

Minamata-Übereinkommen

Österreich

Datengrundlagen/Monitoring/Status 2020



UMSETZUNG DES MINAMATA- ÜBEREINKOMMENS ÜBER QUECKSILBER IN ÖSTERREICH

Datengrundlagen/Monitoring/Status 2020

REPORT
REP-0785

WIEN 2021

Projektleitung **Modul Minamata-Abkommen**

Maria Uhl

AutorInnen **Umweltbundesamt**

Maria Uhl, Andreas-Marius Kaiser, Heike Brielmann, Thomas Dirnböck, Christina Hartmann, Karin Kratz, Katharina Lenz, Bettina Liebmann, Dietmar Müller-Grabherr, Wolfgang Spangl, Maria Tesar, Michaela Titz, Brigitte Winter

Bundesforschungszentrum für Wald

Alfred Fürst

Übersetzung Ulrike Lamb

Lektorat Maria Deweis

Satz/Layout Thomas Lössl

Umschlagfoto © Czanner - Fotolia.com

Auftraggeber Diese Publikation wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK), Sekt. V Abfallwirtschaft, Chemiewirtschaft und Umwelttechnologie, Abt. 5 Chemiewirtschaft und Biozide, erstellt.

Publikationen Weitere Informationen zu Umweltbundesamt-Publikationen unter:
<https://www.umweltbundesamt.at/>

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH
Spittelauer Lände 5, 1090 Wien/Österreich

Diese Publikation erscheint ausschließlich in elektronischer Form auf <https://www.umweltbundesamt.at/>.

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2021

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 978-3-99004-609-8

INHALTSVERZEICHNIS

ZUSAMMENFASSUNG	5
SUMMARY	11
1 EINLEITUNG	16
2 MINAMATA-ÜBEREINKOMMEN IN KÜRZE	18
3 DIE QUECKSILBER-BELASTUNG IM GLOBALEN ÜBERBLICK	19
3.1 Globale Quecksilberbewertung	19
3.2 Globaler Handel mit Quecksilber	20
3.3 Bewertung der global anfallenden Quecksilber-Abfälle	22
4 WIRKSAMKEITSÜBERPRÜFUNG	24
4.1 Bewertung der Wirksamkeit	24
4.2 EU-Position	26
4.3 Ergebnis COP3	27
4.4 Bericht- und Monitoring-Pflichten	27
5 QUECKSILBER-DATEN AUS ÖSTERREICH	29
5.1 Luft und Deposition	29
5.1.1 Gasförmiges Quecksilber	29
5.1.2 Quecksilber in PM ₁₀	30
5.1.3 Deposition von Quecksilber	31
5.2 Streufall	32
5.3 Wasser	33
5.3.1 Grundwasser	33
5.3.2 Oberflächengewässer	35
5.3.3 Sedimente	35
5.3.4 Fische	36
5.3.5 Abwasser (industriell/kommunal)	37
5.3.6 Handlungsfelder	38
5.4 Vegetation und Tiere	40
5.4.1 Moos-Monitoring	40
5.4.2 Quecksilber in Fichtennadeln	40
5.4.3 Medienübergreifend – Monitoring Zöbelboden	43
5.4.4 Alpentiere	44
5.5 Nahrungsmittel	45

5.6	Human-Biomonitoring	46
5.7	Industrie und Anlagen	47
5.7.1	Herstellungsprozesse gemäß Anhang B Minamata-Übereinkommen..	47
5.7.2	Industrieemissionsrichtlinie und BVT-Schlussfolgerungen.....	47
5.7.3	Minamata Guidance Document.....	49
5.7.4	Emissionen in die Luft.....	53
5.7.5	Monitoring- und Berichtspflichten	55
5.8	Produkte und Abfallströme	56
5.8.1	Elektro(alt)geräte	57
5.8.2	Batterien	58
5.8.3	Medizinische Anwendungen	58
5.9	Altlasten und kontaminierte Standorte	59
5.9.1	Altlast T 17 „Pochergraben Schwaz“	60
5.9.2	Altlast ST32 „Halde Schrems“	61
5.9.3	Kontaminierter Standort Görtscitztal/Kärnten	61
6	AUSBLICK UND HANDLUNGSFELDER	63
7	LITERATURVERZEICHNIS	65
8	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	75

ZUSAMMENFASSUNG

Österreich hat am 12.06.2017 das Minamata-Übereinkommen über Quecksilber ratifiziert (BGBl. III Nr. 108/2017) und ist als Vertragspartei verpflichtet, Emissionsminderungs- und Monitoring-Maßnahmen auf nationaler Ebene zu implementieren und durchzuführen.

Der vorliegende Bericht gibt einen Überblick über aktuelle Entwicklungen, basierend auf dem Bericht „Minamata-Übereinkommen über Quecksilber in Österreich“ (UMWELTBUNDESAMT 2016a). Im ersten Teil des Berichtes werden, neben der Darstellung des internationalen Abkommens, die Datenlage zu Quecksilber weltweit sowie die derzeitigen Diskussionen im Zusammenhang mit der Wirksamkeitsüberprüfung zusammengefasst.

Im zweiten Teil des Berichtes werden aktuelle Daten aus Österreich präsentiert.

Luft und Deposition

Die Jahresmittelwerte von Quecksilber in der **Luft** lagen im Jahr 2019 zwischen 1,48 und 7,13 ng/m³. Die Luftmessungen zeigen, dass die Quecksilber-Konzentrationen über die letzten Jahre in Österreich leicht abgenommen haben. Je nach Standort und Jahreszeit sind jedoch auch höhere Konzentrationen möglich. So wurde beispielsweise in Wietersdorf in Brückl I infolge von Mitverbrennung kontaminierten Materials und unzureichender technischer Bedingungen im Jahr 2015 ein Jahresmittelwert von 10,80 ng/m³ detektiert.

Messungen im **Feinstaub** (Fraktion PM₁₀) lassen keinen eindeutigen Trend erkennen. Die höchste Belastung im Jahr 2019 wurde mit 0,17 ng/m³ in Steyregg Au gemessen.

Bei der **Deposition** von Quecksilber zeigt sich ebenfalls kein eindeutig abnehmender Trend zwischen den Jahren 2013 und 2019. Der höchsten Depositionswert im Jahr 2018 wurde mit 0,085 µg/m²*Tag in Steyregg gemessen.

Wasser und Biota

Quecksilber wird im Grund- und Oberflächengewässer im Rahmen der Gewässerzustandsüberwachung (GZÜV) in Österreich regelmäßig untersucht.

Im **Grundwasser** liegen die Messwerte regelmäßig und flächendeckend unter der gesetzlich vorgegebenen Mindestbestimmungsgrenze von 0,1 µg/l und damit deutlich unterhalb des nationalen Grundwasser-Schwellenwertes von 0,9 µg/l. Ein Sondermessprogramm an ausgewählten Grundwassermessstellen mit einer sehr niedrigen Bestimmungsgrenze von 0,001 µg/l in den Jahren 2016/2017 zeigte, dass Quecksilber in sehr niedrigen Konzentrationen nahezu überall im Grundwasser nachweisbar war. Die Mediankonzentration lag dabei bei 0,0062 µg/l Quecksilber. Die Mobilität von Quecksilber im Grundwasser ist stark abhängig vom pH-Wert.

In **Oberflächengewässern** sind für den Zeitraum Jänner 2010 bis Juni 2020 rund 5.940 Hg-Messdaten mit einer Bestimmungsgrenze von 0,002 bis 0,2 µg/l verfügbar. Für Hg gesamt liegen 70 Messwerte über der Bestimmungsgrenze (max. Wert 1 µg/l), für Hg gelöst 37 Messwerte (max. Wert 0,4 µg/l). Messungen in 18 Fließgewässerproben mit einer niedrigen Bestimmungsgrenze von

0,0001 µg/l ergaben, dass Quecksilber in allen Proben in niedrigen Konzentrationen nachgewiesen werden konnte (0,00073–0,2 µg/l). Die nationale Gesetzgebung sieht für die Beurteilung von Quecksilber in Oberflächengewässern einen Biota-Grenzwert (20 µg/kg) und eine zulässige Höchstkonzentration in der Wasserphase von 0,07 µg/l vor.

Untersuchungen in **Fischen** an fünf Trendmessstellen in den Jahren 2010 bis 2016 zeigten keinen eindeutigen Trend hinsichtlich der Quecksilberbelastung. Bei Messungen an 32 Überblicksmessstellen im Jahr 2013 wurde der Biota-Grenzwert an allen Messstellen überschritten. Da es auch in Hintergrundgebieten zu Grenzwertüberschreitungen kam, wurde der chemische Zustand der Oberflächengewässer im zweiten Nationalen Gewässerbewirtschaftungsplan (2. NGP) für Quecksilber flächendeckend als schlecht ausgewiesen (BMLFUW 2017a). Auch im 3. NGP wird flächendeckend für Quecksilber der chemische Zustand schlecht bewertet, weil alle Messungen die früheren Ergebnisse bestätigen und über der UQN¹ liegen (BMLRT 2021a).

- Klärschlamm** Mehrere Studien haben gezeigt, dass die Quecksilberkonzentrationen im Kläranlagenablauf wesentlich geringer sind, als im Kläranlagenzulauf (siehe Kapitel 5.3.5 Abwasser). Es ist daher anzunehmen, dass ein Großteil des Quecksilbers sich im **Klärschlamm** anreichert. Das ist beim Einsatz von Klärschlamm und -kompost zu bedenken.
- Vegetation** Moose, Fichtennadeln und Streufall werden als Bioindikatoren für die Hg-belastung der Luft herangezogen. In Österreich wurde seit 1995 in fünfjährigen Intervallen ein Moosmonitoring durchgeführt. Während von 1995 bis 2005 ein Anstieg der Emissionen zu verzeichnen war, kann ab dem Jahr 2005 ein kontinuierlicher Abwärtstrend durch emissionsmindernde Maßnahmen beobachtet werden.
- Bioindikation** Seit dem Jahr 1986 liefert das Bioindikatornetz des österreichischen Bundesforschungszentrums für Wald (BFW) unter anderem Daten zu Quecksilber in Fichtennadeln und teilweise Streufall von Traubeneichen und Buchen. Die ersten Erhebungen zu Quecksilber (1986, 1996 und 2006) zeigten einen Abwärtstrend, weitere Untersuchungen (ab dem Jahr 2008 jährlich) zeigen ein relativ stabiles Niveau. Lokal können Belastungsschwerpunkte identifiziert werden (z. B. Linz, Leoben-Donawitz, Brückl und Hallein vor der technologischen Verbesserung/Modernisierung der Anlagen, Brückl einen Belastungsanstieg im Jahr 2015). Die bundesweiten Untersuchungen aus dem Jahr 2019 zeigen eine Abnahme der Quecksilber-Belastung. Waldbäume sind eine wichtige Senke für Quecksilber; das in Blättern und Nadeln gespeicherte Schwermetall gelangt mit dem Streufall in den Waldboden. Quecksilbereinträge über den Nadelstreufall in den Alpen liegen etwa zwischen 0,07 und 0,29 g/ha/Jahr, wobei hier sowohl Standortunterschiede als auch Unterschiede, bedingt durch die Höhenlage, zu berücksichtigen sind.
- Boden** Die Datenlage zu Quecksilber in Böden ist äußerst limitiert. Neben bundesweiten Untersuchungen aus dem Jahr 2001, die im Bodeninformationssystem

¹ UQN: Umweltqualitätsnorm

(BORIS) abrufbar sind, und Daten zu Waldböden, die im Rahmen des EU-Projekts BioSoil vom Bundesforschungszentrum für Wald in den Jahren 2006 und 2007 gemessen wurden, gibt es aktuelle Untersuchungen aus Oberösterreich. Die Ergebnisse werden voraussichtlich 2022 veröffentlicht.

**Medien-übergreifendes
Monitoring**

Der Standort Zöbelboden ist Teil eines internationalen Netzwerks und Kooperationsprogrammes LTER (Long Term Ecosystem Research). Das Schwermetall wurde während eines Schneeschmelzeereignisses in der feuchten und trockenen Deposition, im Niederschlag sowie in Boden- und Quellwasser gemessen, wobei eine erhöhte Mobilisierung festgestellt wurde. Langzeitmessungen konnten aus Kostengründen bisher nicht durchgeführt werden.

Alpentiere

Im Rahmen des Kooperationsprojektes „Pure Alps“ mit Bayern wurde die Anreicherung von persistenten organischen Schadstoffen und Quecksilber in der alpinen Nahrungskette nachgewiesen. Dazu wurden aquatische Insektenlarven, Honigbienen, verschiedene Fischarten, Gämsen, Murmeltiere, Rotfüchse und Eier von Haubentauchern und Steinadlern untersucht. In den alpinen Regionen wurde die Biota-UQN für Quecksilber von 20 µg/kg entsprechend 0,02 mg/kg Feuchtgewicht (FG) bei etwa 70 % der untersuchten Fischarten überschritten. In Eiern des Haubentauchers – repräsentativ für fischfressende Vögel – wurden Quecksilber-Konzentrationen zwischen 0,29 und 0,36 mg/kg FG gemessen.

Nahrungsmittel

Wie im Minamata-Bericht 2016 umfassend dargestellt wurde, trägt insbesondere der Fischverzehr zur Hg-Belastung durch Lebensmittel bei. Aktuellere Daten wurden im Rahmen einer Studie der Medizinischen Universität Wien erhoben. Im Vergleich mit einer Studie aus den Jahren 2006 bis 2009 wurden niedrigere Hg-Gehalte festgestellt. Höchstgehalte wurden in Meeresfischarten wie Butterfisch oder Thunfisch detektiert.

Mensch

Aktuelle Human-Daten wurden im Rahmen eines Forschungsprojektes der Medizinischen Universität Wien (Institut für Medizinische Genetik) erhoben, sie wurden jedoch noch nicht veröffentlicht. Fokus des Projektes sind die Auswirkungen von Quecksilber und Methylquecksilber auf das Ungeborene, die Funktion der Plazenta und die Rolle der Transportmechanismen sowie deren genetische Variationen.

Industrie und Anlagen

Anhang B des Minamata-Übereinkommens führt Herstellungsprozesse, in denen Quecksilber oder Quecksilberprodukte eingesetzt werden, an. Gemäß Artikel 5 Abs. 2 (Verbot des Einsatzes) sind bei der Chloralkali- und bei der Acetaldehydproduktion Katalysatoren auf Quecksilberbasis verboten. Nach Artikel 5 Abs. 3 (Restriktion des Einsatzes) sind bei der Produktion von Vinylmonomeren, Natrium-/Kaliummethylat und -ethylat sowie der Polyurethan-Herstellung Quecksilber-Katalysatoren lediglich in einem beschränkten Ausmaß einsetzbar.

Für die Berichterstattung zur EU-Quecksilber-Verordnung (EU) 2017/852 wurde die Situation in Österreich zu den Anhang B-Tätigkeiten erhoben. In Österreich findet keine Produktion von Vinylchloridmonomeren auf Quecksilberbasis statt, ebenso wenig wie die Produktion von Methylaten, Ethylaten oder Polyurethan. Die einzige österreichische Chloralkali-Anlage in Brückl stieg 1999 vom

Amalgamverfahren auf das quecksilberfreie Membranverfahren um. Dies erzielte eine Reduktion der berechneten Hg-Emissionsmengen um die Hälfte.

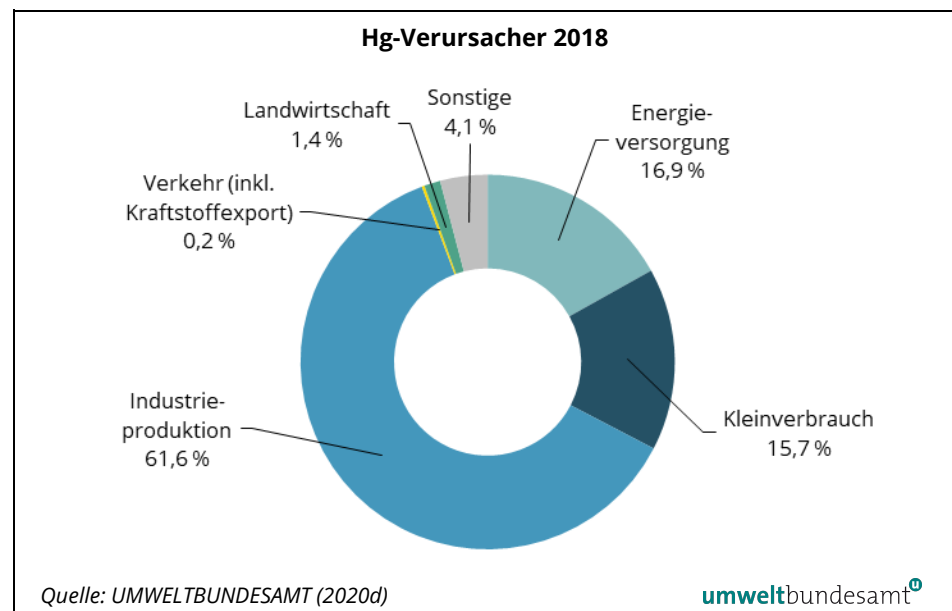
**beste verfügbare
Techniken: Minamata
Vorgaben**

Im Zuge der Industrieemissionsrichtlinie der EU wurden BVT-(beste verfügbare Techniken)Schlussfolgerungen erarbeitet, die als Referenzdokument für die Festlegung von Genehmigungsaufgaben dienen. Die dort angeführten assoziierten Emissionswerte dürfen unter normalen Betriebsbedingungen nicht überschritten werden. Für die industriellen Tätigkeiten „Nichteisenmetalle, Eisen und Stahl, Abfallverbrennung, Abfallbehandlung, Großfeuerungsanlagen, Zement und Kalk und Raffinieren“ liegen mit den besten verfügbaren Techniken assoziierte Emissionswerte in die Luft und in das Wasser vor. Diese Emissionswerte wurden mit den im BAT/BEP Minamata Guidance Document angeführten Werten verglichen.

**Emissions-
berechnungen und
Verursacher**

Emissionsberechnungen liefern die Datengrundlage für die Berichtspflichten im Rahmen des Übereinkommens über weitreichende grenzüberschreitende Luftverunreinigung, zu welchen auch Quecksilber-Emissionen zählen. Auf der Basis dieser nach einheitlicher Methodik erstellten Berechnungen entsteht der Großteil der österreichischen Quecksilber-Emissionen bei der industriellen Produktion – insbesondere der Eisen und Stahlerzeugung – und in der chemischen Industrie, gefolgt von den Sektoren Energieversorgung und Kleinverbrauch.

Abbildung:
Anteile der Verursacher-
sektoren an den Queck-
silber-Emissionen
Österreichs 2018.



**Produkte und
Abfallströme**

Laut Minamata-Übereinkommen war die Erzeugung, der Import und Export zahlreicher quecksilberhaltiger Produkte bis 2020 einzustellen. Davon waren Batterien, Schalter und Relais, diverse Lampen, nicht elektronische Messgeräte und Kosmetika betroffen. Österreich hat auch die Erzeugnisse betreffenden Regelungen der Verordnung über Quecksilber (EU) 2017/852 im Chemikaliengesetz 1996 durchgeführt. Beschränkungen für Quecksilber in Batterien sowie in Elektro- und Elektronikgeräten wurden auf EU-Ebene in der Batterierichtlinie

(2006/66/EG) bzw. in der RoHS²-Richtlinie (2011/65/EU) geregelt. In Österreich wurden diese Bestimmungen in der Elektroaltgeräteverordnung (BGBl. II Nr. 121/2005) und in der Batterienverordnung (BGBl. II Nr. 159/2008) umgesetzt.

**Batterien und
Elektrogeräte**

Aufgrund dieser Beschränkungen ist das Aufkommen an quecksilberhaltigen Abfällen seit Jahren rückläufig. Die jährlichen Hg-Frachten in den gesammelten Elektroaltgeräten werden derzeit auf 80 kg für Altlampen und 12 kg für Bildschirmgeräte geschätzt. Quecksilber-Frachten in Altbatterien werden aufgrund des In-Verkehrsetzungs-Verbotes für Hg-haltige Knopfzellen seit 2015 als unbedeutend eingeschätzt. Verbesserungspotenzial besteht bei der Sammlung von Altlampen, wo nur etwa 50 % der in Verkehr gesetzten Lampen in die vorgesehenen Sammelschienen gelangen. Behandlungsanforderungen an quecksilberhaltige Abfälle, wie Elektro- und Elektronikaltgeräte sowie Batterien, sind in Österreich in der Abfallbehandlungspflichtenverordnung (BGBl. II Nr. 102/2017) festgelegt. Die endgültige Behandlung bzw. Entsorgung der quecksilberhaltigen Abfälle erfolgt meist im Ausland. Die EU Batterieverordnung 2021 soll nachhaltige und sicher Batterien über den ganzen Lebenszyklus gewährleisten.

**medizinische
Anwendungen**

Thiomersal (Ethylquecksilber), das bei Totimpfstoffen früher als Konservierungsmittel verwendet wurde, wird in Österreich aktuell in keinem Impfstoff, der für Kinder vorgesehen ist, eingesetzt; lediglich zwei Pandemie-Impfstoffe enthalten noch Thiomersal.

In Österreich fielen im Jahr 2019 etwa 8.000 t an Amalgamschlamm aus Zahnarztpraxen an. Etwa 180.000 t an Amalgamschlämmen wurden aus dem Ausland importiert. Eine Behandlungsanlage für derartige Schlämme steht in Tirol zur Verfügung. Die bei der Behandlung anfallenden Hg-haltigen Konzentrate werden im Ausland entsorgt. Die Verwendung von Zahnamalgam wird in der Verordnung über Quecksilber (EU) 2017/852 für empfindliche Gruppen beschränkt, weitere Verschärfungen sollen 2022 erfolgen.

**Altlasten und
kontaminierte
Standorte**

In Österreich werden historisch kontaminierte Standorte seit dem Jahr 1989 systematisch untersucht. Im Jahr 2020 waren 69.184 Altstandorte und Altablagerungen in der Datenbank des Umweltbundesamtes erfasst. Für 312 Standorte wurde eine erhebliche Gefährdung der Umwelt festgestellt, 168 Standorte (Stand 1. Jänner 2020) wurden bereits gesichert und saniert. Bei sieben Altstandorten war Quecksilber der relevante Kontaminant.

Bei sieben Altlasten war Quecksilber als standortspezifisch relevanter Kontaminant einzustufen. Dabei sind an zwei Altstandorten sind dabei lokal begrenzt erhebliche Verunreinigungen des Grundwassers gegeben. An drei Altablagerungen waren intensive Verunreinigungen des Oberbodens durch Quecksilber nachzuweisen. Darüber hinaus sind bei einem weiteren ehemaligen Standort der chemischen Industrie in Tirol Untergrundkontaminationen durch Quecksilber bekannt, die teilweise bereits entfernt wurden. Größe, Intensität und Umweltauswirkungen der noch vorhandenen Restkontaminationen werden derzeit im Rahmen der Vollziehung des Altlastensanierungsgesetzes untersucht.

² Restriction of Hazardous Substances

Die Altablagerung „Sanitätslager Maria Enzersdorf“ wurde im Jahr 2004 durch Aushub und Behandlung kontaminierter Bodenschichten saniert.

**historische
Bergbauhalden**

Abfälle aus historischen Bergbauaktivitäten sind generell vom Geltungsbereich des Altlastensanierungsgesetzes ausgenommen und werden daher nicht systematisch, sondern nur in Einzelfällen, bei konkreten Hinweisen auf Belastungen des Untergrundes oder das Vorhandensein von Verhüttungsrückständen, untersucht. Die zuletzt hinsichtlich der Hg-Gehalte kontaminierten Standorte Schrems bei Frohnleiten und Pochergraben/Schwarz stehen in Zusammenhang mit historischen Bergbauaktivitäten. Ein Kataster ehemaliger Bergbauhalden wurde von der hierfür zuständigen Montanbehörde erstellt.

SUMMARY

Austria ratified the Minamata Convention on Mercury on 12 June 2017 (Federal Law Gazette III No. 108/2017) and, as a Party to the convention, is obliged to implement and carry out emission reduction and monitoring measures at national level.

This report provides an overview of current developments, based on the report "Minamata Convention on Mercury in Austria" (UMWELTBUNDESAMT 2016a). In the first part of the report, in addition to a presentation of the international agreement, the data situation on mercury worldwide and the current discussions in connection with the review of effectiveness are summarised.

The second part of the report presents current data from Austria.

Air and deposition

Annual mean mercury concentrations in ambient air ranged from 1.48 to 2.01 ng/m³ in 2019. Air quality measurements show that mercury concentrations have slightly decreased in Austria over the last years. However, depending on the location and season, higher concentrations are also possible. For example, an annual mean value of 10.80 ng/m³ was detected in Wietersdorf in Brückl in 2015 as a result of co-combustion of contaminated material and insufficient technical conditions.

Measurements of particulate matter (fraction PM₁₀) do not reveal a clear trend. The highest load in 2019 was measured at 0.17 ng/m³ in Steyregg Au.

The deposition of mercury also shows no clear decreasing trend between the years 2013 and 2019. The highest deposition value in 2018 was measured at 0.085 µg/m²*day in Steyregg.

Water and Biota

Mercury is regularly analysed in groundwater and surface water as part of the monitoring of water quality (GZÜV) in Austria.

In groundwater, the measured values are regularly and comprehensively below the legally stipulated minimum determination limit of 0.1 µg/l and thus clearly below the national groundwater threshold value of 0.9 µg/l. A special monitoring programme at selected groundwater monitoring sites with a very low determination limit of 0.001 µg/l in 2016/2017 showed that mercury was detectable in very low concentrations almost everywhere in the groundwater. The median concentration was 0.0062 µg/l mercury. The mobility of mercury in groundwater is strongly dependent on the pH value.

In surface waters, about 5,940 Hg measurement data with a determination limit of 0.002 to 0.2 µg/l are available for the period January 2010 to June 2020. For total Hg, 70 measured values are above the determination limit (max. value 1 µg/l), for dissolved Hg 37 measured values (max. value 0.4 µg/l). Measurements in 18 stream samples with a low limit of quantification of 0.0001 µg/l showed that mercury could be detected in low concentrations in all samples (0.00073-0.2 µg/l). The national legislation foresees a biota limit (20 µg/kg) and a

maximum permissible concentration in the water phase of 0.07 µg/l for the assessment of mercury in surface waters.

