

Thallium in natürlichem Mineralwasser

Aktualisierte Stellungnahme* 003/2006 des BfR vom 14. Dezember 2004

Thallium zählt zu den Schwermetallen. Es kommt überall in der Natur vor, auch in Lebensmitteln, im Trinkwasser und in der Luft, meist jedoch nur in sehr geringen Mengen. Erhöhte Gehalte an Thallium können unter anderem in der Nähe von Zementwerken und Hüttenwerken gemessen werden.

Thallium ist sehr giftig. Mit der Nahrung aufgenommen, wird es schnell resorbiert und im Körper verteilt. Es wirkt als Zellgift und hemmt im Körper verschiedene Enzymsysteme. Schon 1,5 Milligramm Thallium pro Kilogramm Körpergewicht reichen aus, um Vergiftungssymptome auszulösen. Diese können von Appetitlosigkeit, Übelkeit und Erbrechen über schwere Störungen des peripheren und zentralen Nervensystems bis hin zu Koma und Tod reichen. Unterhalb von 0,08 Mikrogramm pro Kilogramm Körpergewicht wurden keine nachteiligen gesundheitlichen Effekte beobachtet, auch nicht bei langfristiger Zufuhr.

Der Mensch nimmt Thallium hauptsächlich über die Nahrung auf. In Gemüse können besonders hohe Mengen nachgewiesen werden. Die durchschnittliche tägliche Thalliumaufnahme wird auf 2-5 Mikrogramm pro Tag geschätzt. Nachdem in einzelnen natürlichen Mineralwässern Thalliumgehalte von bis zu 15 Mikrogramm pro Liter nachgewiesen wurden, hat das Bundesinstitut für Risikobewertung das Vorkommen von Thallium in natürlichen Mineralwässern toxikologisch bewertet. Das Institut kommt zu folgender Empfehlung:

Die Gesamtaufnahme an Thallium aus allen Quellen sollte pro Tag 10 Mikrogramm nicht überschreiten. Um das zu gewährleisten, sollten Mineralwässer, die für den menschlichen Konsum bestimmt sind, nicht mehr als 5 Mikrogramm Thallium pro Liter enthalten. Dieser Einschätzung liegt ein geschätzter Konsum von einem Liter Mineralwasser pro Tag zugrunde. Bei einer kurzfristigen Überschreitung dieses Gehalts ist zwar nicht mit gesundheitlichen Beeinträchtigungen zu rechnen. Trotzdem sollten Personen, die in stärker belasteten Gegenden leben oder durch ihren Beruf mit Thallium in Kontakt kommen, nur Mineralwässer trinken, die weniger als 2 Mikrogramm pro Liter enthalten.

1 Gegenstand der Bewertung

In einzelnen Mineralwasserproben wurden von der Amtlichen Lebensmittelüberwachung Thalliumgehalte von bis zu ca. 15 Mikrogramm pro Liter ($\mu\text{g/L}$) nachgewiesen. Bei regelmäßigem Verzehr üblicher Mengen an Mineralwasser können diese Gehalte gesundheitlich nicht mehr als unbedenklich angesehen werden. Das Bundesinstitut für Risikobewertung hat daraufhin das Vorkommen von Thallium in natürlichen Mineralwässern toxikologisch bewertet und Gehalte benannt, die gesundheitlich noch toleriert werden können.

2 Ergebnis

Thallium und Thalliumverbindungen sind sehr toxisch. Die Exposition der Normalbevölkerung erfolgt hauptsächlich über die Nahrung. In Gemüse (z. B. Grünkohl) können besonders hohe Thalliumgehalte gemessen werden. Die Thalliumexposition wird auf Werte zwischen 2 μg und 5 μg pro Tag und Person geschätzt. Toxikologische Abschätzungen gehen davon aus, dass die tägliche Thalliumaufnahme langfristig den Wert von 10 μg pro Person und Tag nicht überschreiten sollte.

