

**Ad-hoc-Arbeitsgruppe
LAWA, LAI, LABO
Entwurf: August 2016**

**Bericht zum Kenntnis- und Diskussionsstand betreffend
Quecksilberbelastungen in Gewässern und diesbezügliche
Relevanz luftbürtiger Quellen**

Sachstand

Die LAWA, die LAI und die LABO hatten eine Ad-hoc-AG beauftragt, die vorliegenden Erkenntnisse zur Belastung der Gewässer durch Quecksilber und zur diesbezüglichen Relevanz luftseitiger Emissionen zusammenzustellen. Ein erster Bericht hierzu wurde im Sommer 2012 den Gremien vorgelegt. Der erste Bericht der Ad-hoc-AG hat den damaligen Sachstand beschrieben und noch bestehenden Bedarf zur weiteren Wissensgenerierung bzw. Fachpositionierung erläutert. Die Ad-hoc-AG hatte vorgeschlagen, die bis dahin gewonnenen weiteren Erkenntnisse in eine Fortschreibung des Berichtes im Jahr 2014 münden zu lassen.

Die 147. LAWA-VV (27./28.03.2014) hat dem folgend die damals eingesetzte Ad-hoc-AG gebeten, die Arbeiten wieder aufzunehmen und den Bericht unter Berücksichtigung der Erkenntnisse aus Modellrechnungen zu den prioritären Stoffen, zum Sedimentmanagement der Flussgebietsgemeinschaften und zur Quecksilberbelastung des Abwassers bestimmter Branchen sowie unter Berücksichtigung der aktuellen Gesetzgebung bis zur 148. LAWA-VV zu aktualisieren. Dieser Zeitplan war nicht zu realisieren, weshalb die 148. LAWA-VV einer Fristverlängerung zugestimmt hat.

Die Ad-hoc-AG hat die erste Überarbeitung des Berichtes im Januar 2015 der LAWA-Geschäftsstelle mit der Empfehlung übersandt, hierzu Stellungnahmen der LAWA-Fachausschüsse, des BLAK Abwasser, der LABO und des LAI einzuholen. Stellungnahmen der betreffenden Fach- und Rechtsausschüsse (LAWA-AR, LAWA-AO, BLAK Abwasser, BORA, BOVA, ALA, AISV) lagen abschließend im November 2015 vor. Die Stellungnahmen wurden – soweit dies widerspruchsfrei möglich war – in den Berichtsentwurf eingearbeitet. Bei Widersprüchlichkeiten wurde das Votum des für die Frage vorrangig zuständigen Ausschusses berücksichtigt. Der Bericht wird seitens der Ad-hoc-AG als abgeschlossen betrachtet.

Arbeitsweise und Mitglieder der Ad-hoc-AG

Die Ad-hoc-AG hat insgesamt zweimal getagt. Weitere Abstimmungen sind im E-Mail-Verfahren durchgeführt worden. Dabei wurden durch die Mitglieder der Ad-hoc-AG in der Regel weitere Fachbereiche der jeweiligen Häuser bzw. der entsendenden Gremien eingebunden. Wesentliche Daten und Informationen wurden vom Umweltbundesamt bereitgestellt.

In der Ad-hoc-AG waren beteiligt:

Joachim Heidemeier	UBA/BLAK Abwasser	(1. und 2. Bericht)
Jürgen Kühn	BMU / LAI	(1. Bericht)
Raimund Prinz	LfU / LABO	(1. und 2. Bericht)
Susanne Scholz	BMU / BLAK Abwasser	(1. und 2. Bericht)
Reyk Steinert	SMUL / LAI	(1. Bericht)
Achim Bobeth	SMUL / LAI	(2. Bericht)
Klaus Vogt	MKULNV / LAI	(1. Bericht)
Dominik Schüffeln	MKULNV / LAI	(2. Bericht)
Beate Zedler	HMUKLV / LAWA-AO	(1. und 2. Bericht)
Ulrike Düwel	LANUV / Obfrau	(1. und 2. Bericht)

Die abschließende Einarbeitung der Stellungnahmen der Fach- und Rechtsausschüsse erfolgte durch die LAWA-Geschäftsstelle in Schleswig-Holstein, Herrn Jörn Fröhlich.

Kenntnis- und Diskussionsstand betreffend Quecksilberbelastungen in Gewässern und diesbezügliche Relevanz luftbürtiger Quellen

Zusammenfassung

Die EG-Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG) und die Umweltqualitätsnorm-Richtlinie (2008/105/EG) in der Fassung der Änderung durch die Richtlinie zur Änderung der EG-Wasserrahmenrichtlinie und der Umweltqualitätsnormrichtlinie (2013/39/EU) legen Ziele für den ökologischen und chemischen Zustand der Gewässer fest. Die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) geht dabei von einem fachübergreifenden Ansatz aus, weil die anspruchsvollen Gewässerschutzziele nicht allein aus dem Regime des Wasserrechts heraus zu erreichen sind. Die Zielerreichung erfordert unter anderem Maßnahmen im Regime des Landwirtschaftsrechts, des Chemikalien- und Arzneimittelzulassungsrechts oder auch im Bereich des Immissionsschutzrechtes.

Für **Quecksilber** legt die Umweltqualitätsnorm-Richtlinie, umgesetzt durch die Oberflächengewässerverordnung (OGewV), eine Umweltqualitätsnorm für den chemischen Zustand von Wasserkörpern fest, die von in Gewässer befindlichen Biota einzuhalten ist. Grundlage der Normfestlegung waren das Anreicherungspotenzial von Quecksilber in Fischen und der Schutz Fisch fressender Säugetiere und Vögel, die als Endglieder der Nahrungskette besonders zu schützen sind.

Quecksilber zählt zu den Stoffen mit ubiquitärer Verbreitung, die sich über weite Strecken in der Umwelt verteilen können. Dies ist EU-weit so festgestellt und gilt auch für Deutschland. Die für Quecksilber in Biota einzuhaltende Umweltqualitätsnorm wird in deutschen Binnengewässern flächendeckend überschritten.

In Kapitel 1 dieses Berichtes werden Ausführungen zur Umweltrelevanz von Quecksilber und zu den rechtlichen Rahmenbedingungen gemacht. Dabei wird auch auf laufende Gesetzgebungsaktivitäten eingegangen.

In Kapitel 2 und 3 wird die zeitliche Entwicklung der Quecksilberbelastung der verschiedenen Umweltmedien dargestellt. Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Quecksilberemissionen in die Gewässer und in die Luft in den letzten Jahrzehnten deutlich reduziert werden konnten; die Wirkung dieser bereits erfolgten Minderungsmaßnahmen zeigt sich auch in den Zeitreihen zur Immissionssituation.

Bezogen auf die aktuelle Situation werden in Kapitel 4 die Ursachen der Quecksilberbelastung der Biota betrachtet. Ausgehend von den derzeit auf verschiedenen Ebenen vorliegenden Daten (Stand: Mai 2015) ergeben sich u. a. folgende Rückschlüsse:

- Aufgrund der über lange Zeiträume in die Gewässer eingetragenen Frachten, die in den Sedimenten angereichert wurden, befinden sich dort historisch bedingte Belastungen. Neben der ubiquitären „Grundlast“ können unterhalb von früheren Einleitungen auch besonders belastete Bereiche (Hot-Spot-Bereiche)

vorhanden sein. Die Interaktionen zwischen Gewässersediment und Biota sind noch weitgehend ungeklärt. Entsprechend ist noch nicht klar, welchen Beitrag die Belastungen der Gewässersedimente zur aktuell messbaren Belastung von Biota leisten. Hier gibt es noch Untersuchungsbedarf. Ohne dem vorgreifen zu wollen wird aber vermutet, dass die Sedimentbelastungen eine Hauptursache der Biota-Belastungen sind.

- Aufgrund von Belastungen, die durch aktuelle oder frühere luftbürtige Deposition und aufgrund der früheren und ggf. auch der aktuellen landwirtschaftlichen Nutzung (zum Beispiel durch Düngung mit Klärschlamm) in den Böden vorliegen, kommt es weiterhin zu Einträgen in die Gewässer; dominierende Eintragspfade sind die Dränagen, der Grundwasser-Zufluss, Erosion und der Oberflächenabfluss.
- Bezogen auf die aktuelle luftbürtige Deposition sind neben der atmosphärischen Belastung auch aktuelle bzw. früher aktive Emissions-Quellen in Deutschland bzw. den Nachbarstaaten ursächlich; und zwar insbesondere Emissionen aus den Kohlekraftwerken.
- Anders als bisher angenommen, spielen Einträge in das Gewässer aus kommunalen oder industriellen Kläranlagen eine untergeordnete Rolle.
- Welche Bedeutung Einträge über Niederschlagswasser haben ist bisher nicht geklärt. Neben dem Hg-Gehalt im Niederschlag selbst kommt vor allem dem Transport von Hg-haltigen Depositionen von versiegelten Flächen in die Gewässer eine gewisse Bedeutung zu.
- Insgesamt lässt die Datenlage eine Einschätzung der Belastungsquellen und -pfade zu, jedoch bestehen auch noch in einigen Bereichen durchaus große Unsicherheiten. Insbesondere die Relation der Einträge über Punkt- und diffuse Quellen in die Gewässer zu den Depotwerten der Gewässer und Gewässersedimente ist unbekannt.

Als wesentliche Maßnahme zur Verbesserung der Situation kann die Sanierung von Hot-Spot-Bereichen in Umsetzung von Sedimentmanagement-Plänen zu einer Minderung der Biota-Belastung mit Quecksilber führen. Auch durch die Überprüfung und Aktualisierung der bisherigen Regelungen zum Umgang mit Baggergut für Binnen- und Küstengewässer (HABAB und GÜBAK) im Rahmen der Erstellung gemeinsamer Bund-Länder-Regelungen kann ggf. ein Beitrag zur Minderung der sedimentbürtigen Biota-Belastungen erreicht werden.

Der Bodenabtrag sowie die Auswaschung aus Böden (mit Überschreitung der Vorsorgewerte) über Dränagen oder Grundwasser können zu einem relevanten Austrag in die Gewässer führen. Durch die Umsetzung von Maßnahmen zur Erosionsminderung können Synergieeffekte genutzt werden.

Die genannten Maßnahmen adressieren die historischen Emissionen als Hauptursache der heutigen Belastung. Darüber hinaus sind im Sinne des Minimierungsgebots weitere Einträge zu vermeiden. So ergibt sich durch den geplanten Verzicht auf die landwirtschaftliche Ausbringung von Klärschlamm mittel- und langfristig ebenfalls ein Minderungspotenzial. Voraussetzung ist die Umsetzung durch eine Novellierung der Klärschlammverordnung.

Für unmittelbare Eintragsquellen wird ein Minderungspotential lediglich für Anlagen des Anhangs 47 der AbwV (REA-Abwasser) in geringem Ausmaß angenommen, für Anlagen des Anhangs 51 wird ebenfalls ein (geringes) Minderungspotential nicht

gänzlich ausgeschlossen; kommunale Kläranlagen werden nicht als relevante Eintragsquelle eingeschätzt.

Möglicherweise hat der Eintrag von Quecksilber über Niederschlagswassereinleitungen im Vergleich zu den unmittelbaren Einleitungen eine größere Relevanz. Zwar stellen die aktuellen Quecksilberemissionen in die Luft hinsichtlich der Luftqualität keine relevante Belastung dar, die Deposition auf versiegelte Flächen kann jedoch über den Abfluss von Niederschlagswasser zur Belastung der Gewässer beitragen.

Minderungsmaßnahmen sollten – dem Verursacherprinzip der WRRL folgend – an den relevanten Quellen des Quecksilbereintrags ansetzen. So gebietet z. B. der Vorsorgegrundsatz des BImSchG mit Fortschreiten des Standes der Technik eine weitere Absenkung des Quecksilbereintrags relevanter Quellen in die Luft. Das sind insbesondere kohlebetriebene Großfeuerungsanlagen und Abfallverbrennungsanlagen sowie Anlagen der chemischen Industrie, Stahl, Eisen, NE-Metalle und Zementwerke, deren Emissionen in die Luft über Niederschlagswasser / Deposition Böden und versiegelte Flächen befrachten und über den weiteren Wasserpfad die Gewässer belasten. Grundsätzlich bestehen technische Möglichkeiten, diese Emissionen in die Luft zu mindern; bezogen auf die Großfeuerungsanlagen werden hierdurch die Austräge von Quecksilber über das REA-Abwasser nicht zwingend erhöht; jedoch sind möglicherweise mediale Verlagerungen und / oder der Gefahr eines Verlustes der Marktfähigkeit von Sekundärprodukten die Folge. Aufgrund der hohen Verweilzeit von Quecksilber in der Atmosphäre und des Quecksilberferntransports entfalten Maßnahmen an der Quelle allein in Deutschland nur eine geringe Wirkung. Deshalb ist die Einführung von anspruchsvollen Emissionsbandbreiten für die Quecksilberemissionen auf europäischer Ebene im Rahmen der Überarbeitung des BVT-Merkblattes für Großfeuerungsanlagen zwingend erforderlich.

Der Quecksilber-Ferntransport im globalen atmosphärischen Kreislauf sowie die Depots in Boden und Gewässersedimenten führen dazu, dass nur sehr langsam eine Minderung der Biota-Belastungen zu erwarten ist. Daher sind lokale und unmittelbar wirksame Maßnahmen an direkt gewässerwirksamen Quellen (Sedimente, lokal relevante Abwassereinleitungen) weiterhin notwendig. Unabhängig davon sind die Quecksilber-Emissionen nach dem fortentwickelten Stand der Technik auch luftseitig weiterhin zu minimieren.

Inhaltsverzeichnis:

Zusammenfassung	3
1 Umweltrelevanz von Quecksilber und rechtlicher Rahmen für Minderungsstrategien	9
1.1 Weltweiter Quecksilberkreislauf.....	9
1.2 Wirkungsweise von Quecksilber.....	11
1.3 Internationale Aktivitäten zur Minderung von Quecksilberemissionen.....	11
1.3.1 Internationales Quecksilber-Übereinkommen (Minamata-Konvention) .	11
1.3.2 Das Schwermetallprotokoll der Genfer Luftreinhaltkonvention.....	14
1.3.3 Quecksilberstrategie der Europäischen Union	15
1.4 Rechtlicher Rahmen	17
1.4.1 Wasserrecht.....	17
1.4.2 Bodenschutzrecht	19
1.4.3 Immissionsschutzrecht.....	22
2 Zeitliche Entwicklung der Immissionen	27
2.1 Gewässer	27
2.1.1 Belastung von Biota	27
2.1.2 Belastung der Schwebstoffe / Sedimente	31
2.2 Boden	32
2.3 Luft	34
3 Zeitliche Entwicklung der Emissionen	37
3.1 Weltweite zeitliche Entwicklung der anthropogenen und natürlichen Emissionen	37
3.2 Nationale zeitliche Entwicklung der anthropogenen und natürlichen Emissionen: Luft	38
3.3 Nationale zeitliche Entwicklung der anthropogenen und natürlichen Emissionen: Wasser	39
4 Relevanz der verschiedenen Belastungsursachen und Eintragspfade.....	41
4.1 Aktuelle Einträge in die Gewässer - Ursachen	41
4.1.1 Emissionen aus aktuell betriebenen Anlagen (Luft und Abwasser)	41
4.1.2 Emissionen aus aktuellen diffusen Quellen	45
4.1.3 Die atmosphärische Deposition als „Emissionsquelle“.....	46
4.1.4 Das Depot im Boden als „Emissionsquelle“	46
4.2 Aktuelle Einträge in die Gewässer: Eintragspfade.....	47
4.3 Vorhandene Belastungen in den Gewässern	48
4.4 Hinweis zur Belastbarkeit der Daten, zur Weiterentwicklung der Messtechnik und zur Verbesserung der bisher eingesetzten Modelle:	48
4.5 Fazit.....	51
5 Minderungsmöglichkeiten und -potenziale	52
5.1 Wasserwirtschaft	52
5.1.1 Kommunale Kläranlagen.....	52
5.1.2 REA-Abwasser von Großfeuerungsanlagen	52
5.1.3 Kühlturmabwasser von Großfeuerungsanlagen.....	54
5.1.4 Industrielle Kläranlagen	54
5.1.5 Niederschlagswasser	55
5.2 Bodenschutz.....	55
5.3 Gewässersedimente.....	56
5.4 Immissionsschutz	57
5.5 Fazit.....	60

Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1: Umwandlungsprozesse von Quecksilber in der Atmosphäre und an den Grenzflächen zu Luft, Wasser/Schnee/Eis und Boden _____ 9

Abbildung 2: Zeitliche Entwicklung der Quecksilberbelastung (ng/g FG) in Brassens-Filets der Umweltprobenbank BS: Belauer See, S1: Gündingen, S2: Rehlingen (alle Saar), R1: Weil, R2: Iffezheim, R3: Koblenz, R4: Bimmen (alle Rhein), E1: Prossen, E2: Zehren, E3: Barby, E4: Cumlosen, E5: Blankenese (alle Elbe), Sa: Wettin (Saale), Mu: Dessau (Mulde), D1: Ulm, D2: Kelheim, D3: Jochenstein (alle Donau). _____ 27

Abbildung 3: Quecksilberbelastung (ng/g FG) in Brassens-Filets der Umweltprobenbank von Fängen der Kernprobenahme­flächen (BS: Belauer See, R4: Bimmen (Rhein), E4: Cumlosen, (Elbe) und D3: Jochenstein (Donau). _____ 28

Abbildung 4: Quecksilberbelastung (ng/g FG) in Brassens-Filets der Umweltprobenbank von Fängen im Jahr 2013 (Weil:2012): (ST: Stechlin See, BS: Belauer See, S1: Gündingen, S2: Rehlingen (alle Saar), R1: Weil, R2: Iffezheim, R3: Koblenz, R4: Bimmen (alle Rhein), E1: Prossen, E2: Zehren, E3: Barby, E4: Cumlosen, E5: Blankenese (alle Elbe), Sa: Wettin (Saale), Mu: Dessau (Mulde), D1: Ulm, D2: Kelheim, D3: Jochenstein (alle Donau). _____ 29

Abbildung 5: Langjährige Entwicklung der Quecksilbergehalte in Schwebstoffen aus Donau, Rhein, Weser, Oder, Elbe (Quelle: UBA) _____ 32

Abbildung 6: Gesamt-gasförmiges Quecksilber (TGM), Jahresmittelwerte, UBA-Luftmessnetz, Quelle UBA, Luftmessnetz 2014 _____ 35

Abbildung 7: Quecksilber im Niederschlag – UBA-Luftmessnetz, Jahressummen der nassen Deposition, Quelle UBA Luftmessnetz (2014) _____ 36

Abbildung 8: Regionale Verteilung der globalen Quecksilberemissionen _____ 37

Abbildung 9: Emissionstrends (Luft) für Quecksilber in Deutschland in t/a, Quelle: UBA _____ 39

Abbildung 10: Quecksilbereinträge in kg/a aus Punkt- und diffusen Quellen in die Oberflächengewässer in Deutschland zwischen 1985 und 2011 _____ 40

Abbildung 11: Hg-Emissionen nach der Obergruppe der 4. BImSchV auf Basis der Emissionserklärungen 2012 für Nordrhein-Westfalen (Auswertungsstand: 17.07.2014) _____ 43

Abbildung 12: Gesamt-Quecksilbereinträge in die Gewässer Deutschlands im Zeitraum 2006 – 2011 _____ 44

Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1: Vorsorgewerte für Quecksilber je nach Bodenart _____ 21

Tabelle 2: Prüfwerte für Quecksilber bezogen auf den Wirkungspfad Boden-Grundwasser _____ 21

Tabelle 3: Emissionsbegrenzende Anforderungen für Quecksilber im Immissionsschutzrecht; HMW = Halbstundenmittelwert (ab 1.1.2016), TMW = Tagesmittelwert(ab 1.1.2016), JMW = Jahresmittelwert (ab 1.1.2019) _____ 25

Tabelle 4: Quecksilber in Brassens Filet-Mischproben von Elbe, Mulde und Saale (LOESS-geglättete Daten); Quelle: UBA/Umweltprobenbank _____ 30

Tabelle 5: Quecksilber in Brassens Filet-Mischproben von Rhein und Saar (LOESS-geglättete Daten); Quelle: UBA/Umweltprobenbank _____ 30

<i>Tabelle 6: Quecksilber in Brassens Filet-Mischproben von Donau, Belauer See, Stechlinsee (LOESS-geglättete Daten), Quelle: UBA/Umweltprobenbank</i>	30
<i>Tabelle 7: Brassens Filet-Mischproben: Gemessene Hg Konzentration 2013 in Proben aus NL, UK, SWE, FR; Quelle: Fraunhofer IME</i>	31
<i>Tabelle 8: LABO-Hintergrundwerte für Löss (LABO 2003)</i>	33
<i>Tabelle 9: Globale Quecksilberemissionen nach PIRRONNE et al. im Jahr 2008</i>	38
<i>Tabelle 10: Branchenspezifische Jahresfrachten der PRTR-Betriebe für Freisetzung von Quecksilber in die verschiedenen Medien (Auswertung des UBA, Datenbasis 2010 und 2012)</i>	42
<i>Tabelle 11: Summe der Hg-Einträge (kg/a) auf Ebene deutscher Anteile der Flussgebietseinheiten, gemittelt für den Bilanzzeitraum 2006-2008 (berechnet am 25.10.2013, verbessert am 20.3.2014 in Bezug auf die Kläranlagen-Eintragsberechnung) mit MoRE</i>	45
<i>Tabelle 12: Einschätzung des BLAK Abwasser zu Minderungspotenzialen bei industriellen Kläranlagen</i>	55

1 Umweltrelevanz von Quecksilber und rechtlicher Rahmen für Minderungsstrategien

1.1 Weltweiter Quecksilberkreislauf

Quecksilber ist ein chemisches Element und damit ein natürlich vorkommender, nicht abbaubarer Stoff. Es wirkt auf Organismen hochtoxisch und zeigt komplexe Kreisläufe in der gesamten Biosphäre. Atmosphärisches Quecksilber besteht zu 90 bis 99 % aus elementarem Quecksilber (Hg^0) und liegt in der Luft – aufgrund seines hohen Dampfdruckes – nahezu vollständig in Form von Metalldampf vor. Quecksilber ist in der gesamten Umwelt vorhanden und kommt in den Oxidationsstufen 0, +I und +II vor.