Studies in fish at five trend monitoring sites in the years 2010 to 2016 showed no clear trend with regard to mercury pollution. Measurements at 32 survey monitoring sites in 2013 showed that the biota limit value was exceeded at all monitoring sites. As limit values were also exceeded in background areas, the chemical status of surface waters was designated as poor for mercury across the board in the second National Water Management Plan (2nd NMP) (BMLFUW 2017a). In the 3rd NAP, the chemical status for mercury has also been assessed as poor across the board, because all measurements confirm the earlier results and are above the EQS (BMLRT 2021a).

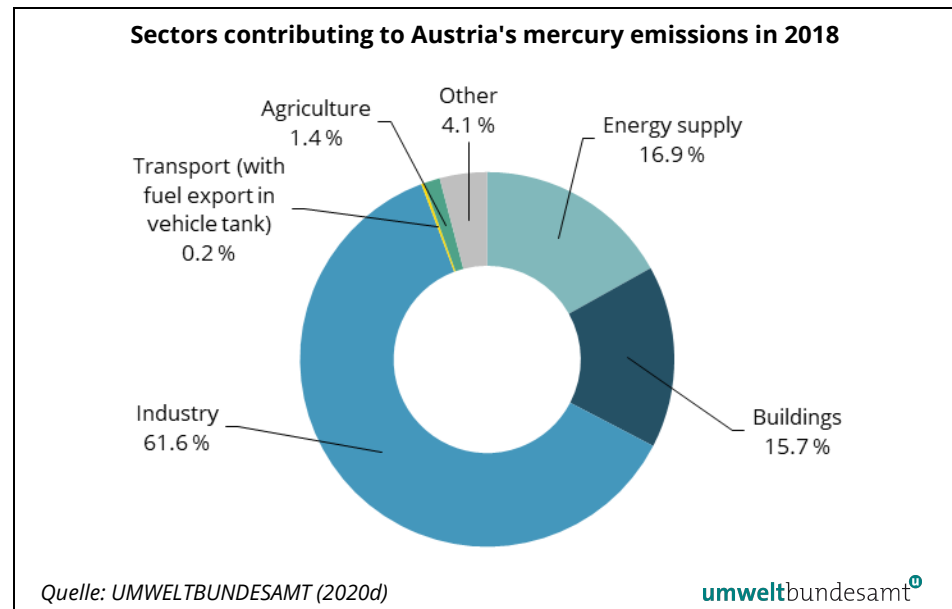
- Sewage sludge** Several studies have shown that mercury concentrations in sewage treatment plant effluent are much lower than in the sewage treatment plant influent (see chapter 5.3.5 Wastewater). It can therefore be assumed that a large part of the mercury accumulates in the sewage sludge. This should be taken into account when using sewage sludge and compost.
- Vegetation** Mosses, spruce needles and litterfall are used as bioindicators for air pollution with Hg. In Austria, moss monitoring has been carried out at five-year intervals since 1995. While an increase in emissions was recorded from 1995 to 2005, a continuous downward trend can be observed from 2005 onwards due to emission-reducing measures.
- Bioindication** Since 1986, the bioindicator network of the Austrian Federal Forest Research Centre (BFW) has been providing data on mercury in spruce needles and in some cases litterfall of sessile oak and beech. The first surveys on mercury (1986, 1996 and 2006) showed a downward trend, further surveys (annually since 2008) show a relatively stable level. Locally, pollution hotspots can be identified (e.g. Linz, Leoben-Donawitz, Brückl and Hallein before the technological improvement/modernisation of the plants, Brückl an increase in pollution in 2015). The nationwide surveys from 2019 show a decrease in mercury pollution. Forest trees are an important sink for mercury; the heavy metal stored in leaves and needles reaches the forest soil with litterfall. Mercury inputs via needle litterfall in the Alps are approximately between 0.07 and 0.29 g/ha/year, whereby both site differences and differences due to altitude must be taken into account.
- Soil** The data available on mercury in soils is extremely limited. In addition to nationwide studies from 2001, which are available in the Soil Information System (BORIS), and data on forest soils measured by the Federal Forest Research Centre in 2006 and 2007 as part of the EU BioSoil project, there are current studies from Upper Austria. The results are expected to be published in 2022.
- Cross-media monitoring** The Zöbelboden site is part of an international network and cooperation programme LTER (Long Term Ecosystem Research). The heavy metal was measured during a snowmelt event in the wet and dry deposition, in precipitation as well as in soil and spring water, where an increased mobilisation was found. Long-term measurements could not be carried out so far for financial reasons.

<i>Alpine animals</i>	Within the framework of the cooperation project "Pure Alps" with Bavaria, the accumulation of persistent organic pollutants and mercury in the alpine food chain was detected. Aquatic insect larvae, honey bees, various fish species, chamois, marmots, red foxes and eggs of great crested grebes and golden eagles were studied. In the alpine regions, the biota EQS for mercury of 20 µg/kg corresponding to 0.02 mg/kg wet weight was exceeded in about 70 % of the fish species examined. Mercury concentrations between 0.29 and 0.36 mg/kg wet weight were measured in eggs of the Great Crested Grebe - representative of fish-eating birds.
<i>Food</i>	As comprehensively presented in the Minamata Report 2016, fish consumption in particular contributes to Hg exposure from food. More recent data was collected in a study by the Medical University of Vienna. In comparison with a study from the years 2006 to 2009, lower Hg levels were found. Maximum levels were detected in marine fish species such as butterfish or tuna.
<i>Human exposure</i>	Current human data were collected as part of a research project at the Medical University of Vienna (Institute of Medical Genetics), but they have not yet been published. The project focuses on the effects of mercury and methylmercury on the unborn child, the function of the placenta and the role of transport mechanisms as well as their genetic variations.
<i>Industry and facilities</i>	<p>Annex B of the Minamata Convention lists manufacturing processes that use mercury or mercury products. According to Article 5(2) (Prohibition of Use), mercury-based catalysts are prohibited in chlor-alkali and acetaldehyde production. According to Article 5(3) (Restriction of use), mercury catalysts can only be used to a limited extent in the production of vinyl monomers, sodium/potassium methylate and ethylate and in the production of polyurethane.</p> <p>For the reporting on the EU Mercury Regulation (EU) 2017/852, the situation in Austria regarding Annex B activities was surveyed. No production of mercury-based vinyl chloride monomers takes place in Austria, nor does the production of methylates, ethylates or polyurethane. The only Austrian chlor-alkali plant in Brückl switched from the amalgam process to the mercury-free membrane process in 1999. This achieved a reduction of the calculated Hg emission quantities by half.</p>
<i>Best Available Techniques: Minamata specifications</i>	In the course of the EU Industrial Emissions Directive, BAT (Best Available Techniques) conclusions were drawn up, which serve as a reference document for setting permit conditions. The associated emission values listed there must not be exceeded under normal operating conditions. For the industrial activities "non-ferrous metals, iron and steel, waste incineration, waste treatment, large combustion plants, cement and lime and refining", emission levels to air and water associated with the best available techniques are available. These emission values were compared with the values given in the BAT/BEP Minamata Guidance Document.

**Emission calculations
and polluters**

Emission calculations provide the data basis for the reporting obligations under the Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution, which includes mercury emissions. On the basis of these calculations, which are carried out according to a uniform methodology, the majority of Austrian mercury emissions are caused by industrial production – especially iron and steel production – and the chemical industry, followed by the energy supply and small-scale consumption sectors.

Figure:
Sectors contributing to
Austria's mercury
emissions in 2018.

**Products and Waste**

According to the Minamata Convention, the production, import and export of numerous products containing mercury was to be stopped by 2020. This affected batteries, switches and relays, various lamps, non-electronic measuring devices and cosmetics.

Austria has also adopted the regulations concerning products in the Mercury Regulation (EU) 2017/852 in the Chemicals Act 1996. Restrictions on mercury in batteries and in electrical and electronic equipment were regulated at EU level in the Battery Directive (2006/66/EC) and the RoHS Directive (2011/65/EU), respectively. In Austria, these provisions were implemented in the Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Ordinance (Federal Law Gazette II No. 121/2005) and in the Battery Ordinance (Federal Law Gazette II No. 159/2008).

**Batteries and
electrical appliances**

Due to these restrictions, the amount of waste containing mercury has been decreasing for years. The annual Hg loads in the collected WEEE are currently estimated at 80 kg for waste lamps and 12 kg for display screen equipment. Mercury loads in spent batteries are estimated to be insignificant due to the ban on placing Hg-containing button cells on the market since 2015. There is potential for improvement in the collection of end-of-life lamps, where only about 50 % of the lamps placed on the market end up in the designated collection channels. Treatment requirements for waste containing mercury, such as waste electrical and electronic equipment and batteries, are laid down in Austria in the Waste

Treatment Obligations Ordinance (BGBl. II No. 102/2017). The final treatment or disposal of mercury-containing waste usually takes place abroad. The EU Battery Regulation 2021 aims to ensure sustainable and safe batteries throughout their life cycle.

Medical applications Thiomersal (ethyl mercury), which was previously used as a preservative in inactivated vaccines, is currently not used in any vaccines intended for children in Austria; only two pandemic vaccines still contain thiomersal.

In Austria, about 8,000 t of amalgam sludge was produced from dental practices in 2019. About 180,000 t of amalgam sludge was imported from abroad. A treatment plant for such sludge is available in Tyrol. The Hg-containing concentrates produced during treatment are disposed of abroad. The use of dental amalgam is restricted for sensitive groups in the Mercury Regulation (EU) 2017/852, with further tightening of the Directive envisaged to follow in 2022.

Contaminated sites and contaminated sites In Austria, historically contaminated sites have been systematically investigated since 1989. In 2020, 69,184 contaminated and abandoned sites were recorded in the database of the Federal Environment Agency. For 312 sites, a significant threat to the environment was identified, 168 sites (as of January 1, 2020) have already been secured and remediated. At seven contaminated sites, mercury was classified as a site-specific relevant contaminant. At two contaminated sites, significant localised contamination of the groundwater was found. At three former sites, intensive contamination of the topsoil by mercury was detected. In addition, at another former chemical industry site in Tyrol, subsoil contamination by mercury is known, some of which has already been removed. The size, intensity and environmental impact of the remaining contamination are currently being investigated within the framework of the enforcement of the Austrian Contaminated Sites Remediation Act.

The old landfill "Sanitätslager Maria Enzersdorf" was remediated in 2004 by excavating and treating contaminated soil layers.

Historical mining dumps Waste from historical mining activities is generally excluded from the scope of the Contaminated Sites Remediation Act and is therefore not investigated systematically, but only in individual cases where there are specific indications of contamination of the subsoil or the presence of smelting residues. The most recently contaminated sites with respect to Hg content, namely Schrems near Frohnleiten and Pochergraben/Schwarz are related to historical mining activities. A cadastre of former mining dumps was compiled by the mining authority responsible for this.

1 EINLEITUNG

Hg-Quellen Quecksilber (Hg) ist ein giftiges Schwermetall, das in der Umwelt weit verbreitet ist und keinem biologischen Abbau unterliegt. Die Freisetzung kann natürlich bedingt sein, z. B. durch Verwitterung von Gesteinen, Vulkanausbrüche oder das Auftauen von Permafrostböden. Der Großteil der Emissionen ist jedoch auf menschliche Aktivitäten zurückzuführen, insbesondere durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe (v. a. Kohle), Bergbauaktivitäten (v. a. kleingewerblicher Goldabbau) und die technische Nutzung von Quecksilber in vielen Industriebereichen. Quecksilber gelangt durch Herstellung, Anwendung oder Abfallentsorgung von quecksilberhaltigen Produkten, wie z. B. Leuchtstoff- und Energiesparlampen, Batterien oder Zahnamalgam, in die Umwelt. Insbesondere in aquatischen Lebewesen wird Quecksilber zu organischem Methylquecksilber umgebaut. Dieses ist aufgrund seiner toxikologischen Eigenschaften besonders bedeutend, da es das Nervensystem schädigt (UNEP 2019b).

Datenlage in Österreich Der vorliegende Bericht zum Minamata-Übereinkommen in Österreich mit Stand 2021 enthält aktuelle Daten zu Quecksilber, die vom Umweltbundesamt in den letzten Jahren erhoben wurden, und ist eine Erweiterung und Aktualisierung des Berichtes aus dem Jahr 2016 (UMWELTBUNDESAMT 2016a). Neben einem Überblick über Emissionen und Umweltkonzentrationen in Österreich wird von laufenden Aktivitäten berichtet. Es besteht jedoch kein Anspruch auf Vollständigkeit.

Internationale Konvention Das sogenannte „Minamata-Übereinkommen“ ist ein multilateraler Vertrag aus dem Jahr 2013, der nach Ratifizierung durch mehr als 50 Staaten am 16. August 2017 in Kraft getreten ist. Das Übereinkommen dient zum Schutz der Gesundheit und der Umwelt vor Quecksilber (Hg) und verpflichtet mittlerweile 135 Vertragsstaaten zu Emissionsminimierungs- sowie zu Monitoring-Maßnahmen (UNEP 2019a). Das Übereinkommen ist für Österreich seit 10. September 2017 völkerrechtlich verbindlich (BMK 2021a).

Minamata-Krankheit Die Namensgebung für das Übereinkommen soll an die japanische Küstenstadt Minamata erinnern, welche ab Mitte der Fünfzigerjahre von einer jahrzehntelangen massiven Quecksilber-Kontamination durch belastete Abwässer betroffen war. Die Quecksilber-Vergiftung bei großen Teilen der ansässigen Bevölkerung führte zur „Minamata-Krankheit“, einer Störung des zentralen Nervensystems, und zu einem dramatischen Anstieg von Missbildungen. Viele Menschen starben an der Schwermetallvergiftung (UNEP 2019b).

EU-Quecksilber-Verordnung Die unionsrechtliche Verordnung über Quecksilber (EU) 2017/852 ist durch das österreichische Bundesgesetz über den Schutz des Menschen und der Umwelt vor Chemikalien (Chemikaliengesetz 1996 – ChemG 1996), BGBl. I Nr. 53/1997, zuletzt geändert durch BGBl. I Nr. 140/2020) durchgeführt. Ergebnisse und Erfahrungen aus vorangegangenen internationalen Vereinbarungen, die den Umweltschutz betreffen, wie z. B. die Genfer Luftreinhaltekonvention (CLRTAP)³ aus

³ Übereinkommen über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigungen (1979)

dem Jahr 1979, bilden eine zusätzlich unterstützende Basis bei der Maßnahmenumsetzung und Kontrolle (UBA 2019).

2 MINAMATA-ÜBEREINKOMMEN IN KÜRZE

- Übereinkommen** Das Minamata-Übereinkommen ist eine globale Vereinbarung, die für alle teilnehmenden Staaten rechtlich verbindlich ist und darauf abzielt, die menschliche Gesundheit und die Umwelt vor anthropogenen Emissionen und Freisetzungen von Quecksilber und Quecksilber-Verbindungen zu schützen (UNEP 2019b).
- Ratifizierung** Nachdem im Jahr 2003 eine Arbeitsgruppe des United Nations Environmental Programme (UNEP) zu der Schlussfolgerung kam, dass schädliche Auswirkungen nachweislich auf Quecksilber und Quecksilber-Verbindungen zurückzuführen sind und auch die Schweiz und Norwegen auf die Notwendigkeit eines internationalen, rechtlich bindenden Instruments für Quecksilber aufmerksam machten, wurde in einer multilateralen Zusammenarbeit die Minamata-Konvention gegründet. Die Konvention, deren Name an die Umweltkatastrophe der 1950er-Jahre in Minamata (Japan) erinnern soll, wurde in Kumamoto (Japan) formal am 10. Oktober 2013 adaptiert und ist mit 16. August 2017 in Kraft getreten. Das Übereinkommen adressiert den gesamten Quecksilber-Lebenszyklus, vom Abbau, Management, Einsatz in Produkten und Prozessen bis hin zur Entsorgung (UNEP 2019b). 128 Staaten unterzeichneten das Übereinkommen, die Ratifizierung erfolgte bereits von 135 Staaten (UNEP 2021a).
- Umsetzung** Für alle Vertragsparteien ergeben sich grundlegende Pflichten, wobei gewisse Freiheiten, etwa die nationale Umsetzung und Finanzierung, gewährleistet sind. Schwerpunkte, die von den Teilnehmerstaaten umzusetzen sind, liegen vor allem im Verbot von neuen Quecksilber-Minen und der Schließung von bereits existierenden sowie bei der Reduktion der Nutzung von Quecksilber in Produkten und Prozessen, beim Umwelt(bio)monitoring, bei der sicheren Entsorgung von Quecksilber-Abfällen und bei der Gewährleistung des Schutzes der Umwelt und der Gesundheit im Allgemeinen (UNEP 2019b).
- Berichtspflicht** Erzielte Fortschritte und daraus hervorgehende neue Schwerpunktsetzungen sind von den Vertragsstaaten in regelmäßigen Abständen in Form eines Berichtes vorzulegen.⁴ Bei Vertragsstaatenkonferenzen werden individuelle Maßnahmen und Ergebnisse diskutiert und Lösungen für Verbesserungen erarbeitet. Bisher wurden drei Vertragsstaatenkonferenzen (2017, 2018 und 2019) in Genf abgehalten. Die kommende und somit vierte Vertragsstaatenkonferenz findet zweigeteilt statt: Nach einer Online-Konferenz vom 1. bis 5. November 2021 soll der zweite Teil mit Präsenz im ersten Quartal 2022 in Bali (Indonesien) stattfinden (UNEP 2021a).

⁴ Aktuelle Kurzberichte sind auf der nachfolgenden Seite abrufbar:
<http://www.mercuryconvention.org/Countries/Parties/Reporting/Firstnationalshortreport2019/tabid/8635/language/en-US/Default.aspx>

3 DIE QUECKSILBER-BELASTUNG IM GLOBALEN ÜBERBLICK

3.1 Globale Quecksilberbewertung

Global Mercury Assessment 2018

Die wichtigsten Ergebnisse des *Global Mercury Assessment 2018* der Vereinten Nationen (UN) wurden in 10 Punkten („key findings“) zusammengefasst, welche besonders für politische EntscheidungsträgerInnen relevant sind (UNEP 2019a).

1. Für das Jahr 2015 wurden die globalen Quecksilber-Emissionen in die Luft erhoben, mit etwa 2.220 t aus anthropogenen Quellen beziffert und auf 17 Schlüsselsektoren zurückgeführt. In diesem neuen globalen Quecksilber-Inventar sind auch kleinere anthropogene Quellen enthalten, deren zusätzlicher Beitrag zu den Gesamtemissionen in der Größenordnung von 10–100 t pro Jahr liegt. Die Gesamtsumme verändert sich dadurch nicht wesentlich, die kleineren Quellen können jedoch von lokaler oder regionaler Bedeutung sein.
2. Im Vergleich zum Jahr 2010 sind die für 2015 geschätzten globalen anthropogenen Emissionen von Quecksilber in die Atmosphäre um ungefähr 20 % gestiegen. Dies wird auf das Wirtschaftswachstum, insbesondere in Asien, sowie auf die vermehrte Verwendung und Entsorgung von quecksilberhaltigen Produkten zurückgeführt. In Nordamerika und der Europäischen Union wurde durch die gesetzten Reduktionsmaßnahmen ein leichter Rückgang der Emissionen verzeichnet.
3. Die Emissionsmuster haben sich im Zeitraum von 2010 bis 2015 kaum verändert. Der Großteil der Emissionen im Jahr 2015 trat in Asien auf (49 %, v. a. Ost- und Südostasien), gefolgt von Südamerika (18 %) und Subsahara-Afrika (16 %). Emissionen im Zusammenhang mit kleingewerblichem Goldbergbau machten fast 38 % der weltweiten Gesamtmenge aus, wobei der größte Beitrag aus Südamerika und Afrika südlich der Sahara stammte. In anderen Regionen überwogen die mit der Energieerzeugung verbundenen Emissionen und die Industrieemissionen.
4. Die stationäre Verbrennung fossiler Brennstoffe und Biomasse ist für etwa 24 % der geschätzten globalen Emissionen verantwortlich, hauptsächlich die Kohleverbrennung (21 %). Die wichtigsten Industriesektoren bleiben die Nichteisenmetallproduktion (15 % des globalen Lagerbestands), die Zementproduktion (11 %) und die Eisenmetallproduktion (2 %). Die Emissionen aus Abfällen, die mit Quecksilber versetzte Produkte enthalten, betrugen etwa 7 % des weltweiten Lagerbestands 2015.
5. Durch die menschlichen Aktivitäten liegen die atmosphärischen Quecksilber-Konzentrationen um etwa 450 % über dem natürlichen vorindustriellen Niveau. Eine große Menge davon stammt von historischen Emissionen, vor allem aus dem Bergbau (Gold, Silber, Quecksilber) bis zum Ende des 19. Jahrhunderts in Amerika, und zirkuliert immer noch in der Biosphäre. Der Klimawandel kann dazu führen, dass aus historischen Emissi-

onen stammendes, in Böden und Ozeanen deponiertes Quecksilber erneut mobilisiert wird. Die Bewertung von Änderungen der Quecksilber-Konzentrationen in der Umwelt wird dadurch erschwert.

6. Etwa 1.220 t Quecksilber gelangten 2015 durch Aktivitäten des kleingewerblichen Goldbergbaus in Wasser und Boden, wobei die Verteilung nicht bekannt ist. Die globale Freisetzung von anthropogenem Quecksilber aus anderen Quellen in Gewässer belief sich 2015 auf rund 580 t, die wesentlichen Sektoren sind Abfallbehandlung (43 %), Erzabbau und Verarbeitung (40 %) sowie Energie (17 %).
7. Die natürliche Bildung von Methylquecksilber in den Ozeanen und in einigen Seen ist nicht mehr begrenzt durch den Eintrag von anorganischem Quecksilber. Andere Faktoren, wie Klimawandel, Biogeochemie und Veränderungen in Bodenprozessen, spielen für die Verteilung und die chemischen Wechselwirkungen von Quecksilber mit der Umgebung eine immer wichtigere Rolle.
8. Es kann einige Zeit dauern, dass Reduktionsmaßnahmen für Quecksilber-Emissionen und eine daraus resultierende Abnahme in den atmosphärischen Konzentrationen letztendlich auch zu einer Quecksilber-Konzentrationsabnahme in Biota führen. Aus dem bereits vorhandenen Quecksilber in Böden, Sedimenten und aquatischen Systemen wird noch einige Zeit Methylquecksilber entstehen.
9. In einigen aquatischen Nahrungsketten erreicht das Ausmaß der Quecksilber-Belastung in Hinblick auf die ökologische und menschliche Gesundheit ein besorgniserregendes Niveau. Aktuelle und historische anthropogene Quecksilber-Emissionen und -Freisetzungen sind die Hauptverursacher der erhöhten Quecksilber-Konzentrationen und der damit verbundenen Exposition.
10. Jeder Mensch ist gegenüber Quecksilber exponiert. Weltweit ist der Verzehr von Fisch, Schalentieren, Meeressäugern und anderen Lebensmitteln die wichtigste Quelle für die Aufnahme von Methylquecksilber. Die Exposition gegenüber elementarem und anorganischem Quecksilber tritt vor allem beim Goldabbau oder über den Kontakt mit quecksilberhaltigen Produkten auf. Es besteht Anlass zur Sorge bei besonders schutzbedürftigen Gruppen, darunter verschiedenen indigenen Populationen mit hoher ernährungsbedingter oder beruflicher Quecksilberbelastung.

3.2 Globaler Handel mit Quecksilber

UNEP-Report Im Jahr 2017 veröffentlichte UNEP ein Update zu globalen Quecksilberquellen, zum Handel mit Quecksilber und quecksilberhaltigen Produkten und dem Endverbrauch in einem umfassenden Bericht: *Global Mercury: Supply, Trade and Demand 2017* (UNEP 2017a).

Zwischen 2005 und 2015 stieg der Handel mit Quecksilber stetig an und lag 2015 bei mehr als 4.000 t. Dieser Anstieg ging auch mit einer gesteigerten Nachfrage einher, wenngleich sich die Quellen während dieser Periode signifikant geändert haben. Durch die Abnahme von Quecksilber-Emissionen aus der Chloralkaliindustrie sowie dem Anstieg der primären Quecksilber-Produktion zeigt sich somit eine Verschiebung sowohl in der globalen Versorgung auch als Antwort auf geänderte Gesetzgebungen und Marktbedingungen. Weitere und noch deutlich ausgeprägtere Änderungen werden sehr wahrscheinlich in den nachfolgenden Jahren als Reaktion auf das Inkrafttreten der Minamata-Konvention erfolgen. Basierend auf den verfügbaren Zahlen waren im Jahr 2015 die wichtigsten Quecksilber-Quellen der Primärbergbau, gefolgt von Quecksilber-Recycling und Quecksilber-Emissionen als Nebenprodukt in der Chloralkaliindustrie. Den größten Anteil am Primärbergbau von Quecksilber haben auf globaler Ebene die Länder China, Mexiko und Indonesien.

Import und Export von Hg

Im Beobachtungszeitraum 2013 bis 2015 gingen weltweit sowohl die Importe als auch die Exporte zurück. Primär resultiert dieser Rückgang daraus, dass große Quellen für Quecksilber – speziell aus der Chloralkaliindustrie – vom Markt genommen wurden. Ein Problem stellt der undokumentierte Handel von Quecksilber dar: Einen Extremfall stellen dabei die undokumentierten mexikanischen und indonesischen Quecksilber-Exporte von ca. 500 t im Jahr 2015 dar. Im Allgemeinen lagen die globalen Quecksilber-Importe bei 1.171 t sowie die -Exporte bei 1.234 t. Die meisten Exporte erfolgten durch Mexiko, gefolgt von Indonesien, den Niederlanden, Singapur sowie Japan und der Schweiz. Hauptimporteure waren Belgien, Frankreich, Großbritannien, die Bahamas und Italien.

Einsatz von Hg

Obwohl es laufend Verbesserungen in der Verfügbarkeit von Daten gibt, bestehen hinsichtlich des Einsatzes von Quecksilber in Produkten bzw. Prozessen weiterhin wesentliche Wissenslücken für die meisten Anwendungen und Länder. Grundsätzlich dominieren (Stand 2015) die Regionen in Ost- und Südostasien den globalen Quecksilber-Verbrauch. Trotz Unsicherheiten bei der Berechnung zeigte sich im sektoralen Quecksilber-Gebrauch zwischen 2005 und 2015 ein deutlicher Anstieg im Goldbergbau, eine Abnahme bei der Chloralkaliproduktion und ein Anstieg bei der Produktion von Vinylchlorid sowie bei anderen Produktionsprozessen (z. B. Farben, Labor, Pharmazie und kulturelle/traditionelle Verwendungen). Der Einsatz von Quecksilber in Produkten (z. B. Batterien, zahnärztliche Anwendungen, Lampen, Elektro- und Elektronikprodukte) zeigte in den ersten Jahren des Beobachtungszeitraumes eine Abnahme sowie in weiterer Folge eine Stagnation.