Mineralwässer, die für den menschlichen Konsum bestimmt sind, werden dieser Forderung nur gerecht, wenn sie unter der Annahme eines täglichen Mineralwasserkonsums von einem Liter weniger als 5 Mikrogramm Thallium im Liter ($5 \mu\text{g TI/L}$) enthalten. Verbraucher, die bereits aufgrund ihrer beruflichen Tätigkeit mit Thallium belastet sind oder in besonders thalliumexponierten Gegenden leben, sollten nur Mineralwässer konsumieren, die deutlich weniger Thallium enthalten. Unter der Annahme eines täglichen Mineralwasserkonsums von einem Liter, wären für diesen Personenkreis Thalliumgehalte in Mineralwässern unterhalb von 2 Mikrogramm pro Liter ($< 2 \mu\text{g/L}$) akzeptabel.

3 Begründung

3.1 Risikobewertung

3.1.1 Agens

Das seltene metallische Element Thallium (TI) mit dem Atomgewicht 204,37 zählt zu den Schwermetallen. In der Natur ist es in den Wertigkeiten 1^+ und 3^+ anzutreffen. Es tritt zumeist nur in sehr kleinen Mengen und dann zusammen mit anderen Elementen wie Eisen, Blei, Kupfer und Zink auf. Einwertige Thalliumverbindungen sind wesentlich stabiler als dreiwertige.

Thalliumsalze, insbesondere Thalliumsulfat (TI_2SO_4), wurden früher häufig als Rodentizide (Rattengift) zur Schädlingsbekämpfung eingesetzt. Heute ist die Verwendung als Rodentizid wegen der hohen Toxizität der Thalliumsalze durch die Pflanzenschutz-Anwendungsverordnung auf die Verwendung in geschlossenen Räumen beschränkt (PflSchAnwV, 1992).

3.1.2 Gefährdungspotential

Thallium und Thalliumverbindungen sind sehr toxisch. Nach oraler Aufnahme wird Thallium, insbesondere aus wasserlöslichen Verbindungen, schnell und fast vollständig resorbiert und im Körper verteilt (Kazantzis, 1986). Thallium wirkt unter anderem als allgemeines Zellgift. Wie Blei und Quecksilber hemmt es verschiedene Enzymsysteme. Wegen seiner strukturellen Ähnlichkeit mit dem Kalium (K)-Ion kann auch das Thallium (TI)-Ion die Natrium-Kalium (Na^+/K^+)-ATPase aktivieren (Gehring und Hammond, 1967). Letztere transportiert Natrium aus der und Kalium in die Zelle und ist damit wichtig für die Regulation der Zellosmose und den Aufbau des Zellmembranpotentials.

3.1.2.1 Akut

Die letale Thallium-Dosis liegt für den Menschen bei etwa 10 mg pro Kilogramm Körpergewicht (10 mg/kg KG). Die Aufnahme von $1,5 \text{ mg TI/kg KG}$ in Form löslicher Salze führte bereits zu akuten Vergiftungserscheinungen (WHO-IPCS, 1996), wobei die beschriebenen Symptome anfangs mehr oder weniger diffus sind und mit Missempfindungen, Appetitlosigkeit, metallischem Geschmack im Mund, Übelkeit, Erbrechen und Schmerzen im Bauchraum sowie hinter dem Brustbein und in den Gliedern beginnen. Nach etwa zwei Tagen entwickeln sich schwere Störungen des peripheren und zentralen Nervensystems. Betroffen sind dann auch das Herz-Kreislauf- und Atemsystem sowie Niere, Haut und Augen. Es kann zu Haarverlust kommen. Im weiteren Verlauf verstärken sich die nervösen und mentalen Störungen über Depression, Halluzinationen, Delirium und Krämpfe bis hin zum Koma und Tod. Die relative Genesung Überlebender kann Monate dauern. Häufig bleiben neurologische und mentale Störungen zurück, die mit Erblindung einhergehen können.

