Sascha Wisser

Natürliche Radionuklide im Thermalwasser des rheinland-pfälzischen Kurortes Bad Kreuznach

Kurzfassung

Wisser, S. (2001): Natürliche Radionuklide im Thermalwasser des rheinland-pfälzischen Kurortes Bad Kreuznach.– Mitt. POLLICHIA, **88**: 115-121, Bad Dürkheim.

Im Rahmen einer umfassenden Messkampagne wurden die fünf wichtigsten Thermalquellen von Bad Kreuznach auf die natürlichen Radionuklide Radium-226 und Radon-222 untersucht. Dabei traten ungewöhnlich hohe Gehalte an Radium-226 zutage. Das Thermalwasser der Theodorshaller Quelle enthält mit 35 Bq/l die wahrscheinlich höchste Radium-226-Konzentration in Wässern der Bundesrepublik Deutschland. Ermöglicht werden diese außergewöhnlichen Radiumanreicherungen von den anaeroben Eigenschaften des geförderten Thermalwassers. Im Falle einer ausreichenden Anwesenheit von Sauerstoff würde Radium gemeinsam mit Eisen- und Manganverbindungen ausgefällt. Dagegen liegen die ermittelten Radongehalte in den Thermalwässern von Bad Kreuznach deutlich unter den Erwartungen. Die maximalen Radon-222-Konzentrationen betragen etwa 180 Bq/l.

Für die Bevölkerung bzw. die Kurpatienten im Raum Bad Kreuznach besteht keine Gefährdung durch die im Grund- bzw. Mineralwasser vorkommenden natürlichen Radionuklide Radium-226 und Radon-222. Während der Trink- bzw. Thermalwasseraufbereitung werden die radioaktiven Substanzen nahezu vollständig aus dem Wasser entfernt.

Abstract

Wisser, S. (2001): Natürliche Radionuklide im Thermalwasser des rheinland-pfälzischen Kurortes Bad Kreuznach.

[Natural radionuclides in thermal water of Bad Kreuznach/Rhineland-Palatinate (SW-Germany)].– Mitt. POLLICHIA, **88**: 115-121, Bad Dürkheim.

The radium-226 and radon-222 concentrations of the five most important thermal springs of Bad Kreuznach/Rhineland-Palatinate have been examined in this study. The detected radium-226-concentrations of the thermal water range between 10-30 Bq/l and are among the highest radium-concentrations in waters of Europe. The main reason for the radium-enrichment is the absence of sulphate in the studied thermal waters. In the presence of sulphate, radium would precipitate as insoluble radium-sulphate. The thermal water of Bad Kreuznach contains a maximum radon-222-concentration of about 180 Bq/l.

Résumé

WISSER, S. (2001): Natürliche Radionuklide im Thermalwasser des rheinland-pfälzischen Kurortes Bad Kreuznach.

[Radionucléides naturels dans les eaux thermales dans la ville d'eau de Bad Kreuznach (Rhénanie-Palatinat)].– Mitt. POLLICHIA, **88**: 115-121, Bad Durkheim.

Les cinq plus importantes sources thermales de Bad Kreuznach ont fait l'objet d'une vaste série de mesures des radionucléides naturels à savoir le radium-226 et le radon-222. Ces études ont révélé une teneur étrangement accrue de radium-226. Les eaux thermales de la source Theodorshall a probablement, avec 35 Bq/l, la plus importante concentration de radium-226 de toutes les eaux d'Allemagne. Cette concentration exceptionelle de radium est favorisée par les propriétés anaérobiques de l'eau extraite. Avec suffisamment d'oxygène, le radium se lierait avec le fer et le manganèse pour ensuite se précipiter. Les concentrations en radon-222 des eaux thermales de Bad Kreuznach sont par contre, elles, nettement inférieures aux concentrations attendues. La concentration maximale de radon-222 est d'environ 180 Bq/l.

La teneur de la nappe phréatique et de l'eau minérale en radionucléides naturels comme le radium-226 et le radon-222 ne représente aucun danger pour la population et les curistes de la région de Bad Kreuznach. Les substances radioactives sont pratiquement toutes éliminées lors du traitement de l'eau potable et thermale.