Zusammenfassend zeigten die Untersuchungen des UNEP eine Abnahme der Quecksilber-Mengen aus der Chloralkaliindustrie sowie einen Anstieg im Primärabbau von Quecksilber. Im Handel kam es seit 2011 zu einer Verschiebung von der EU und den USA als Haupthändler zu Singapur und Hongkong – zu geringeren Anteilen auch zur Türkei und zu Vietnam – die mittlerweile zu den Hauptlagerungs- und -transitpunkten des globalen Quecksilber-Handels wurden. Der undokumentierte Handel mit Quecksilber stieg in manchen Teilen der Welt allerdings an, zudem bestehen offene Fragen hinsichtlich der Quecksilber-

Verbindungen. Die Nachfrage nach Quecksilber blieb in Ländern Süd- und Ostasiens – diese verwenden erhebliche Mengen an Quecksilber in Produkten, der Vinylchlorid-Monomer-Produktion und im kleingewerblichen Goldbergbau sowie in der kleingewerblichen Aufbereitung von Gold – sowie in Ländern Mittel- und Südamerikas, die ebenfalls große Mengen an Quecksilber speziell im Bereich des kleingewerblichen Goldbergbaues einsetzen, relativ stabil

3.3 Bewertung der global anfallenden Quecksilber-Abfälle

Global mercury waste assessment 2017

Im Jahr 2017 veröffentlichte UNEP sein *Global mercury waste assessment* (UNEP 2017b). Der zentrale Befund des Berichtes über das weltweite Abfallmanagement ist eindeutig: Die Kluft zwischen den Bestimmungen des Minamata-Übereinkommens und den derzeitigen Praktiken der Quecksilber-Abfallwirtschaft ist groß.

Probleme bei der Abfallentsorgung

Für viele der 30 in dieser Bewertung untersuchten Länder aus Afrika, Asien, Nord- und Südamerika ist die Abfallentsorgung selbst die grundlegende Herausforderung. Zum größten Teil betrachten diese Länder Quecksilber-Abfälle als Teil des Siedlungs- oder Industrieabfalls und entsorgen sie als gemischte Abfälle auf (zum Teil offenen) Deponien. In einigen Ländern mangelt es an den grundlegenden Abfallwirtschaftssystemen für die getrennte Sammlung und Entsorgung von Abfällen, eine Ausnahme stellen oftmals nur Wertstoffe dar.

Bei Ländern mit vorhandenem Abfallwirtschaftssystem werden Quecksilber-Abfälle mitunter als Teil des gefährlichen Abfalls behandelt, jedoch ohne spezifische Kontrollmöglichkeiten. Es bleibt herausfordernd, den Quecksilber-Abfall insbesondere aus Haushalten getrennt zu sammeln. In einigen Ländern werden beispielsweise Leuchtstoffröhren getrennt gesammelt und zwischengelagert, da national keine Entsorgungsmöglichkeit besteht. Nur wenige Länder verfügen über die ausgereifte Technologie und Ausstattung zur Quecksilber-Behandlung, die den Vorgaben der Basler Konvention⁵ entsprechen.

Einige Länder haben bereits die Anwendung des Quecksilber-Verfahrens in der Chloralkaliindustrie eingestellt oder planen die Stilllegung dieser Verfahrenstechnik. Für Europa alleine wird damit ein Quecksilber-Abfallaufkommen von ca. 6.000 t erwartet und ähnlich hohe Quecksilber-Abfallmengen werden auch für andere Länder prognostiziert. Länder, in denen in Zukunft hohe Abfallmengen anfallen werden, benötigen vor allem gut organisierte und geeignete Deponien oder Endlagerstätten.

⁵ Basler Übereinkommen über die Kontrolle der grenzüberschreitenden Verbringung gefährlicher Abfälle und ihrer Entsorgung (1989)

Möglichkeiten zur Quecksilber-Abfallbeseitigung nach den technischen Leitlinien der Basler Konvention sind die Endlagerung von stabilisiertem und verfestigtem Quecksilber in speziell dafür vorgesehenen Deponien (z. B. Untertagedeponien, wie Hohlräume in ehemaligen Salzbergwerken in Deutschland für österreichische Quecksilber-Abfälle), oder die permanente Lagerung in sicheren unterirdischen Lagerstätten. Aktuell verfügen wenige Länder über die notwendige Technologie zur Stabilisierung und Verfestigung von Quecksilber-Abfällen. Ebenfalls sind für Quecksilber-Abfälle geeignete Deponien und Endlagerstätten weltweit sehr limitiert vorhanden. Länder, die über keine entsprechenden Beseitigungseinrichtungen verfügen, haben die Möglichkeit, ihre Quecksilber-Abfälle zum Zweck der umweltgerechten Entsorgung zu exportieren.

Quecksilber-Kontaminationen sind vor allem noch in Ländern sehr häufig, in denen kleingewerblicher Goldbergbau und kleingewerbliche Aufbereitung von Gold betrieben wird, wobei die Untersuchung dieser Kontaminationsquellen und Gebiete aufgrund deren weiter Verstreuerung sehr schwierig und herausfordernd ist.

4 WIRKSAMKEITSÜBERPRÜFUNG

4.1 Bewertung der Wirksamkeit

rechtliche Grundlagen in Artikel 22

In Artikel 22 des Minamata-Übereinkommens (UNEP 2019b) wird die Wirksamkeitsüberprüfung des Abkommens folgendermaßen definiert:

(1) Die Konferenz der Vertragsparteien bewertet die Wirksamkeit erstmals spätestens sechs Jahre nach dessen Inkrafttreten und danach in regelmäßigen Abständen, die von ihr zu beschließen sind.

(2) Um die Bewertung zu erleichtern, leitet die Konferenz der Vertragsparteien auf ihrer ersten Tagung die Festlegung von Regelungen in die Wege, um sich vergleichsfähige Überwachungsdaten über das Vorhandensein und die Bewegungen von Quecksilber und Quecksilber-Verbindungen in der Umwelt sowie über die bei biotischen Medien und schutzbedürftigen Bevölkerungsgruppen beobachtete Entwicklung der Konzentration von Quecksilber und Quecksilber-Verbindungen zu verschaffen.

(3) Die Bewertung wird auf der Grundlage von verfügbaren wissenschaftlichen, umweltbezogenen, technischen, finanziellen und wirtschaftlichen Informationen durchgeführt; dazu gehören:

- a. Berichte und sonstige Überwachungsinformationen, die der Konferenz der Vertragsparteien nach Absatz 2 bereitgestellt wurden;
- b. Berichte, die nach Artikel 21 vorgelegt wurden;
- c. Informationen und Empfehlungen, die nach Artikel 15 bereitgestellt wurden;
- d. Berichte und sonstige einschlägige Informationen über die Wirkungsweise der nach diesem Übereinkommen festgelegten Regelungen zur finanziellen Hilfe, zum Technologietransfer und zum Kapazitätsaufbau.

politische Fragen zur Wirksamkeit

Der Bericht der ad-hoc ExpertInnenarbeitsgruppe (UNEP 2019c) beschreibt den Rahmen für die Wirksamkeitsbewertung sowie Monitoring-Vereinbarungen gemäß der 1. Vertragsstaatenkonferenz (COP1) und der 2. Vertragsstaatenkonferenz (COP2) im Vorfeld und zur Vorlage bei der 3. Vertragsstaatenkonferenz (COP3).

Demnach soll die Wirksamkeit der Konvention anhand von vier politischen Fragen bewertet werden:

1. Waren die Vertragsstaaten tätig, um die Konvention umzusetzen?
2. Haben diese Aktionen zur Abnahme von Emissionen und Freisetzungen von Quecksilber in die Umwelt geführt?
3. Haben diese Veränderungen der Emissionen und Freisetzungen zur Abnahme der Konzentrationen in der Umwelt, in Biota und in Menschen geführt?
4. Sind die bestehenden Maßnahmen unter der Konvention ausreichend, um die Umwelt und die menschliche Gesundheit zu schützen?

**Bewertungs-
indikatoren**

Das für die COP2 entwickelte Konzept der Indikatoren orientiert sich an den einzelnen Artikeln der Minamata-Konvention („article by article review“) und bewertet die Wirksamkeit nach Maßnahmen und Erfolgen.

Das Konzept der Indikatoren wurde gemäß dem Mandat der COP2 überarbeitet und in fünf Bereiche untergliedert (UNEP 2019c):

- **Verwendung** (Verwendung, Lagerung und Abfall),
- **Nachfrage** (Produkte, Prozesse und Goldminenbergbau),
- **Belastungen** (Emissionen, Freisetzungen und kontaminierte Standorte),
- **Unterstützung** (finanzielle und technische Hilfestellung) und
- **Information und Forschung** (Informationsaustausch, Information der Öffentlichkeit und Forschung).

**4 Synthese-Berichte
zur Wirksamkeit**

Der Bericht zur Wirksamkeit soll dann anhand der Informationen der Vertragsstaaten (Artikel 21 Reporting) sowie von öffentlich verfügbaren, wissenschaftlichen und begutachteten (peer-reviewed) Publikationen erstellt werden und vier Synthese-Berichte umfassen (UNEP 2019c):

- **Global Monitoring Report**,
Hg-Konzentrationen in Umwelt, Biota und Mensch
- **Emissionen und Freisetzungen**,
modelliert anhand des *Global Mercury Assessment 2018*
- **Handel, Versorgung und Nachfrage**,
modelliert anhand des Berichtes *Global Mercury, Supply, Trade and Demand 2017*
- **Abfall-Management**,
aufbauend auf dem *Global Mercury Waste Assessment 2018*.

Auf Basis dieser Informationen und mehrerer Ebenen der Analyse, der Synthese und der Interpretation wird die Gesamtbewertung (Integrated Assessment Report) für das Komitee zur Bewertung der Wirksamkeit erstellt, welche nach genauer Prüfung eine Zusammenfassung zur Wirksamkeit der Konvention gibt und diese der Vertragsstaatenkonferenz vorlegt.

**Monitoring-
Vereinbarungen**

Das Mandat der ad-hoc ExpertInnengruppe betraf das Begutachten der vorliegenden Monitoring-Daten, das Identifizieren von Datenlücken, das Prüfen von Möglichkeiten der Modellierung und das Skizzieren von globalen Monitoring-Vereinbarungen.

Erneut wurden die Matrizes Luft, Biota und Mensch für globale Vergleiche als geeignet genannt. Darüber hinaus können Daten, die für die Überprüfung der Wasserqualität in vielen Ländern gesammelt werden, und auch lokale Verunreinigungen bzw. identifizierte Freisetzungen, hilfreich sein, diese sind aber derzeit noch nicht in Langzeitprogrammen integriert.

Die Möglichkeiten zur Modellierung, welche Monitoring-Daten bei ausreichend wissenschaftlichem Verständnis der Mechanismen eine sinnvolle Ergänzung darstellen können, wurden unterschiedlich eingeschätzt: Während Modelle zu

Verhalten und Ausbreitung in der Atmosphäre ausreichend evaluiert wurden und bereits einsetzbar sind, um räumliche und zeitliche Veränderungen zu erfassen, werden Modelle zu Verhalten und Ausbreitung in anderen Medien, wie beispielsweise Boden, derzeit hauptsächlich im Bereich der Forschung eingesetzt, da diese aufgrund der Vielfältigkeit von Bodentypen und Wechselwirkungen höchst komplex sein müssen. Integrierte Modelle, die den Transport zwischen Medien miteinbeziehen, werden derzeit in der wissenschaftlichen und akademischen Gemeinschaft entwickelt und werden voraussichtlich 2023 für politisch relevante Analysen einsetzbar sein. Die nachfolgenden zentralen Elemente wurden von der ad-hoc ExpertInnengruppe hinsichtlich der Gestaltung des Monitoring-Programms hervorgehoben (UNEP 2019c):

- Umwelt- und Gesundheits-Monitoring-Programme sollten zumindest repräsentative Basisdaten aus allen Regionen bereitstellen;
- unterstützende Tools zur Gewährleistung der Harmonisierung im Bereich des Datenmanagements (SOPs⁶, Leitfäden für Monitoring);
- Expertise, um die Informationen zusammenzuführen, um Vergleichbarkeit und Konsistenz der Daten auch längerfristig zu sichern;
- Modellierungspotenziale bzw. Möglichkeiten;
- Entwicklung eines Globalen Monitoring-Berichtes als Basis bzw. Unterstützung der Wirksamkeitsbewertung.

4.2 EU-Position

Die EU und ihre Mitgliedstaaten zeigten ihre prinzipielle Zustimmung und Zufriedenheit mit dem Bericht der ad-hoc-ExpertInnengruppe und bestätigten, dass eine gute Basis geschaffen wurde. Kritisiert wurde die Komplexität des vorgeschlagenen Rahmens und es wurde angezweifelt, ob die angestrebten Ziele beim derzeitigen Stand des Wissens erreicht werden können.

nur 30 % Hg beeinflussbar

Es wird auf den massiven historischen Bestand von Quecksilber in der Umwelt hingewiesen: Laut dem *Global Mercury Assessment (2013)* des UNEP (2013) werden 60 % des Quecksilbers in der Atmosphäre durch historische Quellen und 10 % durch vulkanische Quellen verursacht. Folglich könne die Konvention nur 30 % des Quecksilbers in der Atmosphäre beeinflussen, nämlich jenen Teil, der auf derzeitige menschliche Aktivitäten zurückzuführen ist.

Klimawandel setzt Hg frei

Weitere Faktoren, die außerhalb des Wirkungsbereiches der Konvention liegen, sind der Einfluss des Klimawandels, welcher zu einem vermehrten Freiwerden von Quecksilber aus Permafrostböden sowie zu einer vermehrten Evaporation, bedingt durch die Erwärmung der Ozeane, führen wird.

⁶ Standard operating procedures

Es ist daher möglich, dass es in der nächsten Zeit keine klare Beziehung zwischen Quecksilber-Konzentrationen in der Umwelt und in Biota und den angewendeten Maßnahmen durch die Konvention geben wird. Eine integrierte Betrachtung, wie durch die Arbeitsgruppe vorgeschlagen, hätte das Ziel, Hg-Quellen mit (Umwelt)-Konzentrationen zu verknüpfen, um eine mögliche Kausalität zu demonstrieren. Zumindest für die erste Wirksamkeitsbewertung sind jedoch die erforderlichen Modelle und Werkzeuge nicht vorhanden.

Die EU und ihre Mitgliedstaaten sind daher der Meinung, dass für die erste Wirksamkeitsbewertung überprüft werden soll, ob die Konvention wirksam ist, um die Verwendung, Emissionen und Freisetzungen zu reduzieren, d. h. den derzeitig produzierten anthropogenen Beitrag von Quecksilber einzudämmen.

4.3 Ergebnis COP3

Auf der 3. Vertragsstaatenkonferenz (COP3) konnte man sich nach nächtelangen Verhandlungen letztlich nur auf eine Minimalvariante einigen. Das Sekretariat der Minamata-Konvention wurde beauftragt, an den Indikatoren zur Wirksamkeitsüberprüfung weiterzuarbeiten – mit Ausnahme der Berichte zu Emissionen, Freisetzungen, Monitoring und Modellierung.

Laut Information der EU-Präsidenschaft und des Rates zur COP3 waren die umstrittensten Themen die Wirksamkeitsüberprüfung und Monitoring-Maßnahmen. Länder wie China und der Iran waren Befürworter offizieller Monitoring-Programme, während die USA und Canada dies strikt ablehnten. Die EU und ihre Mitgliedstaaten bezogen sich auf die EU-Politik und ihre Verpflichtungen sowie auf das Übereinkommen von Aarhus, welches den Zugang zu Informationen, die Öffentlichkeitsbeteiligung an Entscheidungsverfahren und den Zugang zu Gerichten in Umweltangelegenheiten garantiert.

Drei ExpertInnengruppen (Änderung der Anhänge A und B zu Produkten und Prozessen, Freisetzungen, Abfall) werden die 4. Vertragsstaatenkonferenz (COP4), die im November 2021 online und im ersten Quartal 2022 in Indonesien stattfinden wird, vorbereiten.

4.4 Bericht- und Monitoring-Pflichten

Verpflichtung aller Vertragsparteien

Alle Vertragsparteien werden dazu aufgefordert, in regelmäßigen Abständen zeitgerecht Statusberichte an das Sekretariat der Minamata-Konvention zu übermitteln. Die jeweiligen Berichte sollen die gesetzten Maßnahmen und Monitoring-Ergebnisse zusammenfassend darstellen, um nachvollziehen zu können.

nen, ob Vereinbarungen des Übereinkommens eingehalten werden und ob angewendete Maßnahmen effektiv sind. Berichte sollen die entsprechenden Informationen enthalten, die in den Artikeln 3, 5, 7, 8 und 9 der Konvention beschrieben sind (UNEP 2019a).

Bei der ersten Vertragsstaatenkonferenz (COP1) wurden der Zeitplan und das Format für die Berichterstattung festgelegt, wobei Kurzberichte alle zwei Jahre und Gesamtberichte alle vier Jahre vorgelegt werden sollten. Berichte sind in einer der sechs UN-Sprachen in elektronischer Form an das Sekretariat zu übermitteln.⁷ Die erste Deadline für Kurzberichte war der 31. Dezember 2019, wobei mit Stand Oktober 2020 mehr als 79 % der Vertragsstaaten (inklusive Österreich) ihren Bericht eingereicht haben (UNEP 2021b). Der erste Gesamtbericht ist bis zum 31. Dezember 2021 dem Sekretariat zu übermitteln (UNEP 2019d).

EU-Ebene Die europarechtliche Quecksilberverordnung wurde im Rahmen der Umsetzung des Minamata-Übereinkommens über Quecksilber einer umfassenden Überarbeitung unterzogen, die Neufassung gilt seit 1. Jänner 2018 ((EU) 2017/852). Die Quecksilberverordnung regelt die Ausfuhr von Quecksilber, quecksilberhaltigen Verbindungen und Legierungen, beschränkt Quecksilber in Erzeugnissen und enthält abfallrechtliche Bestimmungen zur sicheren Lagerung.

Beitrag Österreich Österreich muss die europäischen und internationalen Berichts- und Monitoring-Pflichten erfüllen. Im Jahr 2016 wurden mit dem Bericht „Minamata-Übereinkommen zu Quecksilber in Österreich“ die österreichischen Daten zu Quecksilber in der Umwelt zusammengefasst (UMWELTBUNDESAMT 2016a). Bisher konnte, wie in Kapitel 4.3 dargestellt wurde, keine Einigung betreffend der Wirksamkeitsüberprüfung auf internationaler Ebene erzielt werden. Daher ergeben sich für Österreich keine unmittelbaren Monitoring-Verpflichtungen über die bereits definierten Berichtspflichten hinaus.

⁷ Berichte können in elektronischer Form auf der Seite des UNEP zur Minamata-Konvention hochgeladen werden:

<http://www.mercuryconvention.org/Countries/Parties/Reporting/tabid/8189/language/en-US/Default.aspx>

5 QUECKSILBER-DATEN AUS ÖSTERREICH

5.1 Luft und Deposition

Hg-Messungen In Österreich werden die atmosphärischen Quecksilber-Konzentrationen direkt in der Luft, partikulär im Feinstaub sowie deren Deposition im Staub bestimmt.

Zum Teil werden die Daten auf den Webseiten der jeweiligen Landesregierung bzw. des Umweltbundesamtes publiziert und in regelmäßigen Abständen aktualisiert.

Die Kapitel 5.1.1 bis 5.1.3 fassen die Belastungssituation der letzten Jahre zusammen.

5.1.1 Gasförmiges Quecksilber

beprobte Messstellen Die Messung der Konzentration des elementaren gasförmigen Quecksilbers⁸ erfolgt in Österreich aktuell

- an der ländlichen Hintergrundmessstelle Illmitz am Neusiedlersee seit September 2016,
- in der Chlorfabriksiedlung in Brückl in der Nähe des Industriestandortes Brückl seit 2015 bis 2019 (kontinuierlich TEKRAN) und ab 2020 passiv
- in Klein St. Paul Pemberg in der Nähe des Zementwerkes Wietersdorf 2015 und 2018 (kontinuierlich TEKRAN) und seit Mitte 2018 mittels Passivsammeln erfasst.⁹

Tabelle 1 zeigt die Jahresmittelwerte bzw. Halbjahresmittelwerte der drei Standorte vom Zeitraum von 2015 bis 2019.

⁸ Messgerät: Tekran 2537A (Kaldampf-Atomfluoreszenzspektrometrie)

⁹ Analytik mittels Atomabsorptionspektrometrie (AAS)

Tabelle 1: Jahresmittelwerte der Konzentration elementaren Quecksilbers in Illmitz 2017–2019 (UMWELTBUNDESAMT 2020a), Brückl 2015–2019 (AMT DER KÄRNTNER LANDESREGIERUNG o. J.) und Klein St. Paul Pemberg 2015–2016 bzw. Juni 2018–Dez. 2019 (AMT DER KÄRNTNER LANDESREGIERUNG o. J.).

Jahresmittelwerte von Hg (ng/m ³)			
	Illmitz	Brückl	Klein St. Paul P.
2015	-	10,80*)	2,87*)
2016	-	2,77*)	2,39*)
2017	1,64	2,47	-
2018	1,67	2,19	3,55 (2. HJ)
2019	1,48	2,01	7,13

Klein St. Paul P. = Klein St. Paul Pemberg; *) Verfügbarkeit gem. ÖNORM M 5866 zur Berechnung eines Jahresmittelwertes nicht erreicht; HJ = Halbjahr

5.1.2 Quecksilber in PM₁₀

Messungen in Oberösterreich

In Oberösterreich wird Quecksilber in PM₁₀- und PM_{2,5}-Proben im Rahmen der Luftgüteüberwachung analysiert.¹⁰ Ergebnisse zu Quecksilber-Konzentrationen im Feinstaub werden in jährlichen Inspektionsberichten des Landes Oberösterreich veröffentlicht und sind frei zugänglich.¹¹ Tabelle 2 fasst die Quecksilber-Konzentrationen in PM₁₀ von 13 oberösterreichischen Standorten vom Zeitraum 2014 bis 2019 zusammen.

Tabelle 2: Jahresmittelwerte der Konzentration (ng/m³) von Quecksilber in PM₁₀ in Oberösterreich (AMT DER OBERÖSTERREICHISCHEN LANDESREGIERUNG 2021a).

Messstelle	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Bad Ischl	0,02					
Braunau				0,01		
Enns Kristein A1	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02
Gosau	0,02					
Grünbach					0,01	0,01
Linz 24er Turm	0,02			0,02	0,01	
Linz Neue Welt	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
Linz Römerberg	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02
Linz Stadtpark	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
Steyr Tabor			0,01			
Steyregg Au	0,12				0,08	0,17
Vöcklabruck					0,01	
Wels	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01

¹⁰ Probenahme mittels Digital High Volume Sampler, Analyse mittels ICP-MS

¹¹ <https://www.land-oberoesterreich.gv.at/17711.htm>

5.1.3 Deposition von Quecksilber

beprobte Messstellen

Daten zur Deposition von Quecksilber liegen an der ländlichen Hintergrundmessstelle Illmitz am Neusiedlersee¹² sowie an mehreren Messstellen in Oberösterreich vor.¹³ Messdaten werden jährlich vom Amt der Oberösterreichischen Landesregierung in Form eines Berichtes publiziert und online kostenlos zur Verfügung gestellt (AMT DER OBERÖSTERREICHISCHEN LANDESREGIERUNG 2021b). Tabelle 3 fasst die Jahresmittelwerte der Deposition von Quecksilber in den Jahren 2013 bis 2019 zusammen. Die Depositionswerte liegen vielfach unter der Bestimmungsgrenze. Die Messdaten zeigen, dass industrielle Quellen in Linz zu erhöhten Hg-Depositionen beitragen. Die Hg-Deposition zeigt langfristig keinen klaren Trend.

Tabelle 3:
Jahresmittelwerte der
Deposition von Quecksilber
in $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$ in
Illmitz (UMWELT-
BUNDESAMT 2020a) und
Oberösterreich (AMT DER
OBERÖSTERREICHISCHEN
LANDESREGIERUNG
2021b).

Messstelle	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Illmitz		0,006		0,005		0,001	0,001
Braunau 1	0,003	0,003	0,004	0,004	0,006	0,007	0,004
Braunau 3	0,003	0,002	0,003	0,004	0,006	0,006	
Frankenmarkt 11	0,002						
Frankenmarkt 12	0,003						
Frankenmarkt 14	0,004						
Frankenmarkt 3	0,006						
Frankenmarkt 4	0,004						
Kremsmünster	0,017	0,004	0,007	0,013	0,011	0,011	0,009
Linz Kleinmünchen	0,008	0,005	0,007	0,008		0,019	0,009
Linz Neue Welt	0,029	0,015	0,024	0,015	0,017	0,035	0,019
Linz Römerberg	0,014	0,012	0,024	0,017	0,014	0,025	0,017
Linz Stadtpark	0,010	0,012	0,014	0,010	0,015	0,022	0,011
Steyregg 100	0,042	0,033	0,042	0,039	0,049	0,040	
Steyregg 101	0,070	0,070	0,093	0,109	0,100	0,068	0,112
Steyregg 130	0,095	0,038	0,036	0,058	0,060	0,085	
Steyregg 132	0,023	0,021	0,032	0,035	0,028	0,037	0,029
Steyregg 136	0,037	0,029	0,055	0,041	0,055	0,048	
Vöcklamarkt 2						0,016	
Vöcklamarkt 1						0,011	
Wels	0,004	0,003	0,005	0,005	0,005	0,004	0,005

¹² Probenahme mittels Bergerhoff-Becher, Analyse mittels AFS

¹³ Probenahme mittels Bergerhoff-Becher, Analyse mittels ICP-MS

5.2 Streufall

Waldbäume sind eine wichtige Senke für Quecksilber. Das Schwermetall wird vorwiegend in die Blätter und Nadeln eingelagert und mit dem Streufall gelangt das gespeicherte Quecksilber in den Waldboden. Zur Erfassung der Eintragsmengen wurde beim Europäischen Waldschadensmonitoring – UNECE (United Nations Economic Commission for Europe) ICP-FORESTS beschlossen, Quecksilber im Streufall sowie in den Blättern und Nadeln der Waldbäume zu messen (ICP FORESTS 2021).