Quecksilber zeigt sich in der Atmosphäre sehr reaktionsträge und verteilt sich mehr oder weniger gleichmäßig über große Entfernungen; die hohe Verweilzeit von einigen Monaten¹ bis zu zirka einem Jahr bedingt einen weitreichenden Transport von elementarem Quecksilber in der Atmosphäre und eine nahezu homogene Verteilung auf globaler Ebene².

Quecksilber durchläuft dabei in der Umwelt viele zum Teil zirkuläre Stoffkreisläufe zwischen den Umweltmedien Luft, Wasser und Boden ehe es in tiefen Sedimentschichten eingeschlossen wird oder stabile mineralische Verbindungen eingeht und so schließlich immobilisiert wird.

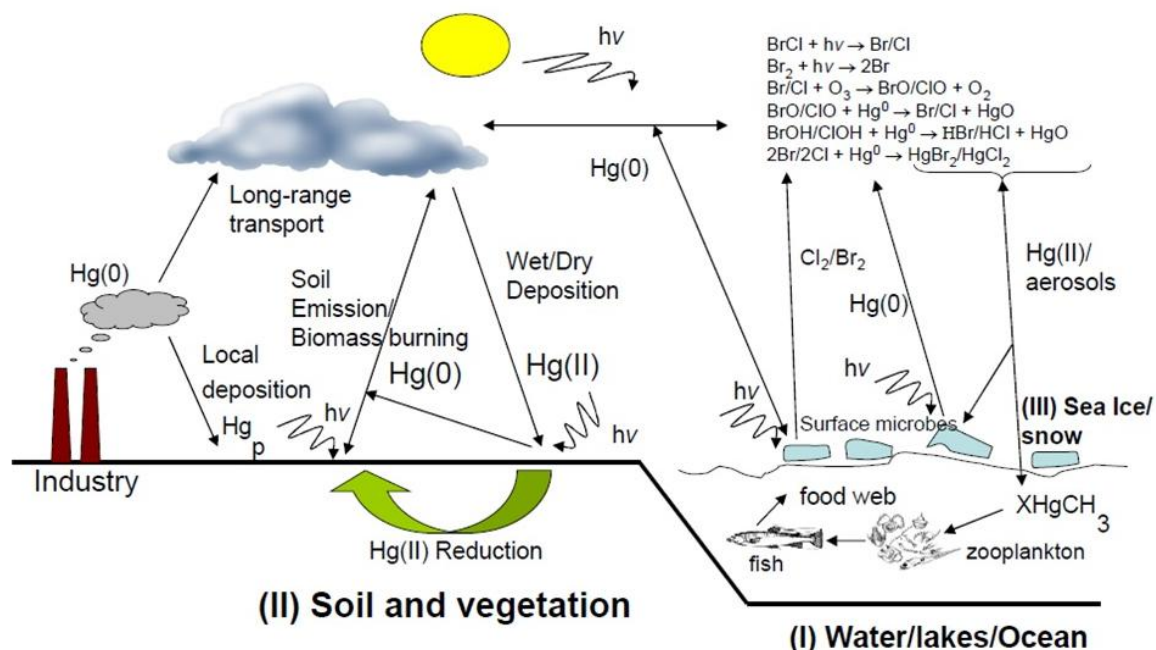


Abbildung 1: Umwandlungsprozesse von Quecksilber in der Atmosphäre und an den Grenzflächen zu Luft, Wasser/Schnee/Eis und Boden³

¹ Selin, Jacob, Yantosca, Strode, Jaeglé und Sunderland (2011): "Global 3-D land-ocean-atmosphere model for mercury: Present-day versus preindustrial cycles and anthropogenic enrichment factors for deposition", *Global Biogeochemical Cycles*, Vol. 22, GB2011, doi:10.1029/2007GB003040, 2008

² Europäische Kommission (2001): „Ambient Air Pollution by Mercury (Hg) – Position Paper“, siehe <http://www.cnr.it/istituti/ProdottoDellaRicerca.html?cds=046&id=135993>

³ http://www.earthobservations.org/documents/meetings/201111_geo8_eu/GMOS.Nicola%20Pirrone.pdf

Die Umwandlungsprozesse von Quecksilber in der Atmosphäre sind mannigfaltig und resultieren sowohl auf chemischen und geologischen als auch auf biologischen Prozessen⁴:

Quecksilber gelangt unter anderem über natürliche Quellen, wie den Weltmeeren und Oberflächengewässern, Gestein oder den Boden sowie durch geogene Prozesse von Vulkanen, Geysiren oder durch Brände von Biomasse (Re-Emission / Re-Mobilisation) und als Folge menschlicher Aktivitäten in die Umwelt. Weltweit zählen zu den wichtigsten anthropogenen Quellen die Verbrennung fossiler Brennstoffe für die Energieerzeugung, der Abbau von Quecksilberlagerstätten sowie der kleingewerbliche Goldbergbau und die -aufbereitung mittels Amalgambildung (Artisanal and small scale gold mining, kurz ASGM).

Das elementare Quecksilber (Hg^0) kann dabei entweder durch Deposition lokal um den Emissionsort niedergehen oder sich mittels Ferntransport weltweit mehr oder weniger gleichmäßig verteilen. DOMERGUE et al. berichten 2010 auf Basis quantitativer Bestimmungen von einer Hg-Konzentration in der nördlichen Hemisphäre von $1,8 \text{ ng/m}^3$, in der südlichen Hemisphäre von $1,3 \text{ ng/m}^3$ ^{4,5}.

Aufgrund der Wechselwirkung mit reaktiven Komponenten der Troposphäre wird das zunächst in elementarer Form emittierte Hg^0 zu Hg^{II} oxidiert, wobei sich dieses oxidierte Quecksilber aufgrund seiner guten Wasserlöslichkeit insbesondere als nasse Deposition auf dem Erdboden niederschlägt. Das durch Trockendeposition im „Nahfeld“ des Emissionsortes niedergeschlagene Quecksilber (Hg^0) wird durch Bio-konversion im Oberboden ebenfalls in die reaktivere und wasserlösliche Form (Hg^{II}) oxidiert. Dieses wird verursacht durch sulfat-reduzierende anaerobe Bakterien, die in Feuchtgebieten, in Flusssedimenten und dem Boden Quecksilber zu Methyl-Quecksilber umsetzen^{6,7}. Diese Mikroorganismen weisen eine Resistenz gegenüber der toxischen Wirkung des Methyl-Quecksilbers auf (Stichwort 'mer Operon'); deshalb kann es zu einer Bioakkumulation von Quecksilber in der aquatischen Nahrungskette kommen⁴.

Das atmosphärisch mittels Ferntransport verbrachte Quecksilber setzt sich vermehrt in den kälteren Gebieten der Erde ab. Die Polarregionen können insoweit als „Kühlfallen“ betrachtet werden, in denen viele Stoffe in den Eisfeldern abgelagert werden (u. a. Hg^{II})⁴.

Ein Ausgangspunkt dieser Erkenntnis war ein messbarer Rückgang der Konzentration an elementarem Hg^0 im arktischen Frühling. STEFFEN et al. berichten in 2008⁸, dass in der Arktis im Frühling 1995 die photochemische Umwandlung von Hg^0 in Hg^{II}

⁴ Schweinsberg (2011): „Quecksilber gestern, heute, morgen – Mercury 'revisited' (ein letztes Wiedersehen mit Quecksilber)“ Umweltmed Forsch Prax 16 (6) 395 – 409 (2011), Seiten 395 bis 409

⁵ Dommergue, Sprovieri, Pirrone, Ebinghaus, Brooks, Courteaud and Ferrari (2010): „Overview of mercury measurements in the Antarctic troposphere“, Atmospheric Chemistry and Physics 10: Seiten 3309 - 3319, siehe <http://www.atmos-chem-phys.net/10/3309/2010/acp-10-3309-2010.pdf>

⁶ Schaefer, Rocks, Zheng, Liang, Gu and Morel (2011): „Active transport, substrate specific, and methylation of Hg(II) in anaerobic bacteria“, Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS) 108: 8714 - 8719, siehe <http://www.pnas.org/content/108/21/8714>

⁷ Corrales, Dziuba, Rivero and Orem (2011): „Sulfate threshold target to control methylmercury levels in wetland ecosystems“, Science of the Total Environment 409:, Seiten 2165 - 2162

⁸ Steffen, Douglas, Amyot, Ariya, Aspö, Berg, Bottenheim, Brooks, Cobbett, Dastoor, Dommergue, Ebinghaus, Ferrari, Gardfeldt, Goodsite, Lean, Poulain, Scherz, Skov, Sommar and C. Temme (2008): „A synthesis of atmospheric mercury depletion event chemistry in the atmosphere and snow“, Atmospheric Chemistry and Physics 8: Seiten 1445-1482, siehe <http://www.atmos-chem-phys.net/8/1445/2008/acp-8-1445-2008.pdf>

gemessen werden konnte, wobei das entstandene Hg^{II} in den polaren Eisfeldern abgelagert wird.

Dieser Effekt wird als „*Atmospheric Mercury Depletion Event*“ (AMDE) bezeichnet und wird verursacht durch eine Reaktion der im Meerwasser vorhandenen Halogene (insbesondere Brom) mit Ozon (O₃), welches zu einer hohen Konzentration an BrO-Radikalen führt, die den eigentlichen Umwandlungsprozess von Hg⁰ in Hg^{II} katalysieren. Die Abnahme der Ozon-Konzentration an den Polen wurde von TATASICK UND BOTTEMHEIM in 2002 beschrieben⁹.

1.2 Wirkungsweise von Quecksilber

Als Problem wurde insbesondere der Gehalt von organisch gebundenem Quecksilber in Form von Methyl-Quecksilber (CH₃Hg⁺-Ion) in Fischen und Schalentieren erkannt¹⁰. Dieser Stoff ist im Haupt-Expositionspfad (Nahrung) noch toxischer als das elementare Quecksilber und wirkt sich direkt auf den Menschen aus, wenn die belasteten Meeresfrüchte verzehrt werden. Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen der Quecksilberbelastung und dem Fisch- und Meeresfrüchtekonsum konnte insbesondere bei Menschen (vornehmlich bei Pescetariern) in Nordeuropa nachgewiesen werden.

Es wurde im Rahmen wissenschaftlicher Studien zweifelsfrei belegt, dass Quecksilber bereits in geringen Mengen vor allem während der Schwangerschaft einen negativen Effekt auf die Entwicklung des Nervensystems hat und somit die natürliche Entwicklung des Gehirns stört^{11,12}. Weitere Untersuchungen deuten darauf hin, dass geringe Belastungen mit Quecksilber auch andere negative Auswirkungen auf die Gesundheit (u. a. auf das Herz-Kreislaufsystem) haben können¹³.

Um den „weltweiten Pool“ von bereits freigesetztem Quecksilber zu begrenzen, Neu-Emissionen zu vermeiden und die Exposition des Menschen zu verringern, wurden in den vergangenen Jahren bereits eine Reihe internationaler Aktivitäten und Strategien mit dem Ziel der Verringerung des Quecksilbereintrags in die Umwelt eingeleitet bzw. umgesetzt (s. Kapitel 1.3).

1.3 Internationale Aktivitäten zur Minderung von Quecksilberemissionen

1.3.1 Internationales Quecksilber-Übereinkommen (Minamata-Konvention)

Im Rahmen des Umweltprogramms der Vereinten Nationen (UNEP) wurde 2003 ein globales Quecksilberprogramm eingerichtet. Unter anderem sieht das Programm vor, durch Länderpatenschaften die Freisetzung von Quecksilber in die Umwelt zu vermeiden.

⁹ Tarasick and Bottenheim (2002): „Surface ozone depletion episodes in the Arctic and Antarctic from historical ozonesonde records“, *Atmospheric Chemistry and Physics* 2: Seiten 197 – 205, siehe <http://www.atmos-chem-phys.net/2/197/2002/acp-2-197-2002.pdf>

¹⁰ Physicians for Social Responsibility (2004): „Mercury in Fish“, Mercury Factsheet No. 3, s. <http://www.psr.org/assets/pdfs/mercury-in-fish.pdf>

¹¹ Grandjean, Weihe, White, Debes, Araki, Yokoyama, Murata, Sørensen, Dahl and Jørgensen (1997): „Cognitive deficit in 7-year-old children with prenatal exposure to methylmercury.“, *Neurotoxicol Teratol.*, 19(6):417-28.

¹² Oregon Physicians for Social Responsibility Chemical Fact Sheet (Januar 2004): „Mercury & Neurodevelopment – Neurodevelopmentg disorders on the rise“, s. <http://www.psr.org/chapters/oregon/assets/pdfs/mercury-neurodevelopment.pdf>

¹³ WHO IPCS (1990): „Environmental Health Criteria“ 101, ISBN 92 4 157101 2, vgl. <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc101.htm>

Um der Bedeutung von Quecksilber gerecht zu werden, beschloss der UNEP-Verwaltungsrat, eine Konvention zu entwickeln. Seit dem Jahr 2010 verhandelte die internationale Gemeinschaft einen Entwurf, der im Januar 2013 in einen Konventionstext mündete. Dieser wurde im Oktober 2013 in Kumamoto, Japan, gezeichnet und muss nun ratifiziert werden.

 Hinweis zum Stand der Ratifizierung gegen Ende 2014:

- Auf internationaler Ebene fand am 3.-7. November 2014 das sechste Treffen des zwischenstaatlichen Verhandlungsausschusses (Intergovernmental negotiating committee, kurz INC) zum Minamata-Übereinkommen in Bangkok statt¹⁴. Im Rahmen der Verhandlungen konnten bereits einige Fortschritte erzielt werden, aber viele Fragen – insbesondere in Bezug auf die Finanzierung – müssen im Rahmen der für März 2016 geplanten INC-7-Verhandlungen gelöst werden¹⁵.
- Im Rahmen einer internationalen Technischen Expertengruppe, die im März 2015 zum dritten Mal tagte, wird derzeit für die Branchen Kohlekraftwerke und andere Industriefeuerungen, Abfallverbrennung, Zementwerke und Gold-/Zink-/Kupfer-/Blei-NE-Metallindustrie ein entsprechender UN-Leitfaden (sog. BAT/BEP Guidance Document) erarbeitet. Die Arbeiten wurden im September 2015 abgeschlossen. Der Entwurf des Leitfadens soll auf INC 7 zur Abstimmung gestellt werden.
- Für die Vertragsstaaten des Minamata-Übereinkommens werden diese Leitfäden – ähnlich den BVT/BREF-Dokumenten auf EU-Ebene – verbindliche Grundlagen zur Genehmigung von Neuanlagen bilden (Hinweis: Für Altanlagen sind entsprechende Ausnahmeregelungen bezüglich Anwendbarkeit und Technikverfügbarkeit vorgesehen.).
- Der von der internationalen BAT/BEP-Expertengruppe bereits im Entwurf vorgelegte Leitfaden wurde in einer öffentlichen Konsultation von den Stakeholdern kommentiert. Der zur Abstimmung anstehende Entwurf wurde auf der folgenden Webseite veröffentlicht:
<http://www.mercuryconvention.org/Negotiations/BATBEPExpertGroup/CommentsonBATBEPguidance/tabid/4545/Default.aspx>
- Die Europäische Kommission arbeitet derzeit aktiv an der Umsetzung der Minamata-Konvention, als Voraussetzung zur Ratifizierung durch die Mitgliedstaaten. Hierzu führte die GD Umwelt der Europäischen Kommission im Zeitraum vom 14.08. bis zum 14.11.2014 eine öffentliche (on-line) Konsultation zur Umsetzung des Minamata-Übereinkommens in der Europäischen Union durch¹⁶. Die Ergebnisse können eingesehen werden unter:
<https://ec.europa.eu/eusurvey/publication/MinamataConvention>

Die Konvention verbietet unter anderem ab dem Jahr 2020 (Phase-Out-Zeitpunkt) grundsätzlich die Produktion und den Import / Export quecksilberhaltiger Produkte, wie beispielsweise Batterien, elektrische Schalter und Relais, bestimmte Leuchtmit-

¹⁴ http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/meetings/inc6/English/6_24_e_report.pdf


¹⁵ <http://www.bmub.bund.de/en/topics/health-chemical-safety-nanotechnology/gesundheit-und-umwelt/background-paper-to-the-united-nations-convention-on-mercury/>

¹⁶ http://ec.europa.eu/environment/consultations/mercury_en.htm

tel, Kosmetika, Pestizide und Biozide sowie bestimmte quecksilberhaltige Messinstrumente (Barometer, Thermometer, Manometer, Sphygmomanometer etc.); zudem dürfen Quecksilber-Abfälle nur unter strengen Auflagen gelagert und entsorgt werden.

Wichtige Bausteine der Konvention sind:

- Minderung des weltweiten Angebots an Quecksilber und eine mögliche Steuerung der Nachfrage
- Kontrolle des Handels
- Beendigung des Quecksilberbergbaus
- Umweltgerechte Quecksilberlagerung und der Umgang mit Altlasten und Abfällen
- Minderung der Emissionen aus der kleingewerblichen Goldgewinnung, die ein wesentlicher Verbraucher von Quecksilber mit sehr hohen direkten Emissionen in die Umwelt ist
- Verbot oder die Begrenzung des Quecksilbereinsatzes in Produkten
- Regulierung der Produktionsprozesse und Emissionen aus Anlagen, die Quecksilber verwenden oder freisetzen und eine Anwendung von „besten verfügbaren Techniken“ nach einer Übergangsfrist, wenn diese weiter angewendet werden sollen
- Ausgewählte Maßnahmen beim Einsatz von Dentalamalgam
- Forschung, Monitoring und Berichterstattung
- Technische Unterstützung, Finanzierung, Vertragsumsetzung und Erfüllungskontrolle
- Nutzung von Synergieeffekten mit anderen Umweltabkommen und damit einhergehende Einsparung von Kosten.

 Im Hinblick auf die im Anhang D der Minamata-Konvention genannten Industrieanlagen (Kohlekraftwerke, kohlebefeuerte Dampfkessel, Schmelz- und Röstprozesse in der NE-Metallherstellung von Blei, Zink, Kupfer und industriellem Gold, Müllverbrennungsanlagen sowie Zementwerke) beteiligt sich Deutschland seit Februar 2014 aktiv durch Mitarbeit des Umweltbundesamtes an der Ausgestaltung entsprechender Leitlinien zu den besten verfügbaren Techniken und der besten Umweltschutzpraktiken zur Minderung von Quecksilberemissionen in die Luft für die zuvor genannten Anlagen.

Die Minamata-Konvention wird künftig aus dem Global Environmental Facility Trust Fund (GEF)¹⁷ von UNEP finanziert, der durch ein internationales Programm zur Förderung von Kapazitätsaufbau und technischer Unterstützung ergänzt wird.

Das globale Quecksilber-Programm wurde Minamata-Konvention genannt, in Erinnerung an einen Abfallskandal in der gleichnamigen japanischen Stadt. Dort hatte ein Chemiekonzern Mitte der 1950er Jahre mit verheerenden Folgen für Mensch und Umwelt methylquecksilberhaltige Abwässer in die Yatsushiro-See eingeleitet. Damals erlitten 3.000 Menschen chronische Vergiftungen durch Fischkonsum, mehr als 1.800 starben.

