



Aufnahme von Quecksilber über Lebensmittel

Zeitraum 2016-2022

Ulrike Mayerhofer, Kristina Marchart, Karin Manner, Gerhard Liftingner, Johann Steinwider,
Daniela Hofstädter

05.05.2023

Inhalt

Inhalt.....	2
Abbildungsverzeichnis.....	3
Tabellenverzeichnis.....	4
Abkürzungsverzeichnis.....	5
Zusammenfassung	6
Summary.....	7
1 Einleitung.....	9
2 Eigenschaften und Vorkommen.....	9
2.1 Chemische Formen von Quecksilber	9
2.2 Quecksilber in der Umwelt und Lebensmittelkette.....	10
3 Gesetzliche Regelung.....	11
4 Verhalten von Quecksilber im Körper.....	11
4.1 Elementares Quecksilber	12
4.2 Anorganisches Quecksilber	12
4.3 Methylquecksilber.....	12
5 Ableitung eines gesundheitsbezogenen Richtwerts	13
5.1 Anorganisches Quecksilber	13
5.2 Methylquecksilber.....	14
6 Material und Methoden	14
6.1 Analytik.....	14
6.2 Auftretensdaten.....	15
6.3 Verhältnis von anorganischem Quecksilber und Methylquecksilber zu Gesamtquecksilber	15
6.4 Verzehrdaten.....	16

6.5	Expositionsabschätzung	16
6.6	Risikocharakterisierung.....	17
7	Ergebnisse und Diskussion.....	17
7.1	Auftretensdaten.....	17
7.1.1	Auftretensdaten - Übersicht aquatische und terrestrische Lebensmittel	18
7.1.2	Auftretensdaten - Fische und Meeresfrüchte detailliert	21
7.1.3	Auftretensdaten – Österreichische Fische aus Aquakulturen.....	23
7.2	Expositionsabschätzung und Risikocharakterisierung	24
7.2.1	Anorganisches Quecksilber – Lebensmittel gesamt	24
7.2.2	Methylquecksilber – Fisch und Meeresfrüchte	28
8	Unsicherheiten.....	32
9	Schlussfolgerungen und Empfehlungen.....	33
10	Literaturverzeichnis	35
11	Anhang	39

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Durchschnittliche Gesamtquecksilberkonzentrationen in $\mu\text{g}/\text{kg}$ bzw. $\mu\text{g}/\text{L}$ (MB) in aquatischen und terrestrischen Lebensmitteln	19
Abbildung 2: Durchschnittlicher Gesamtquecksilbergehalt in $\mu\text{g}/\text{kg}$ (MB) in Fischfleisch ($n \geq 5$)	22
Abbildung 3: TWI-Auslastung (%) von anorganischem Quecksilber von Erwachsenen und Kindern bei durchschnittlichem (MW) und hohem Verzehr (P95).....	28
Abbildung 4: TWI-Auslastung (%) von Methylquecksilber von Erwachsenen und Kindern (Mittelwert MB) bei einer Portion Fisch (Erwachsene: 150 g; Kinder 70 g).....	31

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Umrechnungsfaktoren von Gesamtquecksilber auf anorganisches Quecksilber und Methylquecksilber (EFSA 2012).....	16
Tabelle 2: Übersicht Gesamtquecksilbergehalt in µg/kg bzw. µg/L in Lebensmitteln	20
Tabelle 3: Übersicht Gesamtquecksilbergehalt in µg/kg in heimischen Fischproben des österreichischen Rückstandskontrollplan 2016 – 2022	23
Tabelle 4: Expositionsabschätzung von anorganischem Quecksilber für Erwachsene und Kinder bei durchschnittlichem Verzehr	25
Tabelle 5: Expositionsabschätzung von anorganischem Quecksilber für Erwachsene und Kinder bei hohem Verzehr (P95).....	26
Tabelle 6: Gesamtaufnahme von Methylquecksilber über Lebensmittel (Durchschnittsverzehr)	29
Tabelle 7: Gesamtaufnahme von Methylquecksilber über Lebensmittel (hoher Verzehr - P95)	29
Tabelle 8: TWI-Auslastung (%) von Methylquecksilber bei Verzehr einer Portion Fisch (Filet) pro Woche durch Erwachsene und Kinder.....	32
Tabelle 9: Qualitative Bewertung der Unsicherheiten	33
Tabelle 10: Durchschnittliche Gesamtquecksilberkonzentrationen in µg/kg bzw. µg/L in aquatischen und terrestrischen Lebensmitteln (MB)	39
Tabelle 11: Übersicht Gesamtquecksilberkonzentrationen in µg/kg in Süßwasserfischen.....	39
Tabelle 12: Übersicht Gesamtquecksilberkonzentrationen in µg/kg in Wanderfischen.....	39
Tabelle 13: Übersicht Gesamtquecksilberkonzentrationen in µg/kg in Meeresfischen.....	40
Tabelle 14: Übersicht Gesamtquecksilberkonzentrationen in µg/kg in Fischen (n=1).....	40

Abkürzungsverzeichnis

AGES	Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit
ASC	Aqua Stewardship Council
BG	Bestimmungsgrenze
BGBl	Bundesgesetzblatt
BMDL	Bench Mark Dose Lower Limit
BMSGPK	Bundesministerium für Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz
EFSA	Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit
EG	Europäische Gemeinschaft
EPA	Environmental Protection Agency
EU	Europäische Union
HG	Höchstgehalt
Hg	Quecksilber
Hg ₀	elementares/ metallisches Quecksilber
HGI	einwertiges Quecksilber
HGII	zweiwertiges Quecksilber
HgS	Zinnober (Quecksilbermineral)
HPLC	High Performance Liquid Chromatography
ICP-MS	Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometer
idgF.	In der geltenden Fassung
iHg	anorganisches Quecksilber
LB	Lower Bound
Max	Maximum
MB	Medium Bound
MeHg	Methylquecksilber (organische Quecksilberform)
Min	Minimum
MSC	Marine Stewardship Council
MW	Mittelwert
n	Anzahl
NOEL	No Observed Effect Level
P95	95. Perzentile
TWI	Tolerable Weekly Intake/ tolerierbare wöchentliche Aufnahme
UB	Upper Bound
UNEP	United Nation Environment Programme
WHO	World Health Organisation
WWF	World Wildlife Fund
µg/kg KG/W	Mikrogramm pro Kilogramm Körpergewicht pro Woche

Zusammenfassung

Quecksilber ist ein toxisches Schwermetall, das sowohl aus natürlichen als auch anthropogenen Quellen in die Umwelt gelangt. Quecksilber liegt in elementarer, anorganischer und organischer Form mit verschiedenen toxikologischen Eigenschaften vor. Die Hauptaufnahmekategorie von Quecksilber sind Lebensmittel. Während in terrestrischen Lebensmitteln hauptsächlich anorganisches Quecksilber vorliegt, kommt in aquatischen Lebensmitteln vorwiegend Methylquecksilber (organisches Quecksilber) vor. Als sensibelsten Endpunkt von anorganischem Quecksilber wurden Veränderungen des Nierengewichts bei männlichen Ratten identifiziert, während Störungen in der Entwicklung des Nervensystems bei pränataler Exposition als der sensibelste Endpunkt von Methylquecksilber identifiziert wurde. Aufgrund der Tatsache, dass Methylquecksilber über die Plazenta zum Fötus gelangen und die Gehirnentwicklung stark beeinträchtigen kann, zählen neben Säuglingen und Kleinkindern insbesondere Schwangere und deren ungeborenen Kinder zu den sensibelsten Bevölkerungsgruppen. Im Jahr 2012 leitete die Europäische Lebensmittelsicherheitsbehörde (EFSA) für anorganisches Quecksilber einen Tolerable Weekly Intake (TWI) von 4 µg/kg Körpergewicht/Woche (µg/kg KG/W) und für Methylquecksilber einen TWI von 1,3 µg/kg KG/W ab.

Auf Basis der Analyseergebnisse der Österreichischen Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES) von auf dem österreichischen Markt befindlichen Proben (Zeitraum 2016 bis 2022) wurde in vorliegendem Bericht das Auftreten von Gesamtquecksilber in Lebensmitteln evaluiert, die Exposition der österreichischen Bevölkerung abgeschätzt und im Rahmen der Risikocharakterisierung die Ausschöpfung des von der EFSA abgeleiteten TWI für anorganisches Quecksilber und Methylquecksilber berechnet.

Die Datenauswertung der 5380 Proben, die für die Expositionsabschätzung herangezogen wurden, ergab, dass insbesondere Fischfilets sowie verarbeitete Fischprodukte (Konserven, Aufstrich, Fischstäbchen) mit einem durchschnittlichen Gesamtquecksilbergehalt von 86 µg/kg bzw. 56 µg/kg einen vergleichsweise hohen Gehalt an Gesamtquecksilber aufwiesen. Für die Expositionsabschätzung wurde der Gehalt an anorganischem Quecksilber und Methylquecksilber von dem analysierten Gesamtquecksilbergehalt auf Basis von Umrechnungsfaktoren errechnet.

Während österreichische Erwachsene zwischen 0,09 und 0,9 µg anorganisches Quecksilber/kg KG/W (LB – UB) aufnahmen, lag die Aufnahme von anorganischem Quecksilber bei Kindern im Schnitt bei 0,1 - 1,5 µg/kg KG/W (LB - UB). Bei hohem Verzehr (P95) betrug die

Gesamtaufnahme an anorganischem Quecksilber für Erwachsene 0,4 - 2,8 µg/kg KG/W (LB - UB) und für Kinder 0,5 - 3,7 µg/kg KG/W (LB - UB). Es wurde festgestellt, dass die nahrungsbedingte Aufnahme von anorganischem Quecksilber allein keine TWI-Ausschöpfung zur Folge hatte, allerdings müssen hier auch alle anderen Expositionsquellen (z.B. Amalgamfüllungen) berücksichtigt werden.

Die Aufnahme von Methylquecksilber beim Verzehr von Fisch und Meeresfrüchten betrug im Falle der österreichischen Erwachsenen 0,12 µg/kg KG/W und für Kinder 0,31 µg/kg KG/W. Bei hohem Verzehr (P95) lag die durchschnittliche Aufnahme an Methylquecksilber bei Erwachsenen mit 0,96 µg/kg KG/W bzw. Kindern mit 2,11 µg/kg KG/W deutlich höher. Bei Kindern hingegen kam es bei hohem Verzehr zu einer deutlichen Überschreitung des TWI. Den größten Beitrag an der Exposition gegenüber Methylquecksilber leisteten Fischfilets, während der Beitrag von verarbeitetem Fisch (z.B. Konserven) sowohl bei durchschnittlichem als auch bei hohem Verzehr deutlich geringer ausfiel.

Diese Ergebnisse zeigen, dass bei bestimmten Fischarten bereits der Verzehr einer Portion Fischfilet die Ausschöpfung des TWI für Methylquecksilber zur Folge haben kann. Dies trifft insbesondere auf fettreiche Raubfische (z.B. Schwertfisch, Thunfisch und Buttermakrele) zu. Daher ist auf eine abwechslungsreiche Ernährung, auch in Hinblick auf die Fischart, zu achten, um von den positiven gesundheitlichen Effekten von Fisch zu profitieren und gleichzeitig mögliche negative gesundheitliche Effekte aufgrund einer erhöhten Aufnahme von Methylquecksilber vorzubeugen. Aufgrund der neurotoxischen Effekte von Methylquecksilber insbesondere bei Ungeborenen sowie Säuglingen und Kleinkindern wird Schwangeren, Stillenden, Säuglingen und Kindern vom Verzehr fettreicher Meeresfische abgeraten.

Summary

Mercury is a toxic heavy metal that enters the environment from both natural and anthropogenic sources. Mercury exists in elemental, inorganic and organic forms with various toxicological properties. The main source of mercury intake is food. While inorganic mercury is mainly present in terrestrial foods, methylmercury (organic mercury) is predominantly found in aquatic foods. Changes in kidney weights in male rats were identified as the most sensitive endpoint of inorganic mercury, while disturbances in the development of the nervous system upon prenatal exposure was identified as the most sensitive endpoint of methylmercury. Pregnant women with their unborn children as well as infants and young children are considered to be the most sensitive population groups due to the fact that methylmercury can pass the blood-placenta barrier and reach the fetus leading to neurotoxic effects especially during brain development. In 2012, the European Food Safety Authority

(EFSA) derived a Tolerable Weekly Intake (TWI) of 4 µg/kg body weight/week for inorganic mercury and a TWI of 1.3 µg/kg body weight/week for methylmercury.

In this report the occurrence of total mercury in food was evaluated based on the analysis results of the Austrian Agency for Health and Food Safety (AGES) of samples from the Austrian market (period 2016 - 2022). Furthermore, the exposure of the Austrian population was estimated and, as part of the risk characterization, the exceedance of the TWI derived by EFSA for inorganic mercury and methylmercury was calculated.

The data analysis of the 5380 samples used for the exposure assessment showed that fish (filet) as well as processed fish products (tinned fish, fish spread, fish fingers) in particular had with an average concentration of 86 µg/kg and 56 µg/kg respectively a comparatively high content of total mercury. For the exposure assessment, the content of inorganic mercury and methylmercury was calculated from the analyzed total mercury content based on conversion factors.

While the intake of Austrian adults was estimated to be between 0.09 and 0.9 µg inorganic mercury/kg body weight/week (LB - UB), the inorganic mercury intake of children was on average 0.1 - 1.5 µg/kg body weight/week (LB - UB). At high consumption (P95), the total intake of inorganic mercury was estimated to be 0.4 - 2.8 µg/kg body weight/week (LB - UB) for adults and 0.5 - 3.7 µg/kg body weight/week (LB - UB) for children. It was found that the dietary intake of inorganic mercury alone does not result in a TWI exceedance, however, all other sources of exposure (e.g. amalgam fillings) have to be taken into account.

