



09.06.2016

## **Gutachten über eine mögliche Gesundheitsgefährdung der Bevölkerung durch quecksilberbelastete Böden im Gebiet Turtig und Visp**

1. Executive Summary .....	1
2. Hintergrund .....	2
2.1. Auftrag .....	2
2.2. Quecksilberaufnahme über den Boden .....	3
2.3. Quecksilber-Human-Biomonitoring-Werte .....	4
2.4. Stand des Wissens .....	5
2.5. Ziel der Studie .....	6
3. Methoden .....	7
3.1. Studienteilnehmer, Rekrutierung und Datenerhebung .....	7
3.2. Bestimmung von Quecksilber im Biomonitoring .....	8
3.3. Bodenproben .....	8
3.4. Statistische Analysen .....	9
4. Ergebnisse .....	11
4.1. Studienpopulation .....	11
4.2. Biomonitoring-Ergebnisse im Vergleich mit Referenzwerten .....	11
4.2.1. Quecksilber in Urin ( $\mu\text{g/l}$ ) .....	12
4.2.2. Quecksilber in Urin ( $\mu\text{g/g}$ Kreatinin) .....	12
4.2.3. Quecksilber in Haar ( $\mu\text{g/g}$ ) .....	13
4.3. Biomonitoring-Ergebnisse im Vergleich mit gesundheitsbezogenen Werten .....	13
4.4. Weitere Analysen .....	14
5. Andere Untersuchungen .....	16
6. Diskussion & Fazit .....	17
7. Referenzen .....	20
8. Abkürzungsverzeichnis .....	21

## 1. Executive Summary

Im Rahmen der im Gebiet Turtig und Visp entdeckten Quecksilberbelastungen im Boden wurde die Abteilung für Arbeits- und Umweltmedizin der Universität Zürich mit der Erstellung eines Gutachtens über eine mögliche Gesundheitsgefährdung der Bevölkerung durch quecksilberbelastete Böden im betroffenen Gebiet beauftragt.

Das Gutachten beruht primär auf einer umweltepidemiologischen Studie im betroffenen Gebiet, zusätzlich auf Angaben aus der wissenschaftlichen Literatur und aus uns zur Kenntnis gebrachten Ergebnissen von anderen Untersuchungen in diesem Zusammenhang. Für die von uns durchgeführte umweltepidemiologische Studie haben wir den Urin und das Haar von Müttern und deren Kindern auf Quecksilbergesamtgehalte untersucht (Human-Biomonitoring). Daneben wurden die Probanden befragt um mögliche Störfaktoren zu berücksichtigen. Kinder sind neben Frauen im gebärfähigen Alter (wegen möglicher Schwangerschaften) die potentiell gefährdetste Gruppe für Quecksilberwirkungen.

Es wurden 171 Personen aus dem betroffenen Gebiet untersucht und befragt. Im Vergleich mit repräsentativen Human-Biomonitoring-Studien anderer Länder sind die von uns gemessenen Werte unauffällig. Zur Beantwortung der Frage ob es einen Zusammenhang von Quecksilberbodenwerten mit Quecksilberwerten im Urin oder Haar gibt wurden multivariate Analysen genutzt. Es zeigten sich keine Hinweise für einen Zusammenhang von Quecksilberbodenwerten mit Quecksilberwerten im Urin oder Haar. Zusätzlich wurde die wissenschaftliche Literatur auf Studien durchsucht, die in Gebieten mit erhöhten Quecksilberwerten im Boden ein Human-Biomonitoring durchgeführt haben. Keine dieser Studien hat Hinweise gefunden, dass erhöhte Quecksilberbodenwerte auch zu erhöhten Quecksilberwerten im Biomonitoring führen. Allerdings ist die Anzahl an derartigen Studien auch beschränkt. Durch andere Institutionen im Gebiet Grossgrundkanal durchgeführte relevante Untersuchungen zu der Thematik umfassten Quecksilber-Luftmessungen, Analysen von Quecksilber in Grundwasser, sowie die Untersuchung von Quecksilbergehalten von Gemüse aus belasteten Parzellen.

**Insgesamt liessen sich zum jetzigen Zeitpunkt keine Hinweise für eine relevante Gesundheitsgefährdung der Bevölkerung durch Quecksilber aus dem Boden im Rahmen des normalen Umweltkontaktes finden.**

## 2. Hintergrund

### 2.1. Auftrag

Das Departement für Gesundheit, Soziales und Kultur (DGSK) des Kantons Wallis hat die Abteilung Arbeits- und Umweltmedizin des Instituts für Epidemiologie, Biostatistik und Prävention der Universität Zürich (UZH) mit der Erstellung eines Gutachtens über eine mögliche Gesundheitsgefährdung der Bevölkerung durch die quecksilberbelasteten Böden im Raum des Grossgrundkanals beauftragt. Zu diesem Zweck hat das DGSK eine unabhängige, umweltepidemiologische Studie der UZH finanziell unterstützt.

Um eine möglichst breite Expertise zu nutzen, haben wir, insbesondere für die detaillierte Planung und Durchführung der Studie, ein Team von Experten auf den Gebieten Umweltmedizin, Quecksilber-Biomonitoring, Epidemiologie & Biostatistik zusammengestellt. Beteiligt waren PD Dr. med. Stephan Böse-O'Reilly, MPH (LMU München), Experte für Quecksilber-Biomonitoring-Studien im internationalen Bereich; Prof. Dr. Leonhard Held (UZH), Experte für räumliche Analysen & Biostatistik; Dr. Rudolf Schierl (LMU München), Chemiker und Experte für Quecksilberanalysen; Dr. Matthias Bopp, MPH (UZH), Epidemiologe mit sehr guten regionalen Kenntnissen; sowie weitere Mitarbeiter des Instituts für Epidemiologie, Biostatistik und Prävention (EBPI) der UZH (Fr. Dr. Byber, Fr. Dr. Hitzke, Fr. Dr. Muff, Fr. Maggi).

Wir haben regelmässig an den Treffen der Arbeitsgruppe „impacts sanitaires“ teilgenommen. Wir berichteten dort über den Stand unserer Arbeiten und erhielten gleichzeitig wertvolle Informationen von kantonalen Vertretern und der IG Quecksilber. Zur Information der Bevölkerung über die Studie haben wir an der Pressekonferenz am 16.02.2015 über die Quecksilberproblematik in Visp teilgenommen, dort referiert und Fragen von Bürgern und der Presse beantwortet. Die Planung der Studie gestaltete sich aufwändig. Im Laufe der Planung wurden wiederholt neue Details bekannt bzw. waren neue Daten verfügbar.

Der generelle Hintergrund zum Thema „Grossgrundkanal“ wird auf der Internetseite der Dienststelle für Umweltschutz (DUS) wie folgt beschrieben: „Der Grossgrundkanal wurde von der Lonza AG zwischen den 1930iger und Mitte 1970iger Jahren mit industriellen Abwässern belastet. Bei Unterhaltsarbeiten im Zeitraum 1930iger bis Anfangs 1990iger Jahre wurden kontaminierter Schlamm und Sedimente aus dem Grossgrundkanal durch verschiedene Akteure ausgebaggert und in unmittelbarer Nähe sowie auf Drittparzellen abgelagert. Untersuchungen haben gezeigt, dass dadurch die Böschungen des Grossgrundkanals und die Böden in der Talebene zwischen Visp und Niedergesteln teilweise stark mit Quecksilber belastet sind. Zudem wurde bei den Untersuchungen klar, dass einzelne Parzellen auch mit

quecksilberbelastetem Material aufgeschüttet wurden, das nicht aus dem Grossgrundkanal stammt. Abklärungen zur Herkunft dieses Aufschüttungsmaterials laufen.“ (<https://www.vs.ch/de/web/spe/grossgrundkanal>; abgerufen am 12.02.2016). Auf dieser Internetseite befindet sich auch eine Karte mit dem Gesamtüberblick der im Boden gemessenen Quecksilberwerte.