¹⁷ vgl. https://www.thegef.org/gef/trust_funds


1.3.2 Das Schwermetallprotokoll der Genfer Luftreinhaltekonvention

Im Rahmen der Genfer Luftreinhaltekonvention der Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen (UNECE) gibt es bereits seit 1998 ein Schwermetall-Protokoll – das so genannte Århus-Protokoll –, das für den UNECE-Raum rechtlich bindend ist¹⁸. Darin werden festgelegte Emissionsgrenzwerte für Blei, Cadmium und Quecksilber geregelt und konkrete Vorgaben zur Minderung der Emissionen gemacht. So reglementiert das Århus-Protokoll beispielsweise den Einsatz von Blei in Benzin oder den Einsatz quecksilberhaltiger Produkte.

Das Århus-Protokoll wurde im Dezember 2012 überarbeitet¹⁹ und durch Aktualisierung des Guidance Documents zu besten verfügbaren Techniken den modernen Anforderungen an Industrieanlagen angepasst^{20,21}.

Im Zuge der Überarbeitung in 2012 wurde auch die Mangan-Herstellung als relevante Quelle von Quecksilberemissionen identifiziert und in den Annex II des Schwermetallprotokolls mit aufgenommen.

Insbesondere den Staaten der ehemaligen Sowjetunion in Osteuropa, dem Kaukasus und Mittelasien (EECCA-Region) sollte durch die Überarbeitung, die z. B. längere Übergangsfristen für technische Anpassungen und flexiblere Basisjahre für Berichterstattungsfristen dieser Länder vorsieht, die Ratifizierung erleichtert werden. Durch die derzeit noch geringeren Anforderungen und den Zustand der Industrieanlagen in Osteuropa und der ehemaligen Sowjetunion befinden sich dort die größten Potenziale zur Emissionsminderung. Deutschland engagierte sich stark bei der Revision des Protokolls, leitet die UNECE Task Force on Heavy Metals²² und unterstützte mit Projekten und Konferenzen die möglichst baldige Ratifizierung in den EECCA-Staaten.

 Das Århus-Protokoll zeigt Minderungspotenziale auf. Es führt jedoch nicht zu verschärften Anforderungen in den BVT-Merkblättern der Europäischen Union und geht nicht über den Stand gültigen EU-Rechts hinaus.

Die in Deutschland und den USA bereits seit vielen Jahren etablierten (wenn auch unterschiedlichen) Emissionsgrenzwerte für Quecksilber waren im Rahmen der Überarbeitung des Schwermetallprotokolls international nicht mehrheitsfähig; insbesondere die in 2012 verschärften US-amerikanischen Grenzwerte für Neu- und Bestandsanlagen für Kohlekraftwerke²³ (MATS) fanden keine Mehrheit, so dass für die USA getrennte Verpflichtungen gelten, die den aktuell dort gültigen Regelungen auf Ebene des „Federal Government“ entsprechen.

¹⁸ Der UNECE-Raum umfasst größtenteils die EU-Mitgliedsstaaten, die Nachfolgestaaten der ehemaligen Sowjetunion sowie die Länder Kanada und USA.

¹⁹ vgl. <http://www.unece.org/index.php?id=31845>

²⁰ UNECE Guidance document on best available techniques for controlling emissions of heavy metals and their compounds from the source categories listed in annex II to the Protocol on Heavy Metals
http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2012/EB/ECE_EB.AIR_116_E.pdf

²¹ Text des neuen Protokolls: http://www.unece.org/env/lrtap/hm_h1.html.

²² <http://www.unece.org/env/lrtap/taskforce/tfhm/welcome.html>

²³ vgl. Federal Register, Vol. 77, No. 32, 16. Februar 2012, vgl. <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2012-02-16/pdf/2012-806.pdf>

Weltweit entspricht der Anspruch in den meisten Staaten höchstens bestehenden europäischen Regelungen (insbesondere IED und Anhänge, die Schwermetalle explizit nur lückenhaft regeln)²⁴.

1.3.3 Quecksilberstrategie der Europäischen Union

Auch die Quecksilberstrategie der Europäischen Union²⁵ zielt darauf ab, die Quecksilberwerte in der Umwelt und der Exposition des Menschen zu verringern.

Im Einzelnen werden folgende Ziele genannt:

- Verringerung der Quecksilberemissionen
- Verringerung des Eintritts von Quecksilber in die Umwelt durch Verringerung von Angebot und Nachfrage
- Lösung des Problems der langfristigen Quecksilberüberschüsse und der vorhandenen Reservoirs (in weiterhin verwendeten oder gelagerten Produkten)
- Schutz gegenüber der Quecksilberexposition

In der EU bestehen bereits zahlreiche Regelungen, die den Einsatz von Quecksilber in Produkten, den Gehalt in bestimmten Medien (z. B. Trinkwasser) und die Freisetzung von Quecksilber begrenzen oder verbieten²⁶. Diese Regelungen gelten entweder direkt in den Mitgliedstaaten oder sie werden in deutsches Recht umgesetzt und dabei teilweise weiter präzisiert.

Aktueller Handlungsbedarf besteht vor allem hinsichtlich der Quecksilber-Abfälle. Mit Blick auf **quecksilberhaltige Abfälle und deren Vermeidung und Lagerung** wurden mit der Quecksilber-Verordnung (EU) Nr. 1102/2008²⁷ einige Maßnahmen der Gemeinschaftsstrategie für Quecksilber europaweit rechtsverbindlich umgesetzt. Hierzu gehören das Verbot, metallisches Quecksilber und ausgewählte Quecksilberverbindungen aus der Gemeinschaft zu exportieren, sowie die Verpflichtung, überschüssiges und bei bestimmten industriellen Prozessen (z. B. in der Chlor-Alkali-Industrie) anfallendes Quecksilber umwelt- und gesundheitsgerecht als Abfall zu beseitigen (vgl. Artikel 2 der Quecksilber-Verordnung). Die Ausfuhr von metallischem Quecksilber und bestimmten Verbindungen und Gemischen nach außerhalb der Europäischen Union ist laut Artikel 1 der Quecksilber-Verordnung verboten.

Laut der EU-Quecksilber-Verordnung muss metallisches Quecksilber dauerhaft unter Tage gelagert werden. Eine andere Option besteht in der Verfestigung des flüssigen Quecksilbers. Ein Forschungsprojekt des UBA²⁸ kommt zu dem Ergebnis, dass sowohl die Dauerlagerung von metallischem Quecksilber als auch die von festem Quecksilbersulfid in den deutschen Untertagedeponien hinsichtlich Umwelt- und Gesundheitsschutz sicher möglich und durchführbar ist.

24 Spranger (2014): "Die novellierten Protokolle zur UNECE-Luftreinhaltekonvention: Trends und Herausforderungen internationaler Luftreinhaltepolitik", Immissionsschutz Zeitschrift für Luftreinhaltung, Lärmschutz, Anlagensicherheit, Abfallverwertung und Energienutzung, Ausgabe 2, 2014

25 Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament: Gemeinschaftsstrategie für Quecksilber, KOM/2005/0020 endg. vom 28.1.2005.

26 Für eine Übersicht siehe BIO Intelligence Service "Review of the Community Strategy Concerning Mercury", 2010, vgl. http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/review_mercury_strategy2010.pdf

27 EG-Verordnung 1102/2008 vom 22. Oktober 2008 über das Verbot der Ausfuhr von metallischem Quecksilber und bestimmten Quecksilberverbindungen und -gemischen und die sichere Lagerung von metallischem Quecksilber, vgl. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:32008R1102&from=EN>


28 „Verhalten von Quecksilber (Hg) und Quecksilberverbindungen bei der untertägigen Ablagerung in Salzformationen, insbesondere der möglichen Mobilisierung von Hg durch saline Lösungen“ (FKZ 371035307).

Das **Quecksilber, das bei der Lampenverwertung** zurückgewonnen wird, muss nicht gemäß Verordnung 1102/2008 als Abfall entsorgt werden; es kann aufbereitet und innerhalb der EU vermarktet werden.

Mit Blick auf **Produkte bzw. Herstellungsprozesse** wird auf die Europäische Chemikalienverordnung REACH (VO (EG) Nr. 1907/2006) verwiesen. Darin enthalten sind Verbote zur Abgabe quecksilberhaltiger Messinstrumente an die breite Öffentlichkeit. Darüber hinaus ist seit dem 10. April 2014 auch die Abgabe verschiedener quecksilberhaltiger Messinstrumente – wie Thermometer, Sphygmomanometer, Barometer – zur Verwendung für industrielle und gewerbliche Zwecke verboten. Mit der EU-Verordnung 848/2012 zur Änderung des Anhangs XVII REACH-VO wurde die Herstellung, Verwendung und Vermarktung von Phenylquecksilberverbindungen und das Inverkehrbringen von diese Verbindung enthaltenden Erzeugnissen ab dem 11. Oktober 2017 verboten. Die REACH-Verordnung enthält auch ein Verbot zur Verwendung von Quecksilberverbindungen zum Holzschutz und zur Imprägnierung bestimmter Textilien.

Nach Veröffentlichung des Durchführungsbeschlusses der Europäischen Kommission vom 9. Dezember 2013 zu den BVT-Schlussfolgerungen in Bezug auf die **Chlor-Alkali-Industrie** (CAK BATC) darf beispielsweise das Amalgam-Verfahren ab dem 11. Dezember 2017 (Phase-Out-Zeitpunkt) nicht mehr für die Chloralkali-Elektrolyse eingesetzt werden; es gelten lediglich Ausnahmen zur Herstellung von Alkoholaten für derzeit zwei in Deutschland betriebene Anlagen²⁹ (eine in Rheinland-Pfalz und eine in Nordrhein-Westfalen).

Mit Blick auf **Emissionen aus Großfeuerungsanlagen** wird in der Überarbeitung des BVT-Referenzdokuments „Großfeuerungsanlagen“ (LCP BREF) insbesondere auch auf die Aspekte der Minderung von Quecksilberemissionen eingegangen (→ näheres hierzu siehe Kap. 1.4.3 / Immissionsschutzrecht); gleiches gilt auch für die derzeit ebenfalls anstehende Überarbeitung des BVT-Referenzdokumentes für die **NE-Metallindustrie**³⁰.

 Eine Ende 2010 begonnene Überprüfung der Europäischen Gemeinschaftsstrategie für Quecksilber kam in ihrer Gesamtbewertung zu dem Ergebnis, dass bereits „signifikante Fortschritte bei der Umsetzung der 2005 beschlossenen Maßnahmen zu verzeichnen“ waren. Da jedoch angesichts des globalen Aspekts des Quecksilberproblems von der EU-Kommission erkannt wurde, dass europäische Rechtsvorschriften alleine nicht ausreichen würden, dem globalen Problem angemessen zu begegnen, sah die Kommission das Handeln auf internationaler Ebene als Priorität für die kommenden Jahre an und verstärkte daher ihre Aktivitäten auf internationaler Ebene, z. B. durch Förderung internationaler Maßnahmen (→ Minamata-Konvention).

²⁹ Durchführungsbeschluss der Kommission vom 9. Dezember 2013 über Schlussfolgerungen zu den besten verfügbaren Techniken (BVT) gemäß der Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlamentes und des Rates über Industrieemissionen in Bezug auf die Chloralkaliindustrie, vgl. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:332:0034:0048:DE:PDF>

³⁰ Das NFM BREF liegt derzeit in Form des Final Draft mit Stand vom Oktober 2014 vor.

1.4 Rechtlicher Rahmen

1.4.1 Wasserrecht

Die EG-Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG (WRRL) fordert innerhalb bestimmter Fristen, grundsätzlich bis zum 22. Dezember 2015, u. a. die Erreichung des „*guten chemischen Zustands*“ in allen Wasserkörpern.

Die Umweltqualitätsnormen (UQN) für die Bewertung des chemischen Zustands von Wasserkörpern wurden in der **UQN-Richtlinie** 2008/105/EG festgelegt. Mit der am 13.08.2013 in Kraft getretenen Richtlinie 2013/39/EU wurden sowohl die WRRL als auch die UQN-Richtlinie 2008/105/EG geändert.


In der Richtlinie 2013/39/EU ist – bezogen auf Quecksilber – die in der 2008/105/EG festgelegten JD-UQN (Jahresdurchschnitt) für Wasser gestrichen worden. Es gilt aber weiterhin die Biota-UQN, die für den „*guten chemischen Zustand*“ die Einhaltung eines Wertes von 20 µg/kg Frischgewicht vorschreibt. Die Einhaltung dieser Biota-UQN soll vorzugsweise an Fischproben überprüft werden. Ziel der Biota-UQN ist der Schutz von Prädatoren an der Spitze aquatischer Nahrungsketten (z. B. Fischotter, Seeadler) vor Sekundärvergiftungen.

Neben der Biota-UQN ist die Einhaltung der ZHK-UQN (Zulässige Höchstkonzentration) in Wasser von 0,07 µg/l gefordert. Die Überprüfung der ZHK-UQN kann Hinweise auf punktuelle Belastungen geben.


Die Richtlinie 2013/39/EU ist bis zum 14.09.2015 in nationales Recht umzusetzen. Das erfolgt durch eine entsprechende Änderung der Oberflächengewässerverordnung.

Derzeit sind für die Bewertung des chemischen Zustands die Anforderungen der Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung – OGewV) vom 20. Juli 2011 (BGBl. I S. 1429) in der jeweils geltenden Fassung maßgeblich. Diese Verordnung regelt – auf Basis der Richtlinie 2008/105/EG – in Anlage 7 Tabelle 1 Nummer 21 die UQN für Quecksilber in Gewässern (Wasser und Biota) wie folgt:

- Für die Wasserphase (gelöst):
 - zulässige Konzentration im Jahresdurchschnitt (JD-UQN) von 0,05 µg/l und zulässige Höchstkonzentration (ZHK-UQN) von 0,07 µg/l

 Bis zum Inkrafttreten der Oberflächengewässerverordnung, die in Deutschland u. a. die UQN-Richtlinie umsetzt, waren die gewässerseitigen Anforderungen an Quecksilber über die Verordnungen der Länder zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie – bzw. in gleicher Höhe über die Verordnungen der Länder zur Umsetzung der Richtlinie 2006/11/EG (vorher: 76/464/EWG gefährliche Stoffe) – mit 1 µg/l (in der Gesamtwasserphase, d. h. Wasser einschließlich der Schwebstoffanteile) im Jahresmittelwert begrenzt.

- Für Biota:
 - zulässige Konzentration von 20 µg/kg Frischgewicht

 Für die Aufstellung der Messprogramme und damit auch für die Auswahl der zu untersuchenden Biota wird von der LAWA im Arbeitspapier IV.3 „Konzeption für Biota-Untersuchungen zur Überwachung von Umweltqualitätsnormen gemäß RL 2008/105/EG“ den Ländern eine Vorgehensweise zur Anwendung empfohlen.

Die Richtlinie 2013/39/EU beinhaltet eine neue Regelung für sogenannte **ubiquitäre Stoffe** (vgl. Artikel 8, Absatz 1, Buchstabe a), zu denen auch Quecksilber (Stoff mit der Nr. 21) gehört. Für solche Stoffe soll eine ergänzende Darstellung in Berichten der Mitgliedstaaten und ein geändertes Monitoring ermöglicht werden. Es wird für diese ubiquitären Stoffe davon ausgegangen, dass – selbst bei umfassender Einstellung der Stoffeinträge – aufgrund ihrer langen Verweildauer in der Umwelt und eines möglichen Ferntransports die UQN langfristig nicht erreicht werden können.

Die Einordnung eines Stoffes als ubiquitär berührt ausdrücklich nicht die grundsätzlichen Verpflichtungen nach WRRL. Deshalb sind folgende Aspekte weiterhin von Bedeutung:

Wird der „gute chemische Zustand“ nicht erreicht, lässt die WRRL begründete **Fristverlängerungen** um jeweils 6 Jahre zu. Fristverlängerungen können in den alle 6 Jahre (erstmalig im Dezember 2009) aufzustellenden Bewirtschaftungsplänen festgelegt werden. Daneben können – unter engen Voraussetzungen – weniger strenge Ziele in den Bewirtschaftungsplänen festgelegt werden.

Die Forderungen der WRRL zur Zielerreichung sowie die Fristen und die Voraussetzungen für Fristverlängerungen sowie Ausnahmen werden durch die §§ 27 bis 31 des Gesetzes zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG) vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 15. November 2014 (BGBl. I S. 1724) geändert worden ist, in der jeweils geltenden Fassung in nationales Recht umgesetzt.

Nach ganz überwiegender Meinung in der Literatur^{31,32,33,34,35} und in der Rechtsprechung³⁶ besteht für die Mitgliedstaaten der Europäischen Union keine **Phasing-out-Verpflichtung** nach Artikel 16 Absatz 6 Satz 1, zweiter Anstrich WRRL, da die EU-Kommission die hierzu erforderlichen Schritte bisher nicht eingeleitet hat. Doch bleibt das Phasing-Out-Ziel nach Art. 4 Abs. 1 lit. a) iv) WRRL weiterhin bestehen. Auch wenn durch die EU-Kommission bisher noch keine konkreten Vorgaben nach Art. 16 WRRL erfolgt sind, bedeutet dies im Umkehrschluss nicht, dass damit von einer Verfolgung des Ziels durch die Mitgliedsstaaten abgesehen wird³⁷.

Auch die UMK weist darauf hin, dass zur Verwirklichung des von der WRRL geforderten phasing-outs „bisher nach Artikel 16 Absatz 6 WRRL keine konkreten Maßnahmen seitens der Europäischen Kommission vorgeschlagen wurden“³⁸.

31 Durner / Trillmich (2011): „Ausstieg aus der Kohlenutzung kraft europäischen Wasserrechts?“ DVBl. 2011, S. 517 ff

32 Reidt / Schiller (2011): „Quecksilbereinträge in oberirdische Gewässer durch Kohlekraftwerke“, NuR 2011, S. 624 ff.

33 Riese / Dieckmann: „Verbot der Einleitung von Industrieabwasser? Die Reichweite der phasing-out-Verpflichtung der Wasserrahmenrichtlinie“, UPR 2011, S. 212 ff.


34 Spieth / Ipsen (2011): „Verbietet die Wasserrahmenrichtlinie den Bau von Kohlekraftwerken? Zulässigkeit von Quecksilber-Emissionen in Gewässer“, NVwZ 2011, S. 536 ff.


35 Jekel / Munk (2013): „Phasing out für prioritäre Stoffe – Was regelt die EG-Wasserrahmenrichtlinie wirklich?“, ZUR 2013, S. 403 ff.

36 Urteil des OVG Münster vom 1.12.2011, Az.: 5 D 58/08.AK zum Trianel-Kraftwerk Lünen

37 Köck / Möckel (2010): „Quecksilberbelastung von Gewässern durch Kohlekraftwerke – Auswirkungen auf die Genehmigungsfähigkeit“, 41 Seiten, Gutachten i. A. des DUH e. V.

38 Beschluss zu TOP 29 der 78. UMK am 22.06.2012 in Schleswig

 Zur Erreichung des „guten chemischen Zustands“ gemäß WHG ist eine flächenhafte Minderung der Quecksilberbelastung der Biota zur Einhaltung der UQN von 20 µg/kg Frischgewicht notwendig.

 Es besteht derzeit keine nationale Verpflichtung zum Phasing-out.

In verschiedenen Anhängen zur Abwasserverordnung werden für die Einleitung von Abwässern bestimmter Herkunftsbereiche (Anhänge 22, 23, 27, 33, 39, 40, 42, 47, 48, 51, 53, 55) bzw. für solche Abwässer vor deren Vermischung mit anderen Abwässern (Anhänge 22, 23, 27, 33, 39, 40, 47, 51, 53, 55) Grenzwerte für Quecksilber geregelt bzw. allgemeine Anforderungen zum Quecksilber-Einsatz (Anhänge 9, 31 und 56) bzw. an das Abwasser für den Ort des Anfalls (Anhänge 38, 42, 50) formuliert.

1.4.2 Bodenschutzrecht

Das Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502), das zuletzt durch Artikel 5 Absatz 30 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist, liefert die rechtliche Grundlage zur Abwehr von schädlichen Bodenveränderungen sowie zur Vorsorge gegen das Entstehen nachteiliger Einwirkungen auf den Boden.

Das BBodSchG definiert den Boden als Träger von Bodenfunktionen. Schädliche Bodenveränderungen sind Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen, die geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den Einzelnen oder die Allgemeinheit herbeizuführen (vgl. § 2 Absatz 3 BBodSchG). Erhöhte atmogene, ubiquitäre Quecksilbereinträge können vor allem die natürlichen Bodenfunktionen beeinträchtigen, daneben aber auch die Nutzungsfunktionen des Bodens. Weniger betroffen sind dagegen die Funktionen als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte.