The intake of methylmercury was estimated to be 0.12 µg/kg body weight/week for Austrian adults and 0.31 µg/kg body weight/week for children. At high consumption (P95), the average intake of methylmercury was significantly higher in adults (0.96 µg/kg body weight/week) as well as in children (2.11 µg/kg body weight/week). In the case of methylmercury, the TWI was clearly exceeded by children with high consumption. Fish filets contributed most to the exposure to methylmercury, while the contribution of processed fish products ((e.g. tinned fish) was markedly lower both at average and high consumption.

These results show that for certain fish species the TWI for methylmercury can already be exceeded after consuming just one portion of fish. This applies in particular to high-fat predatory fish (e.g. swordfish, tuna and butter mackerel). It is therefore important to ensure a varied diet, also with regard to the type of fish, in order to benefit from the positive health effects of fish and at the same time prevent possible negative health effects due to an increased intake of methylmercury. Due to neurotoxic effects of methylmercury in unborn children, infants and young children, it is recommended that pregnant and breastfeeding women as well as infants and young children should not consume fatty seafood.

1 Einleitung

Quecksilber ist ein giftiges Schwermetall, das sowohl aus natürlichen Quellen als auch aus anthropogenen Quellen in die Umwelt und in weiterer Folge in die Lebensmittelkette gelangt. Für den Menschen sind Lebensmittel die bedeutendste Quelle für die Aufnahme von Quecksilber. Bestimmte Quecksilberformen (Methylquecksilber) können über die Plazenta zu dem ungeborenen Kind gelangen und die Entwicklung des Gehirns stark beeinträchtigen. Auch Säuglinge und Kleinkinder sind anfälliger für neurotoxische Effekte durch die nahrungsbedingte Aufnahme von Methylquecksilber (EFSA 2012). Daher wurden Schwangere und ihre ungeborenen Kinder sowie Säuglinge und Kleinkinder als die sensibelsten Bevölkerungsgruppen identifiziert. Um die Gesundheit der Konsument:Innen zu schützen, werden in Österreich regelmäßig relevante Lebensmittel auf Quecksilber und gegebenenfalls die Einhaltung der geltenden Höchstgehalte kontrolliert.

Basierend auf den Analysenergebnissen aus der amtlichen Kontrolle, die in den Jahren 2016 bis 2022 von der Österreichischen Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit untersucht wurden, wird in vorliegendem Bericht das Auftreten von Gesamtquecksilber in Lebensmitteln unter Berücksichtigung der österreichischen Verzehrdaten (Elmadfa et al. 2012; Rust et al. 2017) ermittelt sowie im Rahmen einer Expositionsabschätzung für die österreichische Bevölkerung bewertet.

Der Fokus des vorliegenden Berichts liegt ausschließlich auf dem gesundheitlichen Risiko, das von der nahrungsbedingten Aufnahme von Quecksilber ausgeht. Etwaige positive gesundheitliche Effekte, die beispielsweise mit dem Verzehr von Fisch einhergehen, werden nicht berücksichtigt.

2 Eigenschaften und Vorkommen

2.1 Chemische Formen von Quecksilber

Quecksilber kommt in elementarer (metallischer) Form (Hg^0) sowie in Form anorganischer (iHg) und organischer Quecksilberverbindungen vor. Elementares Quecksilber ist bei Raumtemperatur flüssig und verdampft sehr leicht. Die Hauptaufnahmequelle von elementarem Quecksilber für Menschen ist die Evaporation aus Amalgamfüllungen in

Zähnen. Als Lebensmittelkontaminant ist elementares Quecksilber nicht relevant (EFSA 2012). Anorganische Quecksilberverbindungen sind Salze des einwertigen (Hg(I)) und des zweiwertigen (Hg(II)) Quecksilbers. Anorganische Quecksilberverbindungen kommen im Boden und in Gewässern vor. Zinnober (HgS) stellt das wichtigste Quecksilbermineral dar. Anorganisches Quecksilber kann als Kontaminant in Lebensmitteln terrestrischen und aquatischen Ursprungs auftreten (EFSA 2012). Die bedeutendste organische Quecksilberverbindung in der Lebensmittelkette stellt Methylquecksilber (MeHg) dar und tritt in aquatischen Lebensmitteln (Fisch und Meeresfrüchten) auf (EFSA 2012).

2.2 Quecksilber in der Umwelt und Lebensmittelkette

Quecksilber gelangt durch Vulkanausbrüche, Waldbrände, Gesteinsverwitterung und Evaporation sowie durch anthropogene Quellen wie Goldbergbau, Verhüttung von Erzen, Verbrennung fossiler Brennstoffe (Kohle, Öl und Gas) und andere industrielle Aktivitäten in die Umwelt. Es durchläuft einen komplexen biogeochemischen Kreislauf zwischen Atmosphäre, Land und Gewässern. Vereinfacht dargestellt steigt Quecksilberdampf (elementares Quecksilber) aus der Erdoberfläche in die Atmosphäre auf und schlägt sich von dort als anorganisches Quecksilber auf Land und Wasseroberflächen nieder. Aus dem Boden gelangt anorganisches Quecksilber in Pflanzen und Pilze, sowie entlang der terrestrischen Lebensmittelkette auch in Tiere. In den Gewässern werden Teile des anorganischen Quecksilbers von sulfat- und eisenreduzierenden Bakterien methyliert, wodurch Methylquecksilber entsteht. Methylquecksilber reichert sich in Wassertieren und entlang der aquatischen Nahrungskette an (EFSA 2012, Selin 2009).

Während anorganisches Quecksilber als Kontaminant in terrestrischen und aquatischen Lebensmitteln vorkommt, ist Methylquecksilber hingegen nur in aquatischen Lebensmitteln, d. h. in Fisch und Meeresfrüchten, zu finden. Aufgrund der Bioakkumulation von Methylquecksilber enthalten fettreiche Raubfische höhere Quecksilberkonzentrationen als Friedfische (EFSA 2012). Im Trinkwasser können Kontaminationen mit anorganischem Quecksilber auftreten, Methylquecksilber ist im Trinkwasser üblicherweise nicht zu erwarten (WHO 2005). Die Exposition der Bevölkerung gegenüber Methylquecksilber erfolgt demzufolge fast ausschließlich durch den Verzehr von Fisch und Meeresfrüchten. Methylquecksilber ist in nahezu allen aquatischen Lebewesen enthalten und macht den größten Teil des Gesamtquecksilbers aus (EFSA 2012).

Hohe Gehalte an Methylquecksilber können auch in Folge lokaler Verschmutzungen von Seen und Flüssen oder in Meeresbuchten vorkommen. Das bedeutendste Ereignis in Bezug

auf Intoxikationen mit Methylquecksilber von Menschen hat sich in den 1950er Jahren in der Minamata-Bucht (Japan) ereignet. Hier wurde Abwasser mit anorganischem Quecksilber als Produktionsabfall ins Meer eingeleitet. Im Wasser wurde das anorganische Quecksilber zu Methylquecksilber umgewandelt, das sich in den Fischen und Meeresfrüchten anreicherte, die das Hauptnahrungsmittel der Küstenbewohner darstellten. Aufgrund der hohen Aufnahmemengen kam es zu zahlreichen akuten Methylquecksilbervergiftungen, die sich in irreversiblen neurologischen Ausfällen, Hirnschäden bei Neugeborenen und unzähligen Todesfällen äußerten (Vohr 2010, Ekino et al. 2007). Im Irak kam es 1971/72 zu Vergiftungen mit Methylquecksilber als mit organischen Quecksilberverbindungen gebeiztes Saatgut als Brotgetreide eingesetzt wurde (Vohr 2010).

3 Gesetzliche Regelung

Auf EU-Ebene sind Höchstgehalte für Quecksilber in Lebensmitteln in Form von Gesamtquecksilber in Fischen und Meeresfrüchten sowie in Nahrungsergänzungsmitteln und Speisesalz in der Verordnung (EU) Nr. 2023/915 idgF. festgelegt. Für Trinkwasser sowie für natürliche Mineralwässer gilt in Österreich gemäß Trinkwasserverordnung bzw. Mineralwasser- und Quellwasserverordnung ein Parameterwert von 1 µg/l. Außerdem ist Quecksilber in der Pestizidverordnung (EG) Nr. 396/2005 sowie der Richtlinie 2002/32/EG über unerwünschte Stoffe in der Tierernährung geregelt. In Österreich ist der Einsatz von Quecksilberverbindungen in Pflanzenschutzmitteln verboten (Verbot von Pflanzenschutzmitteln, die bestimmte Wirkstoffe enthalten, BGBl. II Nr. 308/2002).

Im Jahr 2013 wurde das Minamata-Übereinkommen beschlossen, das verschiedene Minimierungsmaßnahmen der weltweiten Quecksilberemissionen auf den Weg bringt mit dem Ziel, die menschliche Gesundheit und die Umwelt vor anthropogenen Emissionen und Freisetzungen von Quecksilber und Quecksilberverbindungen zu schützen (UNEP 2013).

4 Verhalten von Quecksilber im Körper

Elementares Quecksilber, anorganisches Quecksilber und Methylquecksilber verfügen über unterschiedliche toxikologische Eigenschaften, die in den nachfolgenden Kapiteln zusammengefasst sind.

4.1 Elementares Quecksilber

Elementares Quecksilber gelangt in erster Linie durch Inhalation in den menschlichen Körper, während die Exposition über die Nahrung eine untergeordnete Rolle spielt. Grund dafür ist, dass die Bioverfügbarkeit von elementarem Quecksilber nach der Aufnahme über die Nahrung sehr gering ist (EFSA 2012). Da im vorliegenden Bericht der Fokus auf der nahrungsbedingten Aufnahme von Quecksilber liegt, wird elementares Quecksilber nachfolgend nicht näher diskutiert.

4.2 Anorganisches Quecksilber

Die Absorption von anorganischem Quecksilber im Gastrointestinaltrakt ist gering. Bedingt durch seine schlechte Wasserlöslichkeit zeigt einwertiges anorganisches Quecksilber eine geringere Absorption als zweiwertiges anorganisches Quecksilber. Im Rahmen von Tierversuchen wurden im Falle von zweiwertigem anorganischem Quecksilber Absorptionsraten von 2 - 38 % beobachtet, während Humandaten eine Absorptionsrate von Quecksilberchlorid von 2 % zeigten (EFSA 2012). Die Metabolisierung von Quecksilberverbindungen beruht auf Oxidations-/Reduktionszyklen und der Konjugation mit Glutathion. Aufgrund seiner geringen Fettlöslichkeit kann anorganisches Quecksilber nicht oder nur beschränkt die Blut-Plazenta-Schranke beziehungsweise die Blut-Hirn-Schranke überwinden. Die Halbwertszeit von zweiwertigem anorganischen Quecksilber im menschlichen Körper beträgt ca. 40 Tage. Die Ausscheidung von anorganischem Quecksilber erfolgt vor allem über den Urin (EFSA 2012, Forth et al. 2001).

4.3 Methylquecksilber

Methylquecksilber wird mit einer Absorptionsrate von über 80 % rasch nach oraler Aufnahme absorbiert und kann via passiver Diffusion Zellmembranen passieren. Nach der Absorption bindet Methylquecksilber an das Hämoglobin der Erythrozyten. Die Reabsorptionsrate dürfte insbesondere von ernährungsbedingten Faktoren abhängen (EFSA 2012, Hong et al. 2012).

Methylquecksilber ist in der Lage, Haarfollikel und die Blut-Hirn-Schranke zu überwinden, wodurch es zu Akkumulationen in Haaren, im Fötus und im Gehirn kommt. Auch die Plazentaschranke kann von Methylquecksilber überwunden werden und folglich zu einer

Anreicherung von Methylquecksilber im Gehirn des Ungeborenen führen. Grundsätzlich verhält sich die Distribution im Fötus ebenso, allerdings könnten die Konzentration von Methylquecksilber in den Erythrozyten und die Gesamtquecksilberkonzentration im Gehirn höher liegen. Die genauen Mechanismen in Bezug auf die Überwindung der Blut-Hirn-Schranke sind noch unklar. Nach ca. 30 Stunden bis 3 Tagen stellt sich bei Menschen ein Equilibrium zwischen Blut und dem restlichen Körper ein. In etwa 5 % des Methylquecksilbers verbleiben im Blut und ca. 10 % gelangen in das Gehirn. Die höchste Konzentration an Gesamtquecksilber ist in den Nieren. Methylquecksilber kann auch über die Muttermilch auf den Säugling übertragen werden. Der Anteil an Methylquecksilber in Relation zum Gesamtquecksilbergehalt in der Muttermilch liegt, abhängig von der über die Nahrung aufgenommenen Menge, durchschnittlich zwischen 26 % und 63 % (EFSA 2012). Auf Basis dieser Erkenntnisse zählen Schwangere und deren ungeborenen Kinder sowie Säuglinge und Kleinkinder zu den sensibelsten Bevölkerungsgruppen in Hinblick auf negative Effekte durch Methylquecksilber.