3.1.2.2 Chronisch

Bei chronischer Aufnahme kleiner Thallium-Dosen stehen zunächst die Affinität der Tl^+ -Ionen gegenüber bestimmten Enzymen und ihre Fähigkeit diese zu aktivieren im Vordergrund. Die Eigenschaften resultieren aus der starken Ähnlichkeit mit K^+ -Ionen, deren Wirkung allerdings deutlich schwächer ausgeprägt ist als die von Tl^+ -Ionen. Mit hoher Wahrscheinlichkeit bremst die Anwesenheit vieler Tl^+ -Ionen die Umwandlung von Adenosindiphosphat (ADP) in das energiereichere Adenosintriphosphat (ATP) in den Mitochondrien und beeinflusst so den Zellstoffwechsel.

Später führt die chronische Aufnahme kleiner Dosen zu Gastroenteritis, Fetteinlagerungen und Nekrosen in der Leber sowie zu Nierenentzündung, Degenerationserscheinungen in den Nebennieren und im peripheren sowie zentralen Nervensystem (Eisenbrand und Metzler, 1994).

3.1.3 Exposition

Thallium ist ein ubiquitäres (allgegenwärtiges) Element und lässt sich daher auch in Lebensmitteln, Trinkwasser und Luft in unterschiedlichen Mengen nachweisen. In Regionen fernab von erkennbaren Kontaminationsquellen sind die Gehalte sehr gering. Sie liegen unter einem Nanogramm pro Kubikmeter Luft ($< 1 \text{ ng/m}^3$) und tragen mit nur 0,005 Mikrogramm (μg) pro Tag zur typischen unvermeidlichen Gesamtaufnahme bei. Die Gehalte im Trinkwasser liegen in solchen Regionen häufig unterhalb der Nachweisgrenze von 0,3 Mikrogramm pro Liter ($0,3 \mu\text{g/L}$) und sehr selten über $1 \mu\text{g/L}$. Die alimentäre (nahrungsbedingte) Thalliumaufnahme wird in nichtkontaminierten Regionen auf unter 5 Mikrogramm pro Tag geschätzt, wobei Gemüse den größten Beitrag liefert (WHO-IPCS, 1996). Am Arbeitsplatz (z. B. in Zementwerken, bei der Erzverhüttung, der Pyrit-Röstung sowie bei der Herstellung thalliumhaltiger Spezialgläser) und in kontaminierten Gegenden können diese Expositionswerte um mehrere Zehnerpotenzen höher liegen.

Braunkohle kann bis zu 2 mg Tl/kg enthalten, die bei der Verbrennung freigesetzt werden (Crößmann, 1984). Bei der Zementherstellung kann ebenfalls Thallium freigesetzt und in der Umgebung abgelagert werden, insbesondere dann, wenn Schwefelkies beigemischt wird (Richter, 1999). In Lengerich konnten nach einem entsprechenden Störfall in einem Zementwerk 1979 mit der Entfernung zum Werk und in Abhängigkeit von der Windrichtung abnehmende Thallium-Gehalte im Boden von $6,9 \mu\text{g}$ pro Gramm Trockensubstanz ($6,9 \mu\text{g/g TS}$) (unmittelbare Nähe) bis $< 0,1 \mu\text{g/g TS}$ (weiter entfernt) gemessen werden. Normalerweise liegen die Bodenwerte unter $1 \mu\text{g/g TS}$ (Zartner-Nyilas et al., 1983). Allerdings gibt es auch Gegenden, in denen höhere, geogen bedingte Thalliumgehalte in den Böden gefunden werden, die ähnliche Werte erreichen (Richter, 1999; Bambach und Klemm, 1997).

Repräsentative Angaben über Thalliumgehalte aller Lebensmittel des Warenkorb gibt es bisher nicht. Quantitative Angaben über die alimentäre Thalliumaufnahme der Normalbevölkerung sind spärlich und allenfalls punktuell. Es finden sich jedoch einige Abschätzungen, denen entnommen werden kann, dass die typische „Thalliumnormalaufnahme“ bis zu $5 \mu\text{g/Tag}$ betragen könnte (Tabelle 1).