In § 4 BBodSchG werden die Pflichten zur Gefahrenabwehr definiert. Demnach ist unter anderem der Verursacher einer schädlichen Bodenveränderung ... verpflichtet, den Boden ... sowie durch schädliche Bodenveränderung verursachte Verunreinigungen von Gewässern so zu sanieren, dass dauerhaft keine Gefahren ... für den Einzelnen oder die Allgemeinheit entstehen. Hierzu kommen bei Belastungen durch Schadstoffe neben Dekontaminations- auch Sicherungsmaßnahmen in Betracht, die eine Ausbreitung von Schadstoffen langfristig verhindern.


In der aufgrund der Verordnungsermächtigung des § 8 BBodSchG erlassenen Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) sind zur Bewertung und Einordnung von Quecksilber-Bodengehalten Vorsorgewerte sowie Prüf- und Maßnahmenwerte definiert. Die Vorsorgewerte der BBodSchV sind ökotoxikologisch abgeleitet und mit Hintergrundgehalten tatsächlich vorkommender Bodengehalte abgeglichen.

Vorsorgewerte grenzen den für alle Wirkungspfade und Bodenverhältnisse geltenden Bereich unbedenklicher Schadstoffkonzentrationen in Böden vom Bereich der Besorgnis des Entstehens einer schädlichen Bodenveränderung ab (LABO 2003). Die Prüf- und Maßnahmenwerte sind toxikologisch abgeleitet und entsprechend der zu betrachtenden Wirkungspfade (Mensch, Grundwasser, Pflanze) schutzgutbezogen


festgelegt. Die Prüf- und Maßnahmenwerte grenzen den Bereich der Vorsorge vom Bereich des Verdachts (Prüfwerte) bzw. festgestellter (Maßnahmenwerte) schädlicher Bodenveränderungen ab. Liegt der Gehalt unterhalb des jeweiligen Prüfwertes in Anhang 2 der BBodSchV, ist insoweit der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast ausgeräumt. Bei Überschreiten eines Prüfwertes sind einzelfallbezogene Prüfungen (weitere Sachverhaltsermittlungen) durchzuführen um festzustellen, ob eine schädliche Bodenveränderung oder Altlast vorliegt und Maßnahmen zur Gefahrenabwehr erforderlich sind. Besteht eine Überschreitung von Maßnahmenwerten ist i. d. R. von einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast auszugehen und es sind Maßnahmen erforderlich.

Entsprechend der jeweiligen Schutzgüter gibt es unterschiedliche Werte für die Wirkungspfade Boden – Mensch, Boden – Pflanze und Boden – Grundwasser. Beim Wirkungspfad Boden – Pflanze wird zwischen den Nutzungen Acker und Grünland unterschieden, beim Pfad Boden – Mensch wird ebenfalls zwischen verschiedenen Nutzungen (Kinderspielflächen, Wohngebiete, Park- und Freizeitflächen sowie Industrie- / Gewerbeflächen) unterschieden³⁹.

Unter dem Fokus einer „atmogenen, ubiquitären Quecksilberemission“ und der anschließenden Deposition auf Böden ist vor allem der bodenschutzrechtliche Vorsorgebereich mit den **Vorsorgewerten** und bei deren Überschreitung die zulässige Zusatzfracht (bei Quecksilber 1,5 g/ha·a über alle Eintragspfade) nach § 8 Absatz 2 Nummer 2 BBodSchG maßgeblich. Bei Überschreitung der Vorsorgewerte ist in der Regel die Entstehung einer schädlichen Bodenveränderung zu besorgen (vgl. § 9 Absatz 1 BBodSchV). Bei ihrer Anwendung sind geogene und großflächig siedlungsbedingte Schadstoffgehalte zu berücksichtigen.

 Der zurzeit in Diskussion befindliche Arbeitsentwurf einer Mantelverordnung⁴⁰ sieht unter anderem eine Absenkung der Zusatzfrachten für Quecksilber auf 1,0 g/ha·a vor.

Die Vorsorgewerte sind nach den Hauptbodenarten differenziert und liegen für Quecksilber zwischen 0,1 mg/kg Trockenmasse für Sand und 1,0 mg/kg Trockenmasse für Ton.

 Der 3. Arbeitsentwurf der Mantelverordnung sieht für Quecksilber eine Absenkung bei den Bodenarten Ton sowie Lehm / Schluff und eine Anhebung bei Sand vor.

³⁹ vgl. BBodSchV, Anhang 2, Maßnahmen-, Prüf- und Vorsorgewerte

⁴⁰ Verordnung zur Festlegung von Anforderungen für das Einbringen oder das Einleiten von Stoffen in das Grundwasser, an den Einbau von Ersatzstoffen und für die Verwendung von Boden und bodenähnlichem Material, 3. Entwurf Stand 23.7.2015, http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Bodenschutz/mantelv_entwurf_3_bf.pdf

Vorsorgewerte		
für Quecksilber [mg/kg Trockenmasse] im Königswasseraufschluss		
Bodenart*	Aktuell	Entwurf MantelVO
Ton	1,0	0,3
Lehm / Schluff	0,5	0,3
Sand	0,1	0,2



* Bestimmung nach DIN ISO 11277

Tabelle 1: Vorsorgewerte für Quecksilber je nach Bodenart

Der **Prüfwert** zur Beurteilung des Wirkungspfades Boden – Grundwasser liegt für Quecksilber gem. Anhang 2 Nr. 3.1 BBodSchV bei 1 µg/l. Der Prüfwert gilt für den Ort der Beurteilung, d. h. für den Übergangsbereich von der gesättigten zur ungesättigten Bodenzone. Hilfsweise können Boden- und Materialuntersuchung unter Verwendung des DEV S4-Eluats gem. DIN 38414 durchgeführt werden. Im Rahmen einer Sickerwasserprognose kann durch Vergleich des materialbezogenen Eluatwertes am Ort der Probennahme mit dem Prüfwert eine Abschätzung erfolgen, ob der Prüfwert am Ort der Beurteilung überschritten wird. Ggf. sind ergänzend Untersuchungen des Sickerwassers und des Grundwasser erforderlich.

Prüfwerte		
für Quecksilber [µg/l]		
(bezogen auf den Wirkungspfad Boden – Grundwasser)		
Methode	aktuell	Entwurf MantelVO
Im DEV-S 4 – Eluat (bei W/F 10:1) nach DIN 38414-4 bzw. im Bodensättigungsextrakt gem. BBodSchV, Anhang 1 Ziffer 3.1.2	1,0	
<u>Eluatwerte in Säulenperkolaten (Säulenversuch bei W/F 2:1) nach DIN 19528 und Schüttel eluaten (W/F 2:1) nach DIN 19527</u>		0,05
Sickerwasser am Ort der Beurteilung	1,0	0,05

Tabelle 2: Prüfwerte für Quecksilber bezogen auf den Wirkungspfad Boden-Grundwasser

-  Auch hier sieht der Arbeitsentwurf der Mantelverordnung Änderungen sowohl im qualitativen (analytischen) als auch im quantitativen Bereich vor. Der Prüfwert für Sickerwasser am Ort der Beurteilung soll für Quecksilber auf 0,05 µg/l festgelegt werden.
-  Außerdem soll ein methodenspezifischer Prüfwert für anorganische Stoffe in Eluaten und Perkolaten zur Beurteilung von Materialien eingeführt werden. Der entsprechende (Material-) Prüfwert für Quecksilber soll dann ebenfalls bei 0,05 µg/l liegen.


1.4.3 Immissionsschutzrecht

Auf nationaler Ebene ist das Gesetz zum Schutze vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundesimmissionsschutzgesetz – BImSchG) der Kern des gesetzlichen Regelwerks zum Immissionsschutzrecht. Das deutsche Immissionsschutzrecht hat seit Inkrafttreten des BImSchG im Jahre 1974 eine dynamische Entwicklung erfahren. Zahlreiche Rechtsverordnungen und zwei bedeutende Verwaltungsvorschriften – Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft)⁴¹ und TA Lärm – flankieren es inzwischen.

Mit dem BImSchG setzt der Gesetzgeber zudem wichtige europarechtliche Vorgaben um; so das Luftqualitätsrecht der EU und die EG-Richtlinie 2010/75/EG über Industriemissionen (integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung)⁴², kurz IED, die am 13.05.2013 in deutsches Recht umgesetzt wurde. Die IED-Richtlinie hat den medienübergreifenden Regelungsansatz der früheren EG-Richtlinie über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IVU-Richtlinie) mit wesentlichen Änderungen fortgeschrieben. Genehmigung, Betrieb und Stilllegung werden für die in der IED aufgeführten spezifischen Großanlagen, die sog. IED-Anlagen, geregelt. Die BVT-Merkblätter (Beste verfügbare Technik, Best available techniques reference document-BREF) wurden dadurch in Ihrer Verbindlichkeit gestärkt. Diese sollen dazu beitragen, die Emissionen in Luft, Wasser und Boden infolge industrieller Tätigkeiten zu vermeiden und zu mindern.

Die **IED** legt für Großfeuerungsanlagen und Abfallverbrennungsanlagen für relevante Schadstoffe konkrete Emissionsgrenzwerte fest; für Quecksilber wird lediglich bei Abfallverbrennungsanlagen ein Emissionsgrenzwert mit 0,05 mg/m³ festgelegt.

Im nationalen Immissionsschutz-Recht finden sich Anforderungen für Quecksilber in den Verordnungen für Großfeuerungs-, Gasturbinen-, und Verbrennungsmotoranlagen (13. BImSchV), Verbrennung und Mitverbrennung von Abfällen (17.BImSchV) sowie in der TA Luft.

-  Mit der Umsetzung der IED in deutsches Recht im Mai 2013 wurden deshalb insbesondere die 13. und die 17. BImSchV neu gefasst (vgl. Tabelle 3). Damit ist an entsprechenden Anlagen spätestens zum 01.01.2019 im Jahresmittel ein verschärfter Quecksilber-Emissionsgrenzwert von 0,01 mg/m³ einzuhalten.


⁴¹ Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft), (GMBl. 2002, Heft 25 – 29, S. 511 – 605)

⁴² <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:334:0017:0119:de:PDF>


Die IED hat die Erarbeitung und Fortschreibung der – seinerzeit durch die Richtlinie über die integrierte Vermeidung und Verminderung von Umweltverschmutzung (96/61/EG) eingeführten – **BVT-Merkblätter** (Best available techniques reference document, kurz BREF) weiter forciert und deren Verbindlichkeit insbesondere durch die von der Europäischen Kommission im Komitologieverfahren zu beschließenden **BVT-Schlussfolgerungen** (Best available techniques conclusions, kurz BATC) wesentlich gestärkt.


Die Referenzdokumente beschreiben für bestimmte Anlagentypen den Stand der Technik, einschließlich der mit BVT assoziierten Emissionswerte in den Umweltmedien Luft, Wasser, Boden (Best available techniques associated emission levels, kurz BAT-AEL).

In den BVT-Schlussfolgerungen werden neben Beschreibungen und Informationen zu den BVT und deren Anwendungsbereich – bezogen auf den gesamten Lebenszyklus einer Anlage (Errichtung, Betrieb und Stilllegung) – auch erreichbare Emissions- und Verbrauchswerte beschrieben.

 Zu Großfeuerungsanlagen liegt der Entwurf eines BVT-Merkblattes vor, zu dem die Kommission voraussichtlich im Frühjahr 2017 BVT-Schlussfolgerungen veröffentlichen wird. Im vorliegenden Entwurf ist unter anderem die Halogen- bzw. Aktivkohlezugabe als beste verfügbare Technik unter bestimmten Voraussetzungen aufgeführt. Außerdem werden Emissionsbandbreiten (BAT-AEL) für Stein- und Braunkohlenfeuerungen vorgeschlagen. Die BVT-Schlussfolgerungen wurden im Juni 2015 in der technischen Arbeitsgruppe abschließend diskutiert und werden eine weitere Absenkung der Emissionsgrenzwerte bewirken.

Die von der Europäischen Kommission beschlossenen und im Amtsblatt der Europäischen Union veröffentlichten BVT-Schlussfolgerungen müssen von den Mitgliedstaaten zeitnah in nationales Recht umgesetzt und innerhalb einer Frist von vier Jahren von den Anlagenbetreibern eingehalten werden. Die nationalrechtliche Umsetzung erfolgt dabei entweder durch Umsetzung einer entsprechenden Rechtsverordnung nach Maßgabe des § 7 BImSchG oder durch Festlegung entsprechender Inhaltsbestimmungen von Verwaltungsvorschriften gemäß § 48 BImSchG.

 Auch für den Fall, dass (noch) keine Rechtsverordnungen oder Verwaltungsvorschriften mit aktuellem Stand der jeweils einschlägigen BAT-Schlussfolgerungen für ein bestimmtes Branchensegment vorliegen, können die zuständigen Genehmigungsbehörden die BAT-Schlussfolgerungen auch unmittelbar gegenüber einem Anlagenbetreiber mittels konkret-individueller administrativer Vorgaben durchsetzen (Genehmigungsinhaltsbestimmungen nach § 12 Absatz 1a BImSchG oder nachträgliche Anordnung nach § 17 Absatz 2a BImSchG).

 Die Fortschreibung des europäischen Rechts wie die Fortentwicklung des Standes der Luftreinhaltetechnik machen u. a. die Anpassung der TA Luft, die aus dem Jahr 2002 datiert, erforderlich. Eine Neufassung ist für 2016 vorgesehen. Zwischenzeitlich wurde über ein besonderes Regelsetzungs-Verfahren

bereits eine Quecksilberemissionsbegrenzung im Abgas von Zementöfen zur Herstellung von Zementklinker oder Zement eingeführt: 0,03 mg/m³, ausnahmsweise auf Antrag bis zu 0,05 mg/m³.

Die europäischen **Anforderungen an die Luftqualität** sind in Deutschland über die Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen (39. BImSchV) vom 2. August 2010 (BGBl. I Nr. 40, S. 1065)⁴³ umgesetzt.

Die 39. BImSchV enthält keine konkreten Immissionsgrenzwerte, Zielwerte oder Emissionshöchstmengen für Quecksilber, lediglich Anforderungen zur Luftqualitätsüberwachung gemäß § 20 Absatz 9. Darin werden für Hintergrundmessungen die parallele Messung von gasförmigem Quecksilber (gesamt), partikel- und gasförmigem zweiwertigem Quecksilber (Hg^{II+}) und der Quecksilberablagerung (Deposition) sowie die jeweiligen Messmethoden vorgeschrieben.

Die Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft, 2002) enthält weitergehende Anforderungen, die im Rahmen von Anlagenzulassungsverfahren nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) zu beachten sind. Eine rechnerische Ermittlung der Immissionskenngrößen mittels einer Immissionsprognose (Ausbreitungsrechnung) ist vorgeschrieben soweit ein Bagatellmassenstrom von 0,0025 kg/h überschritten wird (vgl. Nummer 4.6.1.1, Tabelle 7, TA Luft).

Der Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen (Betreiberpflicht aus § 5 Absatz 1 Nummer 1 BImSchG) ist gemäß TA Luft 2002 sichergestellt, soweit die Deposition von Quecksilber und seinen anorganischen Verbindungen (angegeben als Hg) im Jahresmittel nicht mehr als 1 µg/(m²·d) entsprechend 3,65 g/(ha·a) beträgt (vgl. Nummer 4.5.1, Tabelle 6 TA Luft); eine Sonderfallprüfung ist vorgesehen sobald die Deposition auf Ackerböden 30 bzw. auf Grünland 3 µg/(m²·d) übersteigt (vgl. Nummer 4.8, Tabelle 8, TA Luft).

Die im Immissionsschutzrecht festgelegten Emissionsbegrenzungen geben den derzeitigen Stand der Technik wieder. Sie konkretisieren die zentrale Betreiberpflicht gemäß § 5 Absatz 1 Nummer 2 BImSchG. Diese schreibt vor, dass zur Gewährleistung eines hohen Schutzniveaus für die Umwelt insgesamt gegen schädliche Umweltwirkungen und sonstige Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen Vorsorge zu treffen ist, insbesondere durch die dem Stand der Technik entsprechenden Maßnahmen.

43 http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bimschv_39/gesamt.pdf

Regelung	Bezeichnung	Regelungsbereich	Emissionsgrenzwerte
13. BImSchV ⁴⁴	Dreizehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Großfeuerungs- Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen) vom 2. Mai 2013 (BGBl. I S. 1021, 1023, 3754)	Großfeuerungs-, Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen	HMW: 0,05 mg/m ³ TMW: 0,03 mg/m ³ JMW ⁴⁵ : 0,01 mg/m ³ (bei Einsatz von festen Brennstoffen, ausgenommen naturbelassenem Holz)
17. BImSchV ⁴⁶	Siebzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen) vom 2. Mai 2013 (BGBl. I. S. 1021, 1044, 3754)	Verbrennung und Mitverbrennung von Abfällen	HMW: 0,05 mg/m ³ TMW: 0,03 mg/m ³ JMW ⁴⁷ : 0,01 mg/m ³
TA Luft ⁴⁸	Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 24. Juli 2002 (GMBI. S 511)	Genehmigungsbedürftige Anlagen (soweit nicht durch 13. oder 17. BImSchV abgedeckt) Herstellung von Chlor oder Alkalilauge (Altanlagenregelung)	staubförmig: 0,25 g/h oder 0,05 mg/m ³ 1,0 bis 1,2 g je Tonne genehmigter Chlorproduktion, Dynamisierung auf den Stand der Technik

Tabelle 3: Emissionsbegrenzende Anforderungen für Quecksilber im Immissionsschutzrecht; HMW = Halbstundenmittelwert (ab 1.1.2016), TMW = Tagesmittelwert(ab 1.1.2016), JMW = Jahresmittelwert (ab 1.1.2019)

Eine kontinuierliche Überwachung der Quecksilberemissionen (angegeben als Hg) ist vorzuschreiben, sobald 2,5 g/h und 0,01 mg/m³ (= 20 % der Bagatell-Konzentration für Hg in Höhe von 0,05 mg/m³ gemäß Nr. 5.2.2 TA Luft) im Abgasstrom überschritten werden (vgl. Nummer 5.3.3.2 i. V. m. Nummer 5.2.2 TA Luft).

Ergänzende Hinweise:

Die Emissionsbegrenzungen sind zunächst nicht in Bezug auf ein bestimmtes Schutzgut abgeleitet, allerdings sind gemäß Nr. 5.2.9 TA Luft über den Stand der Technik hinaus weitergehende Maßnahmen zur Vorsorge gegen Belastungen durch

44 http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bimschv_13_2013/gesamt.pdf

45 Der JMW für Quecksilber gilt für bestehende Anlagen ab dem 1. Januar 2019 (vgl. § 30 Absatz 1 Nummer 2 13. BImSchV)

46 http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bimschv_17_2013/gesamt.pdf

47 Der JMW für Quecksilber gilt für bestehende Anlagen ab dem 1. Januar 2019 (vgl. § 28 Absatz 1 Nummer 2 17. BImSchV)

48 http://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwvbund_24072002_IGI2501391.htm

Quecksilber anzustreben, wenn gemäß BBodSchV die entsprechenden Vorsorgewerte, Massenströme und Zusatzbelastungswerte für Quecksilber nicht eingehalten und die in Nummer 5 von Anhang 2 BBodSchV festgelegten jährlichen Frachten durch den Betrieb der Anlage überschritten werden.

Neben den Vorsorgewerten der BBodSchV können auch die sogenannten „Critical Loads“ einen Hinweis auf weitergehenden Minderungsbedarf geben. Die „Critical Loads“ werden unter Berücksichtigung der Wirkungen auf die menschliche Gesundheit und auf Ökosysteme abgeleitet und dienen zur Bewertung des sich durch die Deposition ergebenden Risikos.

Die von EMEP⁴⁹ ermittelten Quecksilbereinträge liegen in Deutschland insgesamt auf ca. 10 % der betrachteten Flächen über den kritischen Eintragsraten (Critical Loads). Betrachtet man nur die Waldflächen, für die deutlich niedrigere Critical Loads gelten, dürfte der Anteil mit Überschreitung deutlich höher liegen. Er ist jedoch derzeit wegen zu ungenauer räumlicher Eintragsinformationen nicht genau quantifizierbar.