Methylquecksilber gelangt in den enterohepatischen Kreislauf und wird dabei von der intestinalen Mikroflora zu zweiwertigem Quecksilber umgewandelt, das im Darm nicht so effektiv absorbiert wird. Zweisewertiges Quecksilber entsteht im Gehirn entweder durch Dealkylierung von organischem Quecksilber wie beispielsweise Methylquecksilber oder durch Oxidation von elementarem Quecksilber. Eine Demethylierung in anderen Geweben und Organen, wie etwa in den Nieren oder der Gallenblase, kann nicht ausgeschlossen werden (EFSA 2012). Circa 90 % des zweiwertigen Quecksilbers werden schlussendlich über die Fäzes ausgeschieden. Die Halbwertszeit von Methylquecksilber im menschlichen Körper beträgt ca. 70 bis 80 Tage (EFSA 2012).

5 Ableitung eines gesundheitsbezogenen Richtwerts

5.1 Anorganisches Quecksilber

Zielorgan von anorganischem Quecksilber ist vor allem die Niere, in der die Anreicherung von anorganischem Quecksilber erfolgt. Als kritischen Effekt bei Exposition gegenüber anorganischem Quecksilber wurde eine Schädigung der Nieren identifiziert. Weitere empfindliche Systeme sind Leber, Nervensystem, Immunsystem, Reproduktion und Entwicklung.

Anhand von Tierstudien an Ratten wurde ein Tolerable Weekly Intake (TWI) von 4 µg pro kg KG/W abgeleitet (EFSA 2012). Der TWI-Wert für anorganisches Quecksilber basiert auf einem Benchmark Dose 10 % Lower Limit (BMDL₁₀) von 0,06 mg/kg KG/Tag für Veränderungen des Nierengewichts bei männlichen Ratten. Es wurde ein Unsicherheitsfaktor von 100 für die inter- und intraindividuelle Variabilität berücksichtigt (Unterschiede zwischen Tier und Mensch sowie Unterschiede zwischen menschlichen Individuen).

5.2 Methylquecksilber

Das Zielorgan von Methylquecksilber ist das Nervensystem, wobei insbesondere ungeborene Kinder, aber auch Säuglinge und Kleinkinder empfindlich sind. Als kritischer Effekt wurden Störungen in der Entwicklung des Nervensystems bei pränataler Exposition identifiziert.

Auf Basis von Kohortenstudien bei Bewohnern der Seychellen und der Färöer Inseln, die sehr hohe Mengen an Fisch verzehren, wurde von der EFSA ein TWI-Wert von 1,3 µg/kg KG/W abgeleitet. Dabei wurde der Mittelwert aus dem No Observed Effect Level (NOEL) der Seychellen Kohortenstudie (11 µg/kg Quecksilber im Haar der Mutter) und dem BMDL₀₅ der Kohortenstudie der Färöer Inseln (12 µg/kg Hg im Haar der Mutter) gebildet. Es wurde ein Unsicherheitsfaktor von 2 aufgrund der Umrechnung der Konzentration im Haar auf jene im Blut einbezogen. Weiters wurde ein Standardfaktor von 3,2 für die Variabilität zwischen menschlichen Individuen berücksichtigt (EFSA 2012).

6 Material und Methoden

6.1 Analytik

Für die Untersuchung auf ihren Gesamtquecksilbergehalt wurden die Proben gemäß ÖNORM EN 13805, nach Zugabe von Salpetersäure, in einem Mikrowellenautoklaven unter Druck bei 230°C aufgeschlossen. Anschließend wurden die Aufschlüsse gemäß ÖNORM EN 15763 auf einem ICP-MS (Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometer) analysiert, wobei Quecksilber auf der Masse 202 detektiert wurde. Um Interferenzen zu erkennen, wurde simultan auch die Masse 201 überwacht und Lutetium-175 als interner Standard mitgeführt.

6.2 Auftretensdaten

Für die Risikobewertung von Quecksilber in Lebensmitteln wurden die Analysenergebnisse der amtlichen Kontrolle im Untersuchungszeitraum 2016 bis 2022 berücksichtigt. Alle Untersuchungen wurden durch die AGES durchgeführt. Die Kategorisierung der Proben erfolgte auf Basis des FoodEx 2-Lebensmittelschlüssels der EFSA (EFSA 2015a). Warengruppen, die aus weniger als zehn Proben bestanden, wurden für die Abschätzung der Quecksilberaufnahme wegen zu geringer Stichprobenanzahl ausgeschlossen.

Neben Lebensmittelproben werden auch Trinkwasserproben regelmäßig von der AGES untersucht. Die AGES untersucht zwar zahlreiche Trinkwasserproben, ein Teil der österreichischen Trinkwasserversorgungsanlagen wird jedoch in anderen Labors kontrolliert, sodass hier kein flächendeckender und repräsentativer Datensatz zur Verfügung stand. Daher wurden im Fall von Trinkwasser die europäischen Auftretensdaten für die Expositionsabschätzung herangezogen (EFSA 2012).

Nachdem es sich bei den vorliegenden Auftretensdaten um linkszensierte Daten handelte, wurde zur Charakterisierung der empirischen Verteilung der Auftretensdaten und der anschließenden Expositionsabschätzung der Lower Bound (LB)-, Medium Bound (MB)- und Upper Bound-Ansatz (UB) angewendet (EFSA 2010). Dabei wurde der Wert bei Proben mit einem Quecksilbergehalt unterhalb der Bestimmungsgrenze ($< BG$) im LB gleich Null, im MB auf die Hälfte der jeweiligen Bestimmungsgrenze und im UB gleich der Bestimmungsgrenze gesetzt. Basierend auf dem Vergleich der LB-, MB- und UB-Werte konnten die Unsicherheiten für die Expositionsabschätzung, die von den Auftretensdaten ausgehen, eingeschätzt werden. Je größer die Unterschiede zwischen LB-, MB- und UB-Werten waren, desto höher war der Anteil an nicht bestimmbar (linkszensierten) Daten.

6.3 Verhältnis von anorganischem Quecksilber und Methylquecksilber zu Gesamtquecksilber

Grundsätzlich liegt Quecksilber in terrestrischen Lebensmitteln vorwiegend als anorganisches Quecksilber vor, während Quecksilber in aquatischen Lebensmitteln in erster Linie in Form von Methylquecksilber auftritt. Alle vorliegenden Proben der amtlichen Kontrolle wurden auf Gesamtquecksilber untersucht. Basierend auf seitens der EFSA ermittelten Standardwerten, wurde der Anteil an anorganischem Quecksilber und Methylquecksilber aus den Analysenergebnissen für Gesamtquecksilber errechnet (EFSA 2012). Die entsprechenden Umrechnungsfaktoren können der Tabelle 1 entnommen werden.

Tabelle 1: Umrechnungsfaktoren von Gesamtquecksilber auf anorganisches Quecksilber und Methylquecksilber (EFSA 2012)

Lebensmittel	Umrechnungsfaktor Anorganisches Quecksilber	Umrechnungsfaktor Methylquecksilber
Terrestrische Lebensmittel	1,0	0,0
Fischfleisch, Fischprodukte, Fischinnereien	0,2	1,0
Krebstiere, Wasserweichtiere, Amphibien, Reptilien, Schnecken, Insekten	0,5	0,8

6.4 Verzehrsdaten

Für die Expositionsabschätzung wurden die Verzehrsdaten von Erwachsenen im Alter von 18 bis 64 Jahren (n=2129; davon 1347 Frauen und 782 Männer) und Kindern im Alter von 7 bis 14 Jahren (n=387; davon 188 Mädchen und 199 Jungen) herangezogen. Während die Verzehrsdaten für Erwachsene mittels zweimaligem 24-Stunden-Ernährungsprotokoll im Zuge der Erstellung des Österreichischen Ernährungsberichts 2017 erhoben wurden (Rust et al. 2017), erfolgte die Verzehrerhebung für Kinder auf Basis eines 3-Tage-Schätzprotokolls im Rahmen der Erstellung des Österreichischen Ernährungsberichts 2012 (Elmadfa et al. 2012). Diese Verzehrsdaten werden EU-weit in der EFSA Comprehensive European Food Consumption Database geführt (EFSA 2015b). Die Expositionsabschätzung erfolgte auf Basis des FoodEx 2 Klassifizierungssystem der EFSA (EFSA 2015b).

6.5 Expositionsabschätzung

Die Exposition der österreichischen Erwachsenen und Kinder gegenüber Quecksilber wurde anhand der erhobenen Auftretensdaten sowie der österreichischen Verzehrsdaten deterministisch berechnet. Dazu wurde der Mittelwert der Auftretensdaten für die verschiedenen Warengruppen und der Mittelwert sowie die 95. Perzentile (P95) der Verzehrsdaten des Gesamtkollektivs herangezogen.

Fisch und Meeresfrüchte wurden aufgrund ihres großen Beitrags zur Gesamtexposition im Detail evaluiert, wobei von einem Verzehr von 150 g Fisch pro Portion für Erwachsene (BMSGPK 2013, BMSGPK 2019, AGES 2022) sowie 70 g Fisch pro Portion für Kinder (AGES 2017) ausgegangen wurde.

Zusatzstoffe, Aromen, Back- und Verarbeitungshilfsstoffe sowie Nahrungsergänzungsmittel wurden für die Expositionsbewertung nicht berücksichtigt. Außerdem wurden Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder mangels entsprechender österreichischer Verzehrdaten in der Expositionsbewertung nicht berücksichtigt.

6.6 Risikocharakterisierung

Im Zuge der Risikocharakterisierung wurde die Auslastung des von der EFSA abgeleiteten TWI (Tolerable Weekly Intake, tolerierbare wöchentliche Aufnahme) für Methylquecksilber bzw. anorganisches Quecksilber für die jeweiligen Produktgruppen sowie für die Gesamtaufnahme über Lebensmittel berechnet. Eine längerfristige Überschreitung des TWI deutet auf ein erhöhtes Risiko einer gesundheitlichen Beeinträchtigung hin. Die Schwere der gesundheitlichen Beeinträchtigung kann dabei jedoch nicht abgeschätzt werden. Je höher und je länger die Überschreitung, desto höher ist auch das Risiko für das Entstehen etwaiger gesundheitlicher Beeinträchtigungen.

Wie in Kapitel 5 beschrieben, leitete die EFSA einen TWI von 4 µg/kg KG/W für anorganisches Quecksilber und einen TWI von 1,3 µg/kg KG/W für Methylquecksilber ab (EFSA 2012). Diese TWI-Werte wurden für die Risikocharakterisierung im vorliegenden Bericht herangezogen.

7 Ergebnisse und Diskussion

7.1 Auftretensdaten

Nachfolgend sind die Ergebnisse der Auftretensdaten in Proben, die im Rahmen der amtlichen Kontrolle (Schwerpunktaktionen und Routineuntersuchungen) analysiert wurden und die Basis für die Expositionsbewertung waren, detailliert beschrieben. Kapitel 7.1.2 gibt eine Zusammenfassung über die Auftretensdaten in heimischen Fischen, die im Rahmen der Rückstandskontrollen analysiert wurden. Diese Proben wurden aus heimischen Aquakulturen gezogen und wurden nicht in der Expositionsbewertung berücksichtigt.

7.1.1 Auftretensdaten - Übersicht aquatische und terrestrische Lebensmittel

In Summe wurden 5380 Lebensmittelproben, die zwischen 2016 und 2022 im Rahmen der amtlichen Kontrolle auf Gesamtquecksilber untersucht wurden, für die Expositionsbewertung und Risikocharakterisierung herangezogen. Davon lagen 1219 Proben über der jeweiligen Bestimmungsgrenze und konnten entsprechend quantifiziert werden. Die untersuchten Proben wurden in 18 Kategorien entsprechend des EFSA Klassifizierungssystems FoodEx2 eingeteilt (EFSA 2015a). Tabelle 2 zeigt eine Übersicht über die verschiedenen Lebensmittelkategorien und die jeweiligen Analysenergebnisse. Aufgrund der teilweise stark linksenzierten Ergebnisse sind diese im Lower Bound und Upper Bound dargestellt (Näheres siehe Kapitel 6.2).

Einige Lebensmittelgruppen bestanden größtenteils aus spezifischen Lebensmitteln. So umfasst die Lebensmittelkategorie „Alkoholische Getränke“ ausschließlich Bierproben und in der Kategorie „Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze“ waren in erster Linie Nüsse enthalten. Die Kategorie „Kaffee, Kakao, Tee und Aufguss“ umfasste Kakaoproben sowie Kräuter-, Früchte- und Schwarzteeproben. In der Kategorie „Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder“ sind vor allem Säuglingsanfangs- und Folgenahrung sowie Beikost enthalten, während die Gruppe „Milch und Milchprodukte“ Käse und Milchproben beinhaltete. Die Kategorie „Produkte für nicht-standard Ernährung, Lebensmittelimitate, Nahrungsergänzungsmittel“ umfasste Nahrungsergänzungsmittelproben, während sich die Kategorie „Tierische und pflanzliche Fette und Öle und primäre Derivate daraus“ aus pflanzlichen Fetten und Ölen zusammensetzte. Der Kategorie „Würzmittel und Saucen“ wurde Speisesalz und der Kategorie „Zucker und ähnliches, Konfekt und wasserbasierte süße Desserts“ wurden Zucker und Honig zugeteilt. Die Kategorie „Zusammengesetzte Produkte“ umfasste zu einem großen Teil vegane Produkte.