In Österreich werden diese Gehalte auf 6 Level II¹⁴-Punkten seit 2016 vom Bundesforschungszentrum für Wald (BFW) erfasst (BFW 2021b). Es handelt sich dabei um die in Tabelle 4 angeführten Hintergrundstandorte.

*Tabelle 4:
Hintergrundstandorte
des österreichischen
Waldmonitorings.*

Standort (Bundesland)	Seehöhe (m)	Hauptbaumart 1	Hauptbaumart 2
Unterpullendorf (Burgenland)	290	Traubeneiche (50 %)	Zerreiche (50 %)
Klausen-Leopoldsdorf (Niederösterreich)	590	Buche (100 %)	
Mürzzuschlag (Steiermark)	715	Fichte (100 %)	
Murau (Steiermark)	1.540	Fichte (80 %)	Lärche (20 %)
Mondsee (Oberösterreich)	860	Fichte (100 %)	
Jochberg (Tirol)	1.050	Fichte (100 %)	

Probenahme Der Streufall wird mehrmals jährlich auf einer definierten Fläche gesammelt, getrocknet und zu einer Jahresprobe je Standort vereinigt. Diese Probe wird in verschiedene Kompartimente zerteilt (Blätter und Nadeln, Zweige und Äste, Früchte und Samen, Schuppen und sonstige Biomasse), die separat ausgewogen und getrennt chemisch analysiert werden. Aus diesen Daten wird der Elementeintrag je Hektar und Jahr errechnet (BFW 2021c).

gemessene Konzentrationen Mehr als zwei Drittel des Quecksilber-Eintrages in den Boden erfolgen alleine durch den Blatt- und Nadelstreufall. Die Einträge auf diesen Hintergrundstandorten bewegen sich zwischen 0,07 und 0,29 g/ha/Jahr. Die Schwankungen in den Einzeljahren entstehen vorwiegend durch die Witterung (Wind, Niederschläge, Trockenheit), aber auch durch die verstärkte Fruktifikation der Bäume in einzelnen Jahren oder durch Insektenbefall (BFW 2021c).

Die zugehörigen Blatt- bzw. Nadelgehalte am Baum liegen im Vergleich zum Bioindikatornetz niedrig, zumeist in der untersten Klasse von bis zu 0,012 mg/kg und entsprechen diesen Hintergrundstandorten. Da in belasteten Gebieten die Quecksilber-Gehalte in den Blättern und Nadeln am Baum um den Faktor 10

¹⁴ In Österreich wird das Waldzustandsmonitoring auf zwei Ebenen durchgeführt, und zwar systematisch über in ganz Österreich verteilten Beobachtungsflächen (Level I) und auf Intensivbeobachtungsflächen (Level II) (BFW 2021a).

oder mehr ansteigen können, ist ein Eintrag durch Streufall in diesen Belastungsgebieten von einigen Gramm Quecksilber pro Hektar und Jahr denkbar (BFW 2021c).

5.3 Wasser

5.3.1 Grundwasser

österr. Überwachungsprogramm	<p>Seit 1991 wird die Qualität der österreichischen Grundwässer und Oberflächengewässer unter einheitlichen, gesetzlich vorgegebenen Kriterien überwacht. Die rechtliche Grundlage für das Überwachungsprogramm sind die Europäische Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG, das nationale Wasserrechtsgesetz (BGBl. Nr. 2015/1959 i.d.g.F.) und die Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (GZÜV, BGBl. II Nr. 479/2006 i.d.g.F.). Die Überwachung erfolgt auf der räumlichen Ebene von Grundwasserkörpern.</p> <p>Das Grundwassermessnetz umfasst gemäß GZÜV grundsätzlich 2.016 Messstellen.</p>
nationaler Schwellenwert	<p>Die einzelnen Kriterien für die Zustandsbeurteilung der ausgewiesenen Grundwasserkörper werden durch die Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser (QZV Chemie GW, BGBl. II Nr. 98/2010 i.d.g.F.) geregelt. Für Quecksilber gilt im Grundwasser ein nationaler Schwellenwert von 0,9 µg/l, abgeleitet vom Trinkwasser-Parameterwert von 1,0 µg/l (TWV, BGBl. II Nr. 304/2001 i.d.g.F.).</p>
beprobte Messstellen	<p>Im Beurteilungszeitraum 2017 bis 2019 wurden an 1.984 Messstellen in oberflächennahen Grundwasserkörpern bzw. -gruppen zum Teil mehrmals im Jahr Daten zu Metallkonzentrationen (gelöst), einschließlich Quecksilber, erhoben. Für den dreijährigen Beobachtungszeitraum wurden insgesamt 9.935 Messwerte an 1.984 Grundwassermessstellen erhoben (siehe Tabelle 5).</p>
gemessene Konzentrationen	<p>Nur 35 Messwerte, das sind 0,36 % aller Messungen, lagen oberhalb der GZÜV-Mindestbestimmungsgrenze für Quecksilber von 0,1 µg/l. Die gemessene Maximalkonzentration betrug 0,13 µg/l und lag deutlich unter dem Schwellenwert von 0,9 µg/l.</p>

*Tabelle 5:
Bestimmungshäufigkeiten von Quecksilber an österreichischen Grundwassermessstellen im Zeitraum 2017–2019.*

	Quecksilber
Anzahl untersuchter GW-MST	1.984
Anzahl Messwerte	9.835
Anzahl Werte > BG	35
Anteil Werte > BG (%)	0,36
Anzahl Werte > SW	0
Maximalkonzentration (µg/l)	0,13

GW = Grundwasser; MST = Messstellen; BG = Bestimmungsgrenze; SW = Schwellenwert

Längere Datenreihen der Gewässerzustandsüberwachung für Quecksilber (gelöst) im Grundwasser wurden in einer Studie zur Ermittlung geogener Hintergrundkonzentrationen im Grundwasser (BMNT 2018a) herangezogen. Hier lagen 100 % der für die Hintergrundbeurteilung berücksichtigten Werte (Mediane, Zeitraum 1997–2017) unterhalb der Bestimmungsgrenze von 0,1 µg/l. Eine statistische Ableitung von Hintergrundwerten war deshalb nicht möglich. Die zu erwartenden Hintergrundkonzentrationen lagen unterhalb der Mindestbestimmungsgrenze laut GZÜV.

geogen erhöhte Hg-Konzentrationen

Generell sind erhöhte Quecksilber-Konzentrationen in Österreich im Zusammenhang mit dem Vorkommen von polysulfidischen Vererzungen (z. B. Kitzbüheler Alpen/Tirol, Basis Tennengebirge sowie Östliche Grauwackenzone im Bereich Radmer und Mürzzuschlag) zu erwarten. Sideritvererzungen im Bereich des Steirischen Erzbergs sind ebenfalls mit geogen erhöhten Quecksilber-Konzentrationen in den Bach- und Flusssedimenten verbunden (GBA 2010).

Um die Datenlage für das Grundwasser zu verbessern, wurden in einem weiteren Projekt (BMNT 2018b) Quecksilber-Konzentrationen mit einer deutlich niedrigeren **Bestimmungsgrenze** von **0,001 µg/l** an 65 repräsentativen – das heißt, die verschiedenen hydrogeologischen, klimatischen und Landnutzungsbedingungen in Österreich widerspiegelnden – GZÜV-Grundwassermessstellen zweimalig erhoben.

nationaler Grundwasser-Schwellenwert nicht überschritten

In dieser Studie lagen 93 % der Messwerte über der Bestimmungsgrenze; es wurden ein Median von 0,0062 µg/l und ein Maximalwert von 0,096 µg/l ermittelt. Die beobachtete Maximalkonzentration lag eine Zehnerpotenz unter dem Grundwasserschwellenwert von 0,9 µg/l und unter dem Trinkwasserparameterwert von 1,0 µg/l. Quecksilber ist, basierend auf dieser Studie, in sehr niedrigen Konzentrationen nahezu überall im Grundwasser nachweisbar; der nationale Grundwasser-Schwellenwert wird nicht überschritten.

5.3.2 Oberflächengewässer

gemessene Konzentrationen

Im Rahmen des Monitorings nach der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL, 2000/60/EG) wird Quecksilber regelmäßig in der wässrigen Phase, in Sediment und in Biota untersucht (siehe auch Kapitel 5.3.3 und 5.3.4). In der H₂O Fachdatenbank liegen für den Zeitraum Jänner 2010 bis Juni 2020 rund 5.940 Messwerte für Quecksilber (gelöst) vor, von denen 37 über den jeweiligen Bestimmungsgrenzen von 0,002 bis 0,2 µg/l lagen. Die höchste nachgewiesene Konzentration betrug 0,4 µg/l. Für Quecksilber (gesamt) lagen im selben Zeitraum 70 von rund 5.940 Messwerten über der entsprechenden Bestimmungsgrenze. Die höchste Konzentration umfasste hier **1 µg/l** (BMLRT 2021a).

Im Rahmen eines Forschungsprojektes (STOBIMO Spurenstoffe) wurden in 18 Fließgewässerproben bei einer Bestimmungsgrenze von 0,0001 µg/l Konzentrationen von 0,00073 bis 0,2 µg/l Quecksilber (gelöst) detektiert (BMNT 2019a). Ergebnisse eines weiteren Forschungsprojekts zeigten Konzentrationen an gelöstem Quecksilber in den untersuchten Gewässern immer unter der Bestimmungsgrenze von 0,05 µg/l (AMT DER VORARLBERGER LANDESREGIERUNG 2017).

guter Zustand flächendeckend verfehlt

Gemäß der WRRL wird der chemische Zustand von Oberflächengewässern alle sechs Jahre gegen die Umweltqualitätsnormen der Richtlinie 2008/105/EG, geändert durch 2013/39/EU (UQN-Richtlinie), umgesetzt in nationales Recht durch die QZV Chemie Oberflächengewässer (BGBl. II Nr. 363/2016), validiert. Während die Richtlinie 2008/105/EG zwei Wassergrenzwerte für die Beurteilung von Quecksilber im Oberflächengewässer vorsah (Jahresdurchschnitts-Umweltqualitätsnorm von 0,05 µg/l und zulässige Höchstkonzentration von 0,07 µg/l), sieht die Änderung durch Richtlinie 2013/39/EU einen Biota-Grenzwert (20 µg/kg) und eine zulässige Höchstkonzentration in der Wasserphase (0,07 µg/l) vor. Bei der Zustandsbewertung im ersten und zweiten Nationalen Gewässerbewirtschaftungsplan (NGP) laut WRRL zeigte kein Oberflächenwasserkörper (OWK) eine Überschreitung der Wasser-Grenzwerte für Quecksilber (BMLFUW 2017a, BMLFUW 2010). Im zweiten NGP wurde jedoch bereits angemerkt, dass bei manchen ubiquitär vorkommenden Stoffen, wie z. B. Quecksilber, mehr Wasserkörper einen schlechten Zustand aufweisen können als die Ergebnisse der Überwachungsprogramme nahelegten. Diese Annahme wurde im dritten NGP, in dem eine flächendeckende Verfehlung des guten Zustands der Oberflächengewässer durch Quecksilber ausgewiesen wurde, bestätigt (BMLRT 2021b).

5.3.3 Sedimente

beprobte Messstellen

Untersuchungen von Quecksilber im Sediment erfolgten im Rahmen des Trendmonitorings unter der WRRL an den fünf Trendmessstellen in Österreich (Donau bei Jochenstein, Donau bei Hainburg, Drau bei Lavamünd, Mur bei Spielfeld, Inn bei Erl) in den Jahren 2014 und 2016.

**gemessene
Konzentrationen**

Für das Jahr 2016 lagen die Gehalte in den fünf Sedimentproben zwischen 0,044 und 0,23 mg/kg Trockenmasse (TM), wobei die Drau die höchsten Werte aufwies. Gegenüber der vorangegangenen Trenduntersuchung 2014 ist der Quecksilber-Gehalt im Sediment gesunken und betrug 2016 nur etwa ein Drittel der Konzentration von 2014. Dies lässt sich mit dem besonders hohen Anteil der Feinkornfraktion in der Sedimentprobe aus dem Jahr 2014 begründen, welche aufgrund des Verhältnisses von Oberfläche zu Volumen die Sorption von Metallen begünstigt. An der Messstelle Donau bei Jochenstein betrug der zuletzt bestimmte Quecksilber-Gehalt weniger als ein Viertel des Gehaltes von 2014, auch an der Messstelle der Mur waren die Konzentrationen niedriger als 2014 und betrugen nur etwa 50 % der damals gefundenen Werte. An Inn und Donau bei Hainburg zeigten die Messungen 2014 und 2016 ähnliche Quecksilber-Gehalte (BMNT 2019b).

Eine Beprobung von Schwebstoffen erfolgte im Zuge des Forschungsprojektes STOBIMO Spurenstoffe (BMNT 2019a), wobei Konzentration von < 0,01–0,22 mg/kg nachgewiesen wurden.

5.3.4 Fische**beprobte Messstellen**

Im Jahr 2013 wurden 32 Überblicksmessstellen (gemäß WRRL) in Fließgewässern und eine Seemessstelle beprobt (BMLFUW 2015). Fünf dieser Messstellen waren sogenannte Trendmessstellen zur langfristigen Trendermittlung bezüglich der Konzentrationen von prioritären Stoffen in Sedimenten und/oder Fischen. Quecksilber wurde in allen 32 beprobten Fließgewässerstellen in allen Proben und Fischarten und auch in den Rotfedern aus dem Neusiedler See nachgewiesen.

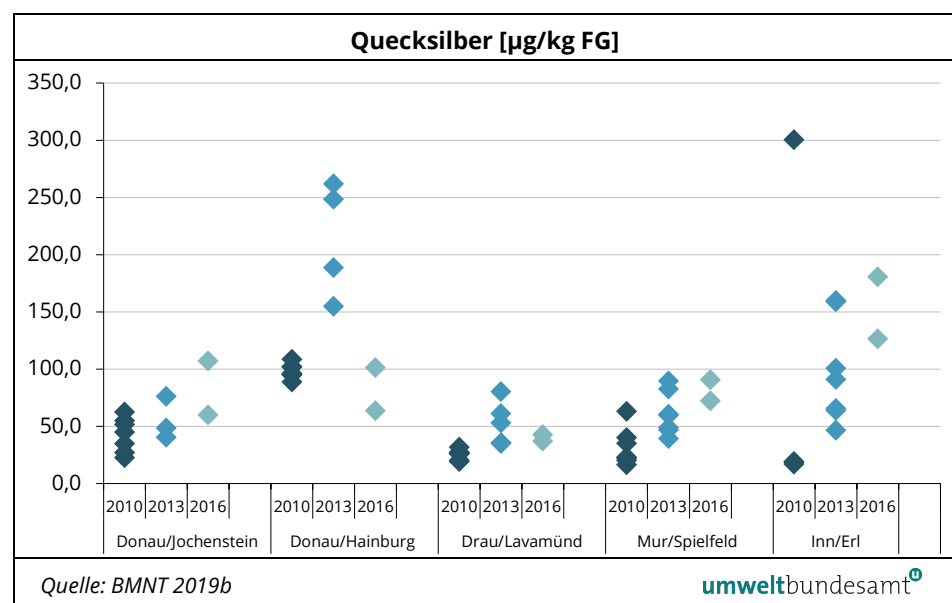
**gemessene
Konzentrationen**

Die Konzentrationen schwankten von 22–290 µg/kg Feuchtgewicht (FG). Da Quecksilber nicht im Fettgewebe angereichert wird (EK 2014, UHL et al. 2010), ist eine Normalisierung nach dem Fettgehalt nicht sinnvoll und es erfolgt eine Normierung auf einen Trockenmassegehalt von 26 %. Diese normalisierten Quecksilber-Gehalte lagen zwischen 21 und 262 µg/kg FG. Alle Konzentrationen lagen über der **UQN von 20 µg/kg FG**. Die höchsten Konzentrationen wurden in den Brachsen aus der Donau bei Hainburg gemessen.

In Umsetzung der UQN-Richtlinie wurde Quecksilber im Rahmen der überblicksweisen Überwachung an den fünf ausgewählten Trendmessstellen in den Jahren 2010, 2013 und 2016 in Biota untersucht. Diese Messungen erfolgten im Rahmen eines Programms für die langfristige Trendermittlung von jenen prioritären Stoffen, die dazu neigen, sich in Sedimenten und/oder Biota anzusammeln (BMNT 2019b). Im Jahr 2016 wurde Quecksilber an den fünf Messstellen in insgesamt 69 Biotaproben (Einzel- bzw. Mischproben) untersucht. Die Ergebnisse zeigten für den überwiegenden Teil der Proben Konzentrationen über der Umweltqualitätsnorm. Die Messwerte schwankten z. T. erheblich. Abbildung 1 zeigt einen Vergleich der Messergebnisse 2010, 2013 und 2016 unter Verwendung der Quecksilber-Gehalte, die auf einen einheitlichen Trockensubstanzgehalt von 26 % Trockenmasse normiert wurden.

Im Jahr 2013 wurden bei allen Trendmessstellen im Vergleich zu 2010 z. T. deutlich höhere Quecksilber-Gehalte (normalisiert auf einen Trockenmassegehalt von 26 %) beobachtet. Für die Messstellen Donau bei Jochenstein und Mur bei Spielfeld zeigten auch die Ergebnisse 2016 weiterhin eine mögliche leicht steigende Tendenz. Anders bei der Messstelle Donau bei Hainburg: Hier ergaben die Ergebnisse 2016 deutlich geringere Gehalte als 2013. Für diese Messstelle ist jedoch zu berücksichtigen, dass 2010 und 2013 unterschiedliche Fischarten untersucht wurden. Zur weiteren Evaluierung dieser Ergebnisse wurden daher 2016 an dieser Messstelle beide Fischarten untersucht. Ein gezielter Vergleich auf Artniveau wies weiterhin für 2016 geringfügig geringere Konzentrationen als in den Vorjahren auf. Bei den Messstellen Drau bei Lavamünd und Inn bei Erl waren im Zeitraum 2013 und 2016 keine eindeutigen Tendenzen beobachtbar.

Abbildung 1:
Gegenüberstellung der
Messergebnisse für
Quecksilber in den Biota-
Trendmessstellen,
normalisiert auf einen
Trockensubstanzgehalt
von 26 %.



5.3.5 Abwasser (industriell/kommunal)

Konzentrationen in kommunalem Abwasser

In kommunalem Abwasser wurde Quecksilber in zahlreichen Forschungsprojekten untersucht. In einer Studie (UMWELTBUNDESAMT 2009) lagen die Konzentrationen von Quecksilber (gesamt) im Zulauf kommunaler Kläranlagen bei < 0,25–9,5 µg/l, während im Ablauf alle Werte unter der Bestimmungsgrenze von 0,1 µg/l lagen. In einer Untersuchung aus Vorarlberg (AMT DER VORARLBERGER LANDESREGIERUNG 2017) wurde mit einer niedrigeren Bestimmungsgrenze von 0,05 µg/l gemessen, wobei weder im Zu- noch im Ablauf Konzentrationen größer der Bestimmungsgrenze detektiert wurden. In einer weiteren Studie aus dem Jahr 2017 wurden im Ablauf kommunaler Kläranlagen Konzentrationen von 0,0055–0,067 µg/l nachgewiesen (BMLFUW 2017b). Auch das Projekt SHTURM (BMLFUW 2014) untersuchte Quecksilber in kommunalen Kläranlagen. Die Konzentrationen lagen im Zulauf bei < 0,001–0,34 µg/l und bei 0,0045–0,021 µg/l im Ablauf.

Anreicherung in Klärschlamm Daher kann man davon ausgehen, dass ein Großteil des Quecksilbers im Klärschlamm adsorbiert und in diesem verbleibt. In Vorarlberg wurden im Jahr 2016 z.B. zwei Klärschlammproben auf deren Quecksilbergehalt untersucht, wobei die Konzentrationen zwischen 0,49 und 0,55 mg/kg TM lagen. Nach der biologischen Aufbereitung und der Verdünnung der Klärschlammproben mit Strukturmaterialien zur Herstellung von Kompostmaterial, reduzierten sich die Quecksilberkonzentrationen nur sehr gering (Reduktion um 2-16 %) (AMT DER VORARLBERGER LANDESREGIERUNG, 2016). Die geringe Reduktion im Klärschlammkompost lässt den Schluss zu, dass auch im zugemischten Strukturmaterial Quecksilber vorliegt. Sowohl Klärschlamm als auch Klärschlammkompost stellen daher eine wichtige Senke für Quecksilber dar; deren Einsatz sollte daher sorgfältig erwägt werden.

Konzentrationen in industriellem Abwasser In industriellem Abwasser (Direkteinleitung ins Gewässer) wurde Quecksilber im Projekt STOBIMO (BMNT 2019a) im Abwasser aus der Energiewirtschaft, der Nahrungsmittelerzeugung, der Oberflächenbehandlung, der Papier- und Zellstoffindustrie sowie der Petrochemischen Industrie und Stahlerzeugung untersucht, wobei die Konzentrationen bei 0,0035–0,048 µg/l lagen.

5.3.6 Handlungsfelder

regionalspezifische Analysen Im Projekt STOBIMO Spurenstoffe wurden die Haupteintragspfade von Quecksilber in die Oberflächengewässer untersucht (BMNT 2019a). Mittels „Modelling of Regionalized Emissions“ (MoRE) wurde eine regionalspezifische Emissionsmodellierung auf Ebene von 754 Teileinzugsgebieten für die Jahre 2009 bis 2014 durchgeführt, wobei die Stoffeinträge verschiedener Quellen über verschiedene Eintragspfade mit Hilfe empirischer Ansätze berechnet wurden.

Haupteintragspfade Bei der regionalspezifischen Pfadanalyse können die relativen Frachtbeiträge der Eintragspfade am Gesamteintrag in Abhängigkeit von den Charakteristika der Untersuchungsgebiete stark schwanken. Als Haupteintragspfade für Quecksilber (gesamt) sind in Abhängigkeit von der Einzugsgebietscharakteristik die Erosion aus dem Wald und der unterirdische Zustrom zu nennen. Für Quecksilber (gelöst) sind die Haupteintragspfade der unterirdische Zustrom sowie der Oberflächenabfluss (siehe Abbildung 2 und Abbildung 3) (BMNT 2019a).

Abbildung 2:
Relativer Anteil [-] der
unterschiedlichen
Eintragspfade in den
Gesamteinzugsgebieten
der Analysegebiete für
Quecksilber (gelöst).

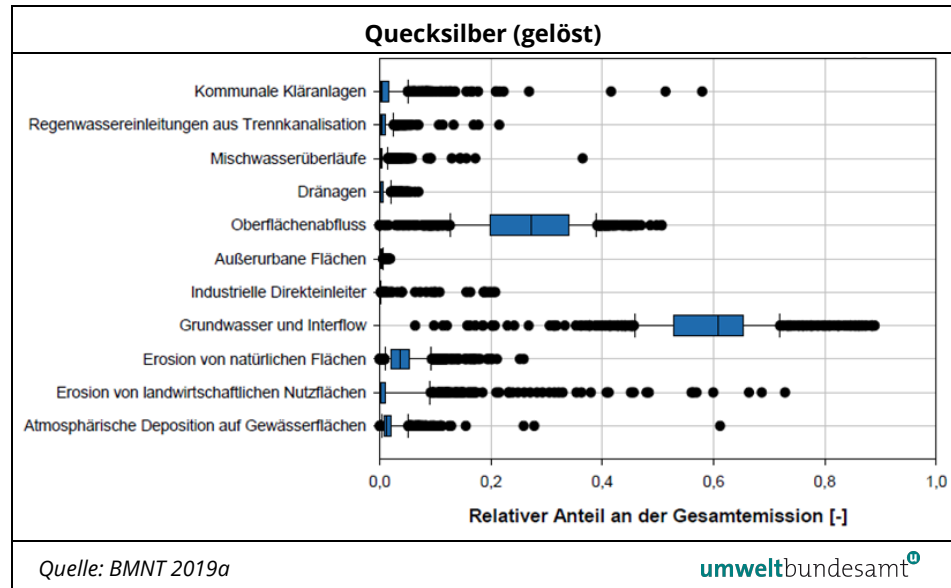
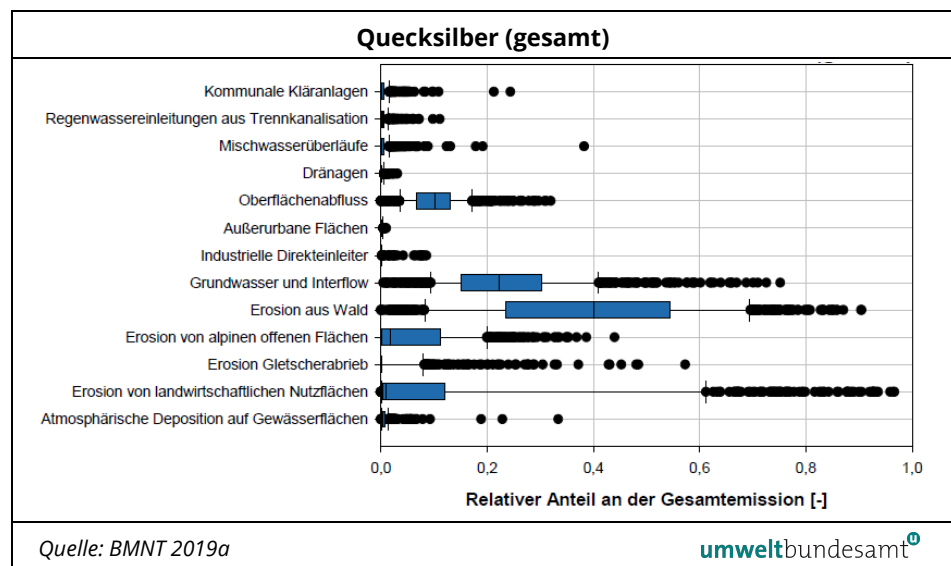


Abbildung 3:
Relativer Anteil [-] der
unterschiedlichen
Eintragspfade in den
Gesamteinzugsgebieten
der Analysegebiete für
Quecksilber (gesamt).



Der Eintrag von gelöstem Quecksilber in die Gewässer lässt sich vor allem durch die Reduktion der atmosphärischen Deposition, die sich auf mehrere Emissionspfade (z. B. unterirdischen Zustrom, Oberflächenabfluss) auswirkt, und durch Erosionsschutzmaßnahmen reduzieren.

