

Umweltmedizinisch-toxikologische Bewertung von Boden-, Luft- und Grundwasserverunreinigungen durch BTEX und Quecksilber, die infolge von Leckagen an einer Lagerstättenwasserleitung der Erdgas-Bohrstelle Söhlingen Z3 aufgetreten sind

Gutachterliche Stellungnahme

Professor Dr. Ulrich Ewers, Gelsenkirchen
Dr. Hermann Kruse, Kiel

Ausgangssituation und Fragestellung

Im Zusammenhang mit der Erdgasförderung in Niedersachsen ist es durch Leckagen an der Lagerstättenwasserleitung Nr. 582 in der Nähe der Bohrstellen im Söhlinger Feld zu einer Kontamination von Erdreich und Grundwasser durch Benzol, Toluol, Xylol und Ethylbenzol (BTEX) sowie durch Quecksilber gekommen. Der Sachverhalt und die vorliegenden Messwerte werden als bekannt vorausgesetzt. Auf eine detaillierte Darstellung wird daher an dieser Stelle verzichtet.

Auftragsgemäß soll aus umweltmedizinisch-toxikologischer Sicht zu folgenden Fragen Stellung genommen:

- Kann die durch die Leckagen bedingte Freisetzung von Benzol, Toluol, Xylol und Ethylbenzol (BTEX) sowie auch von Quecksilber zu einer erhöhten Belastung der im näheren Umfeld lebenden Bevölkerung durch diese Schadstoffe geführt haben?
- Sind die Blutbefunde bei drei im Umfeld der Leckagestellen lebenden Personen auf die Freisetzung von Benzol und Quecksilber aus den undichten Lagerstättenwasserleitungen zurückzuführen?
- Kann von den im Blut nachgewiesenen BTEX- und Quecksilberkonzentrationen auf eine gesundheitsschädliche Schadstoffbelastung geschlossen werden?

Beurteilungsgrundlagen

Für die Erarbeitung dieser Stellungnahme standen den Unterzeichnern folgende Unterlagen zur Verfügung:

- Dr. Köhler & Dr. Pommerening – Ing.-Büro für Geotechnik Hydrogeologie und Umwelt: Leckage der EMPG LaWa – Leitung 582: Söhlingen Z3 – Betriebsplatz Söhlingen. Sachstand 04.11.2008.
- ExxonMobil: Leckage der LaWa-Leitung Nr. 582: Söhlingen Z3 – Betriebsplatz Söhlingen. Zeitraum 08.12.2008 – 22.12.2008. EMES/C. Jarosz. Präsentation
- Golder Associates: Grundwassermonitoring September 2011. Bericht zu Projekt Nr. 11505161026 vom 10.11.2011. Auftraggeber: ExxonMobil Production Deutschland GmbH.
- Luftaufnahmen des Bohrplatzes Söhlingen mit Darstellung des Verlaufes der LaWa-Leitung und der Lage der Grundwassermessstellen.
- RWE Dea: Bürgerinformation Völkersen.
Internet: <http://www.rwe.com/web/cms/de/1260112/rwe-dea-buergerinformation-voelkersen/rwe-dea-ag-buergerinformation-voelkersen/>
- LBEG (= Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen: Erdgasförderung – LBEG untersagt Weiterbetrieb von potentiell unsicheren Rohrleitungen. Pressemitteilung vom 21.01.2011. Internet: <http://www.rwe.com/web/cms/de/1260112/rwe-dea-buergerinformation-voelkersen/rwe-dea-ag-buergerinformation-voelkersen/>
- Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr: Antwort von Wirtschaftsminister Jörg Bode auf die mündliche Anfrage des Abgeordneten Ralf Borngräner (SPD), betreffend ExxonMobil – Bergrecht. Sitzung des Niedersächsischen Landtages am 17.03.2011 – TOP 35.
- Internetseite „Gegen Gasbohren...“ der Vereinigung der Initiativen gegen unkontrollierte Erdgassuche und Hydraulic "Fracking" Fracturing in Deutschland.
<http://www.gegen-gasbohren.de/>

- Ergasfeld Söhlingen – Immissionsmessungen. Vorläufige Zwischenergebnisse
Februar – April 2012. Notiz Nr. M95344/NO2 vom 21.05.2012
- Befundbericht des LADR GmbH Medizinisches Versorgungszentrum Dr. Kramer
und Kollegen, 21502 Geesthacht vom 26.01.2011. Labor Nr. 9910364048
- Befundbericht des Medizinischen Labors Bremen Dr. Wittke und Kollegen vom
02.02.2011. Auftrag Nr. BP KA21 2331