Wie in Tabelle 2 ersichtlich ist, stellten Fische und Meeresfrüchte den größten Anteil der untersuchten Proben dar (n=1099), gefolgt von Fleisch (n=1050) und Lebensmitteln für Säuglinge und Kleinkinder (n=608). Während bei dem Großteil der Fische und Meeresfrüchte Gehalte über der Bestimmungsgrenze nachgewiesen werden konnten, lagen die Bestimmungsgrenzen der terrestrischen Proben deutlich darunter. In den Lebensmittelkategorien „Milch und Milchprodukte“, „Obst-/Gemüsesäfte und Nektar, inkl. Konzentrat“, „Tierische und pflanzliche Fette und Öle und primäre Derivate daraus“, „Würzmittel und Saucen“ sowie „Zusammengesetzte Produkte“ war Gesamtquecksilber in keiner der Proben bestimmbar. Lediglich in den Kategorien „Fisch, Meeresfrüchte, Amphibien, Reptilien und Invertebrate“, „Fleisch und Fleischprodukte“, „Gemüse- und Gemüseprodukte“,

„Kaffee, Kakao, Tee und Aufguss“ und „Zusatzstoffe, Aromen, Back- und Verarbeitungshilfsstoffe“ lagen mehr als 10 Proben über der jeweiligen Bestimmungsgrenze.

In Fisch und Meeresfrüchten wurden die höchsten durchschnittlichen Gehalte an Gesamtquecksilber gemessen (LB: 70,9; UB: 71,3 $\mu\text{g}/\text{kg}$), wobei in Fischfleisch (Filets) höhere Gehalte gemessen wurden als in verarbeiteten Fischprodukten (z.B. Konserven, Aufstriche, Fischstäbchen). Details hierzu können dem Kapitel 7.1.2 entnommen werden. Alle weiteren Lebensmittelkategorien lagen deutlich unterhalb der durchschnittlichen Gehalte an Gesamtquecksilber in Fisch. Abgesehen von Fisch und Meeresfrüchten wies von jenen Kategorien mit mehr als 10 Proben, die über der Bestimmungsgrenze lagen, die Kategorie „Zusatzstoffe, Aromen, Back- und Verarbeitungshilfsstoffe“ die höchsten durchschnittlichen Gehalte auf (LB: 2,08; UB: 11,2).

Für Speisesalz und Nahrungsergänzungsmittel sind auf EU-Ebene Höchstgehalte festgelegt. Bei den vorliegenden Proben an Speisesalz und Nahrungsergänzungsmitteln lagen die Gesamtquecksilberkonzentrationen durchwegs unterhalb des Höchstgehalts.

Abbildung 1 macht deutlich, dass Gesamtquecksilber insbesondere in aquatischen Lebensmitteln (Fisch und Meeresfrüchten) eine bedeutende Rolle spielt. Aus diesem Grund werden nachfolgend diese Warengruppen detailliert diskutiert.

Abbildung 1: Durchschnittliche Gesamtquecksilberkonzentrationen in $\mu\text{g}/\text{kg}$ bzw. $\mu\text{g}/\text{L}$ (MB) in aquatischen und terrestrischen Lebensmitteln

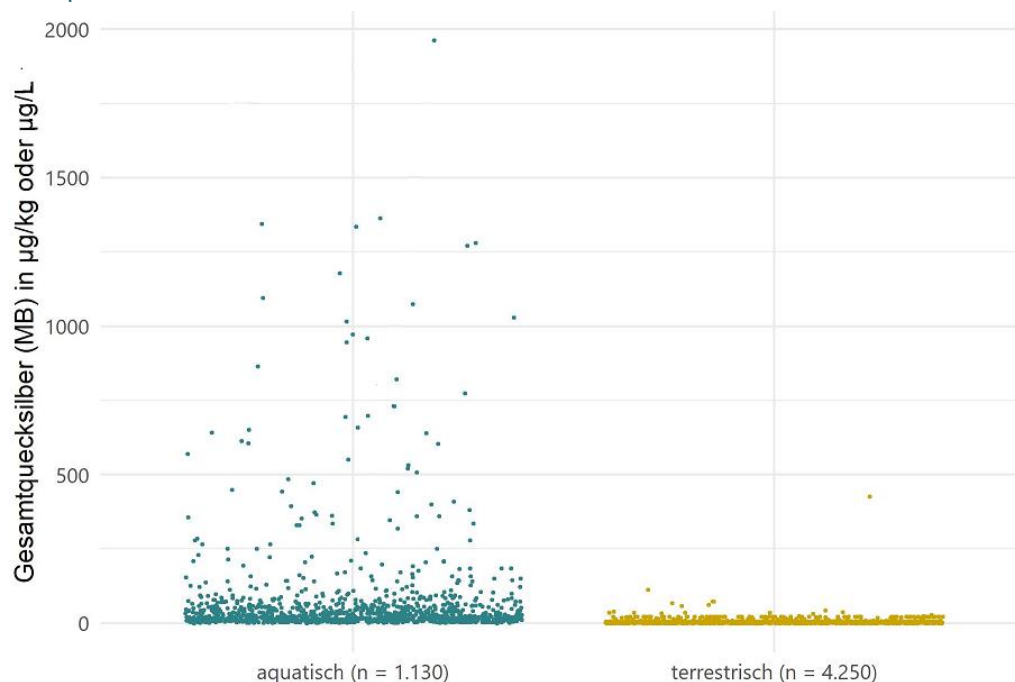


Tabelle 2: Übersicht Gesamtquecksilbergehalt in µg/kg bzw. µg/L in Lebensmitteln

Lebensmittelkategorie	n	n > BG	Min (LB)	Min (UB)	MW (LB)	MW (UB)	Max (LB)	Max (UB)
Alkoholische Getränke (Bier)	27	1	0,00	1,25	0,05	1,81	1,35	3,75
Eier und Eiprodukte	99	2	0,00	1,18	0,05	2,46	2,87	3,95
Fisch, Meeresfrüchte, Amphibien, Reptilien und Invertebrate	1099	1028	0,00	3,18	70,9	71,3	1962	1962
Fisch und Meeresfrüchte Verarbeitet (Konserven, Aufstrich, Fischstäbchen)	145	137	0,00	5,05	56,3	56,5	551	551
Fischfleisch (Filet)	784	748	0,00	3,18	86,2	86,5	1962	1962
Krusten-/Schalentiere	84	68	0,00	3,30	11,0	12,1	55,0	55,0
Weichtiere	86	75	0,00	3,64	14,9	15,7	46,6	46,6
Fleisch und Fleischprodukte	1050	95	0,00	0,34	0,74	4,93	74,1	74,1
Gemüse- und Gemüseprodukte	246	28	0,00	0,52	0,81	3,83	22,7	22,7
Getreide und getreidebasierte Produkte	347	2	0,00	1,13	0,07	6,65	19,3	19,3
Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	59	6	0,00	2,91	1,48	6,92	31,6	31,6
Kaffee, Kakao, Tee und Aufguss (Kakao und Tee/Aufguss)	112	34	0,00	0,07	0,72	4,72	17,1	35,4
Lebensmittel für Säuglinge und Kleinkinder	608	5	0,00	1,10	0,04	6,19	6,78	49,9
Milch und Milchprodukte	269	0	0,00	1,01	0,00	1,96	0,00	7,65
Obst-/Gemüsesäfte und Nektar, inkl. Konzentrat	104	0	0,00	0,54	0,00	3,04	0,00	5,04
Obst und Obstprodukte	139	1	0,00	1,95	0,03	2,95	3,82	5,13
Produkte für nicht-standard Ernährung, Lebensmittelimitate, Nahrungsergänzungsmittel	49	5	0,00	4,81	1,93	12,0	43,2	45,3
Tierische und pflanzliche Fette und Öle und primäre Derivate daraus	91	0	0,00	7,27	0,00	10,1	0,00	17,1
Würzmittel und Saucen (Salz)	153	0	0,00	5,64	0,00	32,6	0,00	146
Zucker und ähnliches, Konfekt und wasserbasierte süße Desserts (Zucker und Honig)	492	2	0,00	0,28	0,03	7,22	6,86	14,5
Zusammengesetzte Produkte	82	0	0,00	1,82	0,00	6,73	0,00	11,93
Zusatzstoffe, Aromen, Back- und Verarbeitungshilfsstoffe	354	10	0,00	0,75	2,08	11,2	427	427
Gesamt	5380	1219	-	-	-	-	-	-

Ein Vergleich der vorliegenden Auftretensdaten mit jenen auf EU-Ebene gemäß EFSA Bericht aus dem Jahr 2012 zeigt bei den terrestrischen Lebensmitteln im Großen und Ganzen keine bedeutenden Unterschiede, während die österreichischen Auftretensdaten in der Lebensmittelkategorie „Fisch, Meeresfrüchte, Amphibien, Reptilien und Invertebrate“ mit durchschnittlich um die 70 µg/kg deutlich unterhalb des durchschnittlichen Gehalts für diese Kategorie auf EU-Ebene liegt. Dies ist in Hinblick auf die Exposition der österreichischen Bevölkerung gegenüber Quecksilber relevant, da Fisch und Meeresfrüchte die wichtigsten Aufnahmequellen von Quecksilber darstellen (EFSA 2012).

7.1.2 Auftretensdaten - Fische und Meeresfrüchte detailliert

Im Rahmen der amtlichen Kontrolle wurden 1099 Proben von Fischen und Meeresfrüchten auf Gesamtquecksilber untersucht. Wie in Tabelle 2 ersichtlich ist, war Gesamtquecksilber in den meisten Fisch- und Meeresfrüchteproben bestimmbar. Fischfleisch (Filet) war mit einem Durchschnittsgehalt von 86 µg/kg am meisten belastet, während Meeresfrüchte (Krusten-/Schalentiere und Weichtiere) mit einem durchschnittlichen Gehalt unter 15 µg/kg deutlich geringere Konzentrationen an Gesamtquecksilber aufwiesen. In der Kategorie „Fisch und Meeresfrüchte verarbeitet“ sind beispielsweise Konserven, marinierte oder zu Aufstrichen verarbeitete Lebensmittel enthalten. In verarbeitetem Fisch und Meeresfrüchten wurden im Durchschnitt geringere Gesamtquecksilberkonzentrationen gemessen. Dabei spielt möglicherweise die Größe der verarbeiteten Fische eine Rolle, weil die Akkumulierung von Quecksilber mit steigendem Alter zunimmt (Magalhães et al. 2007; Storelli et al. 2010; Elsayed et al. 2020).

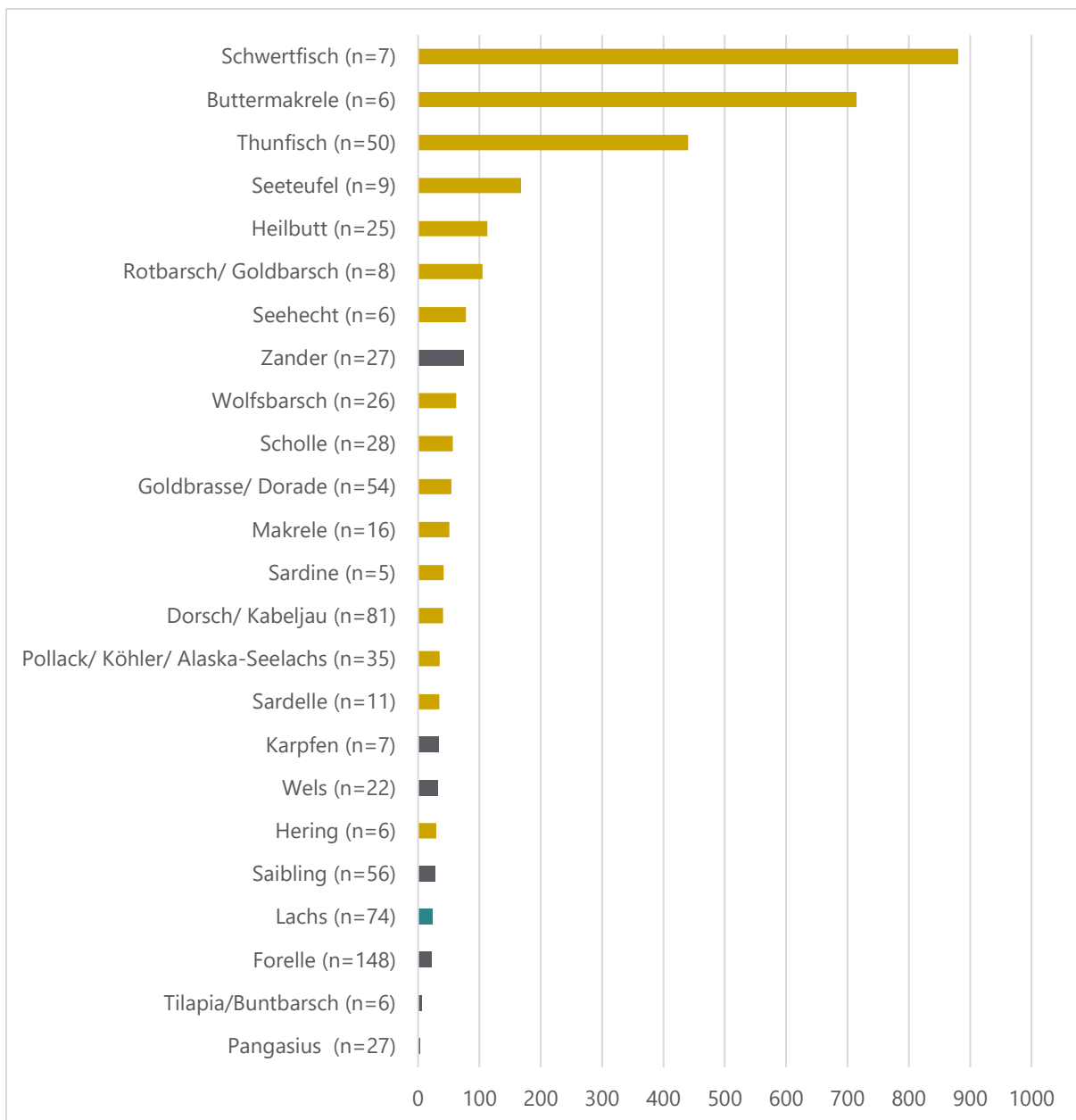
Die Gesamtquecksilbergehalte von Fischfleisch und Meeresfrüchten in den vorliegenden Proben waren deutlich geringer als im EU-Durchschnitt, während die Konzentration an Gesamtquecksilber in verarbeitetem Fisch und Meeresfrüchten etwas höher lagen (EFSA 2012).