Tabelle 1: Typische Thallium(normal)exposition

(Nach ATSDR, 1992 basierend auf EPA, 1980 sowie Sherlock and Smart, 1986)

Parameter	Medium		
	Wasser	Luft	Lebensmittel
Typische Konzentration im Medium	0,89 µg/L	0,48 ng/m ³	NB ⁴ – 50 µg/kg
Geschätzte tägliche Aufnahme mit dem Medium	< 2 µg ¹	3,4 ng ²	5 µg ³

¹ Angenommener Wasserkonsum = 2 L/Tag

² Atemvolumen 20 m³/ Tag

³ Angenommener Verzehr = 1,5 kg

⁴ Nicht bestimmbar

Aus Untersuchungen in Deutschland geht ebenfalls hervor, dass Lebensmittel, insbesondere Gemüse, die Hauptquelle der Thalliumaufnahme darstellen. Demnach können in Deutschland täglich durchschnittlich etwa 2 µg Thallium aufgenommen werden (Richter, 1999). Nach anderen Berechnungen können in der Umgebung von Kohlekraftwerken täglich bis zu 30 µg Thallium aufgenommen werden (Smith and Carson, 1977).

Tabelle 2: Thalliumgehalte in verschiedenen in Deutschland untersuchten Lebensmitteln

Bestimmungsgrenze (Bg) = 0,4 µg/kg (nach Richter, 1999)

Lebensmittel	Gesamtzahl	Werte in µg/kg OS ¹		Probenzahl je Konzentrationsbereich (µg/kg)				
		Median	Max	< Bg	0,4-4,0	4,0-40	40-100	> 100
	n	µg/kg	µg/kg	n	n	n	n	n
Fleisch- und Wursterzeugnisse (ohne Innereien)	121	< Bg	8,4	65	56	—	—	—
Fisch- und Fischerzeugnisse (inkl. Krustentiere)	176	0,5	6,1	79	92	5	—	—
Milch und Milcherzeugnisse	121	< Bg	2,4	117	4	—	—	—
Obst	371	< Bg	13	299	64	8	—	—
Gemüse	879	< Bg	400	460	332	71	8	8
Kartoffeln	209	0,5	10	97	106	6	—	—
Frischpilze	121	< Bg	86	78	28	11	4	—
Mineralwasser	119	< Bg	2	106	13	—	—	—
Bier	84	< Bg	—	84	—	—	—	—
Säfte, Limonaden	252	< Bg	3,6	176	76	—	—	—
Wein	254	< Bg	2,1	237	17	—	—	—

¹ OS=Originalsubstanz

Tabelle 3: Thalliumgehalte in verschiedenen in Deutschland untersuchten Lebensmitteln
Bestimmungsgrenze: Bg = 2,0 µg/kg (nach Richter, 1999)

Lebensmittel	Gesamtzahl	Werte in µg/kg OS ¹		Probenzahl je Konzentrationsbereich (µg/kg)			
		Median	Max	< Bg	2,0-20	20-200	> 200
	n	µg/kg	µg/kg	n	n	n	n
Getreide und Getreideerzeugnisse	165	< Bg	19	162	3	—	—
Trockenpilze	17	6,3	52	3	12	2	—
Backwaren	53	< Bg	6	52	1	—	—
Gewürze	43	9	97	5	31	7	—
Kakao, Kaffee, Tee	129	14	491	35	36	51	7
Honig, Zucker, Süßwaren	33	< Bg	32	27	5	1	—
Säuglings- und Kleinkinderernährung	91	< Bg	4,5	89	2	—	—
Ölsamen, Nüsse, Hülsenfrüchte	102	< Bg	30	63	38	1	—

¹ OS=Originalsubstanz

In einer Untersuchung aus Kanada wurden 199 verschiedene abgepackte Wässer unter anderem auf ihren Thalliumgehalt untersucht. Das Ergebnis: die in Kanada gemessenen Mediane der Thalliumgehalte (Tabelle 4) sind mit den in Deutschland gemessenen (Tabelle 2) vergleichbar. Die Maximalwerte liegen in Deutschland etwas höher.