Am 09. Mai 2012 führte einer der Unterzeichner (H. Kruse) eine Ortbesichtigung und ein Gespräch mit der betroffenen Familie S. durch. Hierzu liegt folgender Bericht von Dr. Kruse vor:

„Nach telefonischer Anmeldung habe ich (H. Kruse) am 09.05.2012 von 13.00 h – 17.00 h das Erdgas-Bohrfeld Söhlingen besichtigt und anschließend mit der betroffenen Familie S. gesprochen. Das 1,4 ha große Grundstück der Familie S. liegt idyllisch völlig separat an einem kleinen Bach inmitten der Erdgas-Bohrplätze des Söhlinger Feldes. Die Familie hält sich dauerhaft auf dem Grundstück auf. Das Wohnhaus der Familie liegt ca. 300 m vom zentralen Betrieb der Firma Exxon Mobil entfernt.

Nach Angaben der Familie S. betreibt Exxon Mobil die Erdgasförderung in Söhlingen seit dem Jahre 1995. Auffällig sind mehrere Abfackelschornsteine, die häufig aktiv sind. Unangenehme Gerüche sind oft wahrnehmbar. In unmittelbarer Umgebung des Grundstücks der Familie S. befinden sich mindestens drei Ergas-Förderstellen, die mittels PE-Rohre mit dem Hauptwerk verbunden sind. Wo die Rohre im Einzelnen verlaufen, ist der Familie nicht bekannt. Vermutet wird ein Rohr in unmittelbarer Grenze zum Grundstück der Familie S.. Nach einem intensiven Gespräch zu Expositionsquellen für BTEX und Quecksilber im persönlichen und privaten Bereich, händigte Herr S. mir anliegende Luftbildanalyse aus, auf der er 8 Punkte eintrug: (1): Anwesen der Familie S., (2): Erdgasförderstelle mit häufiger Gasfreisetzung in die Umwelt, (3): Betriebsgelände der Exxon Mobil, das über die weiß eingetragenen Linien über PE-Rohre mit den Förderstellen verbunden ist, (4): Gasförderstelle, (5): Luftmeßstelle, (6): Sanierte Schadstelle, (7): Sanierte Baugrube, (8): Luftmeßstelle.

Zusammenfassend stelle ich fest, dass das Grundstück der Familie S. mitten im Bohrfeld der Exxon Mobil liegt und über zahlreiche Quellen gegenüber den Emissionen der Firma exponiert ist.“

Kann die durch die Leckagen bedingte Freisetzung von Benzol, Toluol, Xylol und Ethylbenzol (BTEX) sowie auch von Quecksilber zu einer erhöhten Belastung der im näheren Umfeld lebenden Bevölkerung durch diese Schadstoffe geführt haben?

BTEX und Quecksilber bzw. Quecksilberverbindungen können durch Einatmung, Verschlucken oder Hautkontakt in den menschlichen Organismus gelangen.

Die Aufnahme der Schadstoffe durch Hautkontakt ist in den beiden vorliegenden Fällen auszuschließen, da offenkundig kein Anwohner mit kontaminiertem Boden oder kontaminiertem Grundwasser in Kontakt kommt.

Die Aufnahme der Schadstoffe durch Verschlucken kann z.B. durch kontaminiertes Trinkwasser erfolgen, das aus kontaminiertem Grundwasser gewonnen wird. Auch dieser Expositionspfad ist in den vorliegenden Fällen unwahrscheinlich, da eine nachweisbare Kontamination des Grundwassers durch BTEX auf das engere Umfeld der Leckagestellen nach den vorliegenden Unterlagen im Umfeld der Leckagestellen begrenzt ist. Im weiteren Umfeld vorhandene Eigenversorgungsanlagen und Trinkwassergewinnungsanlagen sind bisher nicht davon betroffen.