5.4 Vegetation und Tiere

5.4.1 Moos-Monitoring

Moose sind eine Pflanzengruppe, die sich hervorragend zum Einsatz als Bioindikatoren für die Untersuchung der Schadstoffbelastung aus der Atmosphäre eignet, da sie sich ausschließlich passiv mit Wasser und Nährstoffen über atmosphärische Einträge versorgen. Moos-Monitoring ist eine kostengünstige Alternative zu technischen Messinstrumenten. Sie wird seit den 1970er-Jahren eingesetzt, wobei die Qualität der Methode durch zahlreiche wissenschaftliche Arbeiten als abgesichert gilt. In Österreich wird die Untersuchungsmethode seit 1995 in fünfjährigen Intervallen angewendet (UMWELTBUNDESAMT 2017).

gemessene Konzentrationen

Im Jahr 2015 wurden die Quecksilber-Gehalte an 75 österreichischen Probenahmepunkten bestimmt, wobei die Konzentrationen zwischen 0,022 und 0,064 µg/g Trockengewicht (TG) Moos lagen. Die höchsten Quecksilber-Werte wurden im Unterinntal nachgewiesen, wobei es einen naheliegenden Zusammenhang mit der Eisenproduktion in diesem Gebiet gibt. Erhöhte Konzentrationen an anderen Standorten, wie z. B. im Rheintal, könnten vermutlich auf vielfältige Ursachen zurückzuführen sein, wie beispielsweise Verkehr oder Hausbrand. Abgesehen von einem Anstieg der atmosphärischen Quecksilber-Konzentrationen von 1995 bis 2005 wurde ab dem Jahr 2005 ein kontinuierlich signifikanter Abwärtstrend in Österreich beobachtet, welcher vor allem auf nationale emissionsmindernde Maßnahmen zurückzuführen ist (UMWELTBUNDESAMT 2016b)

5.4.2 Quecksilber in Fichtennadeln

beprobte Baumarten

Seit dem Jahr 1983 beobachtet das Bundesforschungszentrum für Wald (BFW) im Rahmen des „Bioindikatornetzes“ in Österreich mittels Blatt- und Nadelanalysen Immissionseinwirkungen sowie die Nährstoffversorgung von Waldbäumen (FÜRST 2018, 2019). Dabei werden hauptsächlich die Nadeln der Fichte, Österreichs am weitesten verbreitete Forstbaumart, analysiert. Bei Mangel an geeigneten Fichtenflächen (im Osten des Bundesgebietes) werden auch Kiefern und Buchen zur Messung eingesetzt. Durch dieses Monitoring-Programm sollen sowohl lokale als auch grenzüberschreitende Immissionen inklusive deren zeitlicher Entwicklung festgestellt werden.

Erfasst werden neben Nährstoffen auch klassische „forstschädliche Luftverunreinigungen“ (BMLF (BGBl. Nr. 199/1984)) und Schwermetalle. In den Jahren 1986, 1996 und 2006 wurde auch Quecksilber bestimmt und seit 2009 auch jährlich erfasst. Die Ergebnisse sind in der WEB-Datenbank BIN-Online abrufbar (BFW 2021d). In Abbildung 4 sind beispielhaft die Ergebnisse aus den Jahren 1986 und 1996 und in Abbildung 5 die Ergebnisse aus den Jahren 2006 und 2016 angeführt.

Abbildung 4:
Quecksilber-Konzentrationen in Fichten- und Kiefernadeln sowie Buchenblättern in den Jahren 1986 und 1996.

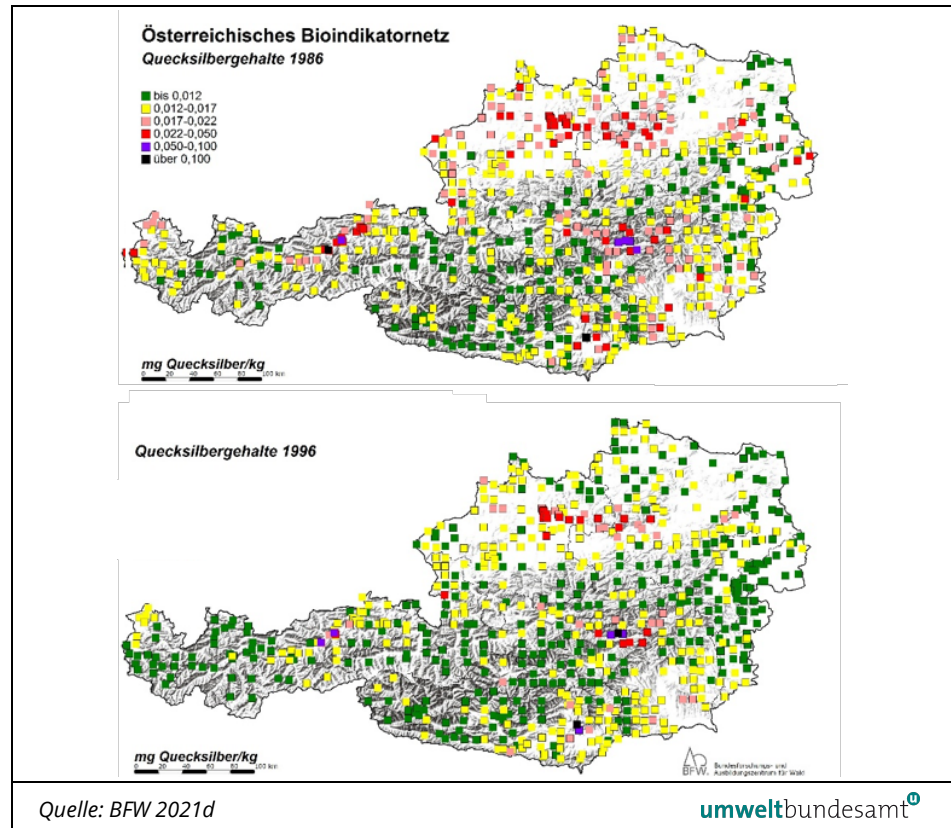
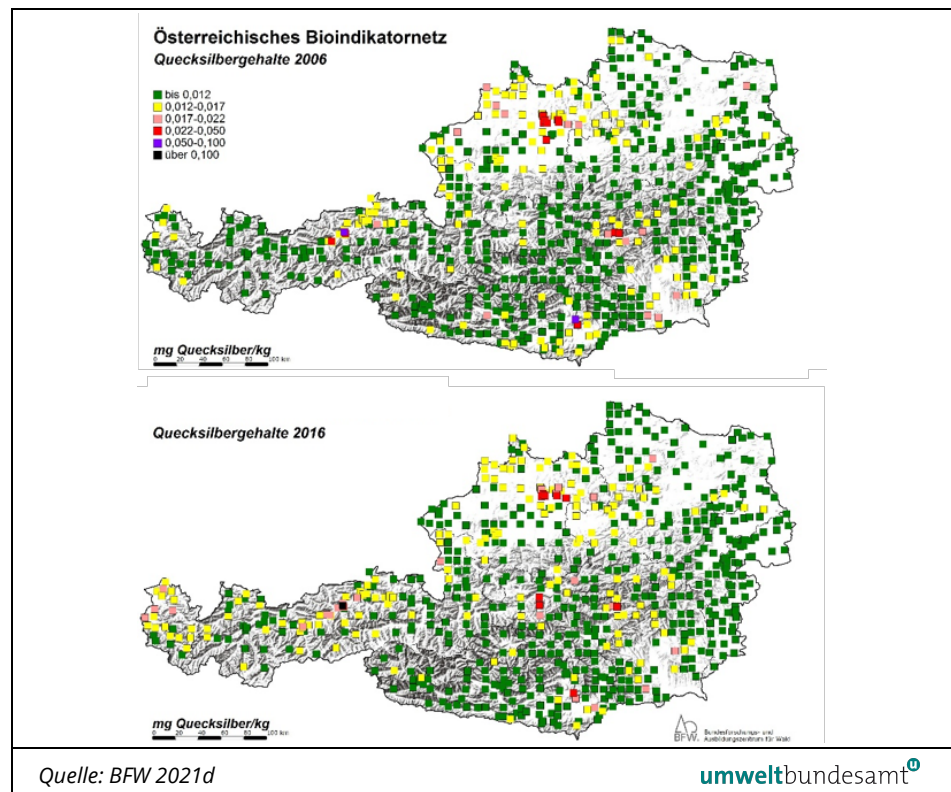


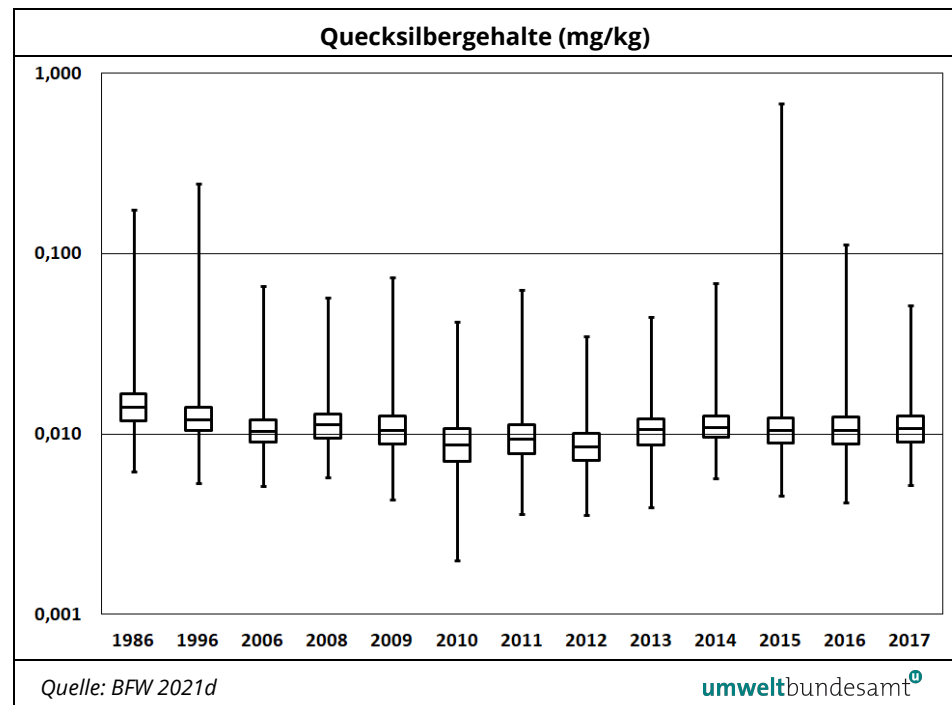
Abbildung 5:
Quecksilber-Konzentrationen in Fichten- und Kiefernadeln sowie Buchenblättern in den Jahren 2006 und 2016.



Messergebnisse in Fichtennadeln

In den untersuchten Fichtennadeln wurden im Jahr 1986 0,006–0,174 mg/kg, im Jahr 1996 0,005–0,245 mg/kg, im Jahr 2006 0,005–0,066 mg/kg und im Jahr 2016 0,004–0,113 mg/kg Quecksilber detektiert. Vor allem im Einflussbereich der Eisen- und Stahlindustrie im Raum Linz (Oberösterreich) und Leoben-Donawitz (Steiermark) ergaben sich Belastungsschwerpunkte. Beispielsweise waren noch 100 km östlich von Linz Quecksilber-Immissionen feststellbar. In den 1980er- und 1990er-Jahren stammten Quecksilber-Emissionen zusätzlich aus der Chlorkalk-Elektrolyse in Brückl (Kärnten) und in Hallein (Salzburg). Diese Anlagen wurden Ende der 1990er-Jahre technologisch verbessert (Brückl) bzw. geschlossen (Hallein). Die Boxplots in Abbildung 6 zeigen die Messwerte in mg Hg/kg (Median-, Minimal-, Maximalwerte sowie oberes und unteres Quartil) der Probenpunkte des Bioindikatornetzes in den einzelnen Untersuchungsjahren von 1986 bis 2017 (BFW 2021d).

Abbildung 6:
Verlauf der Quecksilber-
gehalte (mg/kg) im
Bioindikatornetz,
1986–2017.

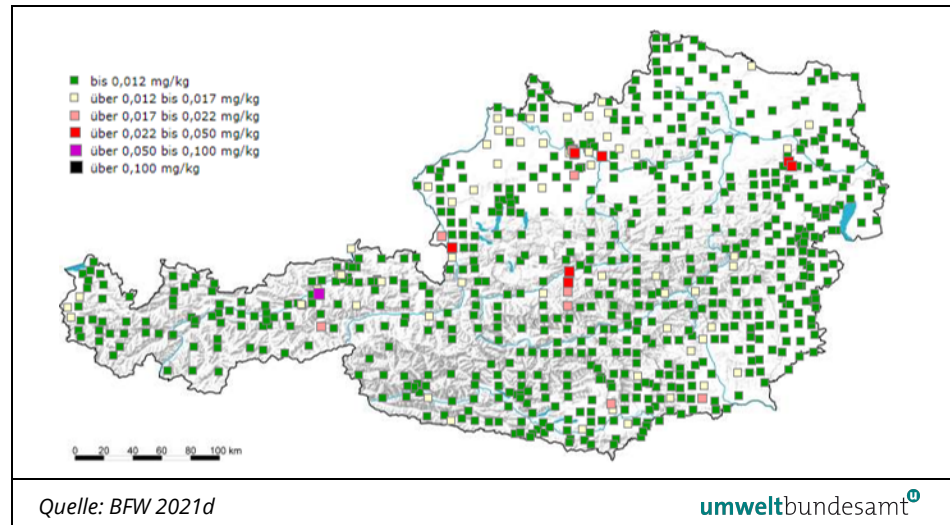


Hg-Hotspots

Im Inntal wurden bei früheren Bioindikatornetzerhebungen immer wieder erhöhte bis deutlich erhöhte Gehalte im Bereich des ehemaligen Silberbergwerkes in Schwaz/Tirol sowie im Raum Brixlegg/Tirol festgestellt (SMIDT et al. 2012). Als Ursache wurden hier Quecksilber-Ausgasungen aus der historischen Bergbauabraumhalde (Silber/Kupferbergbau) im Inntal, aber auch aktuelle Emissionen aus dem Kupferrecycling vermutet. Ab 2012 konnte im Bereich südwestlich von Brixlegg ein Ansteigen der Quecksilber-Gehalte festgestellt werden (0,035–0,069 mg/kg). Im Jahr 2015 wurden hier jedoch plötzlich Spitzenwerte bis zu 0,679 mg/kg festgestellt (FÜRST 2016). Auffällig war, dass an dem betroffenen Punkt des Bioindikatornetzes der aktuelle Austrieb 2015 deutlich höhere Gehalte zeigte als der 12 Monate länger exponierte Austrieb 2014. Dies weist auf eine kurzzeitige akute Quecksilber-Immissionseinwirkung während des Austriebs im Frühjahr 2015 hin.

Abbildung 7 zeigt die Quecksilber-Gehalte des Jahres 2019 von Fichten- und Kiefernadeln sowie Buchenblättern für das gesamte Bundesgebiet, wobei gut erkennbar ist, dass die Quecksilber-Belastung im Vergleich zu den Jahren davor abgenommen hat (siehe Abbildung 4 und Abbildung 5).

Abbildung 7:
Quecksilber-Konzentrationen in Fichten- und Kiefernadeln sowie Buchenblättern im Jahr 2019.



5.4.3 Medienübergreifend – Monitoring Zöbelboden

Das Wirkungsmonitoring¹⁵ im Rahmen der United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (CLRTAP) umfasst in den Internationalen Kooperationsprogrammen (ICP) teilweise auch Quecksilber und seine Folgen auf Ökosysteme (v. a. ICP Waters¹⁶ und ICP Integrated Monitoring¹⁷). Am österreichischen ICP Integrated Monitoring Standort Zöbelboden ist Quecksilber aus Kostengründen nicht Teil des Standard-Monitoring-Programms.

Sondermessung 2012

Der Transfer von Quecksilber von der Deposition über die Vegetation (v. a. Streu), in den Boden, das Bodenwasser und schlussendlich in Grund- bzw. Oberflächengewässer wurde im Jahr 2012 am Standort Zöbelboden während eines Schneeschmelzereignisses gemessen (siehe Tabelle 6). Dabei wurde angenommen, dass durch die erhöhte Mobilisierung von organischen Stoffen bei Abflussereignissen eher das Maximum der jährlichen Quecksilber-Konzentrationen gemessen wurde. Die Deposition von Quecksilber lag im Bereich der Hintergrundmessstelle Illmitz (siehe Tabelle 3). Die gemessenen Konzentrationen im Einzugsgebietsabfluss lagen mit 0,004 µg/l erheblich unter der Umweltqualitätsnorm (UQN) für Grundwasser von 0,9 µg/l (siehe Kapitel 5.3.1).

¹⁵ <http://www.unece-wge.org/>

¹⁶ <http://www.icp-waters.no/>

¹⁷ <https://www.syke.fi/nature/icpim>

Tabelle 6: Deposition und Konzentrationen von Quecksilber in den verschiedenen Ökosystemkomponenten am Standort Zöbelboden während einer Kampagnenmessung vom 16.–23.04.2012. (Quelle: Umweltbundesamt)

	Hg (ng/l)	Hg (ng/(m²*Tag))
Deposition Freifläche (Bulk)	7	3,2
Deposition Freifläche (Nass)	< 1,2	< 5,1
Deposition Wald (Kronendurchlass)	6,9–13	2,1–4,4
Bodenwasser	< 1,2–5,7	
Quellwasser	4	

Handlungsfelder

Aufgrund der hohen Retentionsfähigkeit von Quecksilber in terrestrischen Ökosystemen und seiner Wechselwirkungen mit anderen Stoffen (z. B. Schwefel) werden Emissionsreduktionsmaßnahmen nicht unmittelbar in Gewässern bzw. Biota sichtbar. Daher sind die direkten Wirkungen dieser Maßnahmen schwierig zu bestimmen. Um diese Wissenslücke zumindest teilweise zu schließen, wäre eine Aufnahme von Quecksilber in das Standard-Messprogramm am Langzeitmonitoringstandort Zöbelboden wünschenswert.

5.4.4 Alpentiere

Atmosphärische Hintergrundbelastungen und die Remobilisierung historischer Quecksilber-Ablagerungen im Sediment spielen eine wesentliche Rolle bei der Belastung des alpinen Ökosystems. Die Bioakkumulation von Quecksilber im aquatischen System führt vor allem zu Anreicherungen in fischfressenden Vögeln und nachfolgend höherer Prädatoren, wobei aufgrund der aktuellen Belastung negative Effekte auf das Ökosystem nicht ausgeschlossen werden können. Eine langfristige Verbesserung könnte mit einer Absenkung der Quecksilber-Konzentration in der Luft und der zeitgleichen Immobilisierung des Quecksilbers im Sediment erreicht werden (UMWELTBUNDESAMT 2020e).

untersuchte Medien

Im Rahmen des bayrisch-österreichischen Kooperationsprojektes PureAlps wurde die Quecksilber-Belastung im alpinen Ökosystem im Zeitraum 2017 bis 2019 erfasst (UMWELTBUNDESAMT 2020e). Ziel des Projektes war unter anderem, Zusammenhänge zwischen Eintrag und Anreicherung von Quecksilber in der alpinen Nahrungskette zu untersuchen. Zu diesem Zweck wurden aquatische Insektenlarven, verschiedene Fischarten, Gämsen, Murmeltiere und Rotfüchse sowie Honigbienen und Eier von alpinen Vogelarten auf deren Quecksilber-Gehalte untersucht.

gemessene Konzentrationen

Die Biota-UQN für Quecksilber von 0,02 mg/kg Feuchtgewicht (FG), die dem Schutz fischfressender Tiere dient, wurde bei einem Großteil (70 %) der untersuchten **Fischarten** überschritten, wobei vor allem Insekten, die den Fischen als Nahrung dienen, eine bedeutende Rolle bei der Bioakkumulation spielen könnten. Keiner der beprobten Fische überschritt jedoch den Lebensmittelgrenzwert von 0,5 mg/kg FG. Während in Seen vermutlich Quecksilber aus dem Sediment

die Belastung dominiert, ist die Hauptbelastungsquelle in den Bächen der atmosphärische Quecksilber-Eintrag (UMWELTBUNDESAMT 2020e).

Repräsentativ für fischfressende **Vögel** wurden die Eier des Haubentauchers untersucht, wobei Quecksilber-Konzentrationen zwischen 0,29 und 0,36 mg/kg FG gemessen wurden. Der Gehalt in den Eiern der alpin lebenden Haubentaucher war dabei mehr als doppelt so hoch im Vergleich zu jenen der Wanderfalken oder der Fischadler aus dem nördlich tiefalpinen Gebiet. Derart hohe Quecksilber-Gehalte sowie die vielfachen Überschreitungen der Biota-UQN in den untersuchten Fischen lässt potenzielle negative Effekte auf das betreffende Ökosystem befürchten (UMWELTBUNDESAMT 2020e).

Die Untersuchung der **Honigbienen** ergab, dass deren Belastung mit Quecksilber vor allem auf die Nahrung zurückzuführen ist, wobei keine Unterschiede bezogen auf die Höhenlage festgestellt wurden.

Rotfüchse zeigten im Vergleich zu **Gämsen** und **Murmeltieren** höhere Quecksilber-Belastungen, wobei die Konzentrationen in der Leber im Vergleich zum Muskelfleisch höher waren. Der österreichische Aktionswert für Quecksilber in Wildfleisch liegt bei 0,03 mg/kg FG und in der Leber von Rindern und Schweinen bei 0,1 mg/kg FG (AGES 2016). Beide österreichischen Aktionswerte wurden weder bei den Gämsen noch bei den Murmeltieren überschritten. Rotfüchse stellen zwar eine potenziell kritische Nahrungsquelle für Topprädatoren dar, jedoch werden kritische Belastungen, z. B. für Steinadler, als gering betrachtet, da Füchse nur einen geringen Teil der Ernährung von Steinadlern ausmachen (UMWELTBUNDESAMT 2020e).

5.5 Nahrungsmittel

Die Quecksilber-Belastung in Lebensmitteln, die am österreichischen Markt angeboten werden, wurde zuletzt im Zeitraum 2007 bis 2015 von der Österreichischen Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES) untersucht (AGES 2016). Ergebnisse dieser Untersuchung wurden ebenfalls im Bericht Minamata-Übereinkommen über Quecksilber in Österreich (2016) zusammengefasst und diskutiert (UMWELTBUNDESAMT 2016a). Bisher stehen kaum aktuellere und ergänzende Daten zur Verfügung.

Untersuchung von Speisefischen

In einer Studie der Medizinischen Universität Wien aus dem Jahr 2019 wurden österreichische Zucht- und Wildsüßwasserspeisefische sowie internationale Fische, die auf dem österreichischen Markt angeboten werden¹⁸ (Jahre der Probenahme: 2006–2008 und 2019), auf deren Quecksilber-Gehalt untersucht

¹⁸ Fischarten aus thailändischen Aquakulturen, die als Sushi angeboten werden (z. B. Butterfisch und Thunfisch), aber auch Fische aus italienischen oder spanischen Aquakulturen (z. B. Forellen).

(ZUPO et al. 2019). Im Allgemeinen waren die Quecksilber-Gehalte der untersuchten Speisefische im Jahr 2019 niedriger als im Zeitraum 2006 bis 2008, vor allem bei den Forellen. Lachs war am geringsten belastet, die höchsten Quecksilber-Konzentrationen wurden 2019 in Butterfisch und Thunfisch nachgewiesen (ZUPO et al. 2019). Keine der untersuchten Speisefischarten überschritt den zulässigen Höchstgehalt von 500 µg/kg gemäß Verordnung (EG) Nr. 1881/2006.

5.6 Human-Biomonitoring

Expositionsmonitoring Die aktuellsten verfügbaren Daten zum Thema Human-Biomonitoring und Quecksilber in Österreich liegen in dem Bericht Minamata-Übereinkommen über Quecksilber in Österreich (2016) vor (UMWELTBUNDESAMT 2016a). Aktuelle und ergänzende Daten zum Belastungsmonitoring stehen derzeit nicht zur Verfügung.

Effektmonitoring Am Institut für Medizinische Genetik der Medizinischen Universität Wien beschäftigt man sich mit dem Effektmonitoring von Quecksilber. Der Fokus der Forschungsarbeiten liegt in der Untersuchung des Einflusses von Quecksilber auf die Funktion der humanen Plazenta und der damit verbundenen Auswirkungen auf die Entwicklung des Kindes.

Aktuelle Forschungsergebnisse zeigen, dass das Multidrug Resistance Protein 1 (MRP1) eine wesentliche Rolle dabei spielt, plazentale Zellen vor Methylquecksilber induziertem oxidativen Stress zu schützen. Dies erfolgt durch den Export des Schwermetalls aus der Zelle und das Aufrechterhalten des Gleichgewichtes des Glutathionspiegels in den Zellen (GRANITZER et al. 2020).

Eine weitere kürzlich publizierte Studie zeigt, dass der L-Type Aminosäure-transporter 1 (LAT1) eine wichtige Schutzfunktion gegenüber Methylquecksilber in HTR-8/SVneo¹⁹ Zellen innehat, und dass eine erhöhte Methylquecksilber-Exposition in Kombination mit einer reduzierten plazentalen LAT1 Funktion eine negative Auswirkung auf die Funktion der Plazenta ausübt (GRANITZER et al. 2021).

¹⁹ Trophoblastäre Zellen, die aus einer humanen Plazenta isoliert wurden.

5.7 Industrie und Anlagen

5.7.1 Herstellungsprozesse gemäß Anhang B Minamata-Übereinkommen

Anhang B des Minamata-Übereinkommens führt Herstellungsprozesse, in denen Quecksilber oder Quecksilber-Produkte eingesetzt werden, an. Die folgenden Prozesse werden genannt: Chloralkali-Herstellung, Acetaldehyd-Herstellung mit Quecksilber oder Katalysatoren auf Quecksilberbasis, Vinylchlorid-monomer Produktion, Natrium oder Kalium Methylat- oder Ethylat-Herstellung und die Produktion von Polyurethan mit quecksilberhaltigen Katalysatoren.

Gemäß Artikel 5 Abs. 2 (Verbot des Einsatzes) des Minamata-Übereinkommens sind bei der Chloralkali- sowie bei der Acetaldehydproduktion Katalysatoren auf Quecksilberbasis verboten. Nach Artikel 5 Abs. 3 (Restriktion des Einsatzes) sind bei der Produktion von Vinylmonomeren, Natrium-/Kaliummethylat und -ethylat- sowie der Polyurethan-Herstellung Quecksilber-Katalysatoren lediglich in einem beschränkten Ausmaß einsetzbar.