Da sich das Gutachten mit einer möglichen Gesundheitsgefährdung der Bevölkerung durch die quecksilberbelasteten Böden beschäftigt, folgen zum besseren Verständnis hierzu einige Vorbemerkungen.

## 2.2. Quecksilberaufnahme über den Boden

Quecksilber kommt in verschiedenen Formen vor, die sich in ihren chemischen Eigenschaften, der Aufnahme und ihrer Giftigkeit unterscheiden<sup>1</sup>:

- elementares Quecksilber ( $\text{Hg}^0$ )
- anorganisches Quecksilber, (z.B.  $\text{Hg}^{2+}$ )
- organische Quecksilberverbindungen, wie z.B. Methylquecksilber ( $\text{CH}^3\text{Hg}^+$ ).

Die Bodenzusammensetzung (z.B. der Anteil an organischen Quecksilber-Verbindungen am gesamten Quecksilber) hat einen Einfluss auf die Aufnahmemöglichkeit durch den Menschen. In der Regel ist im Boden hauptsächlich anorganisches Quecksilber anzutreffen<sup>2</sup>. Das im Boden gebundene anorganische Quecksilber gilt als wenig bioverfügbar, eine Quecksilber-Aufnahme über belastetes Gemüse ist jedoch möglich.

Kinder sind potentiell stärker dem Quecksilber aus Böden ausgesetzt, da sie sich länger draussen aufhalten, mehr Kontakt mit Erde haben und diese vermehrt verschlucken können (sog. „Hand- und object-to-mouth behaviour“)<sup>3</sup>. Das Quecksilber in den Bodensedimenten könnte im Laufe der Zeit teilweise verdampfen und so auch über die Atmung aufgenommen werden. Kinder spielen öfter am Boden und können somit potentiell mehr Quecksilber einatmen als Erwachsene. Bei Studien zu Quecksilberbelastungen werden auch häufig Kinder untersucht, da sie anfälliger für Quecksilber-Wirkungen sind<sup>4-6</sup>. Frauen im gebärfähigen Alter, sind neben Kindern, ebenfalls eine vulnerable Gruppe, vor allem wegen möglicher Schwangerschaften. Bei einer hohen Quecksilberbelastung könnten vorgeburtliche Schäden an Föten auftreten.

### 2.3. Quecksilber-Human-Biomonitoring-Werte

Um die Frage zu klären, ob auffällig hohe Quecksilberkonzentrationen bei der Bevölkerung in einem Gebiet vorkommen, wird üblicherweise ein sogenanntes Human-Biomonitoring durchgeführt. Hierbei handelt es sich um den Nachweis von Quecksilber z.B. in Urin, Blut oder Haar. Die Wahl des Mediums (z.B. Blut, Urin, Haar etc.) spielt hierbei eine entscheidende Rolle für die Interpretation. Generell lassen sich anorganische Quecksilberverbindungen, wie sie hauptsächlich im Boden vorkommen, nach einer möglichen Aufnahme, vor allem im Urin nachweisen. Organische Quecksilberverbindungen wie z.B. Methylquecksilber, das vor allem durch Konsum von belastetem Fisch aufgenommen wird, lassen sich besser im Blut oder Haar nachweisen.

Um einschätzen zu können, ob Quecksilber Biomonitoring-Werte auffällig sind, kann man sie mit Referenzwerten oder sogenannten Human-Biomonitoring-Werten (HBM-Werte) vergleichen.

Referenzwerte sind statistisch begründete Werte auf der Basis von repräsentativen Stichproben aus der Bevölkerung und sagen zunächst nichts über eine mögliche Gesundheitsgefährdung aus. Für die Schweiz existieren zurzeit keine derartigen Referenzwerte.

Human-Biomonitoring-Werte (HBM-Werte)<sup>7</sup> sind gesundheitsbezogene Werte, die von der HBM-Kommission im Umweltbundesamt in Deutschland erarbeitet werden. Sie werden durch epidemiologische oder toxikologische Studien hergeleitet und sind unterteilt in den HBM-1-Wert und den HBM-2-Wert. Der HBM-1-Wert ist als Prüf- und Kontrollwert anzusehen. Liegen Biomonitoring-Werte unterhalb dieses Wertes, ist dies für die untersuchte Person nach derzeitigem Kenntnisstand unbedenklich und es besteht kein Handlungsbedarf. Liegt der Biomonitoring-Wert zwischen dem HBM-1-Wert und dem HBM-2-Wert, kann eine gesundheitliche Beeinträchtigung nicht ausreichend sicher ausgeschlossen werden. Hier sollte man die Werte kontrollieren, spezifische Expositionsquellen suchen und gegebenenfalls die Exposition vermindern. Liegen gemessene Biomonitoring-Werte über dem HBM-2-Wert, ist eine gesundheitliche Beeinträchtigung möglich und es besteht somit Handlungsbedarf. In diesem Fall sollte die Exposition reduziert werden und eine umweltmedizinische Betreuung veranlasst werden. Die HBM-Werte gibt es für Quecksilber im Blut und für Quecksilber im Urin, jedoch nicht für Quecksilber im Haar.

Quecksilberhaarwerte sind zur individuellen Beurteilung wenig geeignet. Sie eignen sich eher zur Betrachtung auf Bevölkerungsebene.

## 2.4. Stand des Wissens

Zunächst stellte sich die Frage, ob in anderen Studien in Gebieten mit erhöhten Quecksilberwerten im Boden erhöhte Quecksilberwerte im Human-Biomonitoring und somit ggf. mögliche Hinweise auf eine Gesundheitsgefährdung, gefunden wurden. Hierzu führten wir eine Suche in der wissenschaftlichen Literatur durch. Wir haben dabei Ovid MEDLINE und eine interne Datenbank der Abteilung für Arbeits- und Umweltmedizin genutzt.

Der Suchalgorithmus war wie folgt: Es wurden Studien gesucht die „mercury, mercury compounds, mercury poisoning“ und „soil oder soil pollutants“ beinhalteten. Zudem musste eines der folgenden Suchworte beinhaltet sein: „Biological availability, biological monitoring, body burden oder burden“. Studien, die nur Modellrechnungen und keine Human-Biomonitoring-Messungen beinhalteten, wurden nicht berücksichtigt.

Das letzte Update der Ovid Suche vom 07.03.2016 ergab 60 Treffer. Davon waren 3 Studien für unsere Fragestellung besonders relevant. Bei einer Studie<sup>8</sup> waren die Quecksilberbodenwerte sehr niedrig, sodass ein Vergleich wenig sinnvoll erscheint. Die übrigen Studien hatten entweder keine Bodenmessungen, kein Biomonitoring oder untersuchten sehr spezielle Personen- oder Berufsgruppen. Im Rahmen des Gutachtens war keine komplette systematische Übersichtsarbeit vorgesehen. Im Folgenden führen wir daher exemplarisch die aus unserer Sicht im jetzigen Kontext relevanten anderen Studien auf, die ebenfalls den Zusammenhang von Quecksilber im Boden mit Biomonitoring-Messungen beim Menschen untersucht haben, die in Europa oder Nordamerika durchgeführt wurden und die als Vergleichsstudien herangezogen werden können. Studien aus anderen Ländern, z.B. aus Entwicklungsländern sind zum Vergleich nur bedingt geeignet, da hier häufig neben dem Boden noch weitere mögliche Aufnahmemöglichkeiten vorliegen.