Die Aufnahme von BTEX und Quecksilber bzw. Quecksilberverbindungen durch Einatmung ist wie folgt zu beurteilen:

Die Lagerstättenwasserleitungen sind in 1 – 2 m Tiefe im Boden verlegt. Im Nahbereich von Leckagestellen treten nachweislich hohe Konzentrationen von BTEX und Quecksilber bzw. Quecksilberverbindungen im Boden auf wie die vorliegenden Messergebnisse zeigen. Im Falle von Benzol und den anderen aromatischen Kohlenwasserstoffen ist eine rasche Verlagerung in das Grundwasser zu erwarten. Die austretenden Quecksilberverbindungen bzw. das Quecksilber dürften deutlich weniger mobil sein und durch Bindung an Bodenpartikel vornehmlich im Nahbereich der Leckagestellen verbleiben. Dass aus den Leckagestellen elementares Quecksilber freigesetzt wird, ist nach Einschätzung der Unterzeichner als unwahrscheinlich einzustufen.

Das im Boden und Grundwasser befindliche Benzol geht teilweise in die Bodenluft über und gelangt über die Bodenluft in die Außenluft. Die Freisetzungsrates ist aufgrund der im Boden und Grundwasser vorherrschenden Temperaturen, die im Bereich von 10 – 15 °C liegen, gering. In der Atmosphäre findet, insbesondere bei windstarken Wetterlagen, eine starke Verdünnung statt.

Quecksilberverbindungen sind nicht flüchtig. Eine Freisetzung in die Atmosphäre findet daher nicht statt. Für elementares Quecksilber gilt dies nicht.

Diese Feststellungen werden prinzipiell durch die Ergebnisse der von Februar bis April 2012 von Müller BBM durchgeführten Immissionsmessungen bestätigt. Diese Messungen wurden im Auftrag des niedersächsischen Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie an drei Messpunkten im Umfeld der Leckage-Stellen durchgeführt. Die Probenahmen für die BTEX-Messungen erfolgten mittels Passivsammler jeweils über einen Monat. Nach dem jüngsten uns vorliegenden Zwischenbericht vom 21.05.2012 liegen Monatsmittelwerte für die Monate Februar, März und April 2012 vor. Diese liegen an allen drei Messpunkten in einem für ländlich geprägte Siedlungsgebiete typischen Bereich und sind nicht als auffällig erhöht einzustufen. Allerdings muss darauf hingewiesen werden, dass die Blutanalysen im Januar bzw. März 2011 durchgeführt wurden. Für diesen Zeitpunkt liegen keine Luftanalysen vor.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass von den zwischen Februar und April 2012 in der Luft nachgewiesenen BTEX- und Quecksilberkonzentrationen keine erhöhten Blutkonzentrationen bei den Betroffenen ausgehen können. Ein Bodenkontakt entfällt; auch eine Exposition über das Trinkwasser ist bei der betroffenen Familie nicht gegeben. Ob zum Zeitpunkt der Blutentnahme (Januar und März 2011) die Luftkontaminationen im Umfeld der damals noch nicht sanierten Flächen ähnlich niedrig waren, vermögen wir nicht zu beurteilen.

Die v.g. Feststellungen gelten nicht für Personen, die mit der Durchführungen von Sanierungsmaßnahmen im Bereich der Leckagestellen beschäftigt sind. Für diese Personen gelten die gesetzlich vorgeschriebenen und die von den Berufsgenossenschaften vorgeschriebenen Arbeitsschutz- und Überwachungsmaßnahmen.

Sind die Blutbefunde bei drei im Umfeld der Leckagestellen lebenden Personen auf die Freisetzung von Benzol und Quecksilber aus den undichten Lagerstättenwasserleitungen zurückzuführen?

Messwerte

Herrn Dr. Kruse wurden am 09.05.2012 anlässlich des Ortstermins die Ergebnisse der Blutanalysen auf BTEX und Quecksilber für das Ehepaar und deren erwachsene Tochter für diese Auswertung zur Verfügung gestellt. Die der Ehefrau am 21.01.2011 entnommene Blutprobe wurde vom Medizinischen Labor Bremen analysiert. Die dem Ehemann am 20.01.2011 entnommene Blutprobe wurde vom Labor Kramer untersucht. Im weiteren Verlauf ließen sich der Ehemann und die Tochter auch am 28.03.2011 Blut entnehmen, das vom Medizinischen Labor Bremen auf die o.g. Schadstoffe analysiert wurde.