Tabelle 4: Thalliumgehalte in Mineral- und anderen abgepackten Wässern in Kanada¹
(nach Dabeka et al., 2002)

Wassertyp	Gesamtzahl	Werte in µg/Liter			
		Mittelwert	Median	Min	Max
Mineralwasser	42	0,17	0,12	0,10	0,85
Quellwasser	102	0,12	0,12	0,12	0,28
Destilliertes Wasser und RO-Wasser ²	25	0,12	0,12	0,12	0,12
Sodawasser	19	0,12	0,12	0,12	0,13
Andere abgepackte Wässer, z. B. aromatisierte Wasser	11	0,12	0,12	0,12	0,12

¹ Die Wasserproben wurden in der Zeit zwischen Dezember 1995 und Februar 1996 auf dem kanadischen Markt gezogen.

² RO = Wasser aus Umkehrosmoseanlagen (reverse osmosis water)

Frühere Untersuchungen über Thalliumgehalte in 17 auch auf dem deutschen Markt erhältlichen Mineralwässern ergaben Werte zwischen der Bestimmungsgrenze von 0,6 µg/L, einem Mittelwert von 1,47 µg/L und einem Maximalwert von 3,5 µg/L (Korkisch und Steffan, 1979). Belastungen in Höhe von 15 µg Thallium pro Liter sind deshalb als außergewöhnlich hoch zu bezeichnen. Andere natürliche Mineralwässer, die an anderen Quellorten gewonnen wurden, wiesen mit einer Ausnahme (0,9 µg/L) nur Thalliumgehalte unter 0,5 µg/L auf.

Damit kann man rein rechnerisch davon ausgehen, dass sich bei täglichem Konsum von einem Liter der extrem hoch mit Thallium belasteten Mineralwässer die durchschnittliche Thalliumaufnahme von 2 µg/Tag (Deutschland) bzw. 5 µg/Tag (Tabelle 1) um etwa diesen Betrag auf 17 µg/Tag bzw. 20 µg/Tag erhöhen würde. Das entspräche einer täglichen Thalliumaufnahme von 0,24 µg/kg KG für Männer (70 kg Körpergewicht) oder 0,29 µg/kg KG für Frauen (58 kg Körpergewicht) bzw. 0,29 µg/kg KG für Männer oder 0,34 µg/kg KG für Frauen (vgl. Tabelle 5).

3.1.4 Risikocharakterisierung

Trotz der spärlichen Datenlage haben einige Autoren und Gremien versucht, für die gesundheitlichen Risiken, die sich aus einer chronischen Thalliumaufnahme ergeben könnten, toxikologische Eckwerte abzuschätzen: Die tödliche Dosis liegt bei etwa 10 Milligramm pro Kilogramm Körpergewicht (10 mg/kg KG), die Dosen, bei denen Vergiftungen beobachtet wurden, beginnen bei 1,5 mg/kg KG (WHO-IPCS, 1996) und die Dosis, bei der – auch bei langfristiger Aufnahme – nicht mit nachteiligen gesundheitlichen Effekten zu rechnen ist, wird mit 0,08 Mikrogramm pro Kilogramm Körpergewicht (0,08 µg/kg KG) angegeben (EPA-IRIS, 1990).