Bei einer in Deutschland durchgeführten Biomonitoring-Studie haben Ewers et al.<sup>9</sup> 28 Personen, die mindestens 5 Jahre auf kontaminierten Böden lebten, sowie 22 Kontrollpersonen auf Quecksilbergehalte im Urin untersucht. Die Quecksilberbodenwerte im belasteten Gebiet lagen zwischen 3.2 mg/kg und 6.7 mg/kg. Die Quecksilberkonzentrationen im Urin lagen zwischen <0.05 µg/l und 0.4 µg/l (Median <0.05 µg/l) bei den Personen die auf belasteten Böden leben und zwischen <0.05 µg/l und 1.4 µg/l (Median 0.2 µg/l) bei den Kontrollpersonen. Zwischen beiden Gruppen konnte kein statistisch signifikanter Unterschied bezüglich der Quecksilberkonzentrationen im Urin festgestellt werden. Bei dieser Studie sind allerdings die kleine Fallzahl und methodische Einschränkungen zu bedenken.

In einer Region in Kanada, in der über 80 Jahre lang Metallminen und Metallschmelzen betrieben wurden, haben Safruk et al.<sup>10</sup> unter anderem eine Biomonitoring-Studie bei 375

Kindern durchgeführt. Die Quecksilberbodenwerte lagen zwischen 0.02 mg/kg und 970 mg/kg. Bei den Quecksilberkonzentrationen im Urin waren ca. 50% unterhalb der Nachweisgrenze von 0.1 µg/l. Das geometrische Mittel (GM) der Kreatinin-adjustierten Quecksilberkonzentrationen in Urin lag bei 0.11 µg/g. Aufgrund der vielen Werte, die unterhalb der Nachweisgrenze lagen, wurde zur Berechnung des GM die Maximum-Likelihood-Methode genutzt. Trotz der teilweise sehr hohen Bodenbelastung durch Quecksilber, waren die im Urin gemessenen Quecksilberwerte im Vergleich zu den anderen aufgeführten US-amerikanischen oder deutschen Kohorten nicht auffällig. Dies wurde mit der geringen Bioverfügbarkeit des im Boden befindlichen Quecksilbers begründet. Es konnte kein Zusammenhang zwischen Quecksilberbodenwerten und Quecksilberkonzentrationen im Urin aufgezeigt werden.

In einem ehemaligen Bergbau- und Verhüttungsgebiet im Westen Deutschlands, haben Gebel et al.<sup>11</sup> eine Quecksilber-Biomonitoring-Studie durchgeführt. Sie untersuchten Haar und Urin von 218 Personen im Alter von 1-89 Jahren u.a. auf Quecksilbergehalte und verglichen diese Werte mit denen einer Kontrollgruppe. Die Quecksilberbodenwerte im Untersuchungsgebiet lagen zwischen 0.5 und 1364 mg/kg. Die Quecksilberwerte für 24h-Urin lagen bei Frauen zwischen 0.1 und 2.20 µg/l (Median 0.37 µg/l). Im Haar bei Frauen wurden Quecksilbergehalte von 0.05 bis 0.71 µg/g (Median 0.21 µg/g) gefunden. Die gemessenen Werte in Urin und Haar waren weder im Vergleich mit der Kontrollgruppe noch mit Werten aus der Literatur erhöht. Ein Zusammenhang zwischen Quecksilberbodenwerten und Quecksilber-Biomonitoring-Werten konnte auch hier nicht gezeigt werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass diese Studien keine Hinweise gefunden haben, dass erhöhte Quecksilberbodenwerte auch zu erhöhten Quecksilberwerten im Biomonitoring, hier ist in der Regel vor allem der Urin relevant, führen. Allerdings ist die Anzahl an derartigen Studien auch beschränkt.

## 2.5. Ziel der Studie

Das Ziel unserer Studie war, zur Beantwortung der Frage beizutragen, ob die teilweise erhöhten Quecksilberwerte im Boden zwischen Visp und Niedergesteln eine mögliche Gesundheitsgefährdung für die Bevölkerung darstellen. Eine weitere Frage war, ob wir einen Zusammenhang zwischen Quecksilberbodenwerten und Quecksilber-Biomonitoring-Werten sehen können.

## 3. Methoden

### 3.1. Studienteilnehmer, Rekrutierung und Datenerhebung

Aus den in **Kapitel 2** genannten Gründen wurden alle Mütter und deren Kinder (2-11 Jahre), die länger als 3 Monate in Turtig, Visp West und Visp Kleegärten wohnten, eingeladen an der Studie teilzunehmen. Zur Rekrutierung wurden die potentiellen Probanden zuerst vom Kanton angeschrieben, über die Studie informiert und um Erlaubnis zur Weitergabe der Daten an uns gebeten. Teilweise wurde vom Kanton ggf. ein zweites und drittes Schreiben zur Erinnerung versandt. Nach Erhalt der Adressen schickten wir den potentiellen Probanden die Studieninformationen. Nach Zusage der Probanden vereinbarten wir telefonisch einen Termin und verschickten Urinbecher, die am Morgen des Termins mit Morgenurin befüllt und mitgebracht werden sollten. Die Studie wurde vor Beginn der Rekrutierung von den Ethikkommissionen Zürich und Wallis genehmigt.

Von den erhaltenen Adressen von 84 Familien waren 9 nicht einschussfähig (Alter der Kinder am Stichtag nicht zwischen 2-11 Jahren oder nicht mehr dort wohnhaft), 7 Familien haben abgelehnt (zu viel Aufwand etc.) und 4 waren nicht erreichbar (bis zu 5 Anrufe). Von den verbleibenden 64 Familien wurden 171 Personen (64 Mütter & 107 Kinder) untersucht und befragt.

Die Teilnahmerate (bezogen auf alle einschussfähigen potentiellen Probanden im Gebiet laut kantonalen Angaben (n=367)) lag bei 47%. Bei diesen 367 Personen wurden zuvor bereits all jene Personen herausgerechnet, die nicht einschussfähig sind. Von den Müttern (n=140) konnten 46% rekrutiert werden und von den Kindern (n=227) 47%.

Es wurden Haarproben und Proben von Morgenurin genommen. Zusätzlich wurden die Probanden befragt, um eventuelle Störfaktoren zu berücksichtigen. Gefragt wurde u.a. nach Essgewohnheiten, Amalgamfüllungen, Wohndauer, Arbeit, Ausbildung, Raucherstatus, Migrationsstatus, etc. Die Untersuchung und Befragung fand im Spital Visp statt.

Die teilnehmenden Probanden haben grösstenteils sehr positiv auf die Studie reagiert. Mit den Untersuchungen wurde am 16.06.2015 begonnen. Abgeschlossen wurden die Untersuchungen Mitte Oktober 2015. Dieser Durchführungszeitraum wurde gewählt, damit mehrere schneefreie und wärmere Monate vor den Messungen lagen, was die Wahrscheinlichkeit erhöht, vermehrten Bodenkontakt zu haben und Zeit draussen im Freien zu verbringen.



### 3.2. Bestimmung von Quecksilber im Biomonitoring

Zur Analyse der Quecksilbergehalte wurden alle Proben an das Labor des Instituts und der Poliklinik für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin des Klinikums der Universität München gesendet. Die Quecksilberbestimmung im Urin erfolgte mit dem Gerät FIMS 100 der Firma Perkin Elmer. Dazu wurde eine Kalibriergerade in einem Konzentrationsbereich von 0.04 bis 3.0 µg/l gemessen ( $r^2 = 0.999$ ), die nach DIN 32645 folgende Kenndaten ergab: Nachweisgrenze: 0.04 µg/l, Erfassungsgrenze: 0.08 µg/l und Bestimmungsgrenze: 0.14 µg/l.

Die Haarproben wurden analog der oben für Urinproben beschriebenen Methodik analysiert. Für die Kalibriergerade ergaben sich nach DIN 32645 folgende Kenndaten: Nachweisgrenze 0.03 µg/g, Erfassungsgrenze 0.05 µg/g und Bestimmungsgrenze 0.08 µg/g. Zur besseren Vergleichbarkeit haben wir Quecksilberwerte im Urin im Bezug zum Kreatinin-Wert normiert. Der von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) empfohlene Bereich für Kreatinin-Konzentrationen liegt zwischen 0.3 und 3.0 g/L. Für die statistischen Analysen wurden nur die Urinwerte verwendet, bei denen das Kreatinin in diesem Bereich lag.