Die in den Befundberichten angegebenen Messwerte sind wie folgt:

Parameter	Material	Einheit	Ehemann** (20.01.2011)	Ehefrau* (21.01.2011)	Ehemann* (28.03.2011)	Tochter* (28.03.2011)
Quecksilber	Blut	µg/l	1,3	1,4	1,4	1,3
Benzol	Blut	µg/l	0,7	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Toluol	Blut	µg/l	3,6	< 1,0	< 0,5	< 1
Ethylbenzol	Blut	µg/l	< 0,5	k.A.	< 1,0	< 1
Xylol	Blut	µg/l	0,7	< 1,0	< 1,0	< 1

k.A. = keine Angabe.

* = Medizinisches Labor Bremen

** = Labor Kramer

Die Befragung der Betroffenen durch Dr. Kruse ergab, dass die drei Personen sich häufig ganztägig auf dem Grundstück aufhalten, bei geeignetem Wetter tagsüber überwiegend draußen. Alle drei Personen sind Nichtraucher. Keine Person hat Amalgamzahnfüllungen. Fische, die häufig erhöhte Quecksilberbelastungen aufweisen, wurden letztmalig 3 - 4 Wochen vor der Blutentnahme verzehrt. Es bestand vor der Blutentnahme weder Umgang mit Waschbenzin (Reinigung) noch mit Benzin (tanken bzw. Rasen mähen). Die Blutproben wurden etwa 15 - 30 min nach Verlassen des Grundstücks von einem Arzt entnommen. Die Angaben sind aus Sicht des Befragenden glaubhaft und nicht infrage zu stellen.

Bewertung anhand von Referenz- und Vergleichswerten

Bezugsgrößen für die Beurteilung von Schadstoffkonzentrationen im Blut oder Urin sind im ersten Schritt sog. Referenzwerte, welche die obere Grenze der Hintergrundbelastung markieren, der die gesamte Bevölkerung ausgesetzt ist. Referenzwerte werden in sog. Referenzwertstudien ermittelt, bei denen Blut- und/oder Urinproben einer möglichst repräsentativen Stichprobe der Allgemeinbevölkerung auf bestimmte Parameter untersucht werden. Aus der Verteilung der Konzentrationswerte eines Parameters wird der 95. Perzentilwert ermittelt und als Referenzwert definiert.

Zur Einordnung erhobener Messwerte können auch die Konzentrationsverteilung und der Median-Wert – das ist der mittlere Wert der Aufreihung der Messwerte in steigender

Konzentration – herangezogen werden. Ein deutliches Überschreiten des Medians weist auf eine überdurchschnittliche Schadstoffexposition hin.

Eine toxikologische Beurteilung ist anhand von Referenzwerten nicht möglich. Hierfür sind die sog. HBM-Werte der Kommission-Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes heranzuziehen.

Die Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes hat für Quecksilber im Blut von Erwachsenen folgenden Referenzwert festgelegt:

- Erwachsene (18 bis 69 Jahre), Fischkonsum bis dreimal im Monat: 2,0 µg/l.

Die Ableitung des Referenzwertes beruht auf Daten, die im Rahmen des Umwelt-Survey 1998 erhoben wurden. Dabei wurde für Quecksilber im Blut ein Medianwert von 0,6 µg/l ermittelt.

Für Benzol im Blut hat die Kommission Human-Biomonitoring keinen Referenzwert festgelegt. Dies erscheint auch nicht sinnvoll, da die Benzol-Konzentrationen im Blut je nach aktueller Exposition sehr variabel sind und stark schwanken. Die inhalative, orale und/oder dermale Exposition führt innerhalb weniger Minuten zu einem Anstieg der Benzolkonzentration im Blut, die nach Ende der Exposition innerhalb von wenigen Stunden wieder auf das Ausgangsniveau absinkt, da Benzol durch Abatmung und Verstoffwechslung in der Leber rasch wieder aus dem Blut verschwindet. Ältere Untersuchungen von Ende der 1980er Jahre (Hajimiragha et al., 1989), an denen einer der Unterzeichner beteiligt war, ergaben, dass die „Basis-Konzentration“ von Benzol im Blut von Nichtrauchern im Mittel etwa 0,2 µg/l beträgt; Einzelwerte reichen bis etwa 0,5 µg/l. Bei Tabakrauchern betragen die Benzolkonzentrationen im Blut im Mittel etwa 0,5 µg/l. Einzelwerte können bis etwa 1,0 µg/l betragen. Ähnliche Werte wurden in einer italienischen Studie gefunden (Brugnone et al., 1999).