Situation in Österreich

Die Produktion von Vinylchloridmonomeren (VCM) auf Quecksilberbasis findet in Österreich nicht statt, sondern erfolgt hauptsächlich in China und Russland. Im Jahr 2016 hat nur eine europäische Anlage (Fortischem in Novaky, Slowakei) diese Herstellungsmethode angewandt, alle anderen Anlagen erzeugen VCM aus Ethylen mit quecksilberfreien Alternativen (FALCKE et al. 2017).

1999 kam es bei der einzigen Chloralkali-Anlage in Österreich zur Umstellung vom Amalgamverfahren auf das quecksilberfreie Membranverfahren.

In Österreich findet auch keine Produktion von Methylaten bzw. Ethylaten auf Quecksilberbasis statt. In Europa waren im Jahr 2016 zwei Anlagen in Betrieb, die Alkoholate auf Basis von Natrium/Kalium-Amalgam hergestellt haben (Evonik in Lüssdorf und BASF in Ludwigshafen, Deutschland). Quecksilberfreie Alternativen sind vorhanden, wie z. B. die direkte Reaktion eines Alkohols mit einem Alkalimetall (angewendet z. B. bei EnviroCat in La Rochelle, Frankreich) oder die Reaktion eines Alkohols mit Ätznatron, gefolgt von einer azeotropen Destillation (angewendet z. B. bei Evonik in Mobile, Alabama, US und in Puerto General San Martin, Argentinien) (FALCKE et al. 2017).

Polyurethan auf Quecksilberbasis wird in Österreich nicht produziert.

5.7.2 Industrieemissionsrichtlinie und BVT-Schlussfolgerungen

Im Zuge der Richtlinie 2010/75/EU (Industrieemissionsrichtlinie, IE-RL), welche die Grundlage für die Genehmigung, den Betrieb, die Überwachung und die Stilllegung von Industrieanlagen bildet, werden sogenannte BVT-Schlussfolgerungen (beste verfügbare Techniken) erstellt und überarbeitet. Diese dienen gemäß Artikel 14 Abs. 3 IE-RL als Referenzdokument für die Festlegung von Genehmigungsaufgaben. Gemäß Artikel 15 Abs. 3 IE-RL legt die zuständige Behörde Emissionsgrenzwerte fest, mit denen sichergestellt wird, dass die Emissionen

unter normalen Betriebsbedingungen die mit den besten verfügbaren Techniken assoziierten Emissionswerte (BAT-AEL) nicht überschreiten. Binnen vier Jahre nach Veröffentlichung der BVT-Schlussfolgerungen hat die zuständige Behörde sicherzustellen, dass alle Genehmigungsaufgaben für die betreffende Anlage überprüft und auf den neuesten Stand gebracht werden sowie dass die betreffende Anlage die Genehmigungsaufgaben einhält (Artikel 21 Abs. 3 IE-RL).

In Österreich erfolgt die Umsetzung der Vorgaben für Luftemissionen in der Überarbeitung der Branchenverordnungen (§ 82 GewO Verordnungen) und in den jeweiligen Genehmigungsbescheiden. Für Abwasseremissionen erfolgt die Umsetzung im Zuge der Überarbeitung der 65 nationalen branchenspezifischen Abwasseremissionsverordnungen. Mit Ende April 2021 sind 17 BVT-Schlussfolgerungen im Amtsblatt der Europäischen Union veröffentlicht.

Für Emissionen in die Luft werden die BAT-AEL der BVT-Schlussfolgerungen den Anforderungen des Minamata BAT/BEP Guidance Documents und den ursprünglichen Bestimmungen in den BAT-Referenzdokumenten (BREFs) gegenübergestellt (siehe Tabelle 7).

Für Emissionen in das Abwasser liegen in den BVT-Schlussfolgerungen Eisen und Stahl, Raffinerien, Nichteisenmetalle, Abfallbehandlung und Abfallverbrennung folgende BAT-AEL vor:

Nichteisenmetalle:

- Kupferherstellung: 0,005–0,02 mg/l
- Herstellung von Pb, Sn, Zn, Cd, Edelmetallen, Ni, Co, Ferroleg.: < 0,05 mg/l

Eisen und Stahl:

- Sinteranlagen: < 0,1 mg/l (Summe von As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn)
- Pelletierungsanlage: < 0,55 mg/l (Summe von As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn)

Abfallverbrennung:

- 0,001–0,01 mg/l

In Anhang VI der IE-RL (Technische Bestimmungen für Abfallverbrennungs- und Abfallmitverbrennungsanlagen) wird außerdem ein Emissionsgrenzwert für Ableitungen von Abwasser aus der Abgasreinigung für Quecksilber und Quecksilber-Verbindungen (als Hg) festgelegt (0,03 mg/l).

Abfallbehandlung:

- Mechanische Behandlung von metallischen Abfällen im Schredder, Behandlung von Elektro- und Elektronik-Altgeräten, die VFC und/oder VHC enthalten, Mechanisch-biologische Abfallbehandlung, Erneute Raffination von Altöl, Chemisch-physikalische Behandlung von heizwertreichen Abfällen, Chemisch-physikalische Behandlung von festen und/oder pastösen

Abfällen, Regenerierung verbrauchter Lösemittel, Bodenwäsche von ausgehobenen kontaminierten Böden mit Wasser: 0,0005–0,005 mg/l.
Behandlung von wasserbasierten flüssigen Abfällen: 0,001–0,01 mg/l

Mineralöl- und Gasraffinerien:

- 0,0001–0,001 mg/l

Großfeuerungsanlagen:

- 0,2–3 µg/l (Einleitungen von Schadstoffen aus der Abgasbehandlung in ein Aufnahmegewässer)

Maßnahmen zur Emissionsminderung

Primäre Minderungstechniken für Quecksilber-Emissionen sind der Einsatz von Inputmaterialien mit geringem Quecksilber-Gehalt sowie Inputkontrollen und das Erlassen von Inputkriterien. Sekundäre Emissionsminderungsmaßnahmen für Quecksilber in die Luft sind insbesondere die Injektion von Aktivkohle in Verbindung mit Gewebefiltern, der Einsatz eines Aktivkohlefilters, die Verwendung halogener Additive (z. B. Eindüsung von Bromid), bromierte Aktivkohlefilter, Wäscher und SCR (Selektive katalytische Reduktion) nur in Kombination mit anderen Techniken.

5.7.3 Minamata Guidance Document

Das UNEP BAT/BEP Guidance Document on Mercury („Guidance on best available techniques (BAT) and best environmental practices (BEP“) beinhaltet Minderungstechniken und BAT/BEP-Emissionswerte für die Kohleverbrennung, die Abfallverbrennung, die Nichteisenmetallherstellung und die Zementherzeugung (Anhang D des Minamata-Übereinkommens zu „list of point sources“; UNEP 2017c).

Die Bestimmungen des UNEP BAT/BEP Guidance Documents wurden in Tabelle 7 mit den besten verfügbaren Techniken assoziierten Emissionswerten (BAT-AEL) in den ursprünglichen BAT-Referenzdokumenten (BREFs²⁰) und den für die Genehmigung anzuwendenden BVT-Schlussfolgerungen (BATc BAT conclusions²¹) verglichen. Die Genehmigungsbehörden müssen laut Artikel 15 (3) Industrieemissionsrichtlinie (IE-RL) Emissionsgrenzwerte festlegen, die die in den BVT-Schlussfolgerungen angeführten BAT-AELs nicht überschreiten.

In den ursprünglichen BREFs lagen nur für die Sektoren Abfallverbrennung²², Nichteisenmetalle²³ und Chloralkali-Industrie²⁴ BAT-AELs für die Emission von

²⁰ <https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/archived-reference-documents>

²¹ <https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference>

²² https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2020-03/superseded_wi_bref_0806_0.pdf

²³ https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2020-03/superseded_nfm_bref_1201.pdf

²⁴ https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2020-03/superseded_cak_bref_1201.pdf

Quecksilber in die Luft vor. Die BVT-Schlussfolgerungen gemäß Industrieemissionsrichtlinie beinhalten nun auch BAT-AELs für die Sektoren Abfallbehandlung, Eisen & Stahl und Großfeuerungsanlagen.

Tabelle 7: Vergleich der BAT-AEL Luft in den ursprünglichen IPPC-BAT Referenz Dokumenten (BREFs), den aktuellen BVT-Schlussfolgerungen (BATc) gemäß Industrieemissionsrichtlinie und den BAT/BEP-Werten in der Minamata BAT/BEP Guidance (UNEP 2017c).

BAT Referenz Dokument (BREF) gemäß IPPC-Richtlinie	BVT-Schlussfolgerungen (BATc) gemäß IE-RL	Minamata – BAT/BEP guidance document
BREF Großfeuerungsanlagen (2006)	BATc Großfeuerungsanlagen (2017)	Kohleverbrennung
kein BAT-AEL für Hg vorhanden	<p><i>Steinkohle:</i></p> <p>< 300 MWth: Bestehende Anlage < 1–9 µg/Nm³</p> <p>< 300 MWth: Neue Anlage < 1–3 µg/Nm³</p> <p>≥ 300 MWth: Bestehende Anlage < 1–4 µg/Nm³</p> <p>≥ 300 MWth: Neue Anlage < 1–2 µg/Nm³</p> <p><i>Braunkohle:</i></p> <p>< 300 MWth: Bestehende Anlage < 1–10 µg/Nm³</p> <p>< 300 MWth: Neue Anlage < 1–5 µg/Nm³</p> <p>≥ 300 MWth: Bestehende Anlage < 1–7 µg/Nm³</p> <p>≥ 300 MWth: Neue Anlage < 1–4 µg/Nm³</p> <p><i>Biomasse und/oder Torf:</i></p> <p>< 1–5 µg/Nm³</p>	<p>< 1 µg/Nm³ (APCS)</p> <p>< 0,5 µg/Nm³ (SCR, Gewebefilter, Entschwefelung)</p> <p>< 1 µg/Nm³ (Aktivkohleeinsatz, Gewebefilter)</p>
BREF Abfallverbrennung (2006)	BATc Abfallverbrennung (2019) ²⁵	Abfallverbrennung
<p>< 0,05 mg/Nm³ (periodische Messung)</p> <p>0,001–0,03 mg/Nm³ (Halbstundenmittelwert)</p> <p>0,001–0,02 mg/Nm³ (Tagesmittelwert)</p>	<p>< 5–20 µg/Nm³ (Tagesmittelwert oder Mittelwert über den Zeitraum der Probenahme)</p> <p>1–10 µg/Nm³ (Langzeit-Probenahmezeitraum)</p>	<p>< 10 µg/m³ (11 % O₂)</p> <p>< 1 µg/m³ (bei Aktivkohleeinsatz)</p>
BREF Eisen&Stahl (2001)	BATc Eisen&Stahl (2012)	
kein BAT-AEL für Hg vorhanden	<p><i>Sinteranlagen:</i></p> <p>< 30–50 µg/Nm³</p> <p><i>Elektrostahlerzeugung einschließlich Gießen:</i></p> <p>< 50 µg/Nm³</p>	

²⁵ Darüber hinaus werden in Anhang VI der Industrieemissionsrichtlinie Emissionsgrenzwerte für Abfallverbrennungs- und Abfallmitverbrennungsanlagen in die Luft festgelegt (0,05 mg/Nm³).

BAT Referenz Dokument (BREF) gemäß IPPC-Richtlinie	BVT-Schlussfolgerungen (BATc) gemäß IE-RL	Minamata – BAT/BEP guidance document
BREF Nichteisenmetalle (2001)	BATc Nichteisenmetalle (2016)	Nichteisenmetallherstellung
Primärerzeugung von Hg: 0,02 mg/Nm³	Pyrometallurgische Prozesse mit quecksilberhaltigen Rohstoffen: 10-50 µg/Nm³	95-99,97 %
Ferrolegerungen: Hg, Cd+Pb: < 0,2 mg/Nm³		
BREF Zement & Kalk (2001)	BATc Zement, Kalk, Magnesiumoxid (2013)	Zementherstellung
kein BAT-AEL für Hg vorhanden	Zement und Kalkherstellung: < 50 µg/Nm³	< 30 µg/Nm³
BREF Abfallbehandlung (2006)	BATc Abfallbehandlung (2018)	
kein BAT-AEL für Hg vorhanden	Mechanische Behandlung von quecksilberhaltigen Elektro- und Elektronik-Altgeräten: 2-7 µg/Nm³	
BREF Chloralkali Industrie (2001)	BATc Chloralkali Industrie (2013)	
0,2-0,5 g Hg/Tonne Chlorkapazität	Das Amalgamverfahren gilt unter keinen Umständen als BAT	

BAT: best available techniques, beste verfügbare Techniken

BEP: best environmental practice, beste Umweltschutzpraktiken

BREF: BAT reference Document, BAT-Referenzdokument

BATc: BAT conclusions, BVT-Schlussfolgerungen

IE-RL: Industrieemissionsrichtlinie (2010/75/EU)

BAT-AEL: BAT associated emission levels, mit den besten verfügbaren Techniken assoziierte Emissionswerte

APCS: Air Pollution Control System, Luftreinigungssystem zur Minderung von Staub, SO₂, NO_x

SCR: Selektive katalytische Reduktion

Darüber hinaus werden in Anhang VI Emissionsgrenzwerte für Abfallverbrennungs- und Abfallmitverbrennungsanlagen in die Luft festgelegt (0,05 mg/Nm³).

5.7.4 Emissionen in die Luft

Österreichische Luftschadstoff- Inventur

Im Rahmen der Umweltkontrolle wird jährlich durch das Umweltbundesamt die Österreichische Luftschadstoff-Inventur (OLI) gemäß Umweltkontrollgesetz (UKG; BGBl. I Nr. 152/1998; § 6 (2) Z. 15) erstellt. Die Inventur umfasst

- sowohl die Treibhausgase (gemäß Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen – United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)
- als auch sämtliche Luftschadstoffe, die gemäß UNECE-Übereinkommen über weitreichende grenzüberschreitende Luftverunreinigung (CLRTAP) sowie diverser Protokolle zu diesem Übereinkommen und gemäß der Emissionshöchstmengengerichtlinie (NEC-RL; RL (EU) 2016/2284) zu berichten sind.

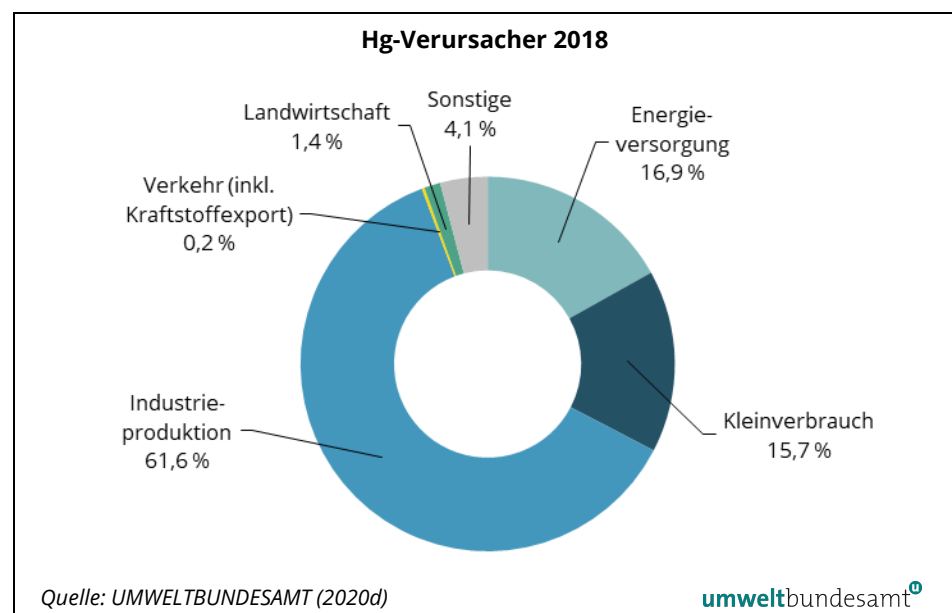
erfasste Schadstoffe

Neben den Treibhausgasen CO₂, CH₄, N₂O und fluorierten Gasen (im vorliegenden Report nicht behandelt, da im Klimaschutzbericht detailliert dargestellt (UMWELTBUNDESAMT 2020b)) werden somit die Emissionen von NO_x, SO₂, NMVOC, NH₃ und CO (klassische Luftschadstoffe²⁶) sowie von Staub, persistenten organischen Schadstoffen (persistent organic pollutants, POP) und Schwermetallen erfasst.

Die Ergebnisse der OLI dienen u. a. als Datengrundlage zur Erfüllung sämtlicher internationaler Berichtspflichten Österreichs zu Luftschadstoff-Emissionen.

Die Methodik der Emissionsberechnungen sowie die Emissionstrends 1990–2018 wurden im gleichnamigen Bericht des Umweltbundesamtes dargestellt (UMWELTBUNDESAMT 2020c). Die wesentlichen Aussagen zu Quecksilber-Emissionen sind im Folgenden kurz dargestellt (siehe Abbildung 1 und Abbildung 2).

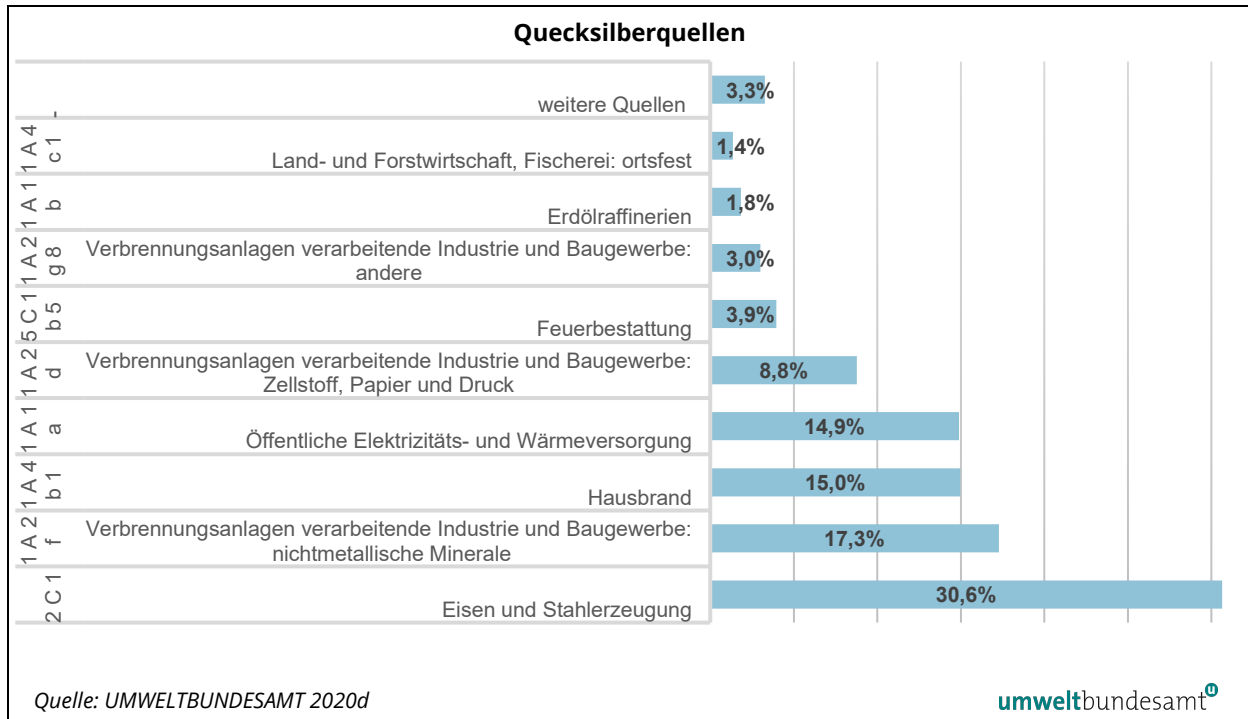
Abbildung 1:
Anteile der Verursacher-
sektoren an den
Quecksilber-Emissionen
Österreichs 2018.



²⁶ Die Bezeichnung „klassische Luftschadstoffe“ für NO_x, NMVOC, SO₂, NH₃ und CO entspricht keiner offiziellen Definition.

Hauptemittenten Die meisten Quecksilber-Emissionen werden in Österreich vom Sektor Industrieproduktion verursacht, gefolgt von den Sektoren Energieversorgung und Kleinverbrauch. Die Quecksilber-Emissionen der Industrieproduktion werden von der metallverarbeitenden und der chemischen Industrie verursacht. Durch eine Verfahrensumstellung bei der einzigen Anlage zur Herstellung von Chlor in Österreich konnte die Emissionsmenge an Quecksilber im Vergleich zu 1990 halbiert werden (UMWELTBUNDESAMT 2020d).

Abbildung 2: Quecksilberquellen nach Verursachern 2018



Hg-Schwellenwerte In Anhang II der Verordnung (EG) Nr. 166/2006 über die Schaffung eines Europäischen Schadstofffreisetzungs- und -verbringungsregisters und zur Änderung der Richtlinien 91/689/EWG und 96/61/EG des Rates sind für Quecksilber und seine Verbindungen (als Hg) folgende Schwellenwerte für die Freisetzung festgelegt: 10 kg/Jahr in die Luft, 1 kg/Jahr in Gewässer sowie 1 kg/Jahr in den Boden. Betreiber von Betriebseinrichtungen, in denen eine oder mehrere der in Anhang I der Richtlinie beschriebenen Tätigkeiten durchgeführt werden und in denen die in Anhang I festgelegten Kapazitätsschwellenwerte überschritten werden, müssen laut Artikel 5 der Richtlinie ihren zuständigen Behörden jährlich Freisetzungen in Luft, Wasser und Boden mitteilen, wenn die im Anhang II festgelegten Schwellenwerte überschritten werden.

Abbildung 3:
Vergleich der Daten der
Luftschadstoffinventur
(OLI) mit denen des PRTR
für das Jahr 2016²⁷.

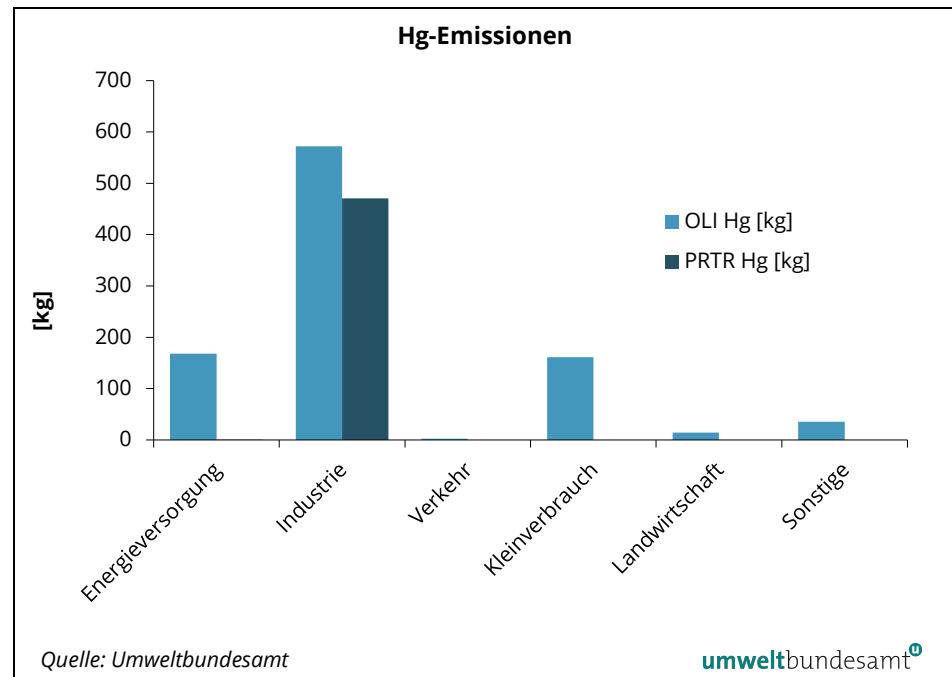


Abbildung 3 zeigt eine Gegenüberstellung der Emissionen aus den Berichtspflichten unter der CLRTAP und des PRTR. Ein hoher Anteil der Quecksilber-Emissionen der Industrie entsteht in Unternehmen, welche der PRTR-Meldepflicht unterliegen. Im Jahr 2016 waren dies neun Unternehmen. In der Luftschadstoffinventur (OLI) zur Erfüllung der Berichtspflichten der CLRTAP-Konvention werden zusätzlich Quellen abgeschätzt, welche unter dem Melde-schwellenwert liegen.

5.7.5 Monitoring- und Berichtspflichten

- Die UNECE-Konvention on Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP) und ihre Protokolle regeln die jährliche Berichterstattung der nationalen Emissionsdaten zu SO₂, NO_x, NMVOC, NH₃, CO, TSP, PM₁₀ und PM_{2,5} sowie zu den Schwermetallen Pb, Cd und Hg und polyzyklischen organischen Kohlenwasserstoffen (PAK) sowie zu Dioxinen und Furanen (PCDD/F), Hexachlorbenzol (HCB) und polychlorierten Biphenylen (PCBs). Österreich unterzeichnete die Konvention 1979. Seit seinem Inkrafttreten im Jahr 1983 wurde das Übereinkommen um acht Protokolle erweitert, in denen spezifische Verpflichtungen oder Maßnahmen der Vertragsparteien festgelegt sind.
- NEC-Richtlinie (EU) 2016/2284 über die Reduktion der nationalen Emissionen bestimmter Luftschadstoffe, zur Änderung der Richtlinie 2003/35/EG

²⁷ Es wurden die Emissionen aus dem Jahr 2016 herangezogen, da am Stichtag der PRTR-Meldungen 2020 die Meldung einer relevanten Anlage noch nicht von Seiten der lokalen Behörden freigegeben war.

und zur Aufhebung der Richtlinie 2001/81/EG. Luftemissionen sowie Methodik entsprechen den Richtlinien des LRTAP Übereinkommens (vgl. UNECE Berichtspflicht).