### 3.3. Bodenproben

Die Quecksilber-Bodenproben wurden nicht im Rahmen unserer Studie genommen. Die für unsere Studie relevanten Daten und zusätzliche Informationen wurden uns von kantonalen Stellen zur Verfügung gestellt. Im gesamten Gebiet zwischen Visp und Niedergesteln wurden über 4000 Bodenproben genommen. Die Proben und Analysen wurden grösstenteils durch die BMG Engineering AG, PRONAT Umweltingenieure AG und FUAG Forum Umwelt AG durchgeführt. Es wurden Proben in 0-20 cm und Proben in 20-40 cm Tiefe genommen und gemäss VBBO (Verordnung über Belastungen des Bodens) analysiert. Für unsere Analysen haben wir nur die Resultate der Bodenproben der Bodenschicht von 0-20 cm berücksichtigt, da diese in der Regel vorlagen und für spielende Kinder potentiell am relevantesten sind (Aufnahme über Staub, Verschlucken von Erde, evtl. Ausgasung, etc.). Bodenproben der Bodenschicht von 20-40 cm waren nur für 14 von 64 Familien verfügbar.

Die Bodenproben wurden den Probanden über die Parzellenummer zugeordnet. Falls es für eine Parzelle mehrere Bodenproben für die obere Bodenschicht gab, haben wir den Probanden die Messung zugeordnet, welche am nächsten am Wohnhaus der Familie lag. War dies nicht möglich, weil es z.B. keine detaillierten (Einstich-)Pläne für die Probennahme gab, haben wir den Mittelwert aller Messungen auf der Parzelle verwendet. Lagen Messungen für

dieselben Parzellen von verschiedenen Firmen vor, flossen die neuesten Messergebnisse in unsere Berechnungen ein. Diese stammten in der Regel von der BMG Engineering AG.

Zuvor haben wir umfangreiche Qualitätskontrollen durchgeführt. Wir haben, soweit möglich, für alle 64 Familien überprüft, ob die Parzellenummer zur Adresse bzw. zu den Probanden passt. Bei Unstimmigkeiten haben wir Korrekturen vom Kanton bekommen. Zwei Familien sind umgezogen, dies wurde berücksichtigt und die Parzellenummer angepasst. Für 21 Familien konnten wir die Richtigkeit der Parzellenummer nicht überprüfen. In diesen Fällen wurde uns die Richtigkeit der Zuordnung vom Kanton bestätigt. Für 12 Personen lag kein Bodenwert vor.

### 3.4. Statistische Analysen

Die statistischen Analysen dienten zur Erklärung von möglichen Einflussfaktoren auf die Quecksilber-Konzentration im Urin und Haar. Aufgrund der Verteilung der Quecksilberkonzentrationen war es notwendig, die entsprechenden Werte in Haar, Urin und Boden zur Basis 10 zu logarithmieren, damit die Annahmen der Modelle besser erfüllt waren. Um eine möglichst grosse Aussagekraft zu erhalten (grössere Stichprobe), wurden Mütter und Kinder in einem gemeinsamen Modell abgebildet. Mithilfe einer Indikatorvariablen für die Mütter konnten dabei grundsätzlich unterschiedliche Konzentrationslevel für Kinder und Mütter berücksichtigt werden.

Bei den von uns durchgeführten multivariaten Analysen (lineare Regressionsanalysen) wird automatisch auch die gegenseitige Beeinflussung der verschiedenen Faktoren berücksichtigt. In die endgültigen Auswertungen wurden die folgenden Variablen aufgenommen:

- Quecksilber-Konzentrationen im Boden für die Parzellen auf denen die Probanden wohnhaft sind. Aufgrund der Verteilung der Werte wurden diese logarithmiert. (**Log10 Hg Boden**)
- Alter der Probanden zum Zeitpunkt der Untersuchungen. Es ist bekannt, dass es Zusammenhänge zwischen Quecksilber-Biomonitoring-Werten und dem Alter gibt. (**Alter**)
- Indikator, ob es sich bei der Person um eine Mutter handelt. (**Mutter**)
- Indikator, ob die teilnehmende Mutter in einem der folgenden Länder geboren wurden: Portugal, Kroatien, Italien, Frankreich, Spanien, Türkei. Personen aus diesen Ländern haben tendenziell häufig höhere Quecksilber-Biomonitoring-Werte im Vergleich mit Personen aus der Schweiz. Dies könnte z.B. mit erhöhtem Meerestischkonsum zusammenhängen. (**Geburtsland Mutter am Meer**)

- Indikator, ob Gemüse aus einem Garten aus der betroffenen Region gegessen wird. Falls Quecksilber im Boden bzw. in den Pflanzen vorhanden ist, könnte dies über den Konsum von Gemüse, das von den belasteten Böden stammt, aufgenommen werden. (**Isst Gemüse aus Garten**)
- Indikator für Raucher. Zigaretten können kleine Mengen Quecksilber beinhalten. Ausserdem könnte durch Rauchen das Quecksilber aus Amalgamfüllungen stärker inhaliert werden. (**Rauchen**)
- Anzahl (wurzeltransformiert) gegessener Portionen Meeresfisch in den letzten 30 Tagen. Gefragt wurde nach folgenden Meeresfischen: Thunfisch (frisch oder in Dose), Lachs (geräuchert, Filet, Steak, frisch), Sardinen, Haifisch, Schwertfisch, Kabeljau (Dorsch), Barsch, Plattfisch (Scholle, Steinbutt, Flunder, Seeszunge), Schellfisch, panierte Fischprodukte (Seelachs). Meeresfisch ist die wichtigste Aufnahmequelle für organisches Quecksilber. (**Meeresfische**)
- Indikator, ob in den letzten drei Tagen Meeresfisch gegessen wurde. (**Letzte Mal Meeresfisch**)
- Anzahl (wurzeltransformiert) der Amalgamfüllungen. Amalgamfüllungen beinhalten Quecksilber. (**Amalgamfüllungen**)
- Indikator, ob Haare in den letzten 6 Monaten getönt oder gefärbt wurden. Durch das Färben der Haare könnten Stoffe aus dem Haar ausgewaschen werden. (**Haare färben**)
- Indikator, ob Quecksilberbodenwerte unterhalb der Bestimmungsgrenze von  $<0.1 \mu\text{g/g}$  liegen. Dieser Indikator wurde benutzt, da es Bodenwerte unterhalb der Bestimmungsgrenze gab. (**Bestimmungsgrenze**)
- Eine Variable, die einen potentiellen Unterschied in der Altersabhängigkeit für Mütter und Kinder bez. der Quecksilber-Biomonitoring-Werten berücksichtigt. (**Interaktion Alter\*Mutter**)

Bemerkungen:

Indikatorvariablen wurden im Modell jeweils als „1“ oder „0“ codiert, je nachdem ob die entsprechende Bedingung mit „ja“ oder „nein“ beantwortet werden konnte.

Die Wurzeltransformation ist eine Standardtransformation für Zähldaten. Daher wurden die Zählvariablen hier wurzeltransformiert, was gleichzeitig zu besserer Modellanpassung führte.

## 4. Ergebnisse

### 4.1. Studienpopulation

Es wurden 64 Mütter mit insgesamt 107 Kindern untersucht. Teilnehmende Mütter waren zwischen 25 und 55 Jahre alt (Mittelwert 37.8 J) und Kinder zwischen 3 und 12 Jahren (Mittelwert 7.2 J). Der Anteil an Mädchen unter den Kindern betrug 48.6%.

