McLaughlin J, Tommasino L, Harley N. Thoron: its metrology, health effects and implications for radon epidemiology: a summary of roundtable discussions. *Radiat Prot Dosimetry.* 2010 Oct;141(4):477-81. Epub 2010 Sep 16.

³¹ Sabol J, Jurda M, Gregor Z, Navratil L. Assessment of the total effective dose of miners in the underground Rozna Uranium Mine in the Czech Republic during the period 2004-2009. *Radiat Prot Dosimetry.* 2011 Mar;144(1-4):615-9. Epub 2010 Nov 15.

³² Vidic A, Ilic Z, Deljkic D, Adrovic F. Exposure of workers in Tusnica coal mine. *Radiat Prot Dosimetry.* 2011 Mar;144(1-4):672-4. Epub 2010 Oct 19.

³³ Marsh JW, Harrison JD, Laurier D, Blanchardon E, Paquet F, Tirmarche M. Dose conversion factors for radon: recent developments. *Health Phys.* 2010 Oct;99(4):511-6.

³⁴ Nikolopoulos D, Vogianis E, Petraki E, Zisos A, Louizi A. Investigation of the exposure to radon and progeny in the thermal spas of Loutraki (Attica-Greece): results from measurements and modelling. *Sci Total Environ.* 2010 Jan 1;408(3):495-504. Epub 2009 Oct 30.

³⁵ Campos MP, Pecequilo BR, Mazzilli BP. ²²²Rn and ²¹²Pb exposures at a Brazilian spa. *Radiat Prot Dosimetry.* 2010 Sep;141(2):210-4. Epub 2010 May 31.

³⁶ Nikolopoulos D, Vogianis E, Petraki E, Zisos A, Louizi A. Investigation of the exposure to radon and progeny in the thermal spas of Loutraki (Attica-Greece): results from measurements and modelling. *Sci Total Environ.* 2010 Jan 1;408(3):495-504. Epub 2009 Oct 30.

³⁷ Richardson RB. Age-dependent changes in oxygen tension, radiation dose and sensitivity within normal and diseased coronary arteries-Part C: oxygen effect and its implications on high- and low-LET dose. *Int J Radiat Biol.* 2008 Oct;84(10):858-65.

³⁸ Madas BG, Balashazy I, Farkas A, Szoke I. Cellular burdens and biological effects on tissue level caused by inhaled radon progenies. *Radiat Prot Dosimetry.* 2011 Feb;143(2-4):253-7. Epub 2010 Dec 24.

³⁹ http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/97448/4.6_WEB.pdf

⁴⁰ Gray A, Read S, McGale P, Darby S. Lung cancer deaths from indoor radon and the cost effectiveness and potential of policies to reduce them. *BMJ.* 2009 Jan 6;338:a3110. doi: 10.1136/bmj.a3110.

⁴¹ El-Gamal A, Hosny G. Assessment of lung cancer risk due to exposure to radon from coastal sediments. *East Mediterr Health J.* 2008 Nov-Dec;14(6):1257-69.

⁴² http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/97448/4.6_WEB.pdf

⁴³ Riesenfeld EP, Marcy TW, Reinier K, Mongeon JA, Trumbo CW, Wemple BE, Kaminsky DA. Radon awareness and mitigation in Vermont: a public health survey. *Health Phys.* 2007 May;92(5):425-31.

⁴⁴ Turtiainen T, Salonen L. Prevention measures against radiation exposure to radon in well waters: analysis of the present situation in Finland. *J Water Health.* 2010 Sep;8(3):500-12. Epub 2009 Dec 4.

⁴⁵ Haucke F. The cost effectiveness of radon mitigation in existing German dwellings--a decision theoretic analysis. *J Environ Manage.* 2010 Nov;91(11):2263-74.

⁴⁶ Long S, Fenton D. An overview of Ireland's National Radon Policy. *Radiat Prot Dosimetry.* 2011 May;145(2-3):96-100. Epub 2011 Apr 1.

⁴⁷ Tokonami S. Why is ²²⁰Rn (thoron) measurement important?. *Radiat Prot Dosimetry.* 2010 Oct;141(4):335-9. Epub 2010 Sep 16.

⁴⁸ Bochicchio F. The radon issue: considerations on regulatory approaches and exposure evaluations on the basis of recent epidemiological results. *Appl Radiat Isot.* 2008 Nov;66(11):1561-6. Epub 2008 Apr 11.

⁴⁹ Vanmarcke H. Radon: a special case in radiation protection. *Radiat Prot Dosimetry.* 2008;130(1):76-

80. Epub 2008 Apr 15.

⁵⁰ Alberg AJ, Ford JG, Samet JM. Epidemiology of lung cancer: ACCP evidence-based clinical practice guidelines (2nd edition). *Chest*. 2007 Sep;132(3 Suppl):29S-55S.