- Pollutant Release and Transfer Register (PRTR, deutsch: Schadstofffreisetzungs- und -verbringungsregister). Es handelt sich dabei um eine im Internet ab 2009 öffentlich zugängliche Datenbank mit Informationen von den größten Industriebetrieben Europas zu:
 - Freisetzungen in Luft, Wasser und Boden,
 - Verbringungen von gefährlichen Abfällen und nicht gefährlichen Abfällen,
 - Verbringungen außerhalb des Standortes von im Abwasser enthaltenen Schadstoffen.
 Diese Daten sind ab 2008 jährlich von Betrieben zu melden, die eine oder mehrere der PRTR-Tätigkeiten, die im Anhang der E-PRTR-Verordnung aufgelistet sind, am Standort durchführen.
- Industrieemissionsrichtlinie 2010/75/EU.
- Das Immissionsschutzgesetz-Luft (IG-L, BGBl. I Nr. 115/1997) umfasst die Regelungen zur Berichterstattung der Emissionen von SO₂, NO_x, NMVOC, CO, Schwermetallen (Pb, Cd, Hg), Benzol und Feinstaub (PM).

5.8 Produkte und Abfallströme

bis 2020 auslaufende Produkte

Der Anhang A des Minamata-Übereinkommens listet mit Quecksilber versetzte Produkte, deren Erzeugung, Import oder Export bis 2020 auslaufen soll. Diese umfassen:

- Batterien,
- Schalter und Relais,
- diverse Lampen (Kaltkathodenlampen, Leuchtstofflampen mit externen Elektroden),
- Kosmetika (mit einem Quecksilbergehalt > 1 ppm; inkludiert sind hier Hautseifen und -cremen, nicht inkludiert sind Kosmetika für die Augenpartien, für welche Quecksilber zur Haltbarkeit eingesetzt wird und derzeit keine effektiven und sicheren Alternativen verfügbar sind),
- nicht elektronische Messgeräte, wie z. B. Barometer, Hygrometer, Manometer, und Thermometer,
- Zahnamalgam.

Als **Ausnahmen** werden im Anhang A folgende Produkte angeführt:

- Produkte die essenziell für die Sicherheit der Gesellschaft und militärische Nutzungen sind,
- Produkte, die in der Forschung eingesetzt werden, z. B. zum Zweck der Kalibrierung von Instrumenten oder als Einsatz von Referenzstandards,

- Anwendungen, für welche es keine angemessenen quecksilberfreien Alternativen gibt, wie etwa spezielle Kaltkathodenlampen, Leuchtstofflampen mit externen Elektroden, elektronische Displays und Messgeräte,
- Produkte, die in traditionellen oder religiösen Praktiken Anwendung finden,
- Impfstoffe, die Thiomersal als Konservierungsstoff enthalten.

In Österreich wird angestrebt, diese Ausnahmen nicht in Anspruch zu nehmen, sondern mögliche Alternativen für Quecksilber in Produkten zu verwenden.

5.8.1 Elektro(alt)geräte

Die RoHS-Richtlinie (2011/65/EU, Restriction of Hazardous Substances) beschränkt grundsätzlich die Verwendung von Quecksilber in Elektrogeräten. Für bestimmte Lampen (z. B. einseitig gesockelte (Kompakt)-Leuchtstofflampen, beidseitig gesockelte lineare Leuchtstofflampen, Kaltkathodenlampen) gelten/galten eine Reihe von Ausnahmen von dieser Beschränkung bzw. sind bestimmte Höchstgehalte an Quecksilber erlaubt. Daher müssen derzeit anfallende Altlampen und Flachbildschirmaltgeräte, welche quecksilberhaltige Lampen als Hintergrundbeleuchtung enthalten können, als quecksilberhaltige Abfälle behandelt werden.

Lampen Insgesamt wurden im Jahr 2019 in Österreich 1.400 t Lampen in Verkehr gesetzt. Die Mengen sind seit 2016 rückläufig (2013: 1.608 t, 2014: 1.678 t, 2016: 1.859 t, 2017: 1.641 t, 2018: 1.508 t) (BMK 2021b).

Die jährlich gesammelte Menge an Altlampen schwankte zwischen 2009 und 2018 auf einem Niveau von 863–978 t/a.

Im Schnitt wurden über die letzten Jahre also bis zu 50 % der potenziell anfallenden Lampen nicht getrennt gesammelt, sondern diese sind im Lagerbestand und im Restmüll zu erwarten.

Bei einem Durchschnittsgehalt von 80 mg/kg Quecksilber in den derzeit (Stand 2017) gesammelten Altlampen (BIFA 2019), kann eine Quecksilber-Fracht von etwa 80 kg in den gesammelten Altlampen von 2019 geschätzt werden. Behandlungsanforderungen an Altlampen sind in der Abfallbehandlungspflichtenverordnung (BGBl. II Nr. 102/2017) festgelegt. Diese umfasst Bestimmungen betreffend Transport und Lagerung, Quecksilber-Emissionen aus Behandlungsanlagen sowie maximal zulässige Restgehalte in den gewonnenen Materialfraktionen (v. a. Glas und Metall), welche einem Recycling zugeführt werden sollen.

Bis Anfang 2020 wurde ein Großteil der in Österreich gesammelten Altlampen in Österreich behandelt. Seither werden sie zur Gänze zur Behandlung nach Deutschland exportiert (BMK 2021b).

Flachbildschirme Hinsichtlich der Quecksilber-Frachten sind Flachbildschirme im Vergleich zu Altlampen von geringerer Bedeutung.

Insgesamt wurden im Jahr 2019 in Österreich ca. 14.000 t Bildschirmgeräte in Verkehr gesetzt. Etwa 10.000 t Bildschirmaltgeräte wurden 2019 gesammelt (BMK 2021b). Genaue Zahlen zum Anteil an Flachbildschirmen mit quecksilberhaltigen CCFL als Hintergrundbeleuchtung in den derzeit in Österreich gesammelten Altgeräten sind nicht verfügbar. In vergleichbaren EU-Ländern umfassen Flachbildschirme etwa 30 % der gesammelten Altgeräte. Bei einem durchschnittlichen Quecksilber-Gehalt von 4 mg/kg in Flachbildschirmen (EK 2021) wird die jährliche Quecksilber-Fracht in den gesammelten Altgeräten auf etwa 12 kg geschätzt.

Behandlungsanforderungen an quecksilberhaltige Bildschirmgeräte sind in der Abfallbehandlungspflichtenverordnung (BGBl. II Nr. 102/2017) festgelegt. Diese umfasst Bestimmungen betreffend Transport und Lagerung, Quecksilber-Emissionen aus Behandlungsanlagen sowie maximal zulässige Restgehalte in den gewonnenen Materialfraktionen.

Die Behandlung von Bildschirmgeräten erfolgt in Österreich in acht Anlagen. Flachbildschirme werden in den österreichischen Anlagen manuell demontiert. Knapp ein Viertel der gesammelten Bildschirmgeräte wird zur Behandlung aus Österreich nach Deutschland verbracht (BMK 2021b).

5.8.2 Batterien

Seit 2015 dürfen gemäß EU Batterierichtlinie (RL 2006/66/EG) bzw. gemäß Batterieverordnung (BGBl. II Nr. 159/2008) quecksilberhaltige Knopfzellen in der EU bzw. in Österreich nicht mehr in Verkehr gesetzt werden. Im Jahr 2019 wurden insgesamt 2.376 t Gerätealtbatterien gesammelt (BMK 2021b). Der Anteil der Knopfzellen daran betrug etwa 8 t. Es kann davon ausgegangen werden, dass dieser Anteil mittlerweile sehr gering ist. Zur Behandlung werden die gesammelten Knopfzellen ins Ausland verbracht.

5.8.3 Medizinische Anwendungen

Impfstoffe In Totimpfstoffen wurde früher häufig die organische Quecksilber-Verbindung Thiomersal (Ethylquecksilber) als Konservierungsmittel eingesetzt. Aktuell gibt es in Österreich nur noch zwei Pandemieimpfstoffe, die Thiomersal erhalten, da durch die heute übliche Sterilabfüllung die Verwendung von Konservierungsmitteln nicht mehr notwendig ist. Alle Impfstoffe, die bei Kindern angewendet werden, sind frei von Thiomersal (BASG 2019).

Amalgam Amalgamschlamm muss bei Zahnarztpraxen abgeschieden werden. Im Jahr 2019 fielen in Österreich etwa 8.000 t derartiger Schlämme an. Zusätzlich wurden etwa 180.000 t Amalgamschlamm v. a. aus den USA und Kanada sowie einigen europäischen Ländern zur Behandlung importiert. Dabei handelt es sich um die gesamten Abscheiderpatronen mit Quecksilber-Gehalten von wenigen Prozent (BMK 2021b).

Anforderungen an die weitere Behandlung von amalgamhaltigen Abfällen sind in der Abfallbehandlungspflichtenverordnung (BGBl. II Nr. 102/2017, § 26) festgelegt. Quecksilber und die Legierungsmetalle (Silber, Zink, Zinn, Palladium, Kupfer) sind daraus zurückzugewinnen. Bei der Rückgewinnung ist die Abluftkonzentration an Quecksilber mit 0,05 mg/m³ zu begrenzen. Des Weiteren ist geregelt, dass – wenn im Zuge von Umbauten, Ausbau-, Reparatur- oder Abbrucharbeiten abwasserführende Rohrleitungen, die mit Amalgam kontaminiert sind, entfernt werden – der Rohrinhalt gemeinsam mit den Rohrleitungen zu erfassen und als gefährlicher Abfall zu behandeln ist.

In Österreich steht eine Anlage zur Behandlung dieser Schlämme zur Verfügung: Die Recyco-dent Produktions GmbH in Tirol. Im Behandlungsverfahren wird der organische Anteil der Schlämme verbrannt und dieser wird mittels Destillation entquickt. Die übrigen Metalle werden dann aus den Verbrennungsrückständen rückgewonnen (RECYCODENT 2008). Das bei der Behandlung der Amalgamschlämme anfallende Quecksilber-Konzentrat wurde im Jahr 2019 ausschließlich zur Entsorgung exportiert (BMK 2021b).

5.9 Altlasten und kontaminierte Standorte

Seit dem Inkrafttreten des Altlastensanierungsgesetzes im Jahr 1989 (BGBl. 299/1989) werden historisch kontaminierte Standorte systematisch erfasst, untersucht und saniert. Das Altlastensanierungsgesetz hat das Ziel, die Sanierung von Altlasten zu finanzieren. Die Koordination einer systematischen Erfassung und Erkundung von historisch kontaminierten Standorten ist im Rahmen der Umsetzung vorgesehen. Nicht erfasst werden Anlagenstandorte und Deponien, die erst nach dem 30. Juni 1989 den Betrieb aufgenommen haben (UMWELTBUNDESAMT 2016a).

erfasste Standorte

Mit 1. Jänner 2020 sind 69.184 Altstandorte und Altablagerungen in der Datenbank des Umweltbundesamtes erfasst. Wenn begründete Hinweise bestehen, wird bei Standorten oder Ablagerungen spezifischer Branchen (z. B. Textil-/Lederindustrie und chemische Industrie) der Parameter Quecksilber hinsichtlich möglicher Kontaminationen des Untergrundes als relevanter Schadstoff eingestuft und es werden in weiterer Folge bei der Erkundung dieser Standorte Boden- und Gewässerproben untersucht (UMWELTBUNDESAMT 2016a).

Gefährdungsabschätzungen

Im Zeitraum 2016 bis 2019 wurden aufgrund des Abschlusses und der Auswertung von Erkundungsprojekten bei 451 historisch kontaminierten Standorten (Altablagerungen oder Altstandorten) Gefährdungsabschätzungen durchgeführt. Bis 1. Jänner 2020 wurde damit bei insgesamt 1.221 Bewertungen für 312 Standorte eine erhebliche Gefährdung der Umwelt festgestellt, wobei 168 Altlasten bereits saniert bzw. gesichert wurden.

Hg-Kontaminationen

Bei sieben Altlasten war Quecksilber als standortspezifisch relevanter Kontaminant einzustufen. Dabei sind an zwei Altstandorten sind dabei lokal begrenzt erhebliche Verunreinigungen des Grundwassers gegeben. An drei Altablagerungen waren intensive Verunreinigungen des Oberbodens durch Quecksilber nachzuweisen. Darüber hinaus sind bei einem weiteren ehemaligen Standort der chemischen Industrie in Tirol Untergrundkontaminationen durch Quecksilber bekannt, die teilweise bereits entfernt wurden. Größe, Intensität und Umweltauswirkungen der noch vorhandenen Restkontaminationen werden derzeit im Rahmen der Vollziehung des Altlastensanierungsgesetzes untersucht.

Die Altablagerung „Sanitätslager Maria Enzersdorf“ (sh. LINK) wurde im Jahr 2004 durch Aushub und Behandlung kontaminierter Bodenschichten saniert. (UMWELTBUNDESAMT 2016a). Die Altablagerungen „Pochergraben Schwaz“ (siehe Kapitel 5.9.1) und „Halde Schrems“ (siehe Kapitel 5.9.2) stehen in Zusammenhang mit historischen Bergbau- und Verhüttungsaktivitäten. Die abgelagerten Bergbauabfälle und Verhüttungsrückstände enthalten Quecksilber, vergesellschaftet mit anderen Metallen als einen Co-Kontaminanten (BMK 2006, 2019).

Zu beachten ist in diesem Zusammenhang, dass Abfälle aus historischen Bergbauaktivitäten bisher generell vom Geltungsbereich des Altlastensanierungsgesetzes ausgenommen sind und daher nicht systematisch, sondern nur in Einzelfällen – bei konkreten Hinweisen auf Belastungen des Untergrundes oder das Vorhandensein von Verhüttungsrückständen („Schlacken“) – untersucht werden. Die systematische Erfassung historischer Bergbauaktivitäten und damit zusammenhängender Bergbauhalden fällt in den Aufgabenbereich der Montanbehörde, die in diesem Zusammenhang auch durch die Geologische Bundesanstalt einen Bergbau- und Haldenkataster erstellen ließ.

5.9.1 Altlast T 17 „Pochergraben Schwaz“

Der Silberbergbau bei Schwaz in Tirol wurde bereits im 15. Jahrhundert betrieben. Bei den Lagerstätten im Schwazer Dolomit handelt es sich um ein Fahlerzvorkommen. Als Erz dominiert das Kupfer-Antimon-Fahlerz (Tetraedrit), das im Raum Schwaz in einer silber- und quecksilberreichen Varietät auftritt ("Schwazit"). Im Mittelalter stammten rund 85 % der weltweiten Silberproduktion aus dem Raum Schwaz. Die endgültige Einstellung der Abbauaktivitäten erfolgte Mitte des 20. Jahrhunderts (SCHWAZER SILBERBERGWERK 2021).

**Rückstände der
Erzaufbereitung**

Bei der Altablagerung "Pochergraben Schwaz" handelt es sich um eine Ablagerung feinkörniger Schlämme, die als Rückstände einer Anlage zur Erzaufbereitung angefallen sind. Im Zeitraum von 1915 bis 1958 wurden durch wiederholte Räumungen des Bachbetts die Schlämme auf einer Länge von ca. 3,5 km entlang des Baches aufgeschüttet. Die Schlämme sind entsprechend der Zusammensetzung der geförderten Erze sehr hoch mit Kupfer, Antimon, Arsen, Cadmium und Quecksilber belastet. Bei Grünlandnutzung belasteter Böden kommt es bei Quecksilber und Arsen zu einer erhöhten Pflanzenaufnahme. Da bei Un-

tersuchungen von Pflanzenproben insbesondere für Quecksilber Überschreitungen von Richtwerten für Futtermittel festgestellt wurden, bestehen seither Nutzungsbeschränkungen (BMK 2015).

5.9.2 Altlast ST32 „Halde Schrems“

In der Umgebung von Schrems bei Frohnleiten wurden zur Gewinnung von Silber und Blei bis Mitte des 19. Jahrhunderts erzführende Schwarzschiefer abgebaut (hauptsächlich silberführender Bleiglanz, Zinkblende sowie andere quecksilber- und cadmiumführende Kieserze). Am östlichen Ortsrand von Schrems existierte damals auch eine Schmelzhütte. Im Bereich einer Ablagerung historischer Bergbau- und Hüttenabfälle im Ortsgebiet von Schrems bei Frohnleiten ist der Boden sehr hoch durch Blei und Zink sowie untergeordnet durch Cadmium und Quecksilber verunreinigt (BMK 2019). Ein Großteil der betroffenen Liegenschaften wird seit langem zu Wohnzwecken und durch Hausgärten genutzt.

In Gemüseproben aus diesen Hausgärten konnten hohe Bleigehalte nachgewiesen werden. Eine Expositionsabschätzung und Risikoanalyse ergab ein mögliches Risiko für Kleinkinder beim Spielen auf bleibelasteten Flächen sowie durch den Verzehr von Gemüse aus bleibelasteten Beeten. In Bezug auf spielende Kleinkinder konnte außerdem auch eine signifikant erhöhte Aufnahme von Quecksilber nicht mit ausreichender Sicherheit ausgeschlossen werden. Nach Information der betroffenen AnrainerInnen und einer Einstufung der Altablagerung in Prioritätenklasse 1 wurde im Sommer 2019 mit der Projektierung von Maßnahmen begonnen. In weiten Bereichen ist ein Bodenaustausch erforderlich, der seit Herbst 2019 umgesetzt und 2021 abgeschlossen sein wird.

Bodenaustausch wird durchgeführt

5.9.3 Kontaminierter Standort Görttschitztal/Kärnten

Umfassende Daten zu Quecksilber in der Umwelt wurden im Görttschitztal in Kärnten erhoben, nachdem infolge der unsachgemäßen Verbrennung von kontaminiertem Blaukalk in einem Zementwerk erhöhte HCB-Konzentrationen in Lebensmitteln und nachfolgend in der Umwelt festgestellt wurden.

beprobte Standorte Unter anderem wurden Bodenproben von Dauergrünland (0–10 cm), Ackerböden bzw. Gartenböden (0–20 cm) sowie von einzelnen Kinderspielwiesen (0–5 cm) in der Nähe des Zementwerkes Wietersdorf und der Kalkdeponie Brückl I/II gemessen. Zum Vergleich wurden, auf ganz Kärnten verteilt, fünf Referenzflächen (1 Acker, 4 Dauergrünland, 0–10 cm) beprobt. Diese Flächen befinden sich in größerer Distanz vom Görttschitztal bzw. von der Kalkdeponie Brückl I/II entfernt in verschiedenen Himmelsrichtungen.

Messergebnisse Von den untersuchten Standorten in der Kalkdeponie Brückl I/II und dem Einflussbereich des Zementwerkes Wietersdorf lag von 76 lediglich ein Quecksilber-Messwert knapp über 5 µg/kg TM (5,8 µg/kg TM). Hierbei handelte es sich um einen Waldstandort, wobei bekannt ist, dass Humusaufgaben von Waldböden grundsätzlich höhere Schadstoffgehalte im Vergleich zu landwirtschaftlich

genutzten Böden haben. Obwohl einige der Messwerte erhöht waren, lagen alle in einem unbedenklichen Bereich (UMWELTBUNDESAMT 2018).

Im weiteren Umfeld des Chemiestandortes Brückl und des Zementwerkes Wietersdorf werden seit 2014 Hg-Analysen in Fichtennadeln (erster Nadeljahrgang) durchgeführt.²⁸ Als Vergleichsstandort, der von industriellen Emissionen nicht erreicht wird, wurde das Lesachtal gewählt.

Tabelle 1 zeigt die gemessenen Quecksilber-Jahresmittelwerte unterschiedlicher Kärntner Standorte im Zeitraum 2014 bis 2019. Die höchsten Werte wurden von 2014 bis 2016 gemessen, in den nachfolgenden Jahren haben die Quecksilber-Konzentrationen abgenommen. Als Quelle der Quecksilber-Kontamination wurde das Zementwerk in Wietersdorf identifiziert (UMWELTBUNDESAMT 2018).

*Tabelle 1:
Jahresmittelwerte der
Konzentration von
Quecksilber in Fichten-
nadeln in Kärnten
2014–2019 (mg Hg/kg
Trockensubstanz)
(AMT DER KÄRNTNER
LANDESREGIERUNG o. J.).*

	2014	2015	2016	2017	2018	2019
BRU 20	0,072	0,042	0,040	0,025	0,029	0,024
BV 4	0,083		0,062	0,038	0,028	0,032
HE 02	0,014		0,014	0,012	0,014	0,011
SV 10	0,023	0,014	0,013	0,018	0,012	
SV 13	0,066	0,041	0,035	0,027	0,020	0,019
SW 1	0,129	0,134	0,104	0,025	0,019	0,020
TRE 32	0,023	0,012	0,015	0,014	0,011	
WIE 9	0,049	0,032	0,030	0,024	0,017	0,021
WIE 10	0,031	0,017	0,012	0,011	0,013	0,011
WIE 18	0,055	0,038	0,023	0,022	0,020	0,019
WIE 20	0,039	0,017	0,012	0,012	0,017	0,011
WIE 21	0,025	0,010	0,011	0,011	0,016	
WZE 1	0,025	0,016	0,016	0,012	0,014	0,010
WZE 6	0,007	0,014	0,014	0,014	0,012	
WZE 10	0,021	0,013	0,012	0,012	0,011	0,010
WZE 11	0,020	0,010	0,012	0,012	0,012	
WZE 13	0,049	0,031	0,023	0,020	0,018	0,016
WZE 14	0,060		0,030	0,042	0,025	0,019
WZE 15	0,043	0,025	0,025	0,019	0,029	0,020
WZE 16	0,028	0,021	0,020	0,016	0,015	
WZE 17	0,036	0,019	0,019	0,015	0,012	
WZE 18	0,025	0,015	0,018	0,010	0,013	0,014
WZE 20	0,017	0,009	0,010	0,013	0,009	
WZE 31		0,018	0,015	0,014	0,013	
WZE 32		0,015	0,012	0,013	0,011	

²⁸ Analyse: Kaltdampf-AAS

6 AUSBLICK UND HANDLUNGSFELDER

Emissionen in Gewässer

Die Anreicherung von Quecksilber insbesondere in der aquatischen Nahrungskette gefährdet Organismen und die menschliche Gesundheit.

Der Eintrag von gelöstem Quecksilber in die Gewässer lässt sich vor allem durch die Reduktion der atmosphärischen Deposition und durch Erosionsschutzmaßnahmen reduzieren.

Klärschlamm erweist sich als Senke für Quecksilber, eine Ausbringung in die Umwelt ist daher im Hinblick auf Umwelt und Gesundheitsschutz zu überdenken.

Industrie

Quecksilber-Emissionen in die Luft und in das Wasser sind bei relevanten industriellen Tätigkeiten zu überprüfen. Bei der Erarbeitung der europäischen BVT-Schlussfolgerungen sind insbesondere mit Bezug auf die Minamata-Konvention die Quecksilber-Emissionen relevanter industrieller Tätigkeiten in Luft und Wasser zu berücksichtigen und ambitionierte, mit den besten verfügbaren Techniken assoziierte Emissionswerte (BAT-AEL) festzulegen.

Produkte und Abfälle

Daten zu Quecksilber in Produkten und Abfällen liegen nur begrenzt vor. Aufgrund der Hg-Beschränkungen für Produkte ist in den entsprechenden Abfällen mit abnehmenden Hg-Konzentrationen bzw. Frachten zu rechnen. Um die Sammelquote von quecksilberhaltigen Altlampen zu steigern, könnte eine entsprechende Information der KonsumentInnen hinsichtlich der Rückgabemöglichkeiten sowie deren Hintergründe intensiviert werden. Thermometer oder Fiebermessgeräte, die z. B. Quecksilber enthielten, wurden im Rahmen einer Fiebermessgeräte-Rückholaktion im Jahr 2007 gesammelt und anschließend entsorgt, jedoch ist unklar, wie viele dieser Messgeräte heute noch im Umlauf sind. Eine zweite Rückholaktion in diesem Kontext wäre erstrebenswert.

historische Bergbauhalden

Der durch die geologische Bundesanstalt erstellte Bergbau- und Haldenkataster erlaubt eine sehr gute Lokalisierung potenziell mit Quecksilber belasteter Bergbauhalden. Da (historische) Bergbauhalden derzeit aber nicht in den Geltungsbereich des Altlastensanierungsgesetzes (ALSAG) fallen, sind weder weiterführende Untersuchungen als Basis für eine Risikoabschätzung noch eine Sanierung dieser Flächen im Altlastenregime möglich. Im aktuellen Begutachtungsentwurf für eine Novelle des ALSAG ist vorgesehen, den Geltungsbereich des Gesetzes auf historische Bergbauhalden auszudehnen. Dies hätte den Vorteil, dass die über den ALSAG-Beitrag eingehobenen finanziellen Mittel für Erkundung und Sanierung historischer Bergbauhalden zur Verfügung stünden. Darüber hinaus wäre eine einheitliche Beurteilung dieser Flächen und aller übrigen Altstandorte und Altablagerungen in Hinblick auf ihre Umweltauswirkungen und einen möglichen Sanierungsbedarf gewährleistet. Vor diesem Hintergrund würde ein zeitnahes Inkrafttreten der ALSAG-Novelle zu einer entscheidenden Verbesserung beim Management (potenziell) mit Quecksilber belasteter Flächen führen.

- Monitoring** In Österreich werden Quecksilber-Konzentrationen in der Umwelt, in Biota und beim Menschen im Rahmen unterschiedlicher Studien gemessen, wobei diese Daten in den meisten Fällen für die Öffentlichkeit frei zugänglich sind. Die aktuellsten zur Verfügung stehenden Monitoring-Studien wurden in diesem Bericht zusammengefasst.
- Auch wenn in Österreich und der EU im Vergleich zu einigen UN-Regionen viele Daten zur Verfügung stehen, sind einige Bereiche/Umweltmedien unzureichend untersucht.
- weitere Untersuchungen sind notwendig** Systematische Untersuchungen der Konzentration von Quecksilber in der Atmosphäre oder zur Deposition stehen in Österreich nur für Linz und das Görtischtal zur Verfügung. Empfohlen werden stichprobenartige Untersuchungen im Bereich weiterer metallverarbeitender Industriebetriebe, wie Arnoldstein, Donawitz und Brixlegg.
- Messwerte zum Quecksilber-Vorkommen in Böden werden aktuell nur in Oberösterreich erhoben, diese Daten werden voraussichtlich im Jahr 2022 veröffentlicht werden.
- Aufgrund der hohen Retentionsfähigkeit von Quecksilber in terrestrischen Ökosystemen und seiner Wechselwirkungen mit anderen Stoffen (z. B. Schwefel) werden Emissionsreduktionsmaßnahmen nicht unmittelbar in Gewässern bzw. Biota sichtbar. Daher sind die direkten Wirkungen der Maßnahmen schwer zu bestimmen. Um diese Wissenslücke zumindest teilweise zu schließen, wäre eine Aufnahme von Quecksilber in das Standard-Messprogramm am Langzeitmonitoringstandort Zöbelboden wünschenswert.
- Monitoring** Zukünftige Handlungsfelder im Bereich des Monitoring liegen vor allem in der Auswahl repräsentativer Monitoring-Standorte, in einer gut durchgeführten Organisation von Monitoring-Programmen, in der Verbesserung des nationalen und internationalen Datenaustausches sowie in der niederschweligen Verfügbarkeit der erhobenen Daten.
- Bewusstsein Schaffen** Wesentlich ist die Verbreitung des Wissens über Quecksilber –Belastungen in der Umwelt und im Menschen und deren gesundheitliche Bedeutung insbesondere für Risikogruppen (Ungeborene). Dies ist essentiell um ein Bewusstsein sowohl beim medizinischem Personal als auch der Öffentlichkeit zu schaffen.