Für Toluol, Ethylbenzol und Xylol, die ebenso wie Benzol rasch aufgenommen und wieder ausgeschieden werden, wurden in der v.g. Studie folgende Mittelwerte und Höchstwerte gefunden:

Toluol:

- Nichtraucher: Mittelwert: 1,2 µg/l, Höchstwert: 4,6 µg/l.
- Raucher: Mittelwert: 2,0 µg/l; Höchstwert: 3,8 µg/l.

Ethylbenzol:

- Nichtraucher: Mittelwert: 0,5 µg/l, Höchstwert: 2,3 µg/l.
- Raucher: Mittelwert: 0,7 µg/l; Höchstwert: 2,7 µg/l.

Xylol

- Nichtraucher: Mittelwert: 1,5 µg/l, Höchstwert: 7,0 µg/l.
- Raucher: Mittelwert: 1,9 µg/l; Höchstwert: 4,1 µg/l.

Bezugnehmend auf die vorangehenden Ausführungen können die Ergebnisse der Blutuntersuchungen wie folgt bewertet werden:

Bei dem Ehemann lag die Benzolkonzentration am 20.01.2011 geringfügig über der als Referenzwert für Nichtraucher anzusehenden Konzentration von 0,5 µg/l., bei der im März 2011 durchgeführten Blutuntersuchung aber im Referenzbereich. Die Toluol-Konzentration im Blut war 20.01.2011 ebenfalls leicht erhöht, lag bei der im März 2011 durchgeführten Blutuntersuchung aber im Referenzbereich. Die Konzentrationen von Ethylbenzol und Xylol lagen im Januar 2011 und im März 2011 in dem für Nichtraucher typischen Bereich.

Bei der Ehefrau und der Tochter liegen die Konzentrationen von Benzol, Toluol, Ethylbenzol und Xylol im Blut in dem für Nichtraucher typischen Bereich. Eine erhöhte Belastung durch diese Schadstoffe lag zum Zeitpunkt der Blutentnahme nicht vor.

Die Quecksilberkonzentrationen im Blut liegen bei den drei Personen deutlich unterhalb des Referenzwertes für Erwachsene und damit im Bereich der für die deutsche Bevölkerung typischen Hintergrundbelastung. Die Werte sind etwa doppelt so hoch wie der im Rahmen des Umwelt-Survey 1998 ermittelte Medianwert und deuten damit auf eine überdurchschnittliche Quecksilberbelastung hin. Anzumerken ist an dieser Stelle, dass es sich bei dem im Blut nachweisbaren Quecksilber überwiegend um organische Quecksilberverbindungen handelt. Hauptquelle der Exposition ist in der Regel der Verzehr von Quecksilber-haltigem Fischfleisch.

Kann von den im Blut nachgewiesenen Benzol-, Toluol- und Quecksilber-Konzentrationen auf ein gesundheitsschädliche Schadstoffbelastung geschlossen werden?

Für Quecksilber im Blut hat die HBM-Kommission einen HBM I – Wert von 5 µg/l und einen HBM II-Wert von 15 µg/l festgelegt. Diese Werte wurden abgeleitet für Frauen im gebärfähigen Alter. Die Anwendung wird jedoch auch für andere Gruppen (Kinder, Erwachsene) empfohlen.

Der HBM I – Wert kennzeichnet Konzentrationen, bei deren Unterschreitung nach derzeitigem Kenntnisstand keine gesundheitsschädliche Belastung durch den jeweiligen Schadstoff vorliegt.

Die im Blut der drei Personen gemessenen Quecksilberkonzentrationen liegen deutlich unterhalb des HBM I-Wertes. Eine gesundheitsschädliche Belastung besteht daher nicht.

Für Benzol, Toluol, Ethylbenzol und Xylol im Blut liegen keine wissenschaftlich begründeten HBM-Werte vor. Die gemessenen Konzentrationen liegen in dem für Nichtraucher typischen Bereich der Hintergrundbelastung. **Eine gesundheitsschädliche Belastung durch diese Stoffe besteht nach Auffassung der Unterzeichner ebenfalls nicht.**