Als Bewertungskriterium für die Risikoabschätzung der Thalliumaufnahme wird unter anderem die renale Thalliumausscheidung herangezogen. Nicht exponierte Personen scheiden im Mittel 0,3-0,4 µg TI pro Liter Harn und Tag aus. In der Umgebung eines Thallium emittierenden Betriebes fanden sich bei der betroffenen Bevölkerung Ausscheidungsraten von 0,1 µg/L bis zu 76,5 µg/L bei einem Mittelwert von 5,2 µg/L. Anhand der Auswertung der wenigen existierenden experimentellen Untersuchungsergebnisse wird angenommen, dass die Erhöhung der normalen renalen Ausscheidungsrate um das 15-fache mit ersten nachteiligen Effekten verbunden ist. Das Expertengremium der Weltgesundheitsorganisation (WHO) für die Anfertigung der „Environmental Health Criteria for Thallium“ (EHC) kam zu dem Schluss, dass Thalliumexpositionen, die renale Thalliumausscheidungen unter 5 µg/L Harn bewirken, keine nachteiligen gesundheitlichen Effekte verursachen. Die gesundheitliche Relevanz von Ausscheidungsraten zwischen 5 und 500 µg/L Harn bleibt unklar, während Konzentrationen im Harn über 500 µg/L mit klinisch manifesten Vergiftungen einhergehen. Eine renale Thalliumausscheidung in Höhe von 5 µg/L Harn korrespondiert mit einer Thalliumaufnahme von etwa 10 µg TI in Form von löslichen Verbindungen (WHO-IPCS, 1996).

Das WHO-Expertengremium sah sich in Ermangelung einer ausreichend großen Zahl von aussagekräftigen Untersuchungen nicht in der Lage, einen toxikologisch begründeten Grenzwert für die sichere tägliche Thalliumaufnahme zu nennen, empfahl aber, die Aufnahme so zu beschränken, dass die renale Thalliumausscheidung den Wert von 5 µg/L Harn nicht überschreitet. Daraus lässt sich folgern, dass die tägliche Thalliumaufnahme den Wert von 10 µg in Form von löslichen Verbindungen (z. B. 12,5 µg Thalliumsulfat) nicht überschreiten sollte.

Im „Human-Biomonitoring“ des Umweltbundesamtes werden keine Referenzwerte für Thallium im Harn der deutschen Bevölkerung genannt. Solche Werte finden sich aber in einer ent-

sprechenden Aufstellung des Institutes für Umweltanalytik und Humantoxikologie. Sie liegen im Durchschnitt bei 0,1-0,3 µg/L mit einer Obergrenze von 1 µg/L (ITox, 2004).

Die US-amerikanische Umweltbehörde (Environmental Protection Agency, EPA) leitete 1986, ausgehend von einer 90 Tage währenden Toxizitätsstudie mit Ratten, für Thalliumsulfat einen NOAEL (No Observed Adverse Effect Level = Menge, die keine gesundheitsschädlichen Wirkungen hat) in Höhe von 0,25 mg/kg KG und Tag ab. Das entspricht einer Thalliumaufnahme von etwa 0,20 mg/Tag. Unter Anwendung eines Unsicherheitsfaktors von 3000¹ wird eine RfD² in Höhe von 0,00008 mg/kg KG abgeleitet (EPA-IRIS, 1990). Das sind 0,08 Mikrogramm pro Kilogramm Körpergewicht (0,08 µg/kg KG).

Weiter oben, im Abschnitt „Exposition“, wurde dargestellt, dass die Thalliumaufnahme bei Konsum der in Rede stehenden Mineralwässer bis zu 0,24 µg/kg KG für Männer (70 kg Körpergewicht) oder 0,29 µg/kg KG für Frauen (58 kg Körpergewicht) beziehungsweise 0,29 µg/kg KG für Männer oder 0,34 µg/kg KG für Frauen betragen kann. Diesen Werten stehen einerseits die toxikologischen Eckwerte einer sicheren Aufnahme der EPA in Höhe von 0,08 µg/kg KG gegenüber und andererseits die des WHO-Gremiums von 0,14 µg/kg KG für Männer oder 0,17 µg/kg KG für Frauen (Tabelle 5).