1 Einleitung

Der Kurort Bad Kreuznach liegt im Zentrum von Rheinland-Pfalz, ca. 35 km südwestlich der Landeshauptstadt Mainz. In Bad Kreuznach wird seit fast einhundert Jahren radonhaltiges Thermalwasser für medizinische Zwecke genutzt. Mit der Entdeckung natürlicher Radioaktivität in den Quellen von Bad Kreuznach im Jahre 1904 wurde dieses Bad zu einer Geburtsstätte der Radon-Balneologie.

Bis zum Sommer 2000 wurden mehrere Brunnen zur Gewinnung von Thermalwasser durch die Kurmittel Produktions GmbH Bad Kreuznach betrieben. Inzwischen wird die Thermalwasserversorgung der Kurstadt durch den neu installierten Theodorshaller Brunnen gewährleistet.

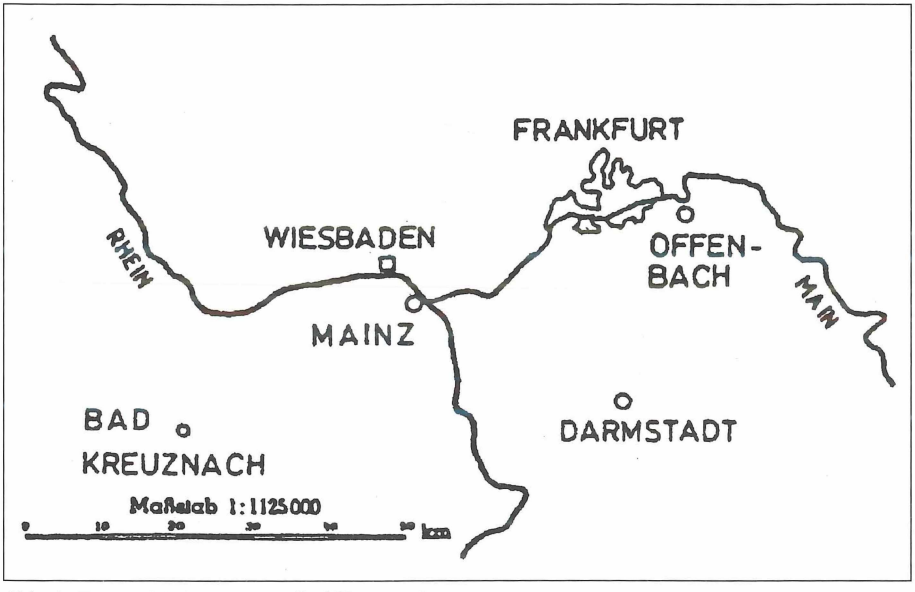

Abb. 1: Geographische Lage von Bad Kreuznach

Das Thermalwasser wird zur Abgabe an ein Thermalbad, zum Betrieb von Gradierwerken und zur Kurmittelproduktion gefördert. Die Thermalwässer von Bad Kreuznach werden in regelmäßigen Abständen auf die verschiedensten hydrochemischen Parameter untersucht - die radioaktiven Isotope Radium-226 und Radon-222 gehören aber nicht zum routinemäßigen Untersuchungsprogramm.

2 Zur Geologie und Hydrogeologie von Bad Kreuznach

Bad Kreuznach liegt am Rande des Saar-Nahe-Beckens im Übergangsbereich zum östlich davon gelegenen Mainzer Bruchfeld. Das Saar-Nahe-Becken ist das größte geschlossene Rotliegend-Becken Deutschlands (WALTER 1995). Von großer Bedeutung - gerade auch im Hinblick auf natürliche Radioaktivität - ist der Kreuznacher Rhyolithkomplex. Die Ablagerungen des Saar-Nahe-Beckens sind am Südostrand des Rheinischen Schiefergebirges in einem ca. 40 km breiten und ungefähr 100 km langen Streifen anzutreffen; es handelt sich um Gesteine des Oberkarbons und Unter-Perms (Rotliegend). Der unterpermische Rhyolithkomplex von Bad Kreuznach nimmt eine Fläche von ca. 25 km^2 ein.

Die tektonische Beanspruchung des Rhyoliths hat zu einer sehr intensiven Zerklüftung des Gesteins mit zahlreichen Störungen geführt. Die Nahetal-Störung ist Teil eines ausgedehnten Störungssystems, das den Abbruch des Saar-Nahe-Beckens zum Mainzer Bruchfeld bildet. Diese Störung ist maßgebend für die guten Wasserwegsamkeiten im Kreuznacher Rhyolith und daher auch für die salinaren Wässer von Bedeutung (HEMFLER 1993).