Abbildung 2 zeigt einen detaillierten Überblick über die durchschnittlichen Konzentrationen an Gesamtquecksilber (MB) in den untersuchten Meeres-, Süßwasser- und Wanderfischen. Da es bei einigen Fischarten nur wenige Proben gab, sind jene Fischarten dargestellt, von denen fünf oder mehr Proben vorlagen. Eine detaillierte Übersicht über die Gesamtquecksilbergehalte in den einzelnen Fischarten sowie der jeweiligen aktuell geltenden Höchstgehalte können den Tabellen 11, 12, 13 und 14 im Anhang entnommen werden.

Ein Vergleich der durchschnittlichen Analyseergebnisse von Meeres-, Süßwasser- und Wanderfischen in Abbildung 2 zeigt, dass Meeresfische (insbesondere fettreiche Raubfische) tendenziell deutlich höhere Konzentrationen an Gesamtquecksilber aufweisen. Diese Erkenntnis deckt sich mit internationalen Ergebnissen (EFSA 2012; EPA 2017).

In der Verordnung (EU) Nr. 2023/915 sind Höchstgehalte für Fische und Meeresfrüchte definiert. Wie in den Tabellen 11, 12, 13 und 14 im Anhang ersichtlich ist, liegen im Falle der Fische und Meeresfrüchte insgesamt lediglich 8 Proben über dem jeweiligen Höchstgehalt.

Abbildung 2: Durchschnittlicher Gesamtquecksilbergehalt in µg/kg (MB) in Fischfleisch (n≥5)



Meeresfische; Süßwasserfische; Wanderfische

7.1.3 Auftretensdaten – Österreichische Fische aus Aquakulturen

Im Rahmen von Routineuntersuchungen und Schwerpunktaktionen der amtlichen Kontrolle werden neben Waren österreichischen Ursprungs auch importierte Waren untersucht. Um Hinweise auf die Quecksilberbelastung heimischer Fische zu erlangen, wurden in Tabelle 3 die Analyseergebnisse ausschließlich von jenen Fischproben, die im Rahmen der Rückstandskontrolle in österreichischem Fisch aus Aquakulturen analysiert wurden, zusammengefasst. In den Jahren 2016 bis 2022 wurden in Summe 99 Proben in vier verschiedenen Fischarten untersucht, wobei in fast allen Proben Gesamtquecksilber bestimmbar war. Im Schnitt lagen die Konzentrationen an Gesamtquecksilber durchwegs unter 40 µg/kg. In keiner der Proben wurde eine Überschreitung des aktuell geltenden Höchstgehalts festgestellt.

Tabelle 3: Übersicht Gesamtquecksilbergehalt in µg/kg in heimischen Fischproben des österreichischen Rückstandskontrollplan 2016 – 2022

Fischart	n	n > BG	Min (MB)	MW (MB)	Max (MB)	n > HG	HG
Forelle	69	68	2,98	21,6	146	0	300
Karpfen	20	18	1,78	35,3	120	0	300
Saibling	2	2	18,9	19,1	19,3	0	300
Wels	8	7	3,09	13,2	51,9	0	500
Gesamt	99	95	-	-	-	0	-

Im Vergleich mit den AGES-Analyseergebnissen aus den Jahren 2007 bis 2015 sind die vorliegenden Konzentrationen an Gesamtquecksilber in Karpfen und Saibling im Schnitt etwas geringer, während in Forellen durchschnittlich etwas höhere Gehalte nachgewiesen wurden (AGES 2016).

7.2 Expositionsabschätzung und Risikocharakterisierung

7.2.1 Anorganisches Quecksilber – Lebensmittel gesamt

Nachdem anorganisches Quecksilber in erster Linie in terrestrischen Lebensmitteln, aber auch geringfügig in aquatischen Lebensmitteln enthalten ist, wurden für die Expositionsbewertung für Erwachsene (18 - 64 Jahre) und Kinder (7 - 14 Jahre) alle Lebensmittelkategorien herangezogen und die entsprechenden Umrechnungsfaktoren für die Kalkulation der gemessenen Gesamtquecksilberkonzentration auf anorganisches Quecksilber berücksichtigt (siehe Kapitel 6.5). Da für Fische und Meeresfrüchte unterschiedliche Umrechnungsfaktoren herangezogen wurden, sind diese beiden Lebensmittelgruppen getrennt voneinander dargestellt. Die detaillierte Übersicht der Auftretens- und Verzehrdaten sowie der Ergebnisse der Expositionsbewertung können der Tabelle 2 bzw. den Tabellen 4 und 5 entnommen werden. Aufgrund der großen Anzahl an linkszensierten Ergebnissen, wurde die Expositionsabschätzung auf Basis der LB- und UB-Daten durchgeführt.

Expositionsabschätzung

Die Expositionsabschätzung zeigte, dass von österreichischen Erwachsenen in Summe durchschnittlich zwischen 0,09 und 0,9 µg anorganisches Quecksilber/kg KG/W (LB - UB) aufgenommen wurden. Kinder nahmen im Schnitt 0,1 - 1,5 µg/kg KG/W (LB - UB) an anorganischem Quecksilber auf. Bei hohem Verzehr (P95) betrug die Gesamtaufnahme an anorganischem Quecksilber für Erwachsene 0,4 - 2,8 µg/kg KG/W (LB-UB) und für Kinder 0,5 - 3,7 µg/kg KG/W (LB – UB). Betrachtet man die prozentuellen Anteile der jeweiligen Lebensmittelkategorien an der Gesamtexposition, ist zu erkennen, dass es teils deutliche Unterschiede zwischen den LB- und UB-Ergebnissen aufgrund der linkszensierten Daten gab. Die prozentuellen Anteile der jeweiligen Lebensmittelkategorien in Bezug auf die Gesamtexposition verteilten sich bei den Erwachsenen im Großen und Ganzen lediglich auf sechs Kategorien („Fische“, „Fleisch und Fleischprodukte“, „Gemüse- und Gemüseprodukte“, „Getreide- und Getreideprodukte“, „Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten, Gewürze“ und „Kaffee, Kakao, Tee und Aufguss“), während die Verteilung bei Kindern gleichmäßiger war.

Tabelle 4: Expositionsabschätzung von anorganischem Quecksilber für Erwachsene und Kinder bei durchschnittlichem Verzehr

Lebensmittelkategorie	Verzehr Erwachsene g/kg KG/Tag	Verzehr Kinder g/kg KG/Tag	Aufnahme Erwachsene (LB) in µg/kg KG/W (%-Anteil an Ges.Aufn.*)	Aufnahme Erwachsene (UB) in µg/kg KG/W (%-Anteil an Ges.Aufn.*)	Aufnahme Kinder (LB) in µg/kg KG/W (%-Anteil an Ges.Aufn.*)	Aufnahme Kinder (UB) in µg/kg KG/W (%-Anteil an Ges.Aufn.*)
Alkoholische Getränke	2,04	0,13	0,001 (1%)	0,026 (3%)	0,000 (0%)	0,002 (0%)
Eier und Eiprodukte	0,31	0,53	0,000 (0%)	0,005 (1%)	0,000 (0%)	0,009 (1%)
Fische	0,23	0,58	0,023 (25%)	0,023 (2%)	0,058 (53%)	0,058 (4%)
Meeresfrüchte	0,02	0,01	0,000 (0%)	0,000 (0%)	0,000 (0%)	0,000 (0%)
Fleisch und Fleischprodukte	1,60	2,86	0,008 (9%)	0,055 (6%)	0,015 (14%)	0,099 (7%)
Gemüse- und Gemüseprodukte	2,73	2,36	0,016 (17%)	0,073 (8%)	0,013 (12%)	0,063 (4%)
Getreide und getreidebasierte Produkte	3,38	9,40	0,002 (2%)	0,158 (17%)	0,005 (4%)	0,438 (30%)
Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	0,24	0,18	0,002 (3%)	0,012 (1%)	0,002 (2%)	0,009 (1%)
Kaffee, Kakao, Tee und Aufguss	7,90	3,18	0,040 (43%)	0,261 (28%)	0,016 (15%)	0,105 (7%)
Milch und Milchprodukte	3,31	10,3	0,000 (0%)	0,045 (5%)	0,000 (0%)	0,142 (10%)
Obst und Obstprodukte	2,01	3,10	0,000 (0%)	0,042 (4%)	0,001 (1%)	0,064 (4%)
Obst-/Gemüsesäfte und Nektar, inkl. Konzentrat	1,10	5,37	0,000 (0%)	0,024 (3%)	0,000 (0%)	0,114 (8%)
Tierische und pflanzliche Fette und Öle und primäre Derivate daraus	0,24	0,92	0,000 (0%)	0,017 (2%)	0,000 (0%)	0,065 (4%)
Trinkwasser und wasserbasierte Getränke	25,4	22,8	0,000 (0%)	0,036 (4%)	0,000 (0%)	0,032 (2%)
Würzmittel und Saucen	0,50	0,31	0,000 (0%)	0,115 (12%)	0,000 (0%)	0,070 (5%)
Zucker und ähnliches, Konfekt und wasserbasierte süße Desserts	0,28	1,14	0,000 (0%)	0,014 (2%)	0,000 (0%)	0,058 (4%)
Zusammengesetzte Produkte	0,54	2,69	0,000 (0%)	0,025 (3%)	0,000 (0%)	0,127 (9%)
Gesamt	51,9	65,8	0,092 (100%)	0,931 (100%)	0,110 (100%)	1,454 (100%)
TWI-Ausschöpfung	-	-	2%	23%	3%	36%

Annahme eines Standard-Körpergewichts von 70 kg für Erwachsene und 30 kg für Kinder. *Ges.Aufn. = Gesamtaufnahme; Abweichungen aufgrund von gerundeten Zahlen möglich.

Tabelle 5: Expositionsabschätzung von anorganischem Quecksilber für Erwachsene und Kinder bei hohem Verzehr (P95)

Lebensmittelkategorie	Verzehr Erwachsene g/kg KG/Tag	Verzehr Kinder g/kg KG/Tag	Aufnahme Erwachsene (LB) µg/kg KG/W (%-Anteil an Ges.Aufn.*)	Aufnahme Erwachsene (UB) µg/kg KG/W (%- Anteil an Ges.Aufn.*)	Aufnahme Kinder (LB) µg/kg KG/W (%- Anteil an Ges.Aufn.*)	Aufnahme Kinder (UB) µg/kg KG/W (%-Anteil an Ges.Aufn.*)
Alkoholische Getränke	9,56	0,51	0,003 (1%)	0,121 (4%)	0,000 (0%)	0,007 (0%)
Eier und Eiprodukte	1,18	1,67	0,000 (0%)	0,020 (1%)	0,000 (0%)	0,029 (1%)
Fische	1,82	4,06	0,181 (48%)	0,182 (7%)	0,403 (88%)	0,405 (11%)
Meeresfrüchte	0,00	0,00	0,000 (0%)	0,000 (0%)	0,000 (0%)	0,000 (0%)
Fleisch und Fleischprodukte	4,40	6,66	0,025 (7%)	0,118 (4%)	0,038 (8%)	0,179 (5%)
Gemüse- und Gemüseprodukte	6,70	5,89	0,038 (10%)	0,180 (7%)	0,005 (1%)	0,158 (4%)
Getreide und getreidebasierte Produkte	6,60	15,8	0,003 (1%)	0,308 (11%)	0,001 (0%)	0,734 (20%)
Hülsenfrüchte, Nüsse, Ölsaaten und Gewürze	1,08	0,86	0,011 (3%)	0,052 (2%)	0,001 (0%)	0,042 (1%)
Kaffee, Kakao, Tee und Aufguss	22,7	10,2	0,114 (30%)	0,751 (27%)	0,007 (2%)	0,338 (9%)
Milch und Milchprodukte	8,02	21,5	0,000 (0%)	0,110 (4%)	0,000 (0%)	0,295 (8%)
Obst und Obstprodukte	6,37	9,09	0,001 (0%)	0,132 (5%)	0,000 (0%)	0,188 (5%)
Obst-/Gemüsesäfte und Nektar, inkl. Konzentrat	4,68	16,9	0,000 (0%)	0,100 (4%)	0,000 (0%)	0,360 (10%)
Tierische und pflanzliche Fette und Öle und primäre Derivate daraus	0,61	1,98	0,000 (0%)	0,043 (2%)	0,000 (0%)	0,141 (4%)
Trinkwasser und wasserbasierte Getränke	48,3	39,7	0,000 (0%)	0,068 (2%)	0,000 (0%)	0,056 (2%)
Würzmittel und Saucen	1,75	1,08	0,000 (0%)	0,398 (14%)	0,000 (0%)	0,245 (7%)
Zucker und ähnliches, Konfekt und wasserbasierte süße Desserts	1,01	2,88	0,000 (0%)	0,051 (2%)	0,000 (0%)	0,146 (4%)
Zusammengesetzte Produkte	2,51	8,09	0,000 (0%)	0,118 (4%)	0,000 (0%)	0,381 (10%)
Gesamt	127	147	0,378 (100%)	2,752 (100%)	0,456 (100%)	3,701 (100%)
TWI-Ausschöpfung	-	-	9%	69%	11%	93%

Annahme eines Standard-Körpergewichts von 70 kg für Erwachsene und 30 kg für Kinder. *Ges.Aufn. = Gesamtaufnahme; Abweichungen aufgrund von gerundeten Zahlen möglich

Insgesamt kann zusammengefasst werden, dass sowohl bei Erwachsenen als auch bei Kindern Fische sowie die Lebensmittelkategorie „Kaffee, Kakao, Tee und Aufguss“ einen bedeutenden Beitrag zur Exposition leisteten. Während im Falle der Fische dies insbesondere auf die vergleichsweise hohe Konzentration an anorganischem Quecksilber zurückzuführen ist, spielt im Falle der Kategorie „Kaffee, Kakao, Tee und Aufguss“ die Verzehrsmenge eine bedeutendere Rolle.