Von den Müttern waren 20.3% Raucherinnen und der überwiegende Teil (68.8%) hatte einen mittleren Bildungsabschluss. Zur Abschätzung des Bildungsniveaus nutzten wir die höchste abgeschlossene Ausbildung<sup>12</sup> der Mütter. Ungefähr 47% der Probanden hatte einen Migrationshintergrund, definiert gemäss *Schlüsselmerkmale zur Erfassung des Migrationshintergrundes in schweizerischen Gesundheitsdatenerhebungen* „Personen, die im Ausland geboren wurden und von denen mindestens ein Elternteil ebenfalls im Ausland geboren wurde und Personen, die in der Schweiz geboren wurden und von denen mindestens ein Elternteil im Ausland geboren wurde“<sup>13</sup>.

Von den Müttern hatten 51.6% keine Amalgamfüllungen. 32.8% hatten 1-3 Amalgamfüllungen, 9.4% hatten 4-6 Amalgamfüllungen und 6.3% hatten 7-10 Amalgamfüllungen. Die Kinder hatten keine Amalgamfüllungen. Ungefähr 24% der Probanden wohnten in Einfamilienhäusern und 76% in Mehrfamilienhäusern. Im Median assen Mütter über den Zeitraum der letzten 30 Tage vor der Befragung 4 Portionen Meeresfische, Kinder mit 2 Portionen etwas weniger. Mehr als die Hälfte der Mütter (56.3%) und etwas weniger als die Hälfte der Kinder (46.7%) assen Gemüse aus einem Garten im Untersuchungsgebiet. 3 Mütter waren schwanger. Mütter wohnten 6 Jahre (Median) in der betroffenen Region, die Kinder 4 Jahre (Median). Von den Müttern ist ca. 11% jemals eine Energiesparlampe und 13% jemals ein Thermometer zerbrochen. Bei den Kindern waren es jeweils 3%.

### 4.2. Biomonitoring-Ergebnisse im Vergleich mit Referenzwerten

Bei 3 Kindern konnte keine Urinprobe und bei 2 Kindern keine Haarprobe abgegeben werden. Insgesamt 4 Urine lagen ausserhalb des von der WHO empfohlenen Kreatininbereichs von 0.3 und 3.0 g/L und wurden von den statistischen Analysen ausgeschlossen.

Insgesamt 6 Urinproben und 5 Haarproben waren unterhalb der Nachweisgrenze. Die entsprechenden Werte wurden auf die halbe Nachweisgrenze gesetzt.

Um die Ergebnisse unserer Studie besser interpretieren zu können, wurden Perzentile und das geometrische Mittel für Quecksilber mit repräsentativen Studien verglichen. Das geometrische Mittel ist im Gegensatz zum arithmetischen Mittel stabiler gegenüber Extremwerten und wird häufig für Daten mit schiefer Verteilung, wie sie hier vorliegen, verwendet. Die Studien mit denen die Daten verglichen werden stammen aus Europa und Nordamerika. Wie oben ausgeführt liegen für die Schweiz keine repräsentativen Referenzwerte vor. Studien aus Entwicklungsländern, Ländern aus gänzlich anderen Kulturkreisen oder Studien mit speziellen Berufsgruppen wurden nicht berücksichtigt, da hier kein sinnvoller Vergleich gemacht werden kann. Es wurden nur Studien zum Vergleich herangezogen, die als repräsentativ für ein Land angesehen werden können. Zu beachten ist auch, dass sich die Studien jeweils auf bestimmte Jahre beziehen. In den **Tabellen A1 – A3** (siehe Anhang) sind die Perzentile und das geometrische Mittel für Quecksilber in Urin, Quecksilber in Urin (Kreatinin-adjustiert) und Quecksilber in Haar der vorliegenden Studie und für andere Biomonitoring-Studien im Vergleich gelistet.

#### 4.2.1. Quecksilber in Urin ( $\mu\text{g/l}$ )

Die Mütter in unserer Studie hatten im geometrischen Mittel (GM)  $0.25 \mu\text{g/l}$  Quecksilber im Urin. Das 95. Perzentil (P95) lag bei  $1.39 \mu\text{g/l}$ . Das bedeutet, dass 95% der Mütter in unserer Studie einen Quecksilberwert im Urin unterhalb von  $1.39 \mu\text{g/l}$  hatten. Vergleicht man diese Werte mit denen anderer europäischer und nordamerikanischer Studien (**Tabelle A1**) fällt auf, dass die Frauen aller anderen gelisteten Studienkollektive höhere Quecksilberwerte im Urin hatten. Dies gilt sowohl für das GM, als auch für P95.

Die Kinder in unserer Studie hatten im geometrischen Mittel  $0.15 \mu\text{g/l}$  Quecksilber im Urin. Das 95. Perzentil lag bei  $0.50 \mu\text{g/l}$ . Wie schon bei den Müttern, sind auch bei den Kindern die Quecksilberwerte im Urin im Vergleich zu anderen Studien in der Regel niedriger. Lediglich bei dem GerESIV<sup>14</sup> hatten Kinder im geometrischen Mittel weniger Quecksilber im Urin. Das 95. Perzentil war jedoch etwas höher bei der deutschen Studie ( $0.52 \mu\text{g/l}$  gegenüber  $0.50 \mu\text{g/l}$ ).

#### 4.2.2. Quecksilber in Urin ( $\mu\text{g/g}$ Kreatinin)

Die Kreatinin-adjustierten Quecksilber-Werte im Urin lagen bei Müttern unserer Studie im geometrischen Mittel bei  $0.22 \mu\text{g/g}$  mit P95 von  $0.85 \mu\text{g/g}$ . Im Vergleich mit den Frauen anderer gelisteter Studien (**Tabelle A2**) sind sowohl das geometrische Mittel als auch P95 niedriger als in allen anderen aufgeführten Studien.

Kinder in unserer Studie hatten im geometrischen Mittel Kreatinin-adjustierte Quecksilber Werte im Urin von 0.16 µg/g mit P95 von 0.56 µg/g. Auch diese Werte sind niedriger als in den anderen Studien.

#### 4.2.3. Quecksilber in Haar (µg/g)

Mütter unserer Studie hatten im geometrischen Mittel einen Quecksilberwert von 0.21 µg/g im Haar. P95 lag bei 0.94 µg/g. Im Vergleich mit anderen europäischen und nordamerikanischen Studien (**Tabelle A3**) sind die Werte nicht auffällig.

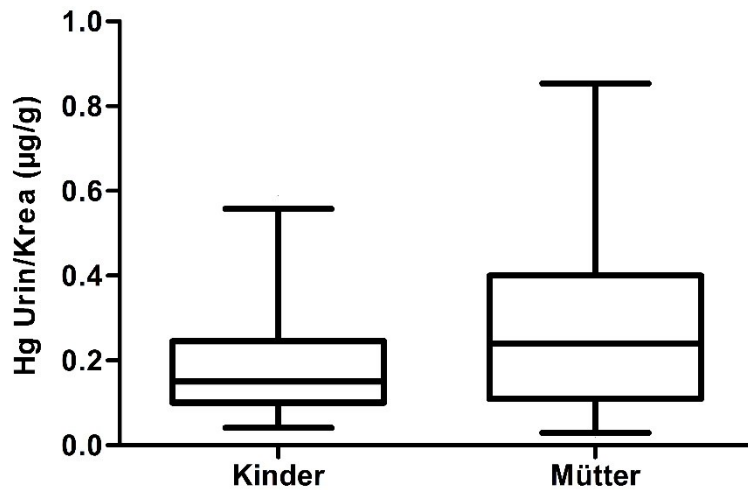
Kinder in unserer Studie hatten im geometrischen Mittel einen Quecksilberwert von 0.18 µg/g im Haar (P95 0.60 µg/g). Auch diese Werte sind im Vergleich mit anderen europäischen und nordamerikanischen Studien nicht auffällig.