Zusammenfassung *

Das Vorkommen von BTEX und Quecksilber im Boden und im Grundwasser im Bereich der Leckage-Stellen von Lagerstättenwasserleitungen an der Bohrstelle Söhlingen Z3 ist nicht mit einer erhöhten BTEX- und Quecksilberexposition von Menschen, die in der Umgebung wohnen oder sich vorübergehend aufhalten, verbunden. Entsprechend sind im Zusammenhang damit auch keine erhöhten Konzentrationen von BTEX und/oder Quecksilber im Blut dieser Personen zu erwarten. Die Ergebnisse der im Januar 2012 bei drei Personen durchgeführten Blutuntersuchungen auf BTEX und Quecksilber zeigen, dass bei diesen Personen zum Zeitpunkt der Blutentnahme keine auffällig erhöhte Exposition gegenüber diesen Schadstoffen vorgelegen hat. Die Ergebnisse der Blutuntersuchungen geben **keine Hinweise auf eine gesundheitsschädliche Belastung durch diese Stoffe**

Ergänzendes Votum des Gutachters Dr. Kruse:

Die durch Leckagen der Lagerstättenwasserleitungen (PE-Rohre) verursachten hohen Belastungen des Bodens und des Grundwassers gegenüber BTEX und Quecksilber an der Bohrstelle Z3 in Söhlingen wurden 2011 durch großflächigen Bodenaustausch saniert. Monatliche Luftsammelproben an drei Messpunkten nahe des Sanierungsfeldes zeigen im Februar, März und April **des Jahres 2012** keine auffällig erhöhten BTEX- und Quecksilber-Werte an. Von den gemessenen Luftkonzentrationen gehen keine

Belastungen der in der Nähe wohnenden Menschen aus. Eine Exposition über den Trinkwasserpfad scheidet ebenfalls aus, wenn das Trinkwasser nicht aus Hausbrunnen gewonnen wird.

Bei einer auf einem 1,4 ha großen Grundstück ca. 250 m vom Sanierungsfeld entfernt wohnenden Familie (Vater, Mutter und Tochter) wurden im **Januar und März 2011** Blutproben auf BTEX und Quecksilber **unmittelbar** nach dauerhaftem Aufenthalt auf dem Grundstück analysiert. Die gemessenen Werte unterschreiten Referenzwerte, liegen allerdings teilweise oberhalb medianer Konzentrationen der Normalbevölkerung (Benzol bei dem Ehemann; Quecksilber bei allen Familienmitgliedern).

Eine Vor-Ort-Befragung der Probanden ergab, dass bekannte Expositionsquellen für BTEX und Quecksilber ausgeschlossen werden können.

Da zum Zeitpunkt der Blutanalyse keine Luftanalysen vorliegen – evtl. erhöhte Luftkontaminationen bei der Sanierungsmaßnahme – und wegen der unmittelbaren Nähe des betroffenen Grundstücks zu den Abfackelfahnen des Söhlinger fracking-Feldes, kann ich nicht ausschließen, dass die geringfügigen Blutbelastungen gegenüber Benzol und Quecksilber auf die Leckagen an den PE-Rohren und die Nähe zum Betrieb zurückgeführt werden können.

Fest steht auf der anderen Seite, dass die im Blut nachgewiesenen Fremdstoffkonzentrationen **keine** Hinweise auf Gesundheitsschäden zulassen.

Gelsenkirchen / Kiel, im Juni 2012

Professor Dr. Ulrich Ewers
Hygiene-Institut des Ruhrgebiets
Abt. für Umweltmedizin und Toxikologie

Dr. Hermann Kruse
Institut für Toxikologie der Universität Kiel

Literatur

F. Brugnone, L. Perbellini, L. Romeo, M. Cerpelloni, M. Bianchin, A. Tonello:
Benzene in blood as a biomarker of low level occupational exposure.
Science of The Total Environment 235: 1999; 247–252

H.Hajimiragha, U.Ewers, A. Brockhaus und A.Böttger: Levels of benzene and other
volatile aromatic compounds in the blood of non-smokers and smokers.
Int. Arch. Environ. Health 61:1989; 513-518.

Umweltbundesamt, Bekanntmachung: Aktualisierung der Referenzwerte für Blei,
Cadmium und Quecksilber im Blut und im Urin von Erwachsenen.
Stellungnahme der Kommission „Human-Biomonitoring“ des Umweltbundesamtes.
Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz 2003 · 46:1112–1113.

Umweltbundesamt, Bekanntmachung: Addendum zur „Stoffmonographie Quecksilber –
Referenz- und Human-Biomonitoring-Werte“ der Kommission Human-Biomonitoring des
Umweltbundesamtes.
Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz 2009 · 52:1228–1234.