Der Rhyolith von Bad Kreuznach weist einen Urangehalt von bis zu 220 ppm auf. Er besitzt ein porphyrisches Gefüge und enthält Minerale von Quarz, Alkalifeldspat, Plagioklas und Biotit. Daneben kommen als Akzessorien uranhaltiger Zirkon und Apatit vor. Petrographisch hat der Rhyolith von Bad Kreuznach eine alkaligranitische Zusammensetzung. Radiometrische Datierungen (40Ar/40K) der Biotit-Minerale ergaben ein Alter des Gesteins von 302,1 ± 9,6 Mio. Jahren (LIPPOLT & HESS 1983).

Für die Neubildung von Grundwasser im Raum Bad Kreuznach sind die Rotliegend-Sedimentgesteine wesentlich, die praktisch reine Kluftaquifere darstellen, da ihre Porenräume häufig mit karbonatischen Bindemitteln belegt sind und eine relativ schlechte Kornsortierung vorherrscht (FÜRST et al. 1987). Mineral- und Thermalwasservorkommen sind in Bad Kreuznach auf die äußerst tiefgreifende Nahetal-Störung beschränkt.

3 Hydrochemie der Mineral- und Thermalwässer von Bad Kreuznach

Die Mineral- und Thermalwässer von Bad Kreuznach sind sich in ihrer chemischen Zusammensetzung relativ ähnlich. Die Summe der im Wasser gelösten Stoffe liegt zwischen 6 und 18 g/l. Unter den Kationen überwiegen Natrium (64-81 %) und Calcium (14-27 %). Bei den Anionen dominiert Chlorid mit 86-98 %, der Gehalt von Hydrogenkarbonat kann bis zu 4 % betragen. Daneben enthalten die Wässer bis zu 89 mg/l Strontium und etwa 14 mg/l Lithium. Das Fehlen von Sulfat und Sauerstoff sowie deutliche Eisen- und Mangangehalte zeigen anaerobe Bedingungen an. Aufgrund ihrer chemischen Eigenschaften zählen die Thermalwässer überwiegend zum Natrium-Chlorid-Typ (HEMFLER 1993). Die Thermalquellen Bad Kreuznachs weisen einen ungewöhnlich hohen Gehalt an Radium auf, der durch die reduzierenden Bedingungen des Wassers ermöglicht wird.

Durch den Kontakt mit dem im Untergrund anstehenden Rhyolith sowie durch sekundäre Anreicherungen enthalten die Mineral- und Thermalwässer von Bad Kreuznach erhebliche Radionuklid-Konzentrationen. Gleiches gilt für die rhyolithisch geprägten Grundwässer im Raum Bad Kreuznach und Bad Münster am Stein-Ebernburg.

In einer Studie von HABERER & RAFF (1998) wurden Radongehalte im Grundwasser der Region von bis zu 460 Bq/l nachgewiesen.

4 Thermalwassergewinnung im Nahetal

Die zur Förderung von salinaren Wässern errichteten Brunnen Bad Kreuznachs befinden sich im Bereich der tiefgreifenden Nahetal-Störung. Alle Bohrungen sind im permischen Rhyolith niedergebracht worden. Das Thermalwasser wird in einem ausgedehnten Rohrleitungssystem von den Brunnen zu den jeweiligen Abnehmern befördert. Zur Speicherung des Wassers und zur Gewährleistung des Leitungsdrucks sind Hochbehälter errichtet worden. Jährlich werden in Bad Kreuznach mehr als 12.000 m^3 Thermalwasser gefördert, davon gehen etwa 75 % an das örtliche Thermalbad. Für die zukünftige Thermalwasserversorgung Bad Kreuznachs wird der kürzlich in Betrieb genommene Theodorshaller Brunnen maßgebend sein - hier wurde im Jahre 1998 unweit des Nahe-Ufers eine 505 m tiefe Solebohrung abgeteuft.