Wie in den Tabellen 4 und 5 ersichtlich ist, nahmen Kinder mehr als doppelt so viel Fisch auf als Erwachsene. Dieser Umstand in Kombination mit dem geringeren Körpergewicht von Kindern führt in Summe zu einer höheren TWI-Auslastung bei Kindern.

Auch die EFSA kam in ihrem Bericht zu dem Ergebnis, dass Fisch und Meeresfrüchte neben alkoholfreien Getränken und zusammengesetzten Produkten den bedeutendsten Beitrag zur Gesamtexposition leistet (EFSA 2012).

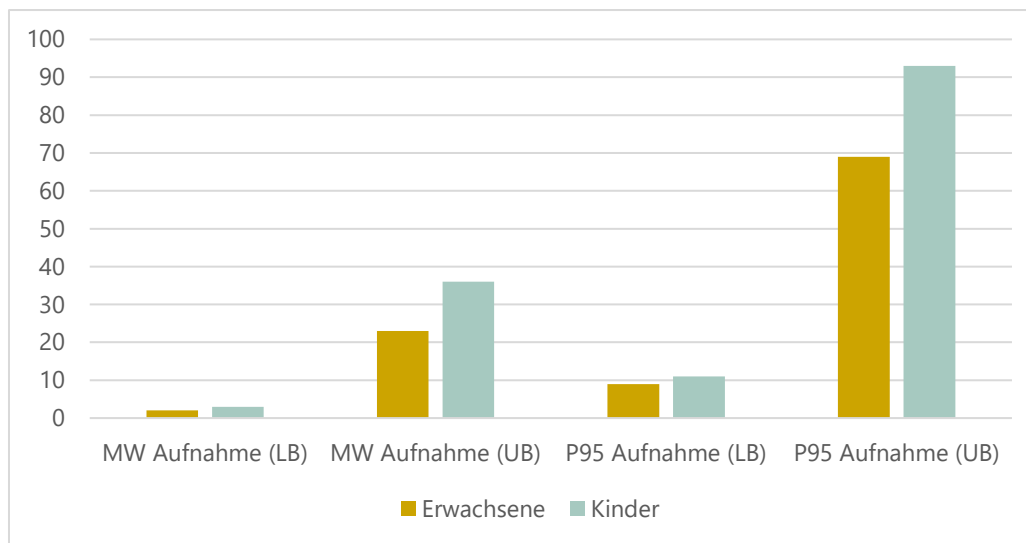
Risikocharakterisierung

Abbildung 3 zeigt die Auslastung des von der EFSA abgeleiteten TWIs von $4 \mu\text{g}/\text{kg KG}/\text{W}$ für anorganisches Quecksilber für Personen mit durchschnittlichem Konsum als auch für Personen mit hohem Konsum (95. Perzentil der Verzehrdaten = P95).

Während im LB-Ansatz (alle analytisch nicht bestimmbaren Proben werden gleich Null gesetzt) die TWI-Auslastung bei durchschnittlichem Verzehr sowohl für Erwachsene als auch für Kinder unter 5 % lag, betrug die TWI-Auslastung im UB-Ansatz (alle analytisch nicht bestimmbaren Proben werden gleich der Bestimmungsgrenze gesetzt) bei Erwachsenen 23 % und bei Kindern 36 %.

Nachdem der UB-Ansatz ein konservatives Szenario darstellt, kann davon ausgegangen werden, dass der TWI von $4 \mu\text{g}/\text{kg KG}/\text{W}$ für anorganisches Quecksilber von der durchschnittlichen österreichischen Bevölkerung nicht ausgeschöpft wurde. Die Exposition österreichischer Erwachsener und Kinder mit hohem Konsum (P95) war deutlich höher verglichen mit der Exposition bei durchschnittlichem Konsum. Wie in Abbildung 3 ersichtlich ist, lag die Ausschöpfung des TWI im Falle der Kinder bei 11 % (Durchschnittsverzehr) und 93 % (hoher Verzehr). Von Erwachsenen wurde der TWI zu 9 % bei durchschnittlichem Verzehr und 69 % bei hohem Verzehr (P95) ausgeschöpft.

Abbildung 3: TWI-Auslastung (%) von anorganischem Quecksilber von Erwachsenen und Kindern bei durchschnittlichem (MW) und hohem Verzehr (P95)



Auch die EFSA kam in ihrem Bericht zu dem Ergebnis, dass durch die nahrungsbedingte Aufnahme von anorganischem Quecksilber der TWI weder bei durchschnittlichem noch bei hohem Konsum ausgeschöpft wird. Allerdings kann Quecksilber auch inhalativ (durch Amalgamfüllungen) aufgenommen werden, weshalb eine Überschreitung des TWI unter Berücksichtigung aller Expositionsquellen insbesondere bei hohem Konsum von Kindern nicht gänzlich ausgeschlossen werden kann (EFSA 2012).

7.2.2 Methylquecksilber – Fisch und Meeresfrüchte

Methylquecksilber wird über Fisch und Meeresfrüchte aufgenommen, daher wird nur diese Warengruppe bei der Expositionsbewertung nachfolgend berücksichtigt. Da es bei Fischen und Meeresfrüchten keine relevanten Unterschiede im LB-, MB- und UB-Ansatz gab, wurden für die Expositionsbewertung nur die MB-Mittelwerte herangezogen (siehe Tabellen 6 und 7).

Expositionsabschätzung

Die Tabellen 6 und 7 zeigen den mittleren Verzehr bzw. die 95. Perzentile der Verzehrdaten. Dabei wird deutlich, dass Fischfleisch und verarbeitete Fische und Meeresfrüchte am meisten verzehrt wurden. Die durchschnittliche Aufnahme an Methylquecksilber betrug für Erwachsene 0,12 µg/kg KG/W und für Kinder 0,31 µg/kg KG/W, wobei Fischfleisch (Filet) einen deutlich höheren Beitrag zur Gesamtaufnahme von Methylquecksilber leistet als verarbeitete Fische und Meeresfrüchte (z.B. Konserven, Aufstriche, Fischstäbchen).

Bei hohem Verzehr (P95) lag die durchschnittliche Aufnahme an Methylquecksilber bei Erwachsenen mit 0,96 µg/kg KG/W bzw. Kindern mit 2,11 µg/kg KG/W deutlich höher.

Meeresfrüchte spielten für die Exposition der österreichischen Bevölkerung aufgrund des geringen Verzehrs eine untergeordnete Rolle.

Auch die EFSA kam in ihrem Bericht zu dem Schluss, dass Fischfleisch die wichtigste Quelle für Methylquecksilber darstellt, gefolgt von verarbeitetem Fisch (EFFSA 2012).

Tabelle 6: Gesamtaufnahme von Methylquecksilber über Lebensmittel (Durchschnittsverzehr)

Lebensmittelkategorie	MW (MB)	Verzehr Erwachsene in g/kg KG/Tag	Verzehr Kinder in g/kg KG/Tag	Aufnahme Erwachsene (MB) in µg/kg KG/W	Aufnahme Kinder (MB) in µg/kg KG/W
Fisch und Meeresfrüchte verarbeitet (Konserven, Aufstriche, Fischstäbchen)	58,0	0,08	0,20	0,03	0,08
Fischfleisch (Filet)	85,9	0,15	0,38	0,09	0,23
Krusten-/Schalentiere	9,26	0,02	0,01	0,00	0,00
Weichtiere	12,2	0,00	0,01	0,00	0,00
Gesamt	-	0,25	0,60	0,12	0,31
TWI-Ausschöpfung				9%	24%

Annahme eines Standard-Körpergewichts von 70 kg für Erwachsene und 30 kg für Kinder.

Tabelle 7: Gesamtaufnahme von Methylquecksilber über Lebensmittel (hoher Verzehr - P95)

Lebensmittelkategorie	MW (MB)	Verzehr Erwachsene in g/kg KG/Tag	Verzehr Kinder in g/kg KG/Tag	Aufnahme Erwachsene (MB) in µg/kg KG/W	Aufnahme Kinder (MB) in µg/kg KG/W
Fisch und Meeresfrüchte verarbeitet (Konserven, Aufstriche, Fischstäbchen)	58,0	0,67	1,68	0,27	0,68
Fischfleisch (Filet)	85,9	1,15	2,38	0,69	1,43
Krusten-/Schalentiere	9,26	0,00	0,00	0,00	0,00
Weichtiere	12,2	0,00	0,00	0,00	0,00
Gesamt	-	1,82	4,06	0,96	2,11
TWI-Ausschöpfung				74%	162%

Annahme eines Standard-Körpergewichts von 70 kg für Erwachsene und 30 kg für Kinder.

Risikocharakterisierung

Während sich im Falle der österreichischen Erwachsenen und Kinder bei durchschnittlichem Verzehr eine Ausschöpfung des TWI für Methylquecksilber von 1,3 µg/kg KG/W von 9 % bei Erwachsenen und 24 % bei Kindern zeigte, lag die Ausschöpfung des TWI bei hohem Verzehr (P95) deutlich höher. Demzufolge lag die Aufnahme von Methylquecksilber bei Kindern mit 162 % deutlich über dem TWI. Erwachsene schöpften gemäß den Berechnungen den TWI zu 74 % aus.

Die EFSA kam in ihrem Bericht ebenfalls zu dem Schluss, dass bei durchschnittlichem Verzehr mit keiner Auslastung des TWI für Methylquecksilber zu rechnen ist, während dies bei hohem Konsum (P95) nicht auszuschließen ist (EFSA 2012).

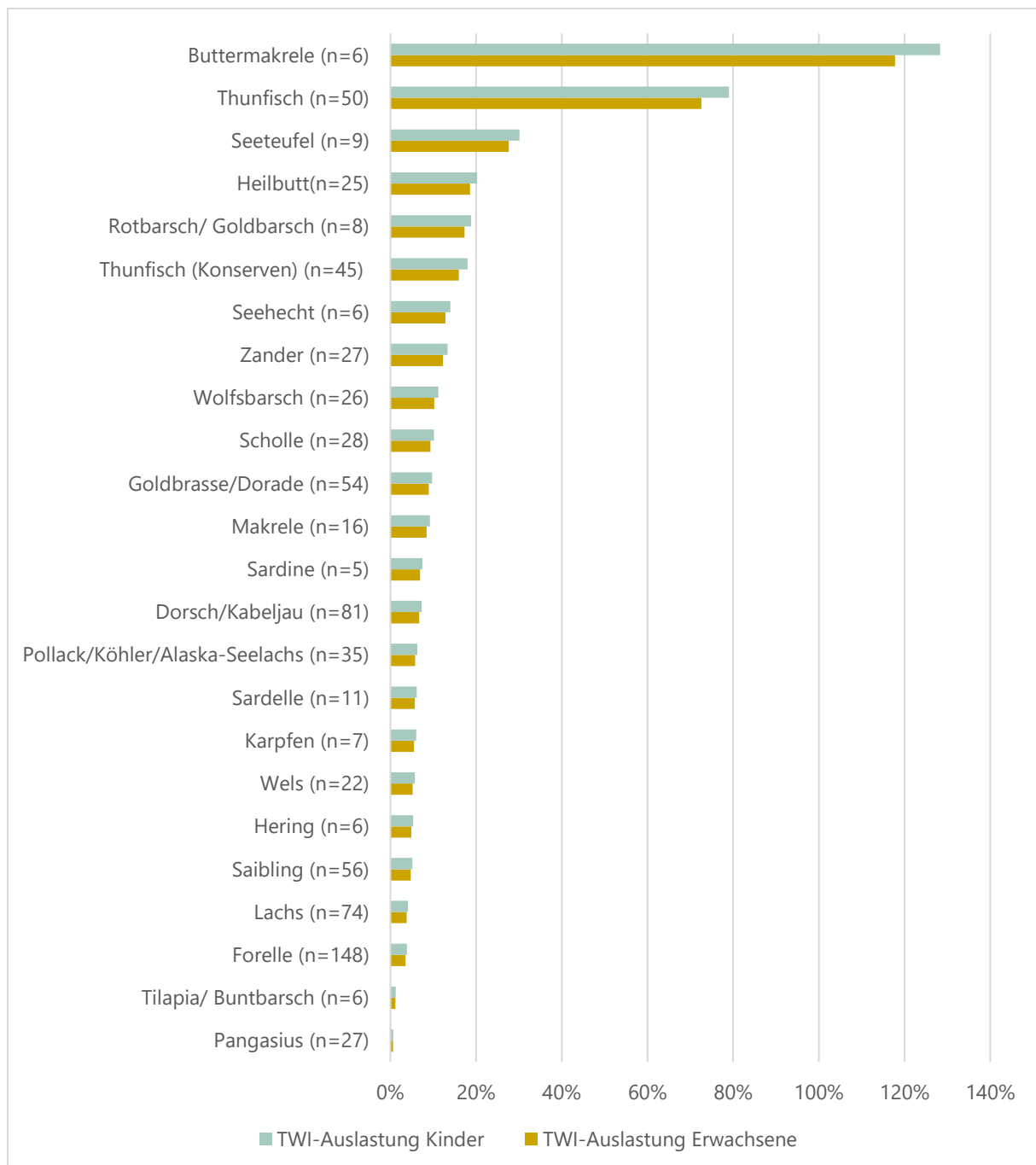
Exposition bei Einhaltung der Verzehrsempfehlungen für Fisch

Aufgrund seiner positiven gesundheitlichen Effekte wird gemäß der österreichischen Verzehrsempfehlungen eine wöchentliche Aufnahme von zwei Portionen Fisch á ca. 150 g empfohlen. Dabei sollte eine Portion heimischer Fisch (z.B. Forelle, Saibling, Karpfen) und eine Portion fettreicher Meeresfisch (z.B. Lachs, Makrele, Hering) pro Woche gegessen werden (BMSGPK 2013; BMSGPK 2019; AGES 2022). Kinder sollten wöchentlich 1 bis 2 Portionen Fisch bei einer Portionsgröße für 4- bis 6-Jährige von ca. 60 g und für 7- bis 10-Jährige von ca. 70 g verzehren (AGES 2017).