#### 4.3. Biomonitoring-Ergebnisse im Vergleich mit gesundheitsbezogenen Werten

Die Biomonitoring-Werte wurden auch mit gesundheitsbezogenen Werten (siehe **Kapitel 2.3**) verglichen. Betrachtet man die Kreatinin adjustierten Quecksilberwerte im Urin wurde der HBM-1-Wert (Prüf- und Kontrollwert) in 2 Fällen überschritten. Diese Fälle wurden bzw. werden weiter verfolgt. Wie aus **Abbildung 1** ersichtlich verteilten sich die Werte generell deutlich unterhalb des HBM-1-Wertes (5 µg/g Kreatinin). Es gab keine Werte oberhalb des HBM-2-Wertes, bei dessen Überschreitung eine gesundheitliche Beeinträchtigung grundsätzlich möglich ist.

Es gibt verschiedene Richtwerte für Quecksilber im Haar (siehe auch unter **Kapitel 6**). Für den Endbericht der europaweiten DEMOCOPHES-Studie<sup>15</sup> wurden z.B. 2.3 µg/g benutzt. Alle teilnehmenden Kinder und Mütter hatten Quecksilberwerte im Haar unterhalb von 2.3 µg/g. Zu bedenken ist hierbei, wie unter **Kapitel 2.3** angeführt, dass Quecksilberhaarwerte allgemein zur individuellen Beurteilung wenig geeignet sind.

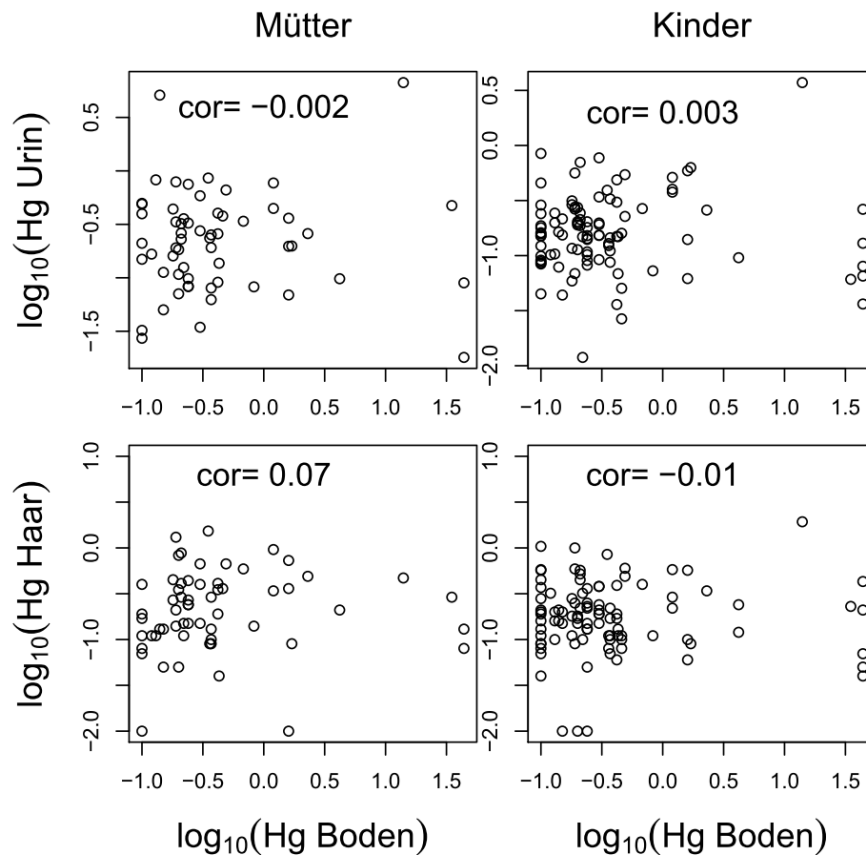
**Abbildung 1.** Boxplot der Quecksilberwerte im Urin ( $\mu\text{g/g}$  Kreatinin), wobei die Whisker das 5. und das 95. Perzentil angeben.



#### 4.4. Weitere Analysen

**Abbildung 2** zeigt die Korrelationen für Quecksilber-Konzentrationen in Urin und Haar mit Quecksilber-Konzentrationen im Boden. Der Korrelationskoeffizient kann Werte von -1 bis 1 annehmen. Bei -1 liegt ein negativer linearer Zusammenhang vor, bei 1 ein positiver linearer Zusammenhang. Bei einem Wert 0 liegt kein Zusammenhang vor. Je näher der Korrelationskoeffizient an -1 bzw. 1 liegt, desto grösser ist die Korrelation bzw. der Zusammenhang. Eine Korrelation ist nicht erkennbar.

**Abbildung 2. Zusammenhänge zwischen den logarithmierten Quecksilber-Konzentrationen im Boden und den logarithmierten Biomonitoring-Werten im Urin ( $\mu\text{g/g}$  Kreatinin) (oben) und im Haar (unten), getrennt für Mütter (links) und Kinder (rechts). Die Korrelationskoeffizienten sind in den jeweiligen Grafiken vermerkt.**



In **Tabelle A4** (siehe Anhang) sind die Resultate der Regressionsanalysen für Quecksilber im Urin ( $\mu\text{g/g}$  Krea) in abfallender Reihenfolge der Hinweisstärke (Stärke der Evidenz) gemäss Martin Bland<sup>16</sup> gelistet. Sehr starke Hinweise für einen Zusammenhang mit Quecksilberwerten im Urin gab es für die Anzahl der Amalgamfüllungen, das Alter, ob der Zeitpunkt des letzten Meeresfischkonsums weniger als 3 Tage zurücklag (Variable: Letztes Mal Meeresfisch) und für die Variable Interaktion Alter\*Mutter. Hierbei muss jedoch beachtet werden, dass es sich um einen Interaktionseffekt handelt.

Starke Hinweise gab es für einen Zusammenhang von Quecksilber-Biomonitoring-Werten mit der Variablen Mutter. Für Mütter und Kinder war der Effekt des Alters entgegengesetzt. Bei Kindern lag ein negativer Zusammenhang vor. Jüngere Kinder haben tendenziell höhere Werte als ältere Kinder. Bei den Müttern lag ein positiver Zusammenhang vor. Ältere Mütter hatten tendenziell höhere Werte als jüngere Mütter. Diese Zusammenhänge werden auch in der Literatur beschrieben<sup>17</sup>. Auch gab es starke Hinweise für einen Zusammenhang mit dem



Konsum von Meeresfischen. Ebenso hatte es starke Hinweise, dass es einen Zusammenhang mit Rauchen gibt. Es zeigten sich keine Hinweise für einen Zusammenhang von Quecksilberwerten in Urin mit den Quecksilber-Bodenwerten.

Die Analysen wurden auch für Quecksilber in Urin ( $\mu\text{g/l}$ ) ohne Kreatinin-Adjustierung durchgeführt. Dies brachte keine wesentliche Änderung der Ergebnisse. Deshalb werden diese Ergebnisse hier nicht aufgeführt.

Die Ergebnisse der Regressionsanalyse für Quecksilber in Haar sind in **Tabelle A5** (siehe Anhang) in abfallender Reihenfolge der Hinweisstärke gelistet. Sehr starke Hinweise für einen Zusammenhang mit Quecksilberwerten im Haar gab es für den Konsum von Meeresfischen. Auch für den Zusammenhang von Quecksilberwerten im Haar und Geburtsland am Meer gab es Hinweise. Es gab keine Hinweise für einen Zusammenhang zwischen Quecksilberhaarwerten mit den Quecksilber-Bodenwerten.