7 LITERATURVERZEICHNIS

- AGES (2016): Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH. Aufnahme von Quecksilber über Lebensmittel. Wien, Österreich.
https://www.ages.at/download/0/0/3e6c533f097b9ae6c289c68e4f9a16f5388862b0/fileadmin/AGES2015/Themen/R%C3%BCckst%C3%A4nde_Kontaminanten_Dateien/AGES_BERICHT_Aufnahme_von_Quecksilber_ueber_Lebensmittel_2_BF.PDF.
- AMT DER KÄRNTNER LANDESREGIERUNG (o. J.): Amt der Kärntner Landesregierung. Klagenfurt.
- AMT DER OBERÖSTERREICHISCHEN LANDESREGIERUNG (2021a): Jahresberichte der Luftgüteüberwachung. Amt der oberösterreichischen Landesregierung, Umwelt Prüf- und Überwachungsstelle, Linz. <https://www.land-oberoesterreich.gv.at/17711.htm>.
- AMT DER OBERÖSTERREICHISCHEN LANDESREGIERUNG (2021b): Staubbiederschlag und Schwermetalle in Oberösterreich 2019. Amt der oberösterreichischen Landesregierung, Umwelt Prüf- und Überwachungsstelle, Linz.
<https://www.land-oberoesterreich.gv.at/38259.htm>.
- AMT DER VORARLBERGER LANDESREGIERUNG (2016): Clara M., Hartmann Ch., Scheffknecht, Ch.: Klärschlamm und Boden. Eintrag von Spurenstoffen auf landwirtschaftlich genützte Böden. Bericht UI-05/2016 des Umweltinstituts, Bregenz
- AMT DER VORARLBERGER LANDESREGIERUNG (2017): Clara, M.; Hanefeld, W. & Scheffknecht, Ch.: Untersuchung ausgewählter prioritärer und sonstiger Stoffe in kommunalen Kläranlagen und Fließgewässern in Vorarlberg. Amt der Vorarlberger Landesregierung. Wien und Bregenz.
<https://vorarlberg.at/documents/302033/472444/Bericht+Priorit%C3%A4re+Stoffe.pdf/1ba8abc3-dfdc-c3bc-d1fd-dd4f9cbc563d?t=1616151388416>.
- BASG – Bundesamt für Sicherheit im Gesundheitswesen (2019): FAQ Impfstoffe.
<https://www.basg.gv.at/konsumentinnen/wissenswertes-ueber-arzneimittel/arzneimittel/impfstoffe/faq-impfstoffe>.
- BFW – Bundesforschungszentrum für Wald (2021a): Österreichisches Waldmonitoring (Level II). Informationen zu den Level II Flächen.
https://bfw.ac.at/lms/level2.daten?kind_in=1.
- BFW – Bundesforschungszentrum für Wald (2021b): Österreichisches Waldmonitoring (Level II). Waldmonitoring auf Intensivbeobachtungsflächen.
<https://bfw.ac.at/lms/level2.daten>.
- BFW – Bundesforschungszentrum für Wald (2021c): Wir wissen alles über den Wald.
<https://www.bfw.gv.at/>.
- BFW – Bundesforschungszentrum für Wald (2021d): WEB-Datenbank BIN-Online.
http://bfw.ac.at/ws/bin_online.auswahl.

- BIFA (2019): BIFA Umweltinstitut. Ökobilanzielle Betrachtung der Altlampenverwertung. Präsentation vom 15.07.2019.
- BMK – Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (2006): Sanierte Altlast N48: Sanitätslager Maria Enzersdorf. <https://altlasten.gv.at/atlas/verzeichnis/Niederoesterreich/Niederoesterreich-N48.html>.
- BMK – Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (2015): Altlast T17: Pochergraben Schwaz. <https://altlasten.gv.at/atlas/verzeichnis/Tirol/Tirol-T17.html>.
- BMK – Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (2019): Altlast ST32: Halde Schrems. <https://www.altlasten.gv.at/atlas/verzeichnis/Steiermark/Steiermark-ST32.html>.
- BMK – Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (2021a): Quecksilber-Übereinkommen. https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/chemiepolitik/international/qu-ecksilber.html.
- BMK – Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (2021b): Bundes-Abfallwirtschaftsplan (BAWP). https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/abfall/aws/bundes_awp/bawp.html.
- BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2010): Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan 2009 – NGP 2009. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Sektion IV Wasserwirtschaft, Wien.
- BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2014): Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Clara, M.; Gruber, G.; Humer, F.; Hofer, T.; Kretschmer, F.; Ertl, T.; Scheffknecht, Ch.; Windhofer, G.: Spurenstoffemissionen aus Siedlungsgebieten und von Verkehrsflächen. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2015): Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Fisch Untersuchungsprogramm 2013. GZÜV-Untersuchungen. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2017a): Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan 2015. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Sektion IV Wasserwirtschaft, Wien.

- BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2017b): Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Emissionen ausgewählter prioritärer und sonstiger Stoffe aus kommunalen Kläranlagen. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- BMLRT – Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (2021a): H₂O Fachdatenbank. Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus, Wien. <https://wasser.umweltbundesamt.at/h2odb/>.
- BMLRT – Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (2021b): Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan 2021 - Entwurf. Verfügbar unter: https://www.bmlrt.gv.at/wasser/wisa/ngp/veranstaltung_oeffa_ngp_20210322.html.
- BMNT – Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (2018a): Brielmann, H.; Legerer, P.; Schubert, G.; Wemhöner, U.; Philippitsch, R.; Humer, F.; Zieretz, I.; Rosmann, T.; Schartner, C.; Scheidleder, A.; Grath, J.; Stadler, E.: Hydrochemie und Hydrogeologie der österreichischen Grundwässer und deren natürliche Metall- und Nährstoffgehalte (Update Geohint 2018). Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, Wien.
- BMNT – Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (2018b): Brielmann, H.; Wemhöner, U.; Clara, M.; Scharf, S.; Grath, J.; Zieretz, I.; Kulcsar, S.; Schuhmann, A.; Philippitsch, R.: Spurenstoffe im Grundwasser – Untersuchungen zum Vorkommen von Quecksilber und 30 ausgewählten organischen Substanzen anthropogener Herkunft. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, Wien.
- BMNT – Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (2019a): STOBIMO Spurenstoffe – Kurzfassung. Stoffbilanzmodellierung für Spurenstoffe auf Einzugsgebietsebene. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, Wien.
- BMNT – Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (2019b): Wassergüte in Österreich. Jahresbericht (2014-2016). Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, Wien.
- EK – Europäische Kommission (2014): Common implementation strategy for the water framework directive (200/60/EC). Guidance Document No. 32 on biota monitoring (the implementation of EQS-Biota) under the water framework directive. Brüssel, Belgien. <https://circabc.europa.eu/sd/a/62343f10-5759-4e7c-ae2b-12677aa57605/Guidance%20No%2032%20-%20Biota%20Monitoring.pdfU6T>.
- EK – Europäische Kommission (2021): Study on quality standards for the treatment of waste electrical and electronic equipment (WEEE). Final report. Luxembourg. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/2004b067-726a-11eb-9ac9-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-192249614>.

- FALCKE, H., HOLBROOK, S., CLENAHAN, I., LOPEZ CARRETERO, A., SANALAN, T., BRINKMANN, T., ROTH, J., ZERGER, B., ROUDIER, S. & DELGADO SANCHE, L. (2017): Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Large Volume Organic Chemicals. Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- FÜRST, A. (2016): Bioindikatornetz: Spitzenwerte für Quecksilber in Tirol. Forstzeitung, Wien, 127(8). S. 14–15.
- FÜRST, A. (2018): Bundesforschungszentrum für Wald. Österreichisches Bioindikatornetz (www.bioindikatornetz.at).
<https://bfw.ac.at/rz/bfwcms2.web?dok=3233>.
- FÜRST, A. (2019): 35 Jahre Österreichisches Bioindikatornetz: eine Erfolgsgeschichte der forstlichen Bioindikation. Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft, Düsseldorf 79 (4). S. 137–141.
- GBA – Geologische Bundesanstalt (2010): Schedl, A.; Prikl, H.; Neinavaie, H.; Pfeleiderer S.; Lipiarski, P.; Hobiger, G.: Umweltgeochemische Untersuchung der Bach- und Flusssedimente Steiermarks auf Haupt- und Spurenelemente zur Erfassung und Beurteilung geogener und anthropogener Schadstoffbelastungen („Umweltgeochemie Steiermark“). Geologische Bundesanstalt, Wien.
https://opac.geologie.ac.at/ais312/dokumente/A_16619_R_Bachsedimente_Stmk_StC_76_2010.pdf.
- GRANITZER, S., ELLINGER, I., KHAN, R., GELLES, K., WIDHALM, R., HENGSTSCHLÄGER, M., ZEISLER, H., DESOYE, G., TUPOVA, L., CECKOVA, M., SALZER, H. & GUNDACKER, C. (2020): In vitro function and in situ localization of Multidrug Resistance-associated Protein (MRP)1 (ABCC1) suggest a protective role against methyl mercury-induced oxidative stress in the human placenta. Archives of Toxicology 94. S. 3799–3817.
- GRANITZER, S., WIDHALM, R., FORSTHUBER, M., ELLINGER, I., DESOYE, G., HENGSTSCHLÄGER, M., ZEISLER, H., SALZER, H. & GUNDACKER, C. (2021): Amino Acid Transporter LAT1 (SLC7A5) Mediates MeHg-Induced Oxidative Stress Defense in the Human Placental Cell Line HTR-8/SVneo. International Journal of Molecular Sciences 22. S. 1707.
- ICP FORESTS (2021): International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests. Welcome to ICP Forests.
<http://icp-forests.net/>.
- RECYCODENT GmbH (2008): Umwelterklärung 2008. Innsbruck, Österreich.
<https://docplayer.org/38988429-Umwelterklaerung-dental-eco-service-gmbh-recycodent-gmbh-florianistrasse-3-florianistrasse-3-a-6063-rum-bei-innsbruck-a-6063-rum-bei-innsbruck.html>.
- SCHWAZER SILBERBERGWERK (2021): Die Geschichte vom Schwazer Silberbergwerk in Tirol. <https://www.silberbergwerk.at/geschichte>.

SMIDT, S., JANDL, R., BAUER, H., FÜRST, A., MUTSCH, F., ZECHMEISTER, H. & SEIDEL, C. (2012): Trace Metals and Radionuclides in Austrian Forest Ecosystems. The Biosphere/Ishwaran, N. (Ed.), InTech: Rijeka (5). S. 93–118.

UBA – Umweltbundesamt Deutschland (2019): 40 Jahre Luftreinhaltekonvention.
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/regelungen-strategien/40-jahre-genfer-luftreinhaltekonvention#umweltwirkungen-weitab-vom-verursacher-erfordern-internationales-handeln>.

UHL, M., OFFENTHALER, I., HARTL, W., VALLANT, B., MOCHE, W., KONECNY, R., CLARA, M., SCHARF, S., HAUNSCHMID, R., SCHABUSS, M., ZORNIG, H. & FISCH, P. (2010): (2010): Monitoring von Schadstoffen in Biota. Pilotstudie. BMLFUW, Wien, Österreich.

UMWELTBUNDESAMT (2009): Clara, M.; Denner, M.; Gans, O.; Scharf, S.; Windhofer, G. & Zessner, M.: Emissionen organischer und anorganischer Stoffe aus kommunalen Kläranlagen. Umweltbundesamt, Wien. S. 112. Report 247, Umweltbundesamt, Wien.
<https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0247.pdf>.

UMWELTBUNDESAMT (2016a): Uhl, M.; Leitner, St.; Clara, M.; Denner, M.; Haider, S.; Offenthaler, I.; Pazdernik, K.; Müller-Grabherr, D.; Reisinger, H.; Tulipan, M. & Winter, B.: Umsetzung des Minamata-Übereinkommens über Quecksilber in Österreich. Datengrundlagen/Monitoring 2016. Umweltbundesamt, Wien. S. 55.
<https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0578.pdf>.

UMWELTBUNDESAMT (2016b): Zechmeister, H.; Kropik, M.; Moser, D.; Denner, M.; Hohenwallner, D.; Hanus-Ilmar, A.; Scharf, S.; Riss, A. & Mirtl, M.: Moos-Monitoring in Österreich. Aufsammlung 2015. Umweltbundesamt, Wien.
<https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0595.pdf>.

UMWELTBUNDESAMT (2017): Moose als Messinstrumente für die Schadstoffbelastung. Umweltbundesamt, Wien.
<https://www.umweltbundesamt.at/aktuelles/presse/news2017/news-170307>.

UMWELTBUNDESAMT (2018): Hartmann, Ch.; Uhl, M.; Fallmann, K.; Schindler, I.; Buxbaum, I.; Nagl, Ch.; Riss, A., Humer, F., Grath, J., Hochedlinger, G., Clara, J., Dörrie, T. & Riss, A.: Görtsschitztal. Untersuchungen an Mensch und Umwelt. Reports Bd. 0652. Umweltbundesamt, Wien. S. 180.

UMWELTBUNDESAMT (2020a): Spangl, W.: Jahresberichte der Luftgütemessungen in Österreich. Umweltbundesamt, Wien. <https://www.umweltbundesamt.at/luft-jahresberichte>.

UMWELTBUNDESAMT (2020b): Diffuse Emissionen. Vergleich PRTR – Österreichische Luftschadstoff-Inventur (OLI). Umweltbundesamt, Wien.
<https://www.umweltbundesamt.at/umweltthemen/industrie/daten-industrie/prtr/prtr-diffuseemissionen>.

- UMWELTBUNDESAMT (2020c): Anderl, M.; Gangl, M.; Lampert, Ch.; Perl, D.; Poupa, St.; Purzner, M.; Storch, A.; Schodl, B.; Titz, M. & Zechmeister, A.: Emissionstrends 1990–2018. Ein Überblick über die Verursacher von Luftschadstoffen in Österreich (Datenstand 2020). Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2020d): Titz, M.; Anderl, M.; Gangl, M.; Haider, S.; Köther, T.; Lampert, Ch.; Pazdernik, K.; Perl, D.; Pinterits, M.; Poupa, S.; Purzner, M.; Schieder, W.; Schmidt, G.; Schodl, B.; Wieser, M. & Zechmeister, A.: Austria's Informative Inventory Report 2020. Submission under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution and Directive (EU) 2016/2284 on the reduction of national emissions of certain atmospheric pollutants. Reports, Bd. REP-0723 Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2020e): Freier, K.; Ratz, G.; Körner, W.; Janz, P.; Weiss, P.; Moche, W. & Denner, M.: PureAlps 2016–2020. Monitoring von persistenten organischen Schadstoffen und Quecksilber im Alpenraum (Immission, Desposition und Biota). Abschlussbericht. Umweltbundesamt, Wien. S. 276.
- UNEP – United Nations Environment Programme (2013): Global mercury assessment 2013. Sources, Emissions, Releases and Environmental Transport. UN Environment Programme, Chemicals Branch. Geneva, Switzerland.
- UNEP – United Nations Environment Programme (2017a): Global mercury supply, trade and demand. UN Environment Programme, Chemicals and Health Branch. Geneva, Switzerland.
- UNEP – United Nations Environment Programme (2017b): Global mercury waste assessment. Review of current national measures. UN Environment Programme. Nairobi, Kenya.
- UNEP – United Nations Environment Programme (2017c): Minamata Convention on Mercury. Guidance on best available techniques and best environmental practices:
http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/publications/BAT_BEP_E_interractif.pdf
- UNEP – United Nations Environment Programme (2019a): Global mercury assessment 2018. UN Environment Programme, Chemicals and Health Branch. Geneva, Switzerland.
- UNEP – United Nations Environment Programme (2019b): Minamata Convention on Mercury. Text and Annexes. United Nations Environment Programme. Nairobi, Kenya.
- UNEP – United Nations Environment Programme (2019c): Minamata Convention on Mercury. DRAFT Report on the work of the ad hoc technical group on effectiveness evaluation. United Nations Environment Programme.
http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/meetings/COP3/Effectiveness/DraftReport_FOR_PUBLIC_COMMENT_01Aug2019.pdf.

UNEP – United Nations Environment Programme (2019d): Information for Reporting 2019. Minamata Convention on Mercury. United Nations Environment Programme.

UNEP – United Nations Environment Programme (2021a): Minamata Convention on Mercury. Text and annexes.
<https://www.unep.org/resources/report/minamata-convention-mercury-text-and-annexes>.

UNEP – United Nations Environment Programme (2021b): Minamata Convention on Mercury. National Report pursuant to Article 21.
<http://www.mercuryconvention.org/Countries/Parties/Reporting/tabid/8189/language/en-US/Default.aspx>.

UNEP – United Nations Environment Programme (2021c): Minamata Convention on Mercury. Forms and guidance documents.
<http://mercuryconvention.org/Convention/Formsandguidance/tabid/5527/language/en-US/Default.aspx>.

ZUPO, V., GRABER, G., KAMEL, S., PLICHTA, V., GRANITZER, S., GUNDACKER, C. & WITTMANN, K. J. (2019): Mercury accumulation in freshwater and marine fish from the wild and from aquaculture ponds. Environmental Pollution 225. S. 112975.

Rechtsnormen und Leitlinien

Abfallbehandlungspflichtenverordnung (AbfallBP-VO; BGBl. II Nr. 102/2017):
Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Abfallbehandlungspflichten (AbfallBPV).

Altlastensanierungsgesetz (ALSAG; BGBl. Nr. 299/1989 i.d.g.F. BGBl. I Nr. 104/2019):
Bundesgesetz vom 7. Juni 1989 zur Finanzierung und Durchführung der Altlastensanierung (Altlastensanierungsgesetz).

Batterierichtlinie (B-RL; RL 2006/66/EG): RICHTLINIE 2006/66/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 6. September 2006 über Batterien und Akkumulatoren sowie Altbatterien und Alttakkumulatoren und zur Aufhebung der Richtlinie 91/157/EWG.

Batterienverordnung (B-VO; BGBl. II Nr. 159/2008): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Abfallvermeidung, Sammlung und Behandlung von Altbatterien und -akkumulatoren (Batterienverordnung).

Chemikaliengesetz (ChemG; BGBl. I Nr. 53/1997 i.d.g.F. BGBl. I Nr. 140/2020):
Bundesgesetz über den Schutz des Menschen und der Umwelt vor Chemikalien (Chemikaliengesetz 1996 – ChemG 1996).

- Elektroaltgeräteverordnung (EAG-VO; BGBl. II Nr. 121/2005): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Abfallvermeidung, Sammlung und Behandlung von elektrischen und elektronischen Altgeräten (Elektroaltgeräteverordnung – EAG-VO).
- Emissionshöchstmengenrichtlinie (NEC-RL; RL (EU) 2016/2284): RICHTLINIE (EU) 2016/2284 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 14. Dezember 2016 über die Reduktion der nationalen Emissionen bestimmter Luftschadstoffe, zur Änderung der Richtlinie 2003/35/EG und zur Aufhebung der Richtlinie 2001/81/EG.
- Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (GZÜV, BGBl. II Nr. 479/2006 i.d.g.F. BGBl. II Nr. 128/2019): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Überwachung des Zustandes von Gewässern (Gewässerzustandsüberwachungsverordnung – GZÜV).
- Gewerbeverordnung (GewO; BGBl. Nr. 194/1994 i.d.g.F. BGBl. I Nr. 112/2018): Kundmachung des Bundeskanzlers und des Bundesministers für wirtschaftliche Angelegenheiten, mit der die Gewerbeordnung 1973 wiederverlautbart wird.
- Immissionsschutzgesetz-Luft (IG-L; BGBl. I Nr. 115/1997 i.d.g.F. BGBl. I Nr. 73/2018): Bundesgesetz zum Schutz vor Immissionen durch Luftschadstoffe (Immissionsschutzgesetz – Luft, IG-L).
- Industrieemissionsrichtlinie (IE-RL; RL 2010/75/EU): RICHTLINIE 2010/75/EU DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 24. November 2010 über Industrieemissionen (integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung).
- ÖNORM M 5866: Luftreinhaltung - Bildung von Immissionsmessdaten und daraus abgeleiteten Kennwerten.
- Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser (QZV Chemie GW, BGBl. II Nr. 98/2010 i.d.g.F. BGBl. II Nr. 248/2019): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über den guten chemischen Zustand des Grundwassers (Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser – QZV Chemie GW).
- Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer (QZV Chemie OG; BGBl. II Nr. 363/2016 i.d.g.F. BGBl. II Nr. 128/2019): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Festlegung des Zielzustandes für Oberflächengewässer (Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer – QZV Chemie OG).
- Quecksilberverordnung (VO (EU) 2017/852): VERORDNUNG (EU) 2017/852 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 17. Mai 2017 über Quecksilber und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 1102/2008.

- Richtlinie über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe (RL 2001/81/EG): Richtlinie 2001/81/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2001 über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe.
- Richtlinie über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (RL 96/61/EG): RICHTLINIE 96/61 /EG DES RATES vom 24. September 1996 über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung.
- Richtlinie über gefährliche Abfälle (RL 91/689/EWG): RICHTLINIE DES RATES vom 12. Dezember 1991 über gefährliche Abfälle (91/689/EWG).
- Richtlinie zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe (RoHS-RL; RL 2011/65/EU): RICHTLINIE 2011/65/EU DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 8. Juni 2011 zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten.
- Trinkwasserverordnung (TWV; BGBl. II Nr. 304/2001 i.d.g.F. BGBl. II Nr. 362/2017): Verordnung des Bundesministers für soziale Sicherheit und Generationen über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung – TWV).
- Übereinkommen von Minamata über Quecksilber (BGBl. III Nr. 108/2017)
- Umweltkontrollgesetz (UKG; BGBl. I Nr. 152/1998 i.d.g.F. BGBl. I Nr. 40/2014): Bundesgesetz über die Umweltkontrolle und die Einrichtung einer Umweltbundesamt Gesellschaft mit beschränkter Haftung (Umweltkontrollgesetz).
- Umweltqualitätsnormenrichtlinie (UQN-RL; RL 2008/105/EG): RICHTLINIE 2013/39/EU DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 12. August 2013 zur Änderung der Richtlinien 2000/60/EG und 2008/105/EG in Bezug auf prioritäre Stoffe im Bereich der Wasserpolitik.
- Verordnung über die Schadstofffreisetzungs- und Verbringungsregister (Verordnung (EG) Nr. 166/2006): VERORDNUNG (EG) Nr. 166/2006 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 18. Januar 2006 über die Schaffung eines Europäischen Schadstofffreisetzungs- und -verbringungsregisters und zur Änderung der Richtlinien 91/689/EWG und 96/61/EG des Rates.
- Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen (BGBl. Nr. 199/1984): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft vom 24. April 1984 über forstschädliche Luftverunreinigungen (Zweite Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen).
- Wassergüte-Erhebungsverordnung (WGEV; BGBl. Nr. 338/1991 i.d.g.F. BGBl. II Nr. 415/2000): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die Erhebung der Wassergüte in Österreich (Wassergüte-Erhebungsverordnung - WGEV).

Verordnung (EG) Nr. 1881/2006: VERORDNUNG DER KOMMISSION vom 19. Dezember zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln. Wasserrahmenrichtlinie (WRRL; RL 2000/60/EG): RICHTLINIE 2000/60/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik.

Wasserrechtsgesetz (WRG; BGBl. Nr. 215/1959 i.d.g.F. BGBl. I Nr. 73/2018): Kundmachung der Bundesregierung vom 8. September 1959, mit der das Bundesgesetz, betreffend das Wasserrecht, wiederverlautbart wird.

8 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AGES.....	Österreichischen Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit
BFW	Bundesforschungszentrum für Wald
COP	Conference of the Parties (Deutsch: Vertragsstaatenkonferenz)
EU	Europäische Union
EW	Einwohnerwert
FG	Feuchtgewicht
GZÜV	Gewässerzustandsüberwachungsverordnung
Hg	Quecksilber
ICP-FORESTS.....	International Cooperative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests
MoRE.....	Modelling of Regionalized Emissions
MRP1	Multidrug Resistance Protein 1
NGP	Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan
OWK	Oberflächenwasserkörper
QZV Chemie GW	Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser
SOPs.....	Standard operating procedures
TM.....	Trockenmasse
UNECE.....	United Nations Economic Commission for Europe
UNEP	United Nations Environment Programme
UQN	Umweltqualitätsnorm
WGEV	Wassergüte-Erhebungsverordnung
WRRL.....	Wasserrahmenrichtlinie

Umweltbundesamt GmbH

Spittelauer Lände 5
1090 Wien/Österreich

Tel.: +43-(0)1-313 04

Fax: +43-(0)1-313 04/5400

office@umweltbundesamt.at

www.umweltbundesamt.at

Aufgrund des Minamata-Übereinkommens über Quecksilber ist Österreich verpflichtet, Emissionsminderungs- und Monitoring-Maßnahmen zu implementieren und durchzuführen.

Der vorliegende Bericht baut auf jenem des Jahres 2016 auf und gibt einen Überblick über die Quecksilber-Problematik in Österreich und weltweit. Die Datenlage der weltweiten Quecksilberbelastung wird unter anderem im Hinblick auf Emissionen, Konzentrationen und Ursachen für Bildung und Freisetzung erörtert sowie Überlegungen zur Wirksamkeitsbewertung des Abkommens diskutiert. Es werden aktuelle österreichische Studien und Monitoring-Aktivitäten zum Thema Quecksilber in der Umwelt und im Menschen beschrieben. Weiters werden Anwendungen von Quecksilber und Entwicklungen in der Industrie und rund um kontaminierte Standorte besprochen sowie potenzielle Handlungsfelder aufgezeigt.