⁴⁹ EMEP: European Monitoring and Evaluation Programm, u. a. Überwachung und Beurteilung des großräumigen Transports von Luftschadstoffen durch Emissionsinventare, Messungen und Modellrechnungen

2 Zeitliche Entwicklung der Immissionen

2.1 Gewässer

Die bis zur Implementierung der UQN-Richtlinie 2008/105/EG, geändert durch Richtlinie 2013/39/EU bzw. der nationalen Umsetzungsverordnung (Oberflächengewässerverordnung – OGewV) für die Gewässer in Deutschland geltenden Normen für Quecksilber wurden weitestgehend eingehalten⁵⁰. Die nun geltende Biota-UQN wird hingegen in den meisten der bisher untersuchten Gewässer in Deutschland (wie in Europa) überschritten.

In der derzeit auf Ebene der LAWA⁵¹ und der EU laufenden Fachdiskussion darüber, welche Spezies für die Überprüfung der UQN geeignet sind, werden Fische – wie zum Beispiel Brassen – favorisiert.

2.1.1 Belastung von Biota

Das Umweltbundesamt beprobt mit der Umweltprobenbank seit den 1990er-Jahren die Fischart Brassen (*A. brama*) in den drei großen Flussgebieten Rhein (mit Saar), Elbe (mit Mulde / Saale) und Donau sowie in zwei Seen. Untersucht werden Mischproben, die aus Filets 8 – 12 Jahre alter Fische zusammengesetzt sind.

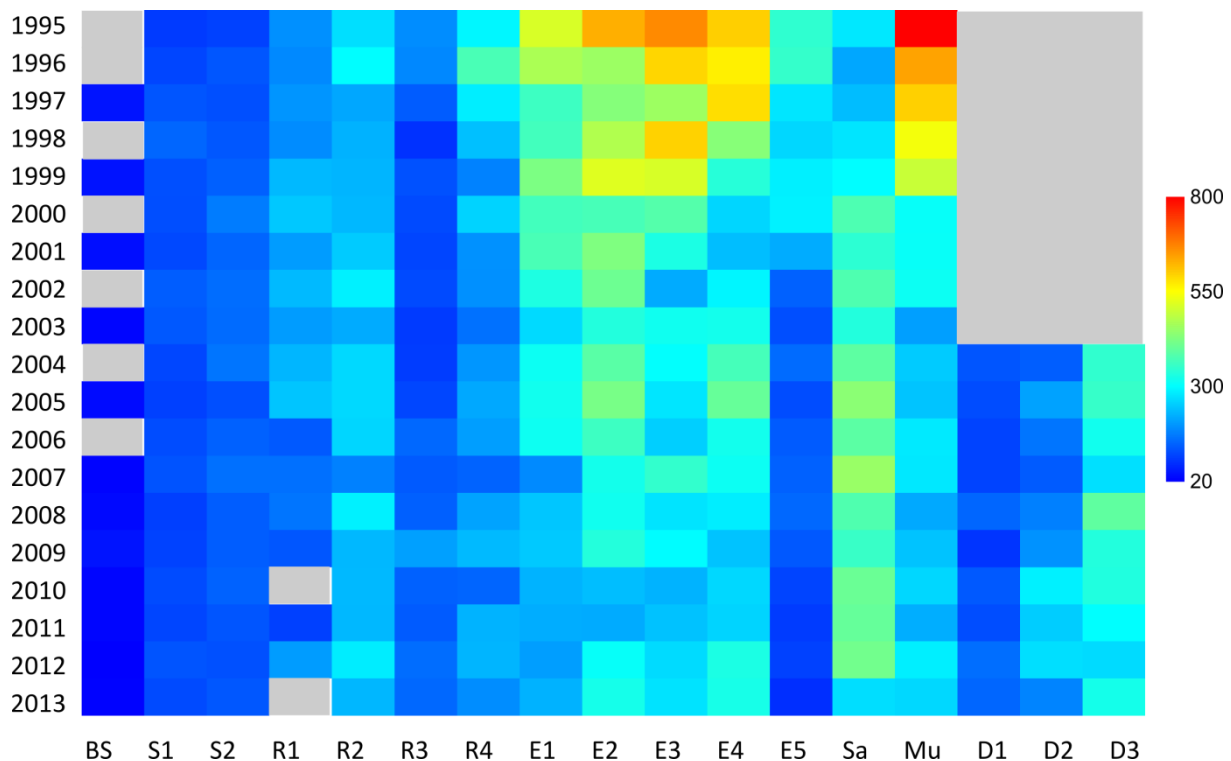


Abbildung 2: Zeitliche Entwicklung der Quecksilberbelastung (ng/g FG) in Brassen-Filets der Umweltprobenbank BS: Belauer See, S1: Gündingen, S2: Rehlingen (alle Saar), R1: Weil, R2: Iffezheim, R3: Koblenz, R4: Bimmen (alle Rhein), E1: Prossen, E2: Zehren, E3: Barby, E4: Cumlosen, E5: Blankenese (alle Elbe), Sa: Wettin (Saale), Mu: Dessau (Mulde), D1: Ulm, D2: Kelheim, D3: Jochenstein (alle Donau).

⁵⁰ UBA-Gewässerqualitätsbericht: Hg in Schwebstoff

⁵¹ LAWA-AO: RAKON-Arbeitspapier IV.3 „Konzeption für Biota-Untersuchungen zur Überwachung von Umweltqualitätsnormen gemäß RL 2008/105/EG“

Die Ergebnisse sind in Abbildung 2 dargestellt.

Zusammenfassend zeigt sich, dass die Belastungsniveaus für Quecksilber in den untersuchten Seen geringer sind als in den Flussgebieten Rhein, Elbe und Donau. In den letzten Jahren zeigen sich in den Flussgebieten kaum signifikante Entwicklungen der Belastungen. Deutliche Rückgänge gab es in den 1990er-Jahren in Fischen der Elbe, die Belastung etablierte sich dann – im Vergleich zu den Belastungen der Fische der anderen Flussgebiete – auf einem höheren Niveau.

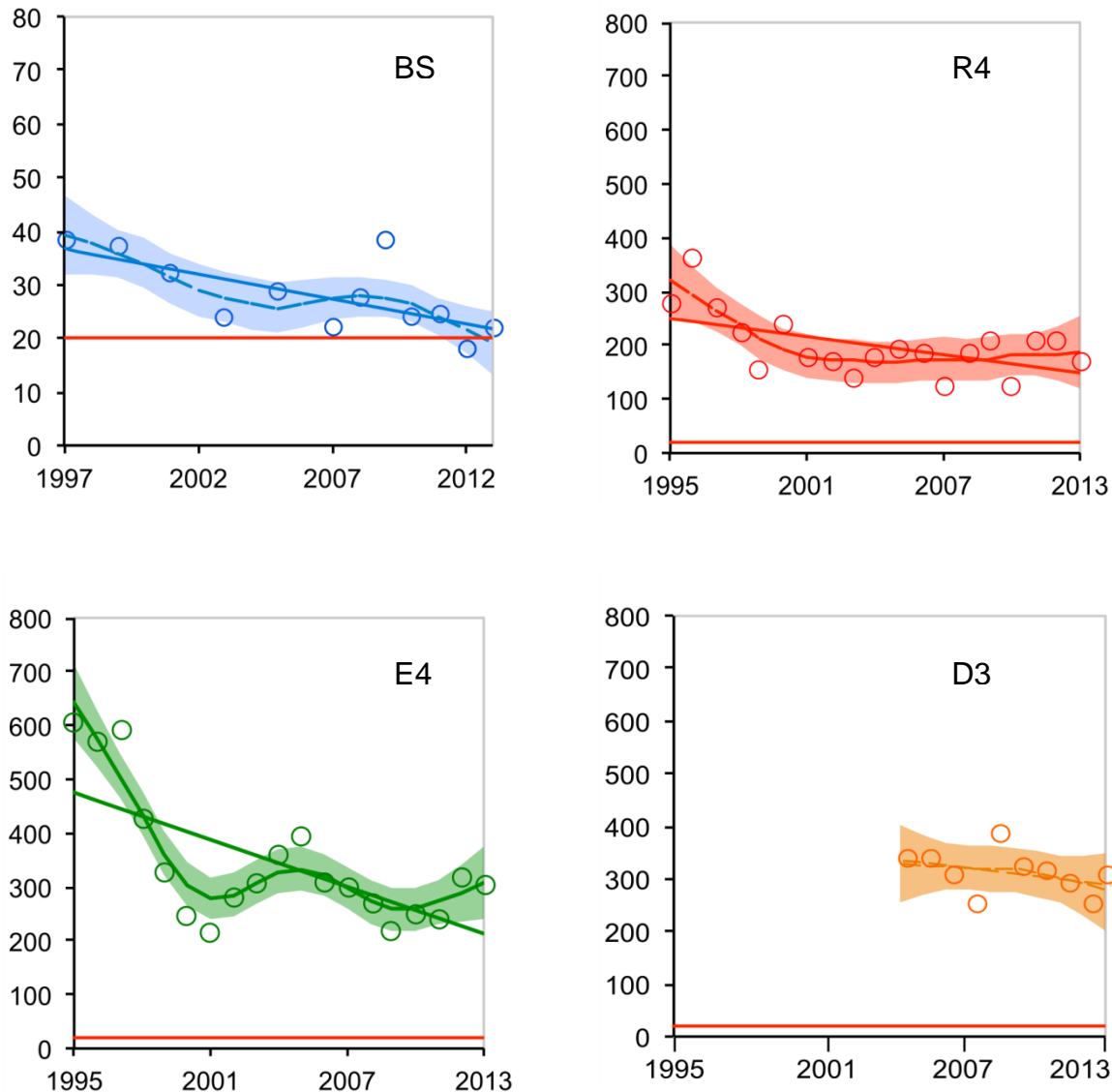


Abbildung 3: Quecksilberbelastung (ng/g FG) in Brassen-Filets der Umweltprobenbank von Fängen der Kernprobenahmeflächen (BS: Belauer See, R4: Bimmen (Rhein), E4: Cumlosen, (Elbe) und D3: Jochenstein (Donau).

Im Belauer See, einem eutrophen Tieflandsee in Schleswig-Holstein, liegen die Quecksilberkonzentration der Mischprobe heute im Bereich der Umweltqualitätsnorm. Im oligotrophen Stechlinsee (BB) unterschreiten einzelne Brassen die Umweltqualitätsnorm. Der Mittelwert der Quecksilberkonzentrationen liegt dort bei etwa 30 µg/kg im Ganzfisch und etwa 40 µg/kg im Filet. Im Belauer See liegt ein signifikant abnehmender Trend vor: Die Quecksilberkonzentration in den Fischen verringerte sich von 1997 bis 2013 um insgesamt 51 % (statistisch signifikanter Kontrast nach

Uhlig, 2001)⁵². Auch im Stechlinsee hat sich die Quecksilberkonzentration in den letzten 23 Jahren in etwa halbiert (2013: 43,5 µg/kg; 1990: 85,4 µg/kg).

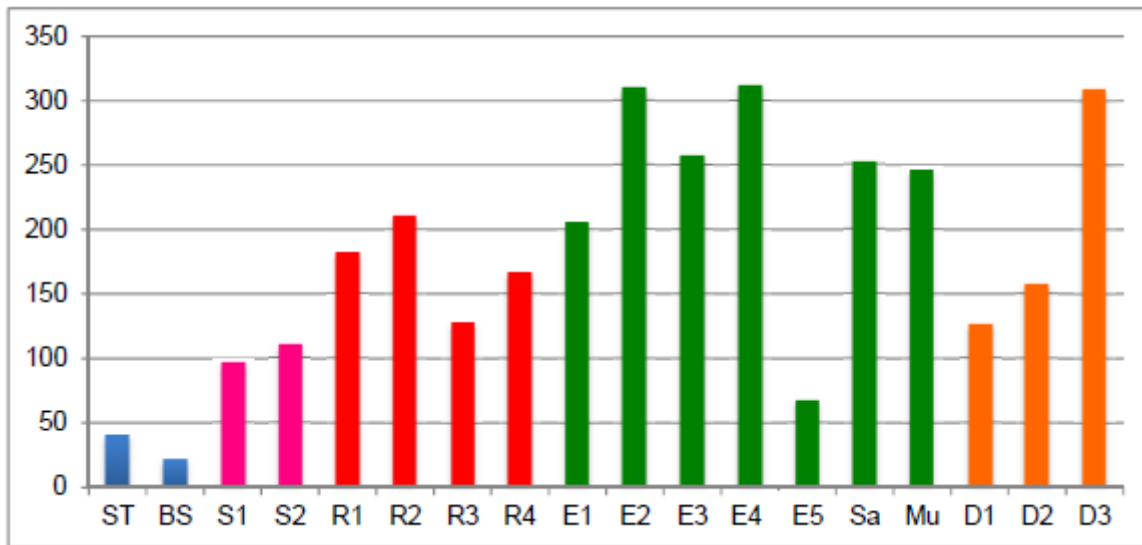




Abbildung 4: Quecksilberbelastung (ng/g FG) in Brassin-Filets der Umweltprobenbank von Fängen im Jahr 2013 (Weil:2012): (ST: Stechlin See, BS: Belauer See, S1: Gündingen, S2: Rehlingen (alle Saar), R1: Weil, R2: Iffezheim, R3: Koblenz, R4: Bimmen (alle Rhein), E1: Prossen, E2: Zehren, E3: Barby, E4: Cumlosen, E5: Blankenese (alle Elbe), Sa: Wettin (Saale), Mu: Dessau (Mulde), D1: Ulm, D2: Kelheim, D3: Jochenstein (alle Donau).

- ⚠ Die Umweltqualitätsnorm für Quecksilber in Brassin aus den beprobten Flussgebieten ist deutlich und flächendeckend überschritten. In unbeeinflussten Seen liegen die Konzentrationen deutlich niedriger.
- ⚠ An Elbe und Mulde zeigen sich signifikante Abnahmen zwischen 50 % und etwa 70 % in dem fast zwanzigjährigen Beobachtungszeitraum, wobei die Trends mittlerweile auf hohem Niveau stagnieren.
- ⚠ Die Umweltqualitätsnorm für Quecksilber wird an den Probenahmeflächen der Elbe im Jahr 2013 um den Faktor 9 bis 16 überschritten.

Ausnahme bezüglich der Trendentwicklung ist die Saale, wo sich die Belastung etwa verdoppelt hat. Gleichzeitig sind aber die Hg-Gehalte in der Wasserphase und im Schwebstoff der Saale (Messstelle Groß Rosenberg) im Zeitraum 1995 – 2013 deutlich zurückgegangen.

Die Quecksilberbelastung nimmt entlang der Elbe zu. Ausnahme ist Blankenese, wo ein vergleichsweise niedriges Niveau (< 100 µg/kg) bei einem signifikant sinkendem Trend vorliegt. Dies wird auf die Vermischung von höher belasteten Sedimenten limnischer Herkunft mit Sedimenten mariner Herkunft sowie auf die Entnahme und kontrollierte Land-Deponierung der belasteten Sedimente im Bereich des Hamburger Hafens zurückgeführt.

52 Uhlig / Kuhnier (2001): Methode zur Trendabschätzung zur Überprüfung von Reduktionszielen im Gewässerschutz, UBA Texte 49/01.

-  Am Rhein nimmt die Quecksilberbelastung im etwa 20-jährigen Beobachtungsraum (nur noch) in Fischen der Probenahme­fläche Bimmen signifikant ab, in den letzten Jahren gibt es kaum Veränderungen.
-  Die Umweltqualitätsnorm für Quecksilber wird im Rhein 2013 um den Faktor 5 bis 11 überschritten.

Die Abnahme um etwa 43 % ist vergleichbar mit Entwicklungen an der Elbe. An der Saar gibt es über den gesamten Beobachtungszeitraum betrachtet eine leichte Zunahme, die jedoch auf einem Anstieg in den 1990er Jahren basiert. In den letzten sieben Jahren gibt es an Rhein und Saar kaum Veränderungen der Belastungen. Die Umweltqualitätsnorm für Quecksilber wird 2013 um den Faktor 5 bis 11 überschritten. Die Belastung verändert sich entlang des Rheins nicht einheitlich.

	E1-Prossen	E2-Zehren	E3-Barby	E4-Cumlosen	Saale	Mulde
2013 (µg/kg)	198,4	278,4	241,2	308,1	322,4	251,8
über UQN (2013)	10 x	14 x	12 x	15 x	16 x	12 x
1995-2013	-59 %	-50 %	-63 %	-52 %	+51 %	-68 %
2006-2013 µg/kg pro Jahr	-4,3	-9,2	-5,6	+1,7	-12,5	+2,6



Tabelle 4: Quecksilber in Brassens Filet-Mischproben von Elbe, Mulde und Saale (LOESS-geglättete Daten); Quelle: UBA/Umweltprobenbank

	R1-Weil	R2-Iffezheim	R3-Koblenz	R4-Bimmen	S1-Güd.	S2-Reh.
2013 (µg/kg)	140,8 ⁽²⁰¹²⁾	229,5	123,8	185,6	100,6	105,6
Über UQN (2013)	7 x	11 x	6 x	9 x	5 x	5 x
1995-2013	-12 %	-12 %	-25 %	-43 %	+15 %	+17 %
2006-2013 µg/kg pro Jahr	-3,5	+0,8	0	+1,7	+1,2	-2,5

Tabelle 5: Quecksilber in Brassens Filet-Mischproben von Rhein und Saar (LOESS-geglättete Daten); Quelle: UBA/Umweltprobenbank

	D1-Ulm	D2-Kelheim	D 3- Jochenstein	Belauer See	Stechlinsee
2013 (µg/kg)	128,2	213,0	275,6	19,1	43,5
über UQN	6 x	10 x	13 x	0 x	2 x
2004-2013	+27 %	+54 %	-16 %	-51 %	Keine Trenddaten
2006-2013 (µg/kg)/Jahr	+5,1	+9,9	-7,6	-1,4	Keine Trenddaten

Tabelle 6: Quecksilber in Brassens Filet-Mischproben von Donau, Belauer See, Stechlinsee (LOESS-geglättete Daten), Quelle: UBA/Umweltprobenbank

-  An der Donau gibt es keine signifikanten Entwicklungen, aber Zunahmen der Konzentrationen in Ulm und Kelheim sowie eine Abnahme der Belastung in Jochenstein.
-  Die Umweltqualitätsnorm für Quecksilber wird in der Donau 2013 um den Faktor 6 bis 13 überschritten

Eine gleiche Tendenz gibt es für die Entwicklung der letzten sieben Jahre. Die Belastung nimmt entlang der Donau zu.

Eine kursorische Auswertung der Daten der Bundesländer für Quecksilber in Fischen zeigt, dass die Umweltqualitätsnorm nur in seltenen Fällen unterschritten wird. Insgesamt liegen über 7.800 Messdaten für Quecksilber in Fischen aus Binnengewässern in Deutschland vor. Die Werte gehen in einzelnen Fällen bis in die späten 1970er-Jahre zurück und geben die stoffliche Belastung verschiedener taxonomischer (Fisch-) Gruppen wieder, sowie verschiedene Fischgrößen, trophische Stellung, etc..

Gute Vergleiche mit der Belastungssituation in anderen Mitgliedsstaaten ermöglicht eine Untersuchung des Fraunhofer IME: Brassen-Mischproben aus Frankreich, Niederlande, Schweden und Großbritannien wurden analog zu der Umweltprobenbank-Methode angefertigt. Es zeigt sich eine Überschreitung der Umweltqualitätsnorm in der Größenordnung von Rhein und Donau. Ausnahme sind die niedrigen Quecksilber-Werte in Fischproben aus dem Vereinigten Königreich. Das bestätigt JÜRGENS (2013)⁵³, die für Fischproben aus englischen Flüssen einen Mittelwert von 31 µg/kg Quecksilber ermittelt. 79 % der Werte lagen oberhalb der Umweltqualitätsnorm.


	Rhone (FR)	West-Schelde (NL)	Götaalv (SWE)	Mersey (UK)	Tees (UK)
2013 (µg/kg)	198	161	140	75	52
über UQN	10 x	8 x	7 x	4 x	2-3 x

Tabelle 7: Brassen Filet-Mischproben: Gemessene Hg Konzentration 2013 in Proben aus NL, UK, SWE, FR; Quelle: Fraunhofer IME

MILLER et al. (2013)⁵⁴ berichtet langfristige Quecksilber-Trends für Flussbarsche aus Schweden und Finnland. Die Konzentration fällt seit den 1970er-Jahren in schwedischen Seen leicht aber signifikant und steigt in Proben aus finnischen Seen möglicherweise leicht an. In beiden Ländern ist die Umweltqualitätsnorm mit aktuellen mittleren Werten von 350 bis 400 µg/kg deutlich überschritten. Das gilt auch für eine angepasste Umweltqualitätsnorm von 220 µg/kg Fisch, die eine Quecksilber-Hintergrundbelastung von 200 µg/kg in Skandinavien berücksichtigt.