## 5. Andere Untersuchungen

Parallel zu unserer Studie werden bzw. wurden eine Reihe von anderen Untersuchungen durchgeführt, die sich mit der Quecksilber-Thematik in der Region Visp beschäftigen. Besonders relevant für unsere Studie sind neben den Untersuchungen zur Methodik und Qualität der Bodenproben durch die Experten des Kantons, die Quecksilber Analysen in Grundwasser und Luft, sowie die Untersuchung von Gemüse aus belasteten Parzellen. Über diese Ergebnisse wurden wir jeweils orientiert, z.B. durch Teilnahme an einem Workshop der DUS (Dienststelle für Umweltschutz). Wir konnten nur Untersuchungen berücksichtigen, bei denen schon für die Gesundheit potentiell relevante Ergebnisse vorlagen<sup>18</sup>. Möglicherweise werden im weiteren Verlauf weitere Ergebnisse bekannt, die für die Bewertung der möglichen Gesundheitsgefährdung relevant sein könnten.

Da durch die punktuelle Ausbringung des Quecksilbers in der Vergangenheit mit einer heterogenen Verteilung des Quecksilbers im Boden zu rechnen ist und um die angewandten Methoden der BMG zu überprüfen, führten die Experten des Kantons eine Beurteilung der Bodenmessungen durch. Sie kamen zu dem Schluss, dass die von der BMG angewendeten Analysemethoden (VBBO), sehr gute Ergebnisse lieferten. Allerdings bestätigten sie die Vermutung, dass es eine hohe Heterogenität der Verteilung des Quecksilbers gibt. Die Zusammensetzung der Quecksilberfraktionen wurde ebenfalls untersucht. Es wurde kein elementares Quecksilber detektiert. Den grössten Teil machen matrixgebundene

anorganische Quecksilberformen aus. Die Quecksilber-Luftmessungen, die von der Universität Basel durchgeführt wurden, haben auf belasteten Flächen höhere Quecksilber-Luftwerte ergeben. Diese wurden aber als nicht gesundheitsgefährdend eingestuft.

Die Quecksilber-Grundwassermessungen, durchgeführt sowohl von der Dienststelle für Verbraucherschutz und Veterinärwesen (DVSV) als auch von der Lonza AG, lagen unter 0.01 µg/l und sind damit deutlich unterhalb des Trinkwassergrenzwerts von 1 µg/l<sup>18</sup>. Es wurden von der Firma BMG Quecksilber-Messungen in Gemüsen aus leicht belasteten (<2mg/kg) Parzellen durchgeführt. In einigen Gemüsen lag der Gehalt von Quecksilber über dem für unbelastete Nahrungspflanzen<sup>19</sup>. Das Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV) schätzt den Verzehr als nicht kritisch ein. Bezüglich des Verzehrs von Gemüse, besteht bei Parzellen mit einer Quecksilberbelastung über 2mg/kg ein Nutzungsverbot. Diese Informationen wurden über die Medienmitteilungen des Kantons Wallis kommuniziert. Unserer Kenntnis nach wurden weitere Quecksilber-Untersuchungen von Gemüsen und zu einem möglichen Zusammenhang mit den Quecksilber-Bodenwerten durchgeführt. Hierbei soll auch organisches Quecksilber bestimmt werden. Die Ergebnisse liegen bislang nicht vor und sollten ggf. auch vor dem Hintergrund eines möglichen Gesundheitsrisikos beurteilt werden.

## 6. Diskussion & Fazit

**Das Gutachten beruht primär auf einer umweltepidemiologischen Studie im betroffenen Gebiet, zusätzlich auf Angaben aus der wissenschaftlichen Literatur und aus uns zur Kenntnis gebrachten Ergebnissen von anderen Untersuchungen in diesem Zusammenhang. In der Zusammenfassung aller dieser Informationsquellen ergab sich zum jetzigen Zeitpunkt kein Hinweis darauf, dass von den quecksilberbelasteten Böden im Rahmen des normalen Umweltkontaktes eine relevante Gesundheitsgefährdung ausgeht. Ebenfalls fanden sich keine Hinweise für einen Zusammenhang zwischen der Höhe der Quecksilberwerte im Boden und der Höhe der Quecksilberwerte im Urin und im Haar.** Faktoren, die die statistischen Analysen beeinflusst haben könnten, sind z.B. die heterogene Verteilung des Quecksilbers im Boden, die Tatsache, dass sich Personen häufig auch an anderen Orten aufhalten und dass Personen ihr Verhalten aufgrund der Informationen bereits geändert haben könnten und so beispielsweise weniger Zeit auf belasteten Parzellen verbringen. Die Tatsache, dass wir keinen Zusammenhang zwischen Boden- und Human-Biomonitoring-Werten nachweisen konnten, bedeutet entweder, dass der Effekt nicht vorhanden ist, oder dass er so klein ist, dass er im Vergleich mit aus der Literatur bekannten Risikofaktoren (Amalgamfüllungen, Fischkonsum) wesentlich geringer ist.

Generell sind unsere Studienergebnisse im Einklang mit anderen Studien.

In der Studie wurden Kinder und Mütter untersucht und ungefähr die Hälfte aller möglichen Teilnehmer hat sich daran beteiligt. Die Aussagen gelten zunächst für diese Gruppen. Generell ist diese Teilnehmerrate in einem zu erwartenden Bereich bei derartigen Studien. Weiterhin kommen Kinder in der Regel potentiell am meisten mit dem Boden in Kontakt. Vermutlich lässt sich unser Fazit auch auf andere Bevölkerungsgruppen, z.B. Männer, übertragen. Hier ist zu beachten, dass andere Quecksilberquellen, wie z.B. im Beruf, separat berücksichtigt werden müssten.

Es war nicht möglich, unsere Daten mit repräsentativen Biomonitoring-Werten aus der Schweiz zu vergleichen, da diese nicht existieren. Zwar wurde die DEMOCOPHES-Pilot-Studie<sup>20</sup> auch in der Schweiz durchgeführt, allerdings können sie nicht als Referenzwerte für die Schweiz betrachtet werden und sind auf keinen Fall als repräsentativ anzusehen. Daneben gibt es aus anderen Ländern weitere nicht repräsentative Human-Biomonitoring-Studien. Darunter sind die europaweit durchgeführten DEMOCOPHES<sup>15</sup> Pilot-Studien bei denen in jedem Land 120 Mütter und Kinder rekrutiert wurden. In der Tschechische Republik wurden bei einer Human-Biomonitoring-Studie<sup>21</sup> 160 Frauen und 619 Kinder auf Quecksilbergehalte in Urin untersucht. Es wurden Personen aus 4 urbanen Zentren rekrutiert, aus zwei industriellen Zentren und aus zwei eher durch Agrarwirtschaft geprägten Zentren. Die Zusammensetzung des Studienkollektivs kann nicht als repräsentativ für die tschechische Bevölkerung angesehen werden. Aus Spanien stammt eine Pilotstudie<sup>22</sup>, in der 170 erwachsene Personen aus der Region Madrid auf Quecksilbergehalte in Urin & Haar untersucht wurden. Auch diese Studie ist nicht repräsentativ für die spanische Bevölkerung.

Für Quecksilber im Haar gibt es verschiedene Richtwerte, die man in der Literatur findet. Häufig findet man Werte, die auf Basis des sogenannten „provisional tolerable weekly intake“ (PTWI) hergeleitet werden. Solche PTWI gibt es beispielsweise von der WHO<sup>23,24</sup> und JEFCA<sup>25</sup>. Resultierend daraus erhält man Werte von 2.5 µg/g, 2.3 µg/g, oder 1.9 µg/g Quecksilber pro Gramm Haar. Im Endbericht der europaweiten DEMOCOPHES-Studie wurden z.B. 2.3 µg/g benutzt. Daneben wurden noch niedrigere Richtwerte z. B. für schwangere Frauen<sup>26</sup> vorgeschlagen.