Um einen besseren Überblick über die Exposition gegenüber Methylquecksilber von den verschiedenen Fischarten zu erhalten, wurden Berechnungen auf Basis der einzelnen Fischarten durchgeführt, sofern mehr als 5 Proben für die jeweilige Fischart vorlagen. Die Verzehrdaten für die einzelnen Fischarten waren zum Teil nicht umfangreich genug, um Aussagen hinsichtlich des Verzehrs einzelner Fischarten zu treffen. Daher wurde die Exposition auf Basis einer Standardportion von 150 g für Erwachsene und von 70 g für Kinder abgeschätzt.

Die Ergebnisse der Expositionsabschätzung für die einzelnen Fischarten sind in den Tabellen 6 und 7 zusammengefasst. In Abbildung 4 ist die Ausschöpfung des TWI durch eine Portion Fisch dargestellt. Es zeigte sich, dass insbesondere fettreiche Raubfische stärker belastet waren und eine Portion bereits zu einer Überschreitung des TWI für Methylquecksilber führte. Dies betraf Buttermakrelen und Schwertfische. Von den in Österreich häufig konsumierten Fischarten kam es insbesondere bei Thunfisch zu einer hohen nahrungsbedingten Exposition und folglich zu einer entsprechend hohen Auslastung des TWI von über 70 % bei Erwachsenen und Kindern. Bei den meisten Fischen lag eine TWI-Auslastung unter 15 % sowohl für Erwachsene als auch für Kinder vor. Das bedeutet, dass von diesen Fischen sechs bis sieben Portionen pro Woche verzehrt werden können ohne den TWI zu überschreiten.

Abbildung 4: TWI-Auslastung (%) von Methylquecksilber von Erwachsenen und Kindern (Mittelwert MB) bei einer Portion Fisch* (Erwachsene: 150 g; Kinder 70 g)



*Angaben zu Fischfilets, im Falle von Thunfisch sind sowohl Fischfilets als auch Konserven dargestellt

Anhand der errechneten TWI-Auslastungen können die verschiedenen Fische miteinander kombiniert werden und so die wöchentliche TWI-Auslastung abgeschätzt werden (siehe Tabelle 8). Demzufolge ergibt sich bei Erwachsenen beispielsweise bei der Kombination einer Portion Thunfischfilet mit einer Portion Zanderfilet eine TWI-Auslastung von 85 % für Erwachsene und von 92 % für Kinder. Aufgrund der geringeren durchschnittlichen Gesamtquecksilberkonzentration in Thunfischkonserven, ist darauf hinzuweisen, dass die Auslastung des TWIs in diesem Fall im Durchschnitt deutlich geringer ist.

Tabelle 8: TWI-Auslastung (%) von Methylquecksilber bei Verzehr einer Portion Fisch* (Filet) pro Woche durch Erwachsene und Kinder

Habitat	Fischart	n	MW (MB) in µg/kg	TWI-Auslastung Erwachsene**	TWI-Auslastung Kinder***
Meeresfisch	Buttermakrele	6	715	118%	128%
Meeresfisch	Dorsch/ Kabeljau	81	40,7	7%	7%
Meeresfisch	Goldbrasse/ Dorade	54	54,2	9%	10%
Meeresfisch	Heilbutt	25	113	19%	20%
Meeresfisch	Hering	6	29,5	5%	5%
Meeresfisch	Makrele	16	51,2	8%	9%
Meeresfisch	Rotbarsch/ Goldbarsch	8	105	17%	19%
Meeresfisch	Sardelle	11	34,4	6%	6%
Meeresfisch	Sardine	5	41,9	7%	8%
Meeresfisch	Scholle	28	56,5	9%	10%
Meeresfisch	Schwertfisch	7	880	145%	158%
Meeresfisch	Seehecht	6	78,1	13%	14%
Meeresfisch	Seeteufel	9	168	28%	30%
Meeresfisch	Thunfisch	50	440	73%	79%
Meeresfisch	Thunfisch (Konserve)	45	99,4	16%	18%
Meeresfisch	Pollack/ Köhler/ Alaska-Seelachs	35	35,1	6%	6%
Meeresfisch	Wolfsbarsch	26	62,2	10%	11%
Süßwasserfisch	Forelle	148	21,6	4%	4%
Süßwasserfisch	Karpfen	7	33,4	6%	6%
Süßwasserfisch	Pangasius	27	3,86	1%	1%
Süßwasserfisch	Saibling	56	28,7	5%	5%
Süßwasserfisch	Tilapia/ Buntbarsch	6	6,45	1%	1%
Süßwasserfisch	Wels	22	31,7	5%	6%
Süßwasserfisch	Zander	27	74,3	12%	13%
Wanderfisch	Lachs	74	23,0	4%	4%

* Angaben zu Fischfilets, im Falle von Thunfisch sind sowohl Fischfilets als auch Konserven dargestellt

** 1 Portion Erwachsene = 150 g ***1 Portion Kinder = 70 g

8 Unsicherheiten

Im Zuge einer Risikobewertung können Unsicherheiten bei der Gefahrencharakterisierung, den Auftretensdaten, Verzehrdaten und auch in Folge der Expositionsabschätzung auftreten. In Tabelle 9 sind die relevanten Unsicherheiten, die im Zusammenhang mit dem vorliegenden Bericht zu berücksichtigen sind, zusammengefasst.

Tabelle 9: Qualitative Bewertung der Unsicherheiten

Quelle der Unsicherheit	Richtung
Unsicherheiten bei den Analyseergebnissen	+/-
Umrechnungsfaktoren bei der Umrechnung von Gesamtquecksilber auf anorganisches Quecksilber und Methylquecksilber	+
Keine Berücksichtigung anderer Quellen als Fisch und Meeresfrüchte im Falle von Methylquecksilber	-
Daten basieren teils auf Schwerpunkttaktionen, daher gezielte Probenahme	+
Geringe Probenanzahl bei einigen Lebensmittelkategorien/Fischarten	+/-
Daten (insbesondere in terrestrischen Lebensmittelkategorien) unterhalb der Bestimmungsgrenze, daher Verwendung des LB-, MB-, UB-Ansatzes	+/-
Berücksichtigung der Auftretensdaten auf EU-Ebene, da keine repräsentativen österreichischen Daten vorhanden waren	+/-
Verzehrdaten auf Basis eines 3-Tage-Schätzprotokolls bzw. zweimaligem 24-h-Ernährungsprotokolls	-
Verwendung der Ebene 1 des EFSA Lebensmittelkategorisierungssystems FoodEx2	+
Möglichkeit, dass es andere relevante Endpunkte gibt	-
Point of Departure für TWI von Methylquecksilber von epidemiologischen Studien (Färöer Inseln und Seychellen)	+/-

+ = Unsicherheit, die zu einer Überschätzung der Exposition führen kann

- = Unsicherheit, die zu einer Unterschätzung der Exposition führen kann

+/- = Unsicherheit, die zu einer Über- oder Unterschätzung der Exposition führen kann

9 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Die Untersuchungen der vorliegenden Proben aus dem Analysenzeitraum 2016 bis 2022 zeigen, dass terrestrische Lebensmittel geringe Gehalte an Gesamtquecksilber aufwiesen. Die höchsten Konzentrationen an Gesamtquecksilber wurden in Fisch und Meeresfrüchten gemessen. Aufgrund der teilweise stark linksenzierten Analyseergebnisse ist die Expositionsabschätzung mit großen Unsicherheiten behaftet. Nichtsdestotrotz kann auf Basis des LB-/UB-Ansatzes davon ausgegangen werden, dass der TWI-Wert für anorganisches Quecksilber, das die bedeutendste Form von Quecksilber in terrestrischen Lebensmitteln darstellt, sowohl bei Erwachsenen als auch bei Kindern bei durchschnittlichem und hohem Verzehr nicht überschritten wird. Dies trifft jedoch nur auf die nahrungsbedingte Exposition zu und berücksichtigt nicht weitere Expositionsquellen wie beispielsweise die inhalative Exposition gegenüber Quecksilber aus Amalgamfüllungen.

Im Falle der aquatischen Lebensmittel zeigten sich zum Teil große Unterschiede in den Auftretensdaten zwischen den einzelnen Fischarten, wobei Filets fettreicher Raubfische wie z.B. Thunfisch (440 µg/kg), Schwertfisch (880 µg/kg) und Buttermakrele (715 µg/kg) höhere Gehalte an Gesamtquecksilber aufwiesen. Die niedrigsten Konzentrationen wurden in Pangasius analysiert (3,86 µg/kg), gefolgt von Tilapia/Buntbarsch (6,45 µg/kg), Forelle (21,6 µg/kg) und Lachs (23,0 µg/kg). Der durchschnittliche Gesamtquecksilbergehalt in Fischfilets war mit 86 µg/kg in Fischfilets höher als in verarbeiteten Fischen (Konserven, Aufstriche, Fischstäbchen), die einen durchschnittlichen Gesamtquecksilbergehalt von 56 µg/kg aufwiesen. Die Expositionsabschätzung in Fischen und Meeresfrüchten erfolgte auf Basis des errechneten Methylquecksilbergehalts in den jeweiligen Proben, da dies jene Quecksilberform darstellt, die in Fisch und Meeresfrüchten vorliegt. Es zeigte sich im Falle der Erwachsenen weder bei durchschnittlichem noch bei hohem Verzehr eine Ausschöpfung des TWI für Methylquecksilber. Bei Kindern hingegen wurde bei hohem Verzehr eine deutliche Ausschöpfung des TWI von 162 % festgestellt, während dies bei durchschnittlichem Verzehr nicht der Fall war. Dies ist insbesondere auf Fischfleisch (Filets) zurückzuführen.

Gemäß den Österreichischen Verzehrsempfehlungen für Fisch sowie den Empfehlungen für den Fischverzehr von Kindern im Rahmen des Projekts Richtig Essen von Anfang an sollten 1 bis 2 Portionen Fisch pro Woche auf dem Speiseplan stehen (1 Portion heimischer Fisch wie Forelle, Saibling, Karpfen und 1 Portion Meeresfisch wie Hering, Makrele, Lachs). Da die Quecksilberkonzentrationen bei den verschiedenen Fischarten in Abhängigkeit ihres Fettgehalts und ihrer Stellung in der Lebensmittelkette (Raubfisch vs. Friedfisch) variieren, wurde die TWI-Auslastung für die einzelnen Fischarten für Erwachsene und Kinder errechnet. Dabei zeigte sich, dass es bei bestimmten Fischarten (fettreiche Raubfische wie Schwertfisch, Thunfisch oder Buttermakrele) bereits bei Verzehr einer Portion Fisch (Filet) zu einer Ausschöpfung des TWI für Methylquecksilber kommen kann. Fischkonserven leisteten einen deutlich geringeren Beitrag zur Aufnahme von Methylquecksilber. Bei den meisten Fischen können mehrere Portionen wöchentlich konsumiert werden ohne den TWI von Methylquecksilber zu überschreiten.

Daher ist auf eine abwechslungsreiche Ernährung, auch in Hinblick auf die Fischart, zu achten, um von den positiven gesundheitlichen Effekten von Fisch zu profitieren und gleichzeitig mögliche negative Effekte aufgrund einer erhöhten Aufnahme von Methylquecksilber vorzubeugen. Es wird empfohlen, dass Kinder nicht wöchentlich Raubfische (z.B. Thunfisch, Schwertfisch, Buttermakrele) aufgrund ihrer Quecksilberbelastung essen sollten. Aufgrund der neurotoxischen Wirkung von Methylquecksilber, die sich insbesondere während der Gehirnentwicklung zeigt und starke negative neurologische Effekte haben kann, wird Kindern, Schwangeren, Stillenden und Frauen mit Kinderwunsch vom Verzehr dieser Fischarten

abgeraten. Im Sinne der Nachhaltigkeit wird außerdem empfohlen, beim Einkauf von Meeresfisch das MSC- bzw. das ASC- Gütesiegel sowie einschlägige Empfehlungen von Umweltorganisationen wie beispielsweise den WWF Fischratgeber zu berücksichtigen beziehungsweise auf heimische Süßwasserfischarten zurückzugreifen (AGES 2017).