Tabelle 5: Abschätzung der zusätzlichen Thalliumaufnahme mit natürlichem Mineralwasser, das 15 µg Tl/L enthält im Vergleich zu toxikologischen Eckwerten

Normale Thalliumaufnahme	Thallium Gesamtaufnahme inkl. Mineralwasser mit 15µg/L		WHO-EHC Toxikologischer Eckwert ¹		EPA Toxikologischer Eckwert ²
	Männer	Frauen	Männer	Frauen	Person
2 µg/Tag	0,24 µg/kg KG	0,29 µg/kg KG	0,14 µg/kg KG	0,17 µg/kg KG	0,08 µg/kg KG
5 µg/Tag	0,29 µg/kg KG	0,34 µg/kg KG	0,14 µg/kg KG	0,17 µg/kg KG	0,08 µg/kg KG

¹ WHO-IPCS, 1996

² EPA-IRIS, 1990

Aus diesem Vergleich wird deutlich, dass ein längerfristiger Konsum der in Rede stehenden Mineralwässer toxikologisch nicht zu rechtfertigen wäre und verhindert werden sollte. Der Bezug der toxikologischen Eckwerte auf das Körpergewicht lässt auch erkennen, dass Verbraucher mit geringerem Körpergewicht ebenso wie Kinder und Jugendliche in stärkerem Maße gefährdet sein könnten.

3.2 Handlungsrahmen/Maßnahmen

3.2.1 Grenzwerte

Weder die Mineral- und Tafelwasser-Verordnung noch die Trinkwasser-Verordnung 2001 nennen Grenzwerte für Thallium. Dasselbe gilt für die Empfehlungen der WHO zur Trinkwasserqualität. Die US-EPA nennt in ihren „Drinking Water Standards“ eine Höchstmenge

¹ 10 für die Extrapolation von subchronischen Wirkungen zu chronischen, 10 für Unterschiede innerhalb der Spezies, 10 für Unterschiede zwischen den Spezies und 3 für das Fehlen einer ausreichend großen Zahl von aussagekräftigen Reproduktionsdaten und Daten zur chronischen Toxizität.

² Oral Reference Dose (RfD) = Die Dosis, von der angenommen wird, dass sie für die Bevölkerung lebenslang (einschließlich empfindlicher Untergruppen) kein nennenswertes Risiko darstellt (EPA-Definition).

für Thallium (Maximum Contaminant Level, MCL) in Höhe von 0,002 mg/L (2 µg/L) bei einem Konsum von 2 Litern pro Tag. Die EPA betrachtet einen Wert von 0,007 mg/L (7 µg/L) für ein 10 kg schweres Kind noch als „sicher“, wenn die Exposition (1 Liter pro Tag) nicht länger als 7 Jahre andauert.

Die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) ist gerade dabei, so genannte „Geringfügigkeitsschwellenwerte“ (GFS) für das Grundwasser abzuleiten, die der bundeseinheitlichen Bewertung von Grundwasserverunreinigungen dienen sollen. Für Thallium wird unter Heranziehung derselben toxikologischen Eckwerte eine GFS in Höhe von 0,8 µg/L vorgeschlagen. Dieser Wert wird allerdings unter Verwendung der bei der Festlegung von Wasserwerten üblichen Annahmen errechnet und kann nicht ohne weiteres auf Mineralwasser übertragen werden. Die Annahmen lauten: Eine Person mit einem Körpergewicht von 70 kg nimmt täglich 2 Liter Trinkwasser pro Tag zu sich, wobei das Trinkwasser den TDI (Tolerable Daily Intake) zu 10% ausschöpfen darf (allocation = 10%).

3.2.2 Empfehlungen

Mineralwässer, die für den menschlichen Konsum bestimmt sind, sollten aus toxikologischer Sicht maximal nur so viel Thallium enthalten, dass die zu erwartende Gesamtaufnahme aus allen Quellen 10 µg pro Tag und Person nicht überschreitet.