5 Radon-222 im Thermalwasser von Bad Kreuznach

5.1 Beprobung der Thermalbrunnen

Die fünf wichtigsten Thermalbrunnen im Zuständigkeitsbereich der Kurmittel Produktions GmbH wurden in einer umfassenden Messkampagne des ESWE-Instituts beprobt und auf Radon-222 untersucht. Zur Bestimmung der Radongehalte kam der transportable Living-Level-Monitor 500 zum Einsatz. Dieses Gerät der Firma Münchener Apparatebau (mab) ist mit einem beta- und gamma-empfindlichen Proportionaldetektor ausgerüstet und misst die Aktivitäten der Radonfolgeprodukte Pb-214 und Bi-214 nach Einstellung des radioaktiven Gleichgewichts.

Zur Absicherung der Messwerte wurden alle Thermalwasserproben zusätzlich mit einem stationären Flüssigszintillationszähler (LSC) der Firma Canberra-Packard gemessen.

Tab. 1: Statische Angaben zur Beprobung von Thermalwasser

Radon-222	**LLM 500 (Bq/l)**	**LSC (Bq/l)**
Mittelwert	**120,0**	**112,0**
Standardabweichung s	**37,0**	**34,3**
Median	126,0	102,3
Spannbreite	58 – 172	55 – 166
N = 39		

Tab. 2: Temperatur, durchschnittlicher Salzgehalt und Radonkonzentration der untersuchten Mineralwässer von Bad Kreuznach

Brunnen	**Temperatur (°C)**	**Salzgehalt (mg/l)**	**Radon-222-Gehalt (Ø)**
Hauptbrunnen	22,2	12627	165 Bq/l
Inselbäderquelle	14,9	18606	146 Bq/l
Karlshaller Bäderquelle	22,0	16122	85 Bq/l
Quelle 5	22,4	9380	145 Bq/l
Theodorshaller Quelle	30,0	18000	90 Bq/l

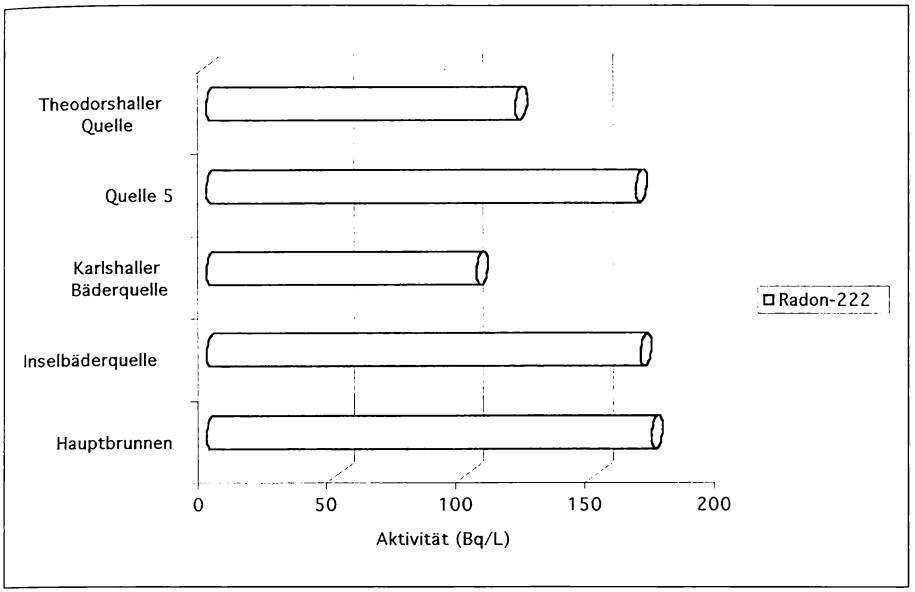

Abb. 2: Maximale Radon-222-Gehalte in Thermalwässern von Bad Kreuznach

Erschwert wurde die Probenahme in der Theodorshaller Quelle durch heftige Entgasungen aus der Rohrleitung – die gemessenen Radongehalte sind daher als Mindestwerte anzusehen.

6 Radium-226 im Thermalwasser von Bad Kreuznach

Über die Radon-222-Messungen hinaus wurden die fünf Thermalwässer auf Radium-226 untersucht. Die Bestimmung von Radium-226 erfolgte nach Einstellung des radioaktiven Gleichgewichts über das Tochterisotop Radon-222. Zur Absicherung der Messwerte wurden die Wasserproben zusätzlich mittels Gamma-Spektrometrie auf Radium-226 untersucht.