2.1.2 Belastung der Schwebstoffe / Sedimente

Sowohl zur Belastung der Sedimente als auch zur Klärung der Interaktionen zwischen Sediment- und Biotabelastungen besteht noch Untersuchungsbedarf. Durch historische Einträge ist Quecksilber in den Sedimenten ubiquitär angereichert. Lokal können aufgrund früherer spezifischer Emissionssituationen auch stark belastete Sedimente vorgefunden werden. Es wird davon ausgegangen, dass die historisch bedingten und ubiquitär vorzufindenden Quecksilberbelastungen in den Gewässer-sedimenten eine Hauptursache für die hohen Quecksilbergehalte in Biota sind. Lokal können auch stark belastete „Altsedimente“ bedeutsam sein. Zum Teil sind hier noch Untersuchungen zur „Verortung“ dieser Hot-Spot-Bereiche erforderlich.

 Untersuchungen der Quecksilberkonzentrationen in **Schwebstoffen** aus der Elbe zeigen – analog zu den abnehmenden Konzentrationen in Brassen – an

53 Jürgens, Johnson, Jones, Hughes and Lawlor (2013): The presence of EU priority substances mercury, hexachlorobenzene, hexachlorobutadiene and PBDE's in wild fish from English rivers, Science of the Total Environment 461, 441-452

54 Miller, Bignert, Porvari, Danielsson and Verta (2013): Mercury in Perch (Perca fluviatilis) from Sweden and Finland. Water, Air, & Soil Pollution, February 2013, 224:1472

den meisten Messstellen ebenfalls abnehmende Trends; auf gegenüber den anderen Flüssen hohem Niveau.

- ⚠ In der Oder sind im Vergleich zu Rhein, Weser und Donau die Quecksilberbelastungen im Schwebstoff höher.
- ⚠ Der Rhein wiederum ist bei Kleve-Bimmen, an der deutsch-niederländischen Grenze, höher belastet als Weser und Donau (vgl. Abbildung 5).

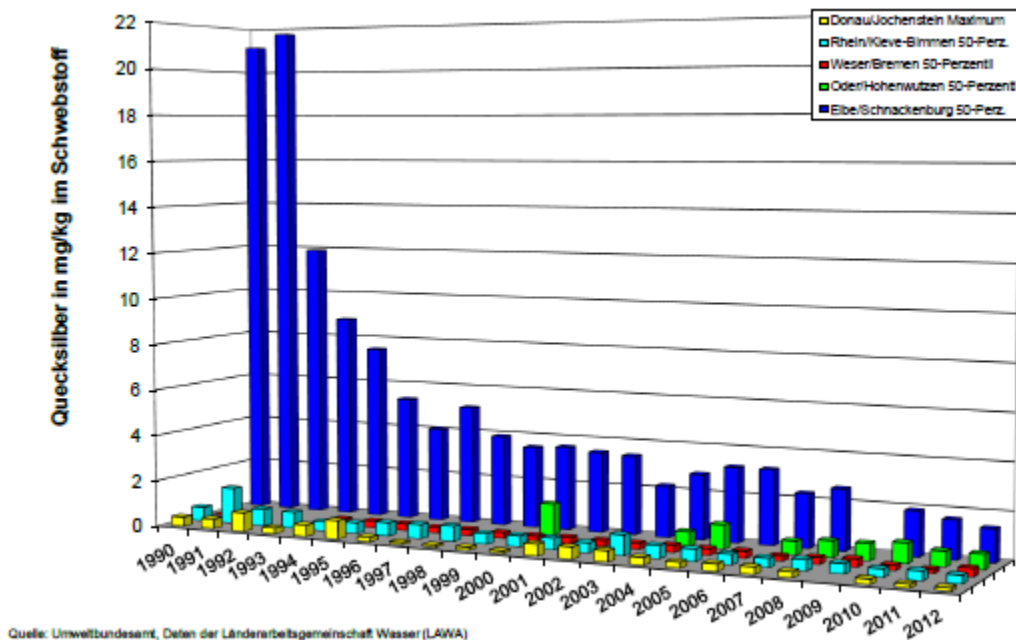


Abbildung 5: Langjährige Entwicklung der Quecksilbergehalte in Schwebstoffen aus Donau, Rhein, Weser, Oder, Elbe (Quelle: UBA)

2.2 Boden

Zur zeitlichen Entwicklung der Hg-Gehalte in Böden liegen für eine belastbare bundesweite Aussage keine ausreichenden Datengrundlagen vor. Das UBA aktualisiert derzeit den LABO-Bericht von 2003 zu bundesweiten Hintergrundwerten. Möglicherweise lässt sich nach Abschluss dieser Arbeiten zumindest die kurzzeitige Entwicklung besser beschreiben.

- ⚠ Für den Zeitraum 1990 bis 2010 wurde mit dem EMEP-Modell ein Rückgang der mittleren Quecksilber-Gesamtdeposition in Deutschland um ca. 55 % von 34 g·Hg/km² im Jahr 1990 auf 15 g·Hg/km² im Jahr 2010 (5,357 t) berechnet⁵⁵, so dass langfristig von einer Abnahme der luftbürtigen Hg-Belastung der Böden ausgegangen werden kann.

Der Ist-Zustand der Böden wird durch die Hintergrundwerte beschrieben. Sie werden aus den Hintergrundgehalten von Böden ermittelt. Für anorganische Schadstoffe beinhalten sie den geogenen Grundgehalt – das ist der natürliche Stoffbestand des Bo-

⁵⁵ EMEP / MSC-E Technical Report 5/2012, Tabelle 3 und Abbildung 10; <http://www.msceast.org/reports/Germany.pdf?00abd285a5050fb401a1aac822a594df=fc92045cc2743187c7ad677cddf47eef>

dens, der sich aus dem Ausgangsgestein (lithogener Anteil) und der pedogenetisch beeinflussten Umverteilung (Anreicherung und Verarmung) im Boden ergibt – sowie die ubiquitäre Stoffverteilung als Folge diffuser Einträge in den Boden. Zu bundesweiten Hintergrundwerten hat die LABO 2003 eine umfangreiche Datensammlung veröffentlicht⁵⁶.

Die Hintergrundbelastung der Böden kann insoweit von Bedeutung für die Belastung der Gewässer sein, als durch Erosion ein Bodenabtrag in die Gewässer erfolgen kann.

Exemplarisch werden in nachfolgender Tabelle die Hintergrundwerte (90. Perzentil) der periglazialen und omnipräsenten Deckschicht der Lössе angegeben. Diese Böden sind von überregionaler Bedeutung. Die Hintergrundwerte werden für die Oberbodengehalte aus den ländlichen Gebieten (Typ III) nutzungsspezifisch (Acker, Grünland und Wald) differenziert, bei den Hintergrundwerten für die Unterböden und den Untergrund wurde keine nutzungsspezifische Differenzierung vorgenommen.

Bundesweite Hintergrundwerte für Böden (LABO 2003, Auszug)				
	Hg in mg/kg (90 P.)			Hg in mg/kg (90 P.)
Oberboden Typ III				
Acker	0,19		Unterboden: Tiefenbereich mit Stoffverarmung)	–
Wald	0,25		Unterboden: Tiefenbereich mit Stoffanreicherung)	0,12
Grünland	0,22		Untergrund	0,11

Tabelle 8: LABO-Hintergrundwerte für Lössе (LABO 2003)

Aus Überschwemmungsgebieten verschiedener Flüsse sind Quecksilberanreicherungen in Böden bekannt, die zum großen Teil auf Verlagerungen aus ehemaligen Erzabbaugebieten bzw. auf frühere Einleitungen der Buntmetall-Industrie und der chemischen Industrie (Chloralkali-Elektrolyse) zurückzuführen sind. In der Wupperaue wurden z. B. Maximalgehalte von > 30 mg/kg in besonders belasteten Auenabschnitten ermittelt. Weiterhin wurde festgestellt, dass mit zunehmender Bodentiefe (bis ca. 0,6 – 1 m Tiefe) zunehmende Schadstoffgehalte auftreten; dieses deutet auf eine abnehmende Tendenz der Einträge in den letzten Jahren bzw. Jahrzehnten hin.


Aufgrund der unmittelbaren Nähe zu den Gewässern und dem damit einher gehenden Eintragspotenzial, spielen die Quecksilbergehalte in den Auensedimenten eine besondere Rolle.

Die von der LABO in 2003 veröffentlichten bundesweiten Hintergrundwerte für Quecksilber beinhalten keine expliziten, nutzungsspezifischen Daten zu Auenbereichen. Hierzu liegen lediglich in den Ländern vereinzelt Daten vor:



- http://www.smul.sachsen.de/lfulg/download/auen_endber.pdf
- <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/boden/30797.htm>
- http://www.lau.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MLU/LAU/Bodenschutz/Informationssysteme/Dateien/Schlussbericht.pdf

⁵⁶ LABO (2003): Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz – Hintergrundwerte für anorganische und organische Stoffe in Böden.

- [http://www.bestellen.bayern.de/application/applstarter?APPL=STMUG&DIR=stmug&ACTIONxSETVAL\(artdtl_geo.htm,APGxNODENR:276767,USERxBODYURL:artdtl_geo.htm,AARTxNR:92010\)=X](http://www.bestellen.bayern.de/application/applstarter?APPL=STMUG&DIR=stmug&ACTIONxSETVAL(artdtl_geo.htm,APGxNODENR:276767,USERxBODYURL:artdtl_geo.htm,AARTxNR:92010)=X)
- <http://www.mwkel.rlp.de/File/HGW-Bericht-Hintergrundwerte-der-Boeden-von-Rheinland-Pfalz-2013-Textteil-pdf/>
- http://www.lugv.brandenburg.de/media_fast/4055/umda7_03.pdf

 Auenböden weisen im Vergleich zu terrestrischen Böden meist erhöhte Schadstoffgehalte auf. Die Ursachen hierfür sind mannigfaltig und von zahlreichen Faktoren abhängig.

Hinweise:

-  Das UBA befasst sich derzeit mit der bundesweiten Datenerhebung zum Stoffgehalt deutscher Auenböden⁵⁷. Ziel ist dabei die Erarbeitung einer Methode zur Kennzeichnung des bundesweiten stofflichen Zustands von Auenböden. Die Bewertung der Auenböden soll auf der Basis der typischen, bundesweiten Belastungen erfolgen. Basierend auf den Ergebnissen des Projektes soll es möglich sein, den Auenzustandsbericht des Bundesamtes für Naturschutz (BfN) aus 2009⁵⁸ um eine bodenbezogene stoffliche Komponente zu erweitern. Hierbei sollen auch die Quecksilbergehalte erfasst werden.
-  Auch Altlasten im Sinne des § 2 Ab. 5 BBodSchG können als Punktquellen Ursache für mögliche Eintragspfade ins Grundwasser oder Gewässer sein. Altlasten haben in der Vergangenheit zu einer Belastung der Sedimente geführt und können auch weiterhin andauernd zu Einträgen führen.

2.3 Luft

Luftseitig wird die Quecksilberbelastung durch die Hg-Konzentration in der Deposition und durch die Quecksilberbelastung der Außenluft bestimmt.

Die nasse Quecksilber-Deposition und die Quecksilberkonzentration⁵⁹ in der Außenluft werden vom Umweltbundesamt regelmäßig an den ländlichen Hintergrundstationen des UBA-Luftmessnetzes (emittentenfern) gemessen. Abbildung 6 und Abbildung 7 zeigen den Verlauf beider Größen.

57 F+E-Vorhaben „Bundesweite Kennzeichnung der Schadstoffbelastung von Überschwemmungsböden“ (FKZ 371171214)

58 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) und Bundesamt für Naturschutz (BfN) (2009): Auenzustandsbericht – Flussauen in Deutschland

59 Summe aus gasförmigem reaktivem und elementarem Quecksilber. Untersuchungen am Standort Waldhof (NI) zeigen, dass partikelgebundenes und reaktives Quecksilber (im Hintergrund) weniger als 1 % Quecksilbergesamtkonzentration ausmachen.

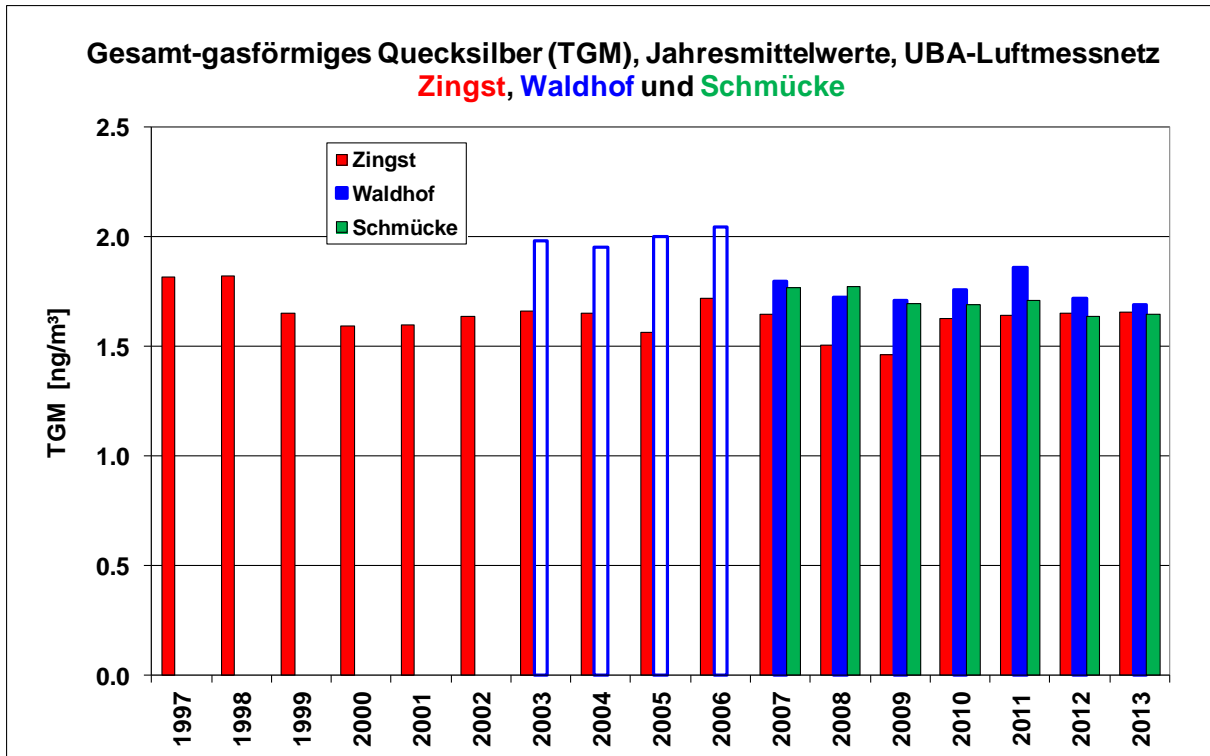


Abbildung 6: Gesamt-gasförmiges Quecksilber (TGM), Jahresmittelwerte, UBA-Luftmessnetz, Quelle UBA, Luftmessnetz 2014

Die Quecksilberkonzentrationen **in der Außenluft** an der Luftmessstation Zingst (MV) an der Ostseeküste zeigen seit 1997 keinen Trend und liegen im langjährigen Mittel bei 1,6 ng/m³, was im Bereich des Nordhemisphären-Wertes liegt. Die Konzentrationen an den beiden im Landesinneren gelegenen Stationen Waldhof (NI) und Schmücke (TH) liegen meist (leicht) darüber und weisen gleichfalls keinen Trend auf.

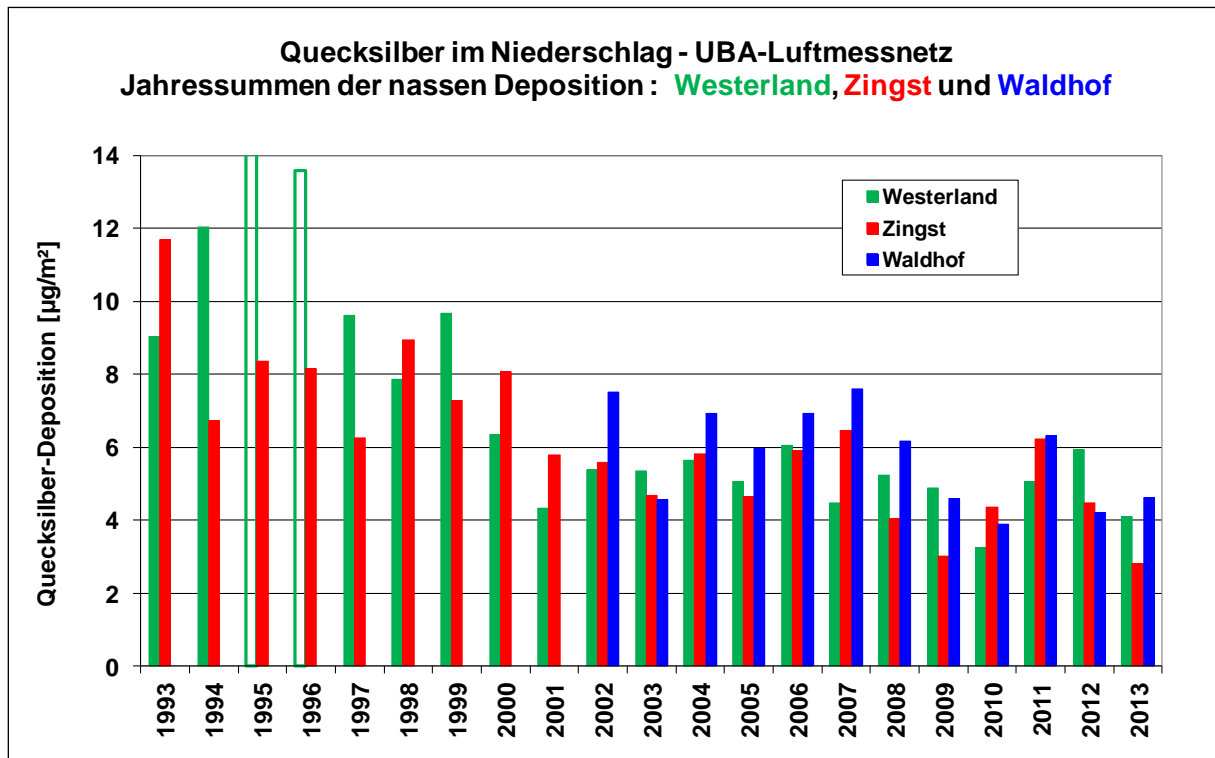



Abbildung 7: Quecksilber im Niederschlag – UBA-Luftmessnetz, Jahressummen der nassen Deposition, Quelle UBA Luftmessnetz (2014)

Die nasse **Quecksilber-Deposition** an den emittententfernen UBA-Standorten Westerland (SH) und Zingst (MV) liegt im Zeitraum 2010 – 2013 im Vergleich zu den 1990er Jahren um etwa 50 % (Westerland) bzw. 45 % (Zingst) niedriger.

 Die seit vielen Jahren feststellbare Verringerung der Quecksilberemissionen in Deutschland (vgl. Abbildung 9) ist im UBA-Luftmessnetz nicht in gleicher Ausprägung erkennbar. Dies ist plausibel, wenn berücksichtigt wird, dass nur ein Teil der Quecksilber-Deposition auf aktuelle Emissionen in Deutschland zurückzuführen ist. Der atmosphärische Ferntransport führt dazu, dass globale Belastungen in Verbindung mit langen Verweilzeiten den Erfolg aktueller regionaler Minderungsmaßnahmen überdecken. Zum hohen Quecksilberinventar der Atmosphäre tragen aber vermutlich auch Re-Emissionen und chemische Umwandlungen bei (vgl. Abbildung 1).

3 Zeitliche Entwicklung der Emissionen

3.1 Weltweite zeitliche Entwicklung der anthropogenen und natürlichen Emissionen

Mit Beginn der Industrialisierung sind die Umweltmedien aus verschiedenen Quellen zum Teil sehr stark mit Quecksilber belastet worden. STREETS et al.⁶⁰ beschreiben die historische und globale Entwicklung der Freisetzung von Quecksilber anthropogenen Ursprungs in die Atmosphäre.

Seit Mitte des 19. Jahrhunderts sind drei Phasen erkennbar. Zuerst stammten die Hauptemissionen aus der Verwendung von Quecksilber im Rahmen der nordamerikanischen Gold- und Silbergewinnung des 19. Jahrhunderts mit einer vermutlichen Spitze von zirka 2.500 t/a um das Jahr 1890. Später dominierten auf deutlich niedrigerem Niveau die Emissionen aus anderen Verwendungen. Seit der Mitte des 20. Jahrhundert zeigt sich ein enormer Anstieg in den Emissionsfrachten, der auf die vermehrte Verbrennung von Kohle zurückgeführt werden kann, wobei seit den 1990er Jahren der bei weitem größte Anteil in Asien emittiert wird.