Einer groben Schätzung zufolge würden Mineralwässer, die für den menschlichen Konsum bestimmt sind, dieser Forderung nur dann gerecht werden, wenn sie unter der Annahme eines täglichen Mineralwasserkonsums von einem Liter weniger als 5 Mikrogramm Thallium pro Liter (5 µg TI/L) enthielten. Allerdings sollten Verbraucher, die aufgrund ihrer beruflichen Tätigkeit bereits stärker belastet sind oder in besonders thalliumexponierten Gegenden leben, nur Mineralwässer konsumieren, die deutlich weniger Thallium enthalten. In solchen Fällen wäre es unter der Annahme eines täglichen Mineralwasserkonsums von einem Liter akzeptabel, wenn die Thalliumgehalte in Mineralwässern für diesen Verbraucherkreis unterhalb der doppelten GFS blieben. Das wären aufgerundet weniger als 2 Mikrogramm pro Liter (< 2 µg/L).

4 Referenzen

ATSDR (1992) Toxicological Profile for Thallium. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S. Public Health Service, July 1992.

Bambach G und Klemm W (1997) Zur Analyse von Thallium in Böden und Gewässersedimenten. Poster zum 13. ICP-MS Anwendertreffen in Geesthacht.

Crößmann G (1984) Thallium – eine neue Umweltkontaminante? *Angew. Botanik* 58, 3-10.

Dabeka RW, Conacher HBS, Lawrence JF, Newsome WH, McKenzie A, Wagner HP, Chadha RKH, Pepper K (2002) Survey of bottled drinking waters sold in Canada for chlorate, bromide, bromate, lead, cadmium, and other trace elements. *Food Additives and Contaminants* 19 (8), 721-732.

Eisenbrand G und Metzler M (1994) Thallium. In: *Toxikologie für Chemiker - Stoffe, Mechanismen, Prüfverfahren*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart S. 250.

EPA (1980) Ambient water quality criteria for thallium. Washington, DC. U.S. Environmen-

tal Protection Agency, Office of Water Regulation and Standards. EPA-440/5-80-074. NTIS No. PB81-117848.

EPA-IRIS (1990) Thallium(I) sulfate (CASRN 7446-18-6). Integrated Risk Information System

Online verfügbar unter: <http://www.epa.gov/iris/subst/0116.htm>

Gehring PJ, Hammond PB (1967) The interrelationship between thallium and potassium in animals. *The Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics* 155, 187-201.

Itox (2004) Wertsetzungen im Bereich des Human - Biomonitorings (Blut und Urin). Institut für Umweltanalytik und Humantoxikologie. <http://www.bbges.de/itox/biom1.htm>

Kazantzis G (1986) Thallium. In: Friberg L, Nordberg GF, Vouk VB (Hrsgg) *Handbook on the Toxicology of Metals, second Edition Vol II: Specific Metals*. Elsevier, Amsterdam-New York-Oxford.

Korkisch J, Steffan I (1979) Determination of Thallium in natural waters. *Int J Environ Anal Chemistry* 6 (2), 111-118.

PflSchAnwV (1992) Verordnung über Anwendungsverbote für Pflanzenschutzmittel (Pflanzenschutz-Anwendungsverordnung), Anlage 2 zu den §§ 2, 4 und 5 Abs. 2 Nr. 7. BGBl 1 S. 1887.

Richter O (1999) Thallium in Lebensmitteln. *Ernährungsumschau* 46 (10), 360-364.

Sherlock JC, Smart GA (1986) Thallium in foods and the diet. *Food Additives and Contaminants* 3, 363-370.

UBA (2002) Umwelt-Survey 1998, Band III WaBoLu-Hefte Nr. 01/2002. Human-Biomonitoring Stoffgehalte in Blut und Urin der Bevölkerung in Deutschland.

UK-FSA (2003) Safe Upper Levels for Vitamins and Minerals. UK-Food Standards Agency. Expert Group on Vitamins and Minerals, 300.

WHO-IPCS (1996) Thallium. *Environmental Health Criteria* No 182. World Health Organization, Geneva.

Zartner-Nyilas G, Valentin H, Schaller KH, Schiele R (1983) Thallium - ökologische, umweltmedizinische und industrielle Bedeutung. *Agrar- und Umweltforschung in Baden-Württemberg* Band 3, Eugen Ulmer Verlag Stuttgart.