Im Rahmen dieser Studie konnte keine Kontrollgruppe untersucht werden, da man bei einer Kontrollgruppe in der näheren Umgebung bei den Teilnehmern Bodenproben hätte nehmen müssen, um wirklich sicher zu sein, dass die Böden unbelastet sind. Weiterhin gab es mögliche Unterschiede zwischen anliegenden Ortschaften bezüglich jetziger oder historischer Quecksilberexpositionen, z.B. durch Industrie, Kehrlichtverbrennungsanlage und Deponie. Daneben wären eine Vielzahl von anderen möglichen Störfaktoren denkbar, z.B. mikroklimatische und geologische Unterschiede. Eine weiter entfernte Kontrollgruppe in einem

anderen Teil der Schweiz war auch nicht sinnvoll, da sich dann zu viele regionale, z.B. geologische Faktoren unterscheiden.

Unserer Kenntnis nach, gibt es in der Schweiz keine Studien zu Quecksilberbelastungen, die so ausführlich eine derartige Fragestellung mit gleichzeitiger Berücksichtigung von Bodenwerten und Human-Biomonitoring-Werten bearbeitet haben. Für die hohe Qualität der von uns erhobenen Daten sprechen u.a. die in den Analysen sehr gut erkennbaren Effekte von typischen Risikofaktoren wie Amalgamfüllungen und Fischkonsum. Die Studie profitierte von der Expertise der beteiligten Wissenschaftler, der sehr exakten Datenaufnahme und der qualitätskontrollierten Quecksilberanalyse.

Dennoch muss beachtet werden, dass unsere Aussagen nur für Quecksilber und seine natürlich vorkommenden Verbindungen gelten, nicht für andere Stoffe. Auch können keine Aussagen über eine evtl. Gesundheitsgefährdung in der Vergangenheit gemacht werden. Ausserdem gelten unsere Aussagen nur für eine eventuelle Quecksilberaufnahme über den Boden durch Umweltkontakt. Über eine arbeitsbedingte Quecksilberaufnahme können wir keine Aussage machen.

**Als Fazit lässt sich sagen:**

**Für eine relevante Gesundheitsgefährdung der Bevölkerung durch Quecksilber aus dem Boden im Rahmen des normalen Umweltkontaktes liessen sich zum jetzigen Zeitpunkt keine Hinweise finden.**

Für Rückfragen stehen wir gerne zur Verfügung.



Prof. Dr. med. Holger Dressel MPH  
Leiter Abteilung für Arbeits- und Umweltmedizin



David Imo  
Dipl. Uwi.

## 7. Referenzen

1. Dressel H, Imo D. Medizinische Aspekte von Quecksilber - global und lokal. *Oekoskop - Die Fachzeitschrift der Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz*. 2015;4/15:12-14.
2. Davis A, Bloom NS, Que Hee SS. The environmental geochemistry and bioaccessibility of mercury in soils and sediments: a review. *Risk analysis : an official publication of the Society for Risk Analysis*. 1997;17(5):557-569.
3. U.S. EPA. Child-Specific Exposure Factors Handbook (Final Report) 2008. U.S. Environmental Protection Agency W, DC, EPA/600/R-06/096F, 2008.
4. Bose-O'Reilly S, McCarty KM, Steckling N, Lettmeier B. Mercury exposure and children's health. *Current problems in pediatric and adolescent health care*. 2010;40(8):186-215.
5. Counter SA, Buchanan LH. Mercury exposure in children: a review. *Toxicol Appl Pharmacol*. 2004;198(2):209-230.
6. Guney M, Welfringer B, de Repentigny C, Zagury GJ. Children's Exposure to Mercury-Contaminated Soils: Exposure Assessment and Risk Characterization. *Arch. Environ. Contam. Toxicol*. 2013;65(2):345-355.
7. Institut für Wasser- BuLdU. Stoffmonographie Quecksilber – Referenz- und Human-Biomonitoring-Werte (HBM). *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*.42(6):522-532.
8. Puklova V, Krskova A, Cerna M, et al. The mercury burden of the Czech population: An integrated approach. *Int J Hyg Environ Health*. 2010;213(4):243-251.
9. Ewers U, Boening D, Albrecht J, Radel R, Peter G, Uthoff T. [Risk assessment of soil contamination in a residential area: the importance and role of human biological monitoring--a case report]. *Gesundheitswesen*. 2004;66(8-9):536-544.
10. Safruk AM, Berger RG, Jackson BJ, Pinsent C, Hair AT, Sigal EA. The bioaccessibility of soil-based mercury as determined by physiological based extraction tests and human biomonitoring in children. *The Science of the total environment*. 2015;518-519:545-553.
11. Gebel T, Behmke C, Dunkelberg H. [Influence of exposure to mercury, arsenic and antimony on body burden--a biomonitoring study]. *Zentralblatt für Hygiene und Umweltmedizin = International journal of hygiene and environmental medicine*. 1998;201(1):103-120.
12. International Standard Classification of Education. ISCED. Montreal, Canada. 2011.
13. Schlüsselmerkmale zur Erfassung des Migrationshintergrundes in schweizerischen Gesundheitsdatenerhebungen. Bundesamt für Gesundheit. Bern. 2010.
14. German Environmental Survey for Children 2003/06 - GerES IV – Human Biomonitoring Levels of selected substances in blood and urine of children in Germany. Umweltbundesamt. 2008
15. DEMOCOPHES - Human biomonitoring on a European scale. Final Report. 2013.
16. Bland M. An Introduction to Medical Statistics, Fourth Edition *Oxford University Press, Oxford*. 2015.
17. McDowell MA, Dillon CF, Osterloh J, et al. Hair mercury levels in U.S. children and women of childbearing age: reference range data from NHANES 1999-2000. *Environ Health Perspect*. 2004;112(11):1165-1171.
18. Kanton Wallis - Präsidium des Staatsrates. Quecksilberbelastungen Raum Visp - Niedergesteln Untersuchungen gehen weiter. 17. Dezember 2015.
19. Kanton Wallis - Thematische Gruppe „Gesundheitliche Auswirkungen“. Informationsblatt betreffend Quecksilbergehalte in Gemüse aus quecksilberbelasteten Parzellen. Februar 2015.
20. Bundesamt für Gesundheit, EU Pilotstudie DEMOCOPHES zur Schadstoffbelastung, November 2012.
21. Batariova A, Spevackova V, Benes B, Cejchanova M, Smid J, Cerna M. Blood and urine levels of Pb, Cd and Hg in the general population of the Czech Republic and proposed reference values. *Int J Hyg Environ Health*. 2006;209(4):359-366.

22. Castano A, Sanchez-Rodriguez JE, Canas A, et al. Mercury, lead and cadmium levels in the urine of 170 Spanish adults: a pilot human biomonitoring study. *Int J Hyg Environ Health*. 2012;215(2):191-195.
23. UNEP/WHO United Nations Environment Programme (UNEP) and World Health Organization (WHO). Guidance For Identifying Populations At Risk from Mercury Exposure. Geneva, Switzerland. 2008.
24. Joint Expert Committee on Food Additives: Sixty-first meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives held in Rome, 10-19 June 2003, World Health Organ Techn Rep Ser 922. Geneva: World Health Organization; 2004.
25. JECFA. Compendium of Food Additive Specifications: Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA): 67th Meeting 2006. Food & Agriculture Org.
26. Schoeman K, Bend JR, Hill J, Nash K, Koren G. Defining a lowest observable adverse effect hair concentrations of mercury for neurodevelopmental effects of prenatal methylmercury exposure through maternal fish consumption: a systematic review. *Therapeutic drug monitoring*. 2009;31(6):670-682.

## 8. Abkürzungsverzeichnis

DUS	Dienststelle für Umweltschutz
GM	geometrisches Mittel
HBM	Human-Biomonitoring
Hg	Quecksilber
LMU	Ludwigs-Maximilian-Universität München
P	Perzentil, z.B. P5 5. Perzentil, P10 10. Perzentil usw.
UZH	Universität Zürich
VBBO	Verordnung über Belastungen des Bodens