Aufgrund der Eigenschaften und dem Verteilungsverhalten von Quecksilber sind nicht nur lokale, aktuelle Emissionen, sondern auch globale Emissionen, natürliche Quellen und Re-Emissionen aus Depots, z. B. von Böden oder Ozeanen zu beachten.

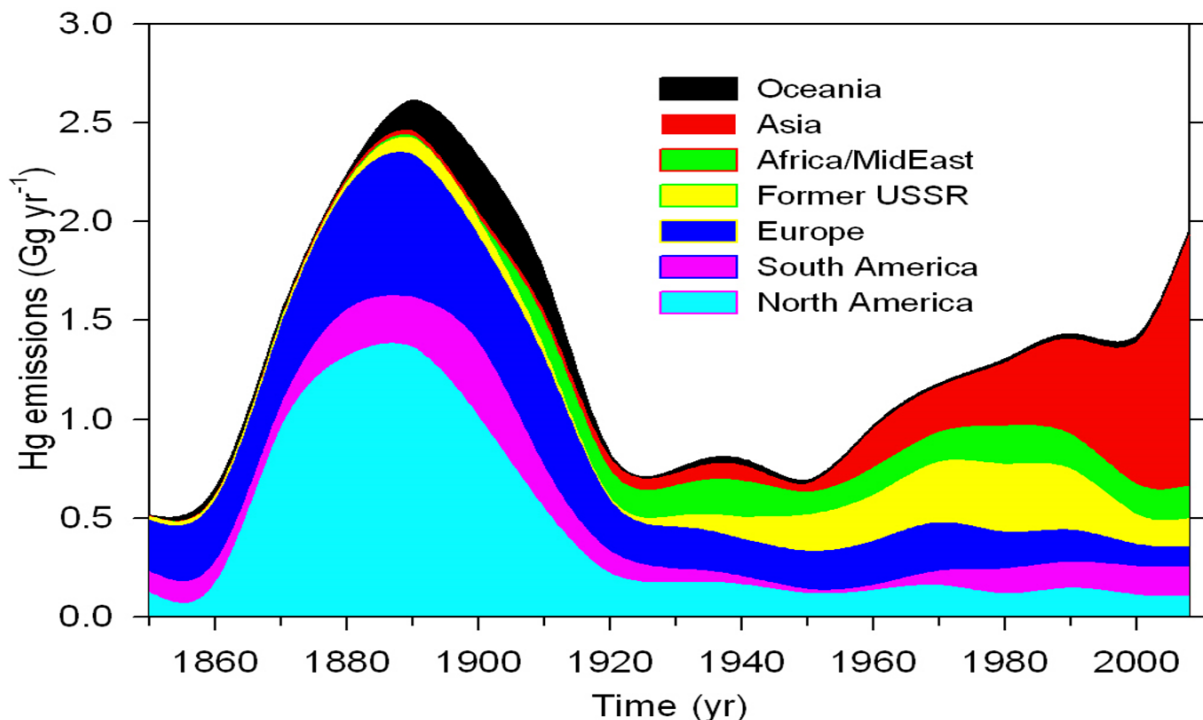


Abbildung 8: Regionale Verteilung der globalen Quecksilberemissionen⁶⁰

⁶⁰ Streets, Devane, Lu, Bond, Sunderland and Jacob (2011): „All-Time Releases of Mercury to the Atmosphere from Human Activities“ Environmental Science & Technology, Nr. 45 (24), Seiten 10485 bis 10491, vgl. <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es202765m>

Nach PIRRONE et al.⁶¹ stellt sich die globale Situation im Jahr 2008 wie folgt dar: die Gesamtemissionen in Luft und Gewässer betragen ca. 7.527 t/a, davon stammen

- 5.207 t/a aus natürlichen Quellen und Re-Emissionen sowie
- 2.320 t/a aus Neuemissionen.

Die größten Beiträge bei den natürlichen Quellen und Re-Emissionen leisten Emissionen aus den Ozeanen mit 2.682 t/a und die Verbrennung von Biomasse mit 675 t/a. Bei Neu-Emissionen sind es die Kohlekraftwerke mit 810 t/a, Goldgewinnung mit 400 t/a, NE-Metallverarbeitung mit 310 t/a, Zementherstellung mit 236 t/a, Abfallbehandlung und -ablagerung mit 187 t/a sowie die Herstellung von Natronlauge mit 163 t/a.

Globale Quecksilberemissionen im Jahr 2008		Emission [t/a]
natürliche Quellen und Emissionen	Emissionen aus den Ozeanen	2.682
	Verbrennungen von Biomasse	675
	Andere	1.850
	Summe	5.207
Neu-Emissionen	Kohlekraftwerke	810
	Goldgewinnung	400
	NE-Metallverarbeitung	310
	Zementherstellung	236
	Abfallbehandlung/-ablagerung	187
	Natronlaugeherstellung	163
	Andere	214
	Summe	2.320
Gesamt		7.527

Tabelle 9: Globale Quecksilberemissionen nach PIRRONE et al. im Jahr 2008⁶¹

3.2 Nationale zeitliche Entwicklung der anthropogenen und natürlichen Emissionen: Luft

Die Entwicklung der luftseitigen Quecksilberemissionen wird u. a. in den im Rahmen des Übereinkommens über weiträumige grenzüberschreitende Luftverschmutzung (UN ECE-CLRTAP) vorgelegten Emissionsberichten und Emissionsinventaren abgebildet. Die Emissionstrends für Deutschland bis einschließlich 2012 sind in Abbildung 9 herausgestellt.

61 Pirrone, Cinnirella, Feng, Finkelman, Friedli, Leaner, Mason, Mukherjee, Stracher, Streets and Telmer (2010): „Global mercury emissions to the atmosphere from anthropogenic and natural sources“, Atmospheric Chemistry and Physics 2010, 10, Seiten 5951 bis 5964

Hg-Emissionen in Deutschland, nach Quellgruppe

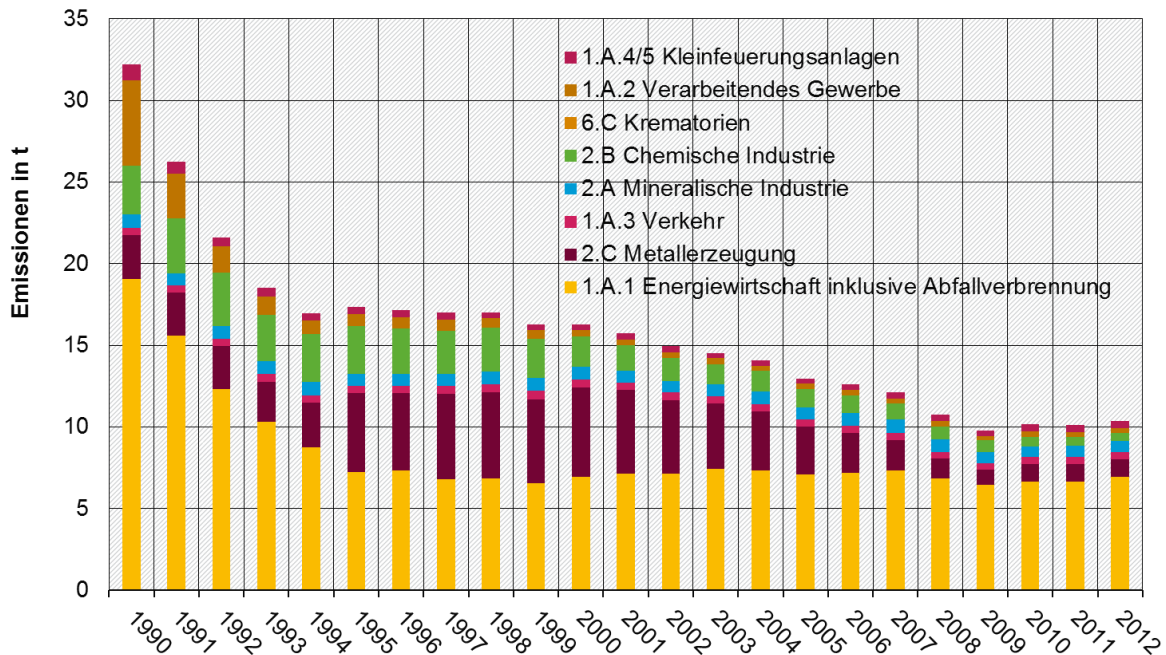


Abbildung 9: Emissionstrends (Luft) für Quecksilber in Deutschland in t/a, Quelle: UBA

Bei der Ermittlung der Emissionstrends werden neben (großen) Anlagen, die auch im PRTR erfasst werden, auch kleinere Anlagen (z. B. Kleinf Feuerungsanlagen; s. hierzu Kap. 4.1.1) sowie diffuse Quellen (z. B. Verkehr, s. hierzu Kap. 4.1.2) berücksichtigt. Möglicherweise sind bei den PRTR-Meldungen aus Großfeuerungsanlagen zum Teil zu hohe Frachten gemeldet worden (s. hierzu Kap.4.4).

3.3 Nationale zeitliche Entwicklung der anthropogenen und natürlichen Emissionen: Wasser

Direkte Gewässereinträge, die auch in Deutschland in früheren Jahren zu erheblichen Einträgen geführt haben, sind mittlerweile weitgehend eingestellt. Dies wird durch die mit dem Modell 'MONERIS'⁶² erhaltenen Daten offensichtlich (vgl. Abbildung 10).

Eine langfristige Datenreihe ist mit erheblichen Unsicherheiten behaftet, da sich die Datengrundlagen und die Erhebungsmethoden ständig weiter entwickeln.

62 MONERIS = MOdelling Nutrient Emissions in River Systems (vgl. <http://www.moneris.igb-berlin.de/>)

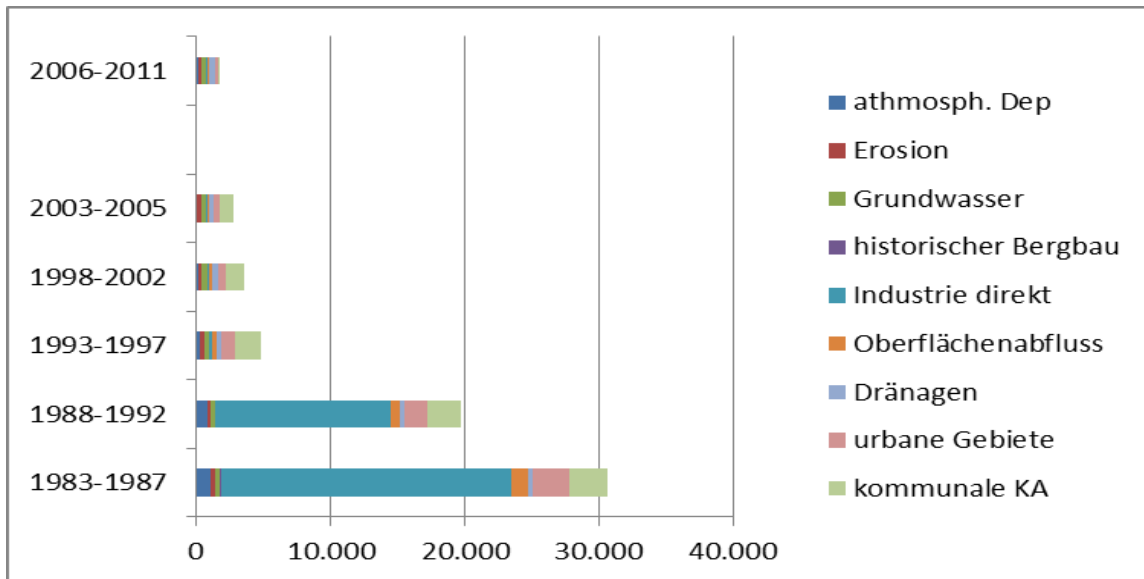



Abbildung 10: Quecksilbereinträge in kg/a aus Punkt- und diffusen Quellen in die Oberflächengewässer in Deutschland zwischen 1985 und 2011⁶³

Im Lichte dieser Erkenntnis wurden zwischenzeitlich im Projekt 'MoRE'⁶⁴ die Daten aus 'MONERIS' aktualisiert.

 Insbesondere erkennbar ist, dass die Relevanz des Eintragspfades „kommunale Kläranlagen“ in den Datenreihen bis 2005 vermutlich durchgehend deutlich überschätzt wurde.

63 MoRE 2014 und UBA 2014

64 MoRE = Modeling of Regionalized Emissions, s. u. a. <http://isww.iwg.kit.edu/MoRE.php>

4 Relevanz der verschiedenen Belastungsursachen und Eintragspfade

Die Belastung der Biota mit Quecksilber hat verschiedene Ursachen und Eintragspfade, die nachfolgend im Einzelnen kurz betrachtet werden (s. auch Abbildung 1):

- Die Emission aus aktuell betriebenen Anlagen und aktuellen diffusen Quellen
 - in die Gewässer kann
 - unmittelbar auf dem Wasserpfad, und dort dann
 - direkt oder
 - indirekt über kommunale Kläranlagen erfolgen;
 - in die Luft kann
 - zur Deposition im Nahbereich der Anlage oder
 - zur Anreicherung in der Atmosphäre und dann zur Deposition auf Flächen, die nicht in unmittelbarem Zusammenhang zur Anlage stehen, führen (Ferntransport von Luftschadstoffen).
- Die Deposition aus der Luft (aus nahegelegenen Anlagen oder über Ferntransporte) kann, wenn sie
 - auf versiegelte Flächen trifft, zu einem Eintrag in die Gewässer über die Niederschlags-Entwässerung und wenn sie
 - auf nicht-versiegelte Flächen trifft, zu einem Eintrag in die Gewässer über Erosion, Oberflächenabfluss, Grundwasser oder Dränagen führen.
- Auf gleichen Pfaden sind historisch Einträge auf den Boden und in die Gewässer erfolgt, weshalb der Boden und die Gewässersedimente ein relevantes Depot darstellen, das zur aktuellen Belastung der Biota beiträgt.
- Die Böden sind außerdem durch landwirtschaftliche Nutzungsformen belastet worden. Darüber, ob bzw. in welchem Umfang durch aktuelle landwirtschaftliche Nutzungen Belastungen hinzukommen, liegen bundesweit keine Daten vor. Unbenommen dessen kann die Nutzung von Klärschlamm als Düngemittel einen Belastungspfad darstellen.

4.1 Aktuelle Einträge in die Gewässer - Ursachen

4.1.1 Emissionen aus aktuell betriebenen Anlagen (Luft und Abwasser)

Die aktuellen punktuellen Emissionen aus bestimmten berichtspflichtigen Anlagen werden im Rahmen der PRTR-Berichterstattung regelmäßig erfasst. Die PRTR-Meldungen umfassen die emittierenden Anlagen, bei denen mehr als 10 kg/a Quecksilber auf dem Luftpfad und / oder mehr als 1 kg/a Quecksilber auf dem Wasserpfad emittiert werden. Die Emissionen aus Anlagen mit geringerer Hg-Emission und insbesondere die Emissionen aus „diffusen Quellen“ werden nicht erfasst. Desgleichen werden die Belastungen, die in den bereits vorhandenen Depots (Boden, Sediment) vorliegen, nicht berücksichtigt.

In Tabelle 10 sind die Daten der PRTR-Meldungen aus 2010 und 2012 erfasst.

Die in der PRTR-Berichterstattung für Deutschland betrachteten Betriebe haben für das Jahr 2012 insgesamt eine Freisetzung von annähernd 8.000 kg Quecksilber gemeldet, davon 7.330 kg/a in die Luft, 401 kg/a in das Abwasser und 165 kg/a in die Gewässer, wobei 137 kg/a über Abwasseranlagen in die Gewässer gelangen. Ge-

mäß PRTR-Berichterstattung für das Jahr 2012 sind im Vergleich zu 2010 für alle genannten Umweltmedien Minderungen eingetreten, wobei sich der Anteil der verschiedenen Branchen an der Minderung unterschiedlich darstellt.

Bezogen auf die Emissionen aus Großfeuerungsanlagen weist der LAI darauf hin, dass möglicherweise zu hohe Frachten angegeben wurden (s. Kapitel 4.4.).

Jahresfracht kg/a gesamt	Luft		Wasser		Abwasser (Indirekteinleiter)	
	2010	2012	2010	2012	2010	2012
Energie	5.279	5.190	8,72	4,68	201	101
Chemie	578	441	13,73	20,1	13,46	9,8
Mineral. Ind.	668	779	0	–	1,1	1,1
Metall	711	877	1,2	3,5	428	287
Abwasser- und Abfall	237	34,6	210	137	0	2,03
Papier und Holz	67	k. A.	0	k. A.	0	k. A.
Total	7.540	7.330	234	165	643	401

Tabelle 10: Branchenspezifische Jahresfrachten der PRTR-Betriebe für Freisetzung von Quecksilber in die verschiedenen Medien (Auswertung des UBA, Datenbasis 2010 und 2012)⁶⁵

Luft

Im Bereich der anlagenbezogenen Freisetzungen in die Luft spielt – bei Betrachtung der bundesweiten PRTR-Daten – der Energiesektor auch in 2012 mit 71 % des Gesamteintrages die bedeutende Rolle. Innerhalb des Energiesektors sind „Wärme-kraftwerke und andere Verbrennungsanlagen mit einer FWL von > 50 MW“ (5.140 kg/a) dominant.

Die PRTR-Betriebe sind eine Teilmenge der insgesamt Quecksilber-emittierenden Betriebe. Weitere (kleinere) Betriebe werden hinsichtlich ihrer Emissionen im Rahmen der Emissionserklärungen entsprechend der 11. BImSchV erfasst. Beispielhaft sind in Abbildung 11 für das Bundesland Nordrhein-Westfalen die Hg-Emissionen (in die Luft) auf Basis der Emissionserklärungen dargestellt; dabei wurden die Emissionen nach Obergruppen der 4. BImSchV differenziert.

⁶⁵ <http://www.thru.de/search/?c=search&a=grid&L=0>

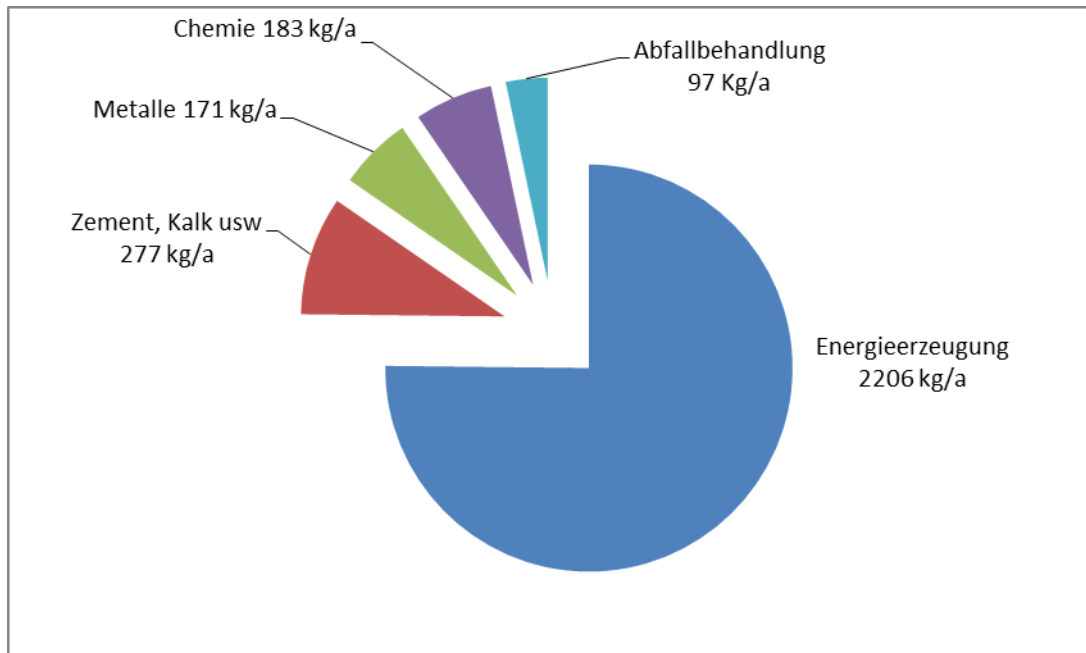


Abbildung 11: Hg-Emissionen nach der Obergruppe der 4. BImSchV auf Basis der Emissionserklärungen 2012 für Nordrhein-Westfalen (Auswertungsstand: 17.07.2014)⁶⁶

Inwieweit die Emissionen aus aktuell in Betrieb befindlichen Anlagen zur aktuell messbaren Deposition im Nahbereich der Emittenten beitragen, ist gegenwärtig noch unzureichend verstanden.