Mit bis zu 35 Bq/l sind die Radium-226-Gehalte im Thermalwasser Bad Kreuznachs außergewöhnlich hoch. In Europa sind nur wenige Mineralwässer mit Radiumgehalten in dieser Größenordnung bekannt. Die im Rahmen der Untersuchung ermittelten Radium-Aktivitäten decken sich sehr gut mit den von CARLÉ (1975) beschriebenen Radiumgehalten der Thermalwässer von Kreuznach. CARLÉ gab eine Radium-226-Konzentration für die Karlshaller Bäderquelle in Höhe von 3,7 * 10-7 mg/l – diese Konzentration entspricht einer Aktivität von ca. 13 Bq/l.

Tab. 3: Radiumgehalt des Thermalwassers von Bad Kreuznach

Probenahmestelle	Radium (Bq/l)	Unsicherheit
Hauptbrunnen	17	± 2,0
Theodorshaller Quelle	35	± 4,0
Inselbäderquelle	10	± 1,2
Karlshaller Bäderquelle	12	± 1,5
Beustquelle	9	± 1,0

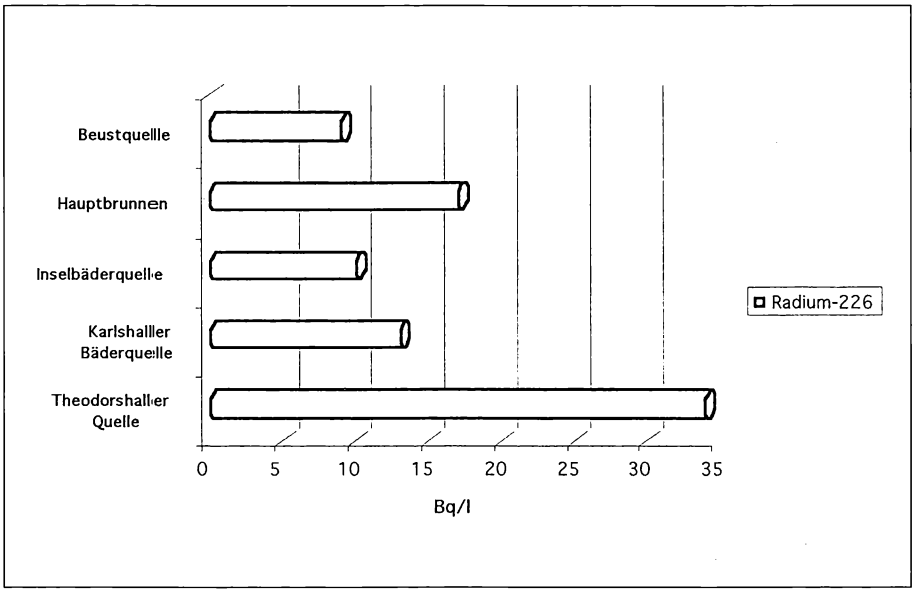

Abb. 3: Radium-226 im Thermalwasser von Bad Kreuznach

7 Interpretation der Messergebnisse

Die im Thermalwasser von Bad Kreuznach ermittelten Radon-222-Gehalte entsprechen dem geologischen Umfeld und stammen überwiegend von dem in den rhyolithischen Aquiferen vorhandenen Radium-226 aus der Uran-238-Zerfallsreihe. Für den Transport von Radon-222 sind in den Kluftaquiferen durch relativ schnell fließendes Grundwasser günstige Voraussetzungen gegeben. Des weiteren wird der Transport von Radon durch den Aufstieg von Gasblasen (CH_4, CO_2) begünstigt.

Für die Ernennung von Bad Kreuznach zum „Radonheilbad" mussten seinerzeit Radongehalte von 18 nCi/l nachgewiesen werden, dies entspricht 666 Bq/l. Diese Größenordnung wurde während der hier dargestellten Messkampagne nicht einmal annähernd erreicht. Eine Ursache hierfür kann in der Probenahme liegen, die stets am Entnahmehahn des Brunnens erfolgte und nicht im Brunnenschacht. Die Radongehalte des Thermalwassers nehmen im Zuge der Wasserförderung durch Entgasungsvorgänge von unten nach oben sukzessive ab.