10 Literaturverzeichnis

AGES – Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit. 2016. Aufnahme von Quecksilber über Lebensmittel. https://www.ages.at/forschung/wissen-aktuell/detail/aufnahme-von-quecksilber-ueber-lebensmittel?sword_list%5B0%5D=quecksilber&no_cache=1; erfasst am 21.12.2022

AGES – Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit. 2017. Richtig Essen von Anfang an. Ernährungsempfehlungen für Kinder im Alter von 4 bis 10 Jahren. https://www.richtigessenvonanfangen.at/download/0/0/9ddedf216bf31bfaaf2ab4ea1b1e52f9010a310f/fileadmin/Redakteure_REVAN/user_upload/2020-02-28_Ern%C3%A4hrungsempfehlungen_4-10_J%C3%A4hrige_FINAL.pdf, erfasst am 21.12.2022

AGES - Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit. 2022. Die Österreichische Ernährungspyramide. <https://www.ages.at/mensch/ernaehrung-lebensmittel/ernaehrungsempfehlungen/die-oesterreichische-ernaehrungspyramide#:~:text=Essen%20Sie%20pro%20Woche%20mindestens,essentiell%20f%C3%BCr%20die%20Ern%C3%A4hrung%20sind>; erfasst am 21.12.2022

ASC (Aqua Stewardship Council): <http://www.asc-aqua.org/?lng=5>; erfasst am 21.12.2022

Bundesministerium für Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz (BMSGPK). 2013. Empfehlung der Nationalen Ernährungskommission. Empfehlungen zum Fischkonsum. Beschlossen in der Plenarsitzung am 23.10.2013. <https://www.sozialministerium.at/Themen/Gesundheit/Lebensmittel-Ernaehrung/Ernaehrungsstrategien-und-Gremien/NEK/Empfehlungen-der-NEK.html>

Bundesministerium für Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz (BMSGPK). Die Österreichische Ernährungspyramide. <https://www.sozialministerium.at/Themen/Gesundheit/Lebensmittel-Ernaehrung/Ern%C3%A4hrungsempfehlungen/Ern%C3%A4hrungspyramide0.html>; erfasst am 21.12.2022

Ekino S, Susa M, Ninomiya T, Imamura K, Ktamura T. 2007. Minamata disease revisited: An update on the acute and chronic manifestations of methyl mercury poisoning. Journal of Neurological Sciences. Volume 262, Issues 1-2, 15. November 2007, 131-144. doi:10.1016/j.jns.2007.06.036

Elmadfa I, Hasenegger V, Wagner K, Putz P, Weidl N.M, Wottawa D, Kuen T, Seiringer G, Meyer A.L, Sturtzel B, Kiefer I, Zilberszac A, Sgara-bottolo V, Meidlinger B, Rieder A. 2012. Österreichischer Ernährungsbericht 2012. Institut für Ernährungswissenschaften der Universität Wien im Auftrag des Bundesministeriums für Gesundheit.
<http://www.bmg.gv.at/cms/home/attachments/4/5/3/CH1048/CMS1348749794860/oeb12.pdf>

Elsayed H., Yigiterhan O., Al-Ansari E. M.A.S., Al-Ashwel A.A., Elezz A.A., Al-Maslamani I.A.. 2020. Methylmercury bioaccumulation among different food chain levels in the EEZ of Qatar (Arabian Gulf). *Regional Studies in Marine Science*, Volume 37, 2020, 101334, ISSN 2352-4855, <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101334>.

EN 13805 : 2014, Lebensmittel - Bestimmung von Elementspuren - Druckaufschluss

EN 15763 : 2010, Lebensmittel - Bestimmung von Elementspuren - Bestimmung von Arsen, Cadmium, Quecksilber und Blei in Lebensmitteln mit induktiv gekoppelter Plasma-Massenspektrometrie (ICP-MS) nach Druckaufschluss

Environmental Protection Agency (EPA). 2017. EPA-FDA Advice about Eating Fish and Shellfish. 2017. <https://www.epa.gov/fish-tech/2017-epa-fda-advice-about-eating-fish-and-shellfish>

European Food Safety Authority (EFSA). 2010. Management of left-censored data in dietary exposure assessment of chemical substances. *EFSA J.* 2010; 8(3):1557

European Food Safety Authority (EFSA). 2010b. Management of left-censored data in dietary exposure assessment of chemical substances. *Efsa J.* 8:1557

European Food Safety Authority (EFSA). 2012. Scientific Opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food. *EFSA Journal* 2012;10(12):2985.

European Food Safety Authority (EFSA). 2015a. The food classification and description system FoodEx2 (revision 2). EFSA supporting publication 2015:EN-804. 90pp.

European Food Safety Authority (EFSA). 2015b. EFSA comprehensive European food consumption database. Downloaded on 1st February 2017.
<https://www.efsa.europa.eu/en/food-consumption/comprehensive-database>

Forth et al., 2001: Forth W, Henschler D, Förstermann U, Starke K. Kapitel 34.5.3 Quecksilber. In: *Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie*. Urban & Fischer Verlag München – Jena. ISBN 3-437-42520-X: p.1045-1048

Hong Y.-S., Kim Y-M, Lee K.-E. 2012. Methylmercury Exposure and Health Effects. *J Prev Med Public Health*, 45:353-363

Magalhães MC, Costa V, Menezes GM, Pinho MR, Santos RS, Monteiro LR. 2007. Intra- and inter-specific variability in total and methylmercury bioaccumulation by eight marine fish species from the Azores. Mar Pollut Bull. 2007 Oct;54(10):1654-62. doi: 10.1016/j.marpolbul.2007.07.006. Epub 2007 Aug 28. PMID: 17727898.

Mineralwasser- und Quellwasserverordnung: Verordnung der Bundesministerin für Frauenangelegenheiten und Verbraucherschutz über natürliche Mineralwässer und Quellwässer (Mineralwasser- und Quellwasserverordnung) StF: BGBl. II Nr. 309/1999

MSC (Marine Stewardship Council):

https://www.msc.org/de?gclid=EAlaIQobChMIgMvJ5siK_AIVh_Z3Ch0OHwYmEAAYASAAEgLSr_fD_BwE; erfasst am 21.12.2022

RICHTLINIE 2002/32/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 7. Mai 2002 über unerwünschte Stoffe in der Tierernährung

Rust P, Hasenegger V, König J. et al. 2017. Österreichischer Ernährungsbericht 2017, Institut für Ernährungswissenschaften, Universität Wien, 1. Auflage.

Selin, N.E., 2009. Global Biogeochemical Cycling of Mercury: A Review. Annu Rev. Environ. Resour. 34, 43-63.

Storelli MM, Barone G, Cuttone G, Giungato D, Garofalo R., 2010. Occurrence of toxic metals (Hg, Cd and Pb) in fresh and canned tuna: public health implications. Food Chem Toxicol. 48, 3167-70.

Trinkwasserverordnung: Verordnung des Bundesministers für soziale Sicherheit und Generationen über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung - TWV) StF: BGBl. II Nr. 304/2001

Übereinkommen von Minamata über Quecksilber StF: BGBl. III Nr. 108/2017

United Nation Environment Programme (UNEP), 2013: Minamata Convention on Mercury. <http://www.mercuryconvention.org/Convention/tabid/3426/Default.aspx>

VERORDNUNG (EU) Nr. 2023/915 DER KOMMISSION vom 25. April 2023 über Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006

VERORDNUNG (EG) Nr. 2022/617 DER KOMMISSION vom 12. April 2022 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 hinsichtlich Höchstgehalte für Quecksilber in Fisch und Salz

EMPFEHLUNG (EU) Nr. 2022/1342 DER KOMMISSION vom 28. Juli 2022 zur Überwachung von Quecksilber in Fischen, Krebstieren und Weichtieren

VERORDNUNG (EG) Nr. 396/2005 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 23. Februar 2005 über Höchstgehalte an Pestizidrückständen in oder auf Lebens- und

Futtermitteln pflanzlichen und tierischen Ursprungs und zur Änderung der Richtlinie 91/414/EWG des Rates

VERORDNUNG (EU) Nr. 2018/73 DER KOMMISSION vom 16. Januar 2018 zur Änderung der Anhänge II und III der Verordnung (EG) Nr. 396/2005 des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf Höchstgehalte an Rückständen von Quecksilberverbindungen in oder auf bestimmten Erzeugnissen

Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über das Verbot von Pflanzenschutzmitteln, die bestimmte Wirkstoffe enthalten BGBl. II Nr. 308/2002

Vohr, 2010: Hans-Werner Vohr. Toxikologie Band 2: Toxikologie der Stoffe. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. ISBN 978-3-527-32385-2. p.24-25

WHO (World Health Organization), 2005: Mercury in Drinkingwater. Background document for development of WHO Guidelines for Drinkingwater Quality.
http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/mercuryfinal.pdf

WWF ((World Wide Fund For Nature – Weltweiter Fonds für die Natur). Fischratgeber:
<https://fischratgeber.wwf.at/>; erfasst am 21.12.2022

11 Anhang

Tabelle 10: Durchschnittliche Gesamtquecksilberkonzentrationen in $\mu\text{g}/\text{kg}$ bzw. $\mu\text{g}/\text{L}$ in aquatischen und terrestrischen Lebensmitteln (MB)

Herkunft	Mittelwert (MB)
aquatisch	69,3
terrestrisch	3,63

Tabelle 11: Übersicht Gesamtquecksilberkonzentrationen in $\mu\text{g}/\text{kg}$ in Süßwasserfischen

Fischart	n	n > BG	Min (MB)	MW (MB)	Max (MB)	n > HG	HG
Forelle	148	144	1,61	21,6	251	0	300
Karpfen	7	7	7,4	33,4	77,2	0	300
Pangasius	27	3	1,59	3,86	22,7	0	300
Felchen/Reinanke	4	4	35,6	118	184,1	0	300
Saibling	56	56	5,54	28,7	116	0	300
Tilapia/Buntbarsch	6	1	1,65	6,45	26,8	0	500
Victoriabarsch	4	4	41,4	56,4	78,9	0	500
Wels	22	21	3,29	31,7	267	0	500
Zander	27	26	3,08	74,3	158	0	500
Gesamt	304	269	-	-	-	0	-

Tabelle 12: Übersicht Gesamtquecksilberkonzentrationen in $\mu\text{g}/\text{kg}$ in Wanderfischen

Fischart	n	n > BG	Min (MB)	MW (MB)	Max (MB)	n > HG	HG
Barramundi	3	3	20,8	25,6	29,1	0	500
Lachs	74	74	7,12	23,0	81,5	0	300
Gesamt	77	77	-	-	-	0	-

Tabelle 13: Übersicht Gesamtquecksilberkonzentrationen in µg/kg in Meeresfischen

Fischart	n	n > BG	Min (MB)	MW (MB)	Max (MB)	n > HG	HG
Meerbarbe	3	3	48,3	101	151	0	1000
Schnapper	3	3	50,7	149	211	0	500
Steinbutt	3	3	26,3	59,2	114	0	500
Zackenbarsch	3	3	129	348	521*	0	500
Seezunge	4	4	35,0	76,0	95,5	0	300
Sardine	5	5	10,6	41,9	87,4	0	300
Buttermakrele	6	5	3,10	715	1365	1	1000
Hering	6	5	1,89	29,5	56,9	0	300
Seehecht	6	6	35,2	78,1	135	0	500
Schwertfisch	7	7	110	880	1962	2	1000
Rotbarsch/ Goldbarsch	8	8	30,4	105	208	0	500
Seeteufel	9	9	28,8	168	357	0	500
Sardelle	11	11	7,01	34,4	55,7	0	300
Makrele	16	15	3,14	51,2	113	0	300
Heilbutt	25	25	34,6	113	360	0	1000
Wolfsbarsch	26	26	22,0	62,2	251	0	500
Scholle	28	28	8,54	56,5	184	0	300
Pollack/ Köhler/ Alaska-Seelachs	35	35	6,82	35,1	184	0	300
Thunfisch	50	50	7,53	440	1345	3	1000
Goldbrasse/ Dorade	54	54	10,7	54,2	197	0	500
Dorsch/ Kabeljau	81	79	3,07	40,7	278	0	300
Gesamt	403	398	-	-	-	6	-

* unter Berücksichtigung der Messunsicherheit nicht über dem Höchstgehalt

Tabelle 14: Übersicht Gesamtquecksilberkonzentrationen in µg/kg in Fischen (n=1)

Habitat	Fischart	Gehalt	n > HG	HG
Meeresfisch	Ährenfisch	141	0	500
Meeresfisch	Barrakuda	223	0	500
Meeresfisch	Blaubarsch	606	1	500
Meeresfisch	Butterfisch	1336	1	500
Meeresfisch	Hai	117	0	1000
Meeresfisch	Hundszunge	13,4	0	500
Meeresfisch	Knurrhahn	381	0	500
Meeresfisch	Marlin	614	0	1000
Meeresfisch	Meeräsche	59,8	0	500
Meeresfisch	Ölfisch	774	0	1000

Habitat	Fischart	Gehalt	n > HG	HG
Meeresfisch	Petersfisch	92,8	0	500
Meeresfisch	Rochen	48,4	0	500
Meeresfisch	Silberner Pampel	8,61	0	500
Meeresfisch	Umberfisch	38,0	0	500
Süßwasserfisch	Gelbfisch	21,6	0	500
Süßwasserfisch	Rotaugen/Plötze	224	0	500
Süßwasserfisch	Schlangenkopffisch	14,2	0	500
Gesamt			2	

Link

www.pdfa.org



GESUNDHEIT FÜR MENSCH, TIER & PFLANZE

www.ages.at

Eigentümer, Verleger und Herausgeber: AGES – Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Spargelfeldstraße 191 | 1220 Wien | FN 223056z © AGES, Mai 2023