⁵¹ Samet JM, Avila-Tang E, Boffetta P, Hannan LM, Olivo-Marston S, Thun MJ, Rudin CM. Lung cancer in never smokers: clinical epidemiology and environmental risk factors. *Clin Cancer Res*. 2009 Sep 15;15(18):5626-45.

⁵² Henneberger PK, Mirabelli MC, Kogevinas M, Anto JM, Plana E, Dahlman-Hoglund A, Jarvis DL, Kromhout H, Lillienberg L, Norback D, Olivieri M, Radon K, Toren K, Urrutia I, Villani S, Zock JP. The occupational contribution to severe exacerbation of asthma. *Eur Respir J*. 2010 Oct;36(4):743-50. Epub 2010 Mar 29.

⁵³ Barnes G, Fisher B, Postma J, Harnish K, Butterfield P, Hill W. Incorporating environmental health into nursing practice: a case study on indoor air quality. *Pediatr Nurs*. 2010 Jan-Feb;36(1):33-9, 52; quiz 40.

⁵⁴ http://www.hauptverband.at/mediaDB/656038_Fibromyalgie.pdf

⁵⁵

http://www.hauptverband.at/portal27/portal/hvbportal/channel_content/cmsWindow?action=2&p_menu_id=72443&p_tabid=5

⁵⁶ Forestier R, Francon A. Crenobalneotherapy for limb osteoarthritis: systematic literature review and methodological analysis. *Joint Bone Spine*. 2008 Mar;75(2):138-48. Epub 2007 Dec 31.

⁵⁷ Nagy K, Berhes I, Kovacs T, Kavasi N, Somlai J, Bender T. Does balneotherapy with low radon concentration in water influence the endocrine system? A controlled non-randomized pilot study. *Radiat Environ Biophys*. 2009 Aug;48(3):311-5. Epub 2009 Mar 24.

⁵⁸ Nagy K, Berhes I, Kovacs T, Kavasi N, Somlai J, Bender T. Does balneotherapy with low radon concentration in water influence the endocrine system? A controlled non-randomized pilot study. *Radiat Environ Biophys*. 2009 Aug;48(3):311-5. Epub 2009 Mar 24.

⁵⁹ Nagy K, Berhes I, Kovacs T, Kavasi N, Somlai J, Kovacs L, Barna I, Bender T. Study on endocrinological effects of radon speleotherapy on respiratory diseases. *Int J Radiat Biol*. 2009 Mar;85(3):281-90.

⁶⁰ Kavasi N, Kovacs T, Somlai J, Jobbagy V, Nagy K, Deak E, Berhes I, Bender T, Ishikawa T, Tokonami S. Comparison of urinary excretion of radon from the human body before and after radon bath therapy. *Radiat Prot Dosimetry*. 2011 Jul;146(1-3):27-30. Epub 2011 Apr 11.

⁶¹ Herold M, Lind-Albrecht G. [Radon within therapeutic strategies of ankylosing spondylitis]. *Wien Med Wochenschr*. 2008;158(7-8):209-12.

⁶² Verhagen AP, Bierma-Zeinstra SMA, BoersM, Cardoso JR, Lambeck J, de Bie R, de VetHCW. Balneotherapy for rheumatoid arthritis. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2004, Issue 1. Art. No.: CD000518. DOI: 10.1002/14651858.CD000518.

⁶³ Franke A, Reiner L, Pratzel HG, Franke T, Resch KL. Long term efficacy of radon spa therapy in rheumatoid arthritis; a randomized sham-controlled study and follow-up. *Rheumatology* 2000;39: 894–902.

⁶⁴ Falkenbach A, Kovacs J, Franke A, Jörgens K, Ammer K. Radon Therapy for the treatment of rheumatic diseases - review and meta-analysis of controlled clinical trials. *Rheumatol Int* (2005) 25: 205-210.

⁶⁵ Beamon SP, Falkenbach A, Fainburg G, Linde K. Speleotherapy for asthma. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2001, Issue 2. Art. No.: CD001741. DOI: 10.1002/14651858.CD001741.

⁶⁶ Erickson BE. Radioactive pain relief: health care strategies and risk assessment among elderly persons with arthritis at radon health mines. *J Altern Complement Med*. 2007 Apr;13(3):375-79.

⁶⁷ Erickson BE. Toxin or medicine? Explanatory models of radon in Montana health mines. *Med Anthropol Q*. 2007 Mar;21(1):1-21.