Die in der vorliegenden Studie ermittelten Radongehalte des Thermalwassers liegen deutlich niedriger als die von HABERER & RAFF (1998) nachgewiesenen Radon-222-Konzentrationen des Grundwassers im Raum Bad Kreuznach. Diese Abweichungen sind nur auf den ersten Blick verwunderlich. Die Löslichkeit von Radon in Wasser sinkt mit zunehmender Wassertemperatur deutlich ab. Bei Grundwassertemperatur (ca. 12°C) beträgt der Verteilungskoeffizient k für Radon in Wasser 0,51 und bei Thermalwassertemperaturen (ca. 30°C) nur noch 0,19. Folglich sind die erheblichen Differenzen in den beiden Messkampagnen hauptsächlich auf die unterschiedlichen Wassertemperaturen zurückzuführen. Zusätzlich wirkt sich der vergleichsweise hohe Salzgehalt des Thermalwassers negativ auf die Radonlöslichkeit aus.

Beachtlich sind die Radium-226-Aktivitäten im Thermalwasser Bad Kreuznachs mit nachgewiesenen 9 bis 35 Bq/l. Voraussetzung für die hohe Löslichkeit von Radium im Mineralwasser sind die anaeroben Eigenschaften des Thermalwassers. Im Falle einer aus-

reichenden Anwesenheit von Sauerstoff würde Radium gemeinsam mit Eisen- und Manganverbindungen ausgefällt. Der Theodorshaller Brunnen von Bad Kreuznach liefert mit 35 Bq/l das vermutlich radiumhaltigste Mineralwasser in der Bundesrepublik Deutschland.

8 Danksagung

Die vorliegende Untersuchung wurde von den Stadtwerken Bad Kreuznach und der Kurmittel Produktions GmbH großzügig unterstützt. Mein besonderer Dank gilt Herrn Dipl.-Ing. Lauff und Herrn String für die ständige Hilfsbereitschaft. Gleichzeitig danke ich Herrn Prof. Dr. Antoine Kies (Centre Universitaire, Luxembourg) herzlich für die Mitwirkung bei der Radionuklidbestimmung.

9 Literaturverzeichnis

CARLÉ, W. (1975): Die Mineral- und Thermalwässer von Mitteleuropa. Geologie, Chemismus, Genese.– 643 S., 14 Abb., 15 Karten, Stuttgart: Wiss. Verlagsges.

FÜRST, M.; HELD, Uta & STEINBRECHER, St. (1987): Zur Geologie und Hydrogeologie von Bad Kreuznach.– Mainzer geowiss. Mitt., **16**: 97 - 134, Mainz

HABERER, K. & RAFF, O. (1998): Radon-222 in ground water in the German Rhine-Nahe area.– Vom Wasser, **90**: 312 - 317, 1 Abb., 2 Tab., Weinheim

HEMFLER, Marion (1993): Untersuchungen zur Hydrochemie, Isotopie, Hydraulik und Strukturgeologie der Mineralwässer von Bad Kreuznach.– Dissertation, 182 S., Johannes Gutenberg-Universität Mainz (unveröff.)

LIPPOLT, H.J. & HESS, J.C. (1983): Isotopic evidence for the stratigraphic position of the Saar-Nahe Rotliegend volcanism. I. $^{40}Ar/^{40}K$ and $^{40}Ar/^{39}Ar$ investigations.– N. Jb. Geol. Paläont. Mh., Jg. 1983 (12): 713 - 730, Stuttgart

WALTER, R. (1995) m. Beitr. von P. GIESE, H.W. WALTHER & H. DILL: Geologie von Mitteleuropa.– 6. Aufl., 566 S., 151 Abb., 12 Tab., Stuttgart: Schweizerbart

bei der Schriftleitung eingegangen am 16.10.2001

Anschrift des Verfassers:
Sascha Wisser
Dipl.-Geol.
ESWE-Institut für Wasserforschung
Söhnleinstr. 158
D-65201 Wiesbaden
E-Mail: sascha.wisser@freenet.de

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mitteilungen der POLLICHIA

Jahr/Year: 2001

Band/Volume: 88

Autor(en)/Author(s): Wisser Sascha

Artikel/Article: Natürliche Radionuklide im Thermalwasser des rheinland-pfälzischen Kurortes Bad Kreuznach 115-121