Zur Verbesserung des Kenntnisstandes wurden von April 2012 bis Februar 2013 vom Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW) an insgesamt 9 Messstellen Hg-Depositionsmessungen durchgeführt. Die Ergebnisse zeigten, dass die Schwermetalldeposition in der Regel stark vom Standort abhängt; sie ist üblicherweise an Messstellen in Industrienähe um mehr als das Hundertfache gegenüber der Deposition an ländlich gelegenen Messstellen erhöht. Für die Deposition von Quecksilber hingegen trifft diese Aussage nicht zu⁶⁷. Für Quecksilber zeigte sich in v. g. Messung an den Messstellen im industriell geprägten Gebiet (Duisburg, Niederkassel-Lülsdorf, Lünen) nur eine Erhöhung um etwa den Faktor 2 gegenüber den Messstellen im ländlich geprägten Gebiet⁶⁸.

Außerdem wurden in Sachsen zur Verbesserung des Kenntnisstandes beispielhaft eine Ausbreitungsberechnung für Quecksilber und die Überprüfung der Ergebnisse durch die Bestimmung der Quecksilberbelastung in Wasser und Boden rund um die Emissionsquelle durchgeführt. Die Ergebnisse können wie folgt zusammengefasst werden⁶⁹:

In den untersuchten Gewässern im Bereich der Ausbreitungsfahne des Braunkohle-Kraftwerks Lippendorf wurden – wie in vielen europäischen Gewässern – erhöhte Quecksilberkonzentrationen in Sedimenten und Biota gefunden. Die Werte waren jedoch im räumlichen Verteilungsmuster nicht so erhöht, wie dies in der Ausbrei-

⁶⁶ Interner Bericht LANUV NRW, Abt. 7

⁶⁷ Die geringen räumlichen Unterschiede der Hg-Deposition lassen sich mit den chemisch-physikalischen Eigenschaften von Quecksilber erklären (vgl. Kapitel 1.1)

⁶⁸ Mündl. Information: MKULNV NRW, D. Schüffeln auf Basis der Ergebnisse aus dem „Messprogramm des LANUV NRW zur Quecksilberdeposition von April 2012 bis April 2013“

⁶⁹ Mündl. Information: SMUL Sachsen, A. Bobeth

tungsfahne des Kraftwerks Lippendorf als aktuell größtem Quecksilberemittenten in der entsprechenden Region zu erwarten gewesen wäre. Es zeigte sich, dass der Beitrag regionaler Emissionsquellen an der Umweltbelastung mit Quecksilber im Vergleich mit der Summe aus Feineinträgen (Deposition) und historischen Vorbelastungen im Boden sehr gering ist.

⚠ Nach diesen neueren Erkenntnissen ist davon auszugehen, dass sich die nationalen luftseitigen Emissionen eher überregional als lokal und regional auswirken (s. Kapitel 4.1.3.)

⚠ Gleichzeitig zeigt sich, dass die aktuell in Gewässerorganismen messbaren Quecksilberkonzentrationen nicht nur durch Quecksilberemissionen aus nationalen und aktuell „aktiven“ Quellen verursacht werden, sondern vor allem durch die Deposition bzw. das Abregnen von Quecksilberbelastungen, die sich im globalen Kreislauf befinden.

Wasser

Gemäß MoRE lagen im Zeitraum 2006 – 2011 die Quecksilbereinträge in die Gewässer insgesamt bei 1,6 t/a.

Die **kommunalen Kläranlagen** hatten daran einen Anteil von < 1 % und die **industriellen Direkteinleiter** einen etwas höheren, aber bezogen auf die Gesamteinträge in die Gewässer einen vernachlässigbaren Anteil.

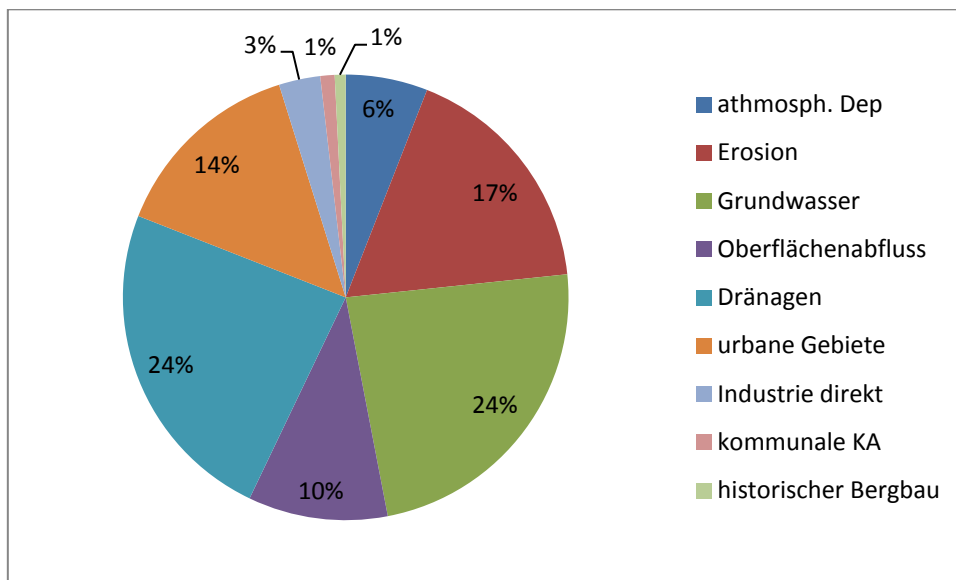


Abbildung 12: Gesamt-Quecksilbereinträge in die Gewässer Deutschlands im Zeitraum 2006 – 2011⁷⁰

Die Meldungen im PRTR liegen deutlich höher und basieren vermutlich auf Überschätzungen, die auf messtechnische Faktoren oder auf die Verwendung veralteter Emissionsfaktoren zurückgehen können. Bei Freisetzungen von Quecksilber in das

⁷⁰ MoRE 2014

Wasser hat gemäß PRTR-Berichterstattung die Branche „Abwasser- und Abfallbehandlung“ die größten Einträge. Hauptverursacher innerhalb dieser Branche sind bei ausschließlicher Berücksichtigung der PRTR-meldepflichtigen Anlagen „Kommunale Abwasserbehandlungsanlagen mit einer Leistung von >100.000 Einwohnergleichwerten“. Die Einträge in diese Anlagen werden im Wesentlichen auf „diffuse Einträge“, d. h. zum Beispiel auf den Eintrag von Fremdwasser, zurückgeführt, weniger auf industrielle Indirekteinleiter.

Ergänzend zu Abbildung 12 sind in Tabelle 11 die Summen der Hg-Einträge in die verschiedenen Flussgebiete in Deutschland dargestellt. Die Zahlen weichen etwas von den Zahlen in Abbildung 12 ab, was u.a. dem anderen Bilanzzeitraum geschuldet ist. Die Größenordnungen sind aber vergleichbar:

[kg/a]	Donau	Eider	Elbe	Ems	Maas	Oder	Rhein	Schlei	Warnow	Weser	Summe Deutschland
Atmosphär. Deposition	11,31	0,86	26,42	1,63	0,44	11,14	30,33	2,33	5,43	7,01	96,9
Altbergbau	0	0	9,05	0	0	0	3,64	0	0	0	12,69
Erosion	80,72	0,29	62,07	3,57	2,17	1,75	146,73	1,82	1,88	34,89	335,89
Grundwasser	82,51	5,72	60,68	15,7	4,39	3,23	139,65	5,35	8,87	57,76	383,86
Oberflächenabfluss von nicht versiegelten Flächen	60,49	3,02	24,95	4,85	1,1	1,59	54,72	2,13	4,54	20,58	177,97
Dränagen	44,21	30,79	131,29	17,75	0,37	8,62	71,63	13,4	30,63	46,86	395,55
Kanalisationssysteme	21,93	0,99	53,78	5,79	3,96	1,9	82,31	2,57	2,7	25,1	201,03
Industrielle Direkteinleiter	2,13	0	24,78	0,73	5,78	0,93	51,37	0,02	0,01	1,61	87,36
Kläranlagen	1,12	0,03	1,87	0,5	0,7	0,03	10,54	0,09	0,06	1,54	16,48
Summe	304,42	41,7	394,89	50,52	18,93	29,19	590,92	27,71	54,12	195,35	1.707

Tabelle 11: Summe der Hg-Einträge (kg/a) auf Ebene deutscher Anteile der Flussgebietseinheiten, gemittelt für den Bilanzzeitraum 2006-2008 (berechnet am 25.10.2013, verbessert am 20.3.2014 in Bezug auf die Kläranlagen-Eintragsberechnung) mit MoRE

4.1.2 Emissionen aus aktuellen diffusen Quellen

Luft

In Kapitel 3.2 ist die zeitliche Entwicklung der **luftseitigen** Hg-Emissionen dargestellt, wie sie sich anhand der für den UNECE-Bericht vereinbarten Methodik darstellt. Vergleicht man die Daten des UNECE-Berichtes (2012) mit den Daten des PRTR (2012) ergibt sich schon für den Energiesektor eine um ca. 1,4 t/a höhere Fracht. Ursächlich dafür sind zum einen Anlagen, die nicht unter die PRTR-Pflicht fallen, zum anderen aber auch diffuse Quellen, die bei der UNECE-Modellierung berücksichtigt werden.




Bei der Ermittlung der Emissionstrends (Tabelle 9) werden neben (großen) Anlagen, die auch im PRTR erfasst werden, auch kleinere Anlagen (z. B. Kleinf Feuerungsanlagen) sowie diffuse Quellen (z. B. Verkehr) berücksichtigt.

In Tabelle 9 sind solche diffusen Quellen zum Beispiel unter der Ziffer 1.A.3 (Verkehr) und 1.A.4 (Haushalte) summiert. Die Emissionen aus diesen Bereichen sind deutlich geringer als die Emissionen aus den Anlagen, die unter Ziffer 1.A.1. (Energiewirtschaft inklusive Abfallverbrennung: Emissionen aus Kraftwerken, Müllverbrennungsanlagen, aber auch Raffinerien). Beispielsweise liegen die Hg-Emissionen aus

der Erdgasverbrennung in Haushalten nach Einschätzung des UBA bei ca. 60 kg/a; zur Belastbarkeit der Daten, s. Kapitel 4.4. Die Hg-Emissionen, die bei der Erdgas-Förderung austreten, können vom UBA derzeit nicht beziffert werden.


Wasser


In Abbildung 12 sind neben den punktuellen Einträgen auch die diffusen Einträge in die Gewässer im Zeitraum 2006 – 2011 erfasst.

-  Danach gehen die Einträge in die Gewässer ganz überwiegend auf Niederschlagswassereinträge und auf diffuse Einträge aus Grundwasser, Dränagen, Erosion und auf den Oberflächenwasserabfluss zurück.
-  Die Einträge über das Niederschlagswasser („urbane Gebiete“, 14 %) sind im Wesentlichen auf aktuelle luftbürtige Depositionen zurückzuführen.
-  Die diffusen Einträge über Grundwasser (24 %), Dränagen (24 %) , Erosion (17 %) und Oberflächenwasserabfluss (10 %) wiederum im Wesentlichen auf das historisch bedingte Hg-Depot im Boden (s. Kapitel 4.1.4).

4.1.3 Die atmosphärische Deposition als „Emissionsquelle“

„Diffuse“ Belastungen des Bodens und versiegelter Flächen, die dann auf verschiedenen Pfaden mittel- bis langfristig in die Gewässer gelangen, entstehen durch die Deposition aus der Luft.

-  Die Hg-Deposition in Deutschland belief sich nach den aktuellen Ergebnissen der EMEP-Modellierung im Jahr 2010 auf ca. 5,4 t Quecksilber. Davon entstammten 3,2 t Hg direkten anthropogenen Emissionen aus der EMEP-Region (2,1 t aus Deutschland), während die restlichen 2,2 t Hg (d. h. 41 % der Gesamtdeposition) aus natürlichen oder globalen Emissionsquellen stammen.⁷¹

-  Auf der anderen Seite wird damit auch deutlich, dass die anthropogenen luftseitigen Emissionen in Deutschland, die in ihrer Gesamtheit mehr als 10 t/a ausmachen, nur zum Teil in Deutschland deponiert werden. Zum überwiegenden Teil unterliegen sie dem atmosphärischen Ferntransport und werden über die Grenzen hinweg getragen.

4.1.4 Das Depot im Boden als „Emissionsquelle“

Der Boden ist Quelle und Senke für Quecksilber.

Quecksilber hat sich aufgrund historischer Depositionen, aber auch aufgrund historischer Landbewirtschaftungsmethoden angereichert. Zu den historischen Depositionen sind bereits an anderer Stelle Aussagen getroffen worden. In der Landbewirtschaftung kamen früher (bis 1982) aromatische (z. B. Phenylquecksilber) und Alkyl-Quecksilberverbindungen als Saatgut-Beizmittel (Fungizid und Pestizid) zum Einsatz.

⁷¹ EMEP / MSC-E Technical Report 5/2012, Tabelle 3 und Abbildung 10;
<http://www.msceast.org/reports/Germany.pdf?00abd285a5050fb401a1aac822a594df=fc92045cc2743187c7ad677cddf47eef>

Sie sind heute in Deutschland verboten. In welchem Maße diese Mittel zur heute im Boden messbaren Hg-Belastung beigetragen haben, ist nicht bekannt.

Auch die Aufbringung bestimmter Mineraldünger und Wirtschaftsdünger, insbesondere auch die Aufbringung von Klärschlamm, der eine Senke des wasserbütig transportierten Quecksilbers darstellt, kann historisch und auch noch heute zu Hg-Belastungen des Bodens beitragen.

Unbenommen der Frage, wie sich Quecksilber im Boden angereichert hat, ist festzustellen, dass die im Boden messbaren Hg-Gehalte eine Quelle der „diffusen Gewässereinträge“ (s. Kapitel 4.1.2) sind.

4.2 Aktuelle Einträge in die Gewässer: Eintragspfade

Das wasserwirtschaftliche Modell 'MoRE' betrachtet alle Eintragspfade, über die Quecksilber direkt oder indirekt in die Gewässer eingetragen wird. Es betrachtet nicht die bereits in den Gewässersedimenten vorhandene Belastung (vgl. dazu Kapitel 4.3).

Die Ergebnisse der aktuellen Modellierung sind in Abbildung 12 und Tabelle 11 zusammengefasst (s. Kap. 4.1.1); die nachfolgenden Zahlen beziehen sich auf Abbildung 12, d.h. auf den Bilanzierungszeitraum 2006 – 2011.

Danach tragen kommunale Kläranlagen und Einleitungen des Altbergbaus nur in geringem Maße (ca. je 1 %) zur Befruchtung der Gewässer bei. Industrielle Direkteinleitungen tragen ca. 5 % zur Befruchtung der Gewässer bei. Der Beitrag der industriellen Direkteinleiter ist gemäß MoRE niedriger als der Beitrag der unmittelbar auf die Gewässer treffenden atmosphärischen Deposition, die mit 6 % modelliert wurde.

Die atmosphärische Deposition auf versiegelte (urbane) Flächen leistet einen Beitrag zur Gewässerbelastung über die „Kanalisationssysteme“, der insgesamt 14 % der Gewässerbelastung ausmacht. Die Belastung des bei Regenereignissen von urbanen Flächen abfließenden Wassers lässt sich probenahmetechnisch nur schwer erfassen. Es ist davon auszugehen, dass hier Ungenauigkeiten vorliegen und daher weitere Untersuchungen angezeigt sind.

Eintragspfade aus nicht versiegelten Flächen sind **Erosion** (17 %) und **Dränagen** (24 %) sowie **Grundwasser** (24 %) und **Oberflächenwasserabfluss** (10 %). Wie hoch der Anteil der atmosphärischen Deposition innerhalb dieser Eintragspfade ist, ist nicht näher differenziert. Bei **landwirtschaftlich genutzten**, nicht versiegelten Flächen kann auch die entsprechende Nutzung einen relevanten Beitrag liefern. Wie hoch der Anteil der **aktuellen Deposition in Relation zur „historischen“ Deposition** ist, ist ebenfalls nicht näher differenziert. Hier ist anzunehmen, dass die „historische“ Deposition relevanter ist als die aktuelle Deposition (vgl. Kapitel 3).



Die direkte (auf die Wasserflächen auftreffende) und die indirekte (auf versiegelte und nicht-versiegelte Flächen auftreffende) luftbürtige Deposition von Quecksilber stellt eine relevante Ursache der aktuellen zusätzlichen Gewässerbelastung dar, die auf verschiedenen Pfaden in die Gewässer gelangt. Die Relation dieser Einträge zum Depotwert der Gewässer und der Gewässersedimente ist unbekannt.

4.3 Vorhandene Belastungen in den Gewässern

Quecksilber ist in den Gewässersedimenten – welche das Langzeitgedächtnis der Gewässer darstellen – ubiquitär angereichert. Neben den aktuellen Einträgen in die Gewässer gibt es aus früheren, vorwiegend industriellen Quecksilbereinleitungen in die Gewässer umfangreiche Depots in den Gewässersedimenten und Auenböden, die durch Hochwasserereignisse remobilisiert werden können.


Die in Kapitel 2.1.2 dargestellten Schwebstoffbelastungen geben Hinweise; sie berücksichtigen allerdings nur den durch den Abfluss mobilisierbaren Anteil der Sedimente. Vereinzelt durchgeführte Untersuchungen an Hot-Spot-Sedimentationsbereichen zeigen durchaus auch hohe Belastungen an.

Elbe: Die Bühnenfelder der Elbe, die Elbe-Seitenstrukturen und Staustufen in den relevanten Nebenflüssen wie der Saale sind als bedeutender Zwischenspeicher sowie sekundäre Quelle zu nennen, deren bei Niedrig- und Mittelwassersituationen vorherrschende Senkenfunktion sich im Hochwasserfall zu einer Quellenfunktion wandelt⁷².

Ems: Die Belastung des Sediments in der Unter- und Außen-Ems ist regelmäßig sehr gering. Es wird vermutet, dass dort eine Quecksilberbelastung von Biota über diesen Pfad nachrangig bis nicht gegeben ist.

Rhein: Im Rahmen des internationalen Sedimentmanagementplans Rhein werden 18 Hot-Spot-Sedimentationsbereiche derzeit saniert, auf Sanierungsmöglichkeiten geprüft bzw. die Entwicklung wird weiter beobachtet. Gemessen an den dortigen Bewertungskriterien sind im deutschen Rheineinzugsgebiet mehrere, aber durchaus nicht alle, untersuchten Sedimentations-Hot-Spot in maßnahmenrelevantem Ausmaß mit Quecksilber belastet eingestuft worden (Eddersheim/Main; Hitdorf).

Es wird davon ausgegangen, dass die historisch bedingten Belastungen der Gewässersedimente eine Hauptursache für die hohen Quecksilbergehalte in Biota sind. Wie sich die Relationen zwischen den aktuell in die Gewässer eingetragenen Quecksilberfrachten und den historisch bedingt in den Gewässern (bio-)verfügbaren Lasten darstellen, kann nicht näher eingeschätzt werden.

 Die Beiträge der Sedimentbelastung zur aktuellen Immissionssituation im Gewässer und insbesondere die Bioverfügbarkeit dieser Sedimentbelastungen sind bisher nicht näher quantifiziert worden. Hier besteht Untersuchungsbedarf.

4.4 Hinweis zur Belastbarkeit der Daten, zur Weiterentwicklung der Messtechnik und zur Verbesserung der bisher eingesetzten Modelle

In den vorangegangenen Kapiteln wird deutlich, dass umfangreiche Daten über Quecksilberemissionen und -immissionen vorliegen, jedoch noch nicht alle Teilbereiche

⁷² Flussgebietsgemeinschaft Elbe (Hrsg.) (2013): Vorschläge für eine gute Sedimentmanagementpraxis im deutschen Elbegebiet zur Erreichung überregionaler Handlungsziele. 383 Seiten. Magdeburg / Internationale Kommission zum Schutz der Elbe (Hrsg.) (2014): Vorschläge für eine gute Sedimentmanagementpraxis im Elbegebiet zur Erreichung überregionaler Handlungsziele. 200 Seiten. Magdeburg

umfassend erfasst sind. Insbesondere der Bereich der „diffusen Emissionen in die Luft“, der Eintragspfad „Niederschlagswasser“ und der Bereich der als relevant eingeschätzten „Sedimentbelastung“ sind derzeit weder über Messdaten noch über Modelle abgebildet. Außerdem lässt sich die Relation der Quecksilberinventare der verschiedenen Umweltkompartimente derzeit nur indirekt aus der Korrelation zwischen Konzentrations- und Depositionswertverläufen bzw. Emissionsfrachtveränderungen grob ablesen.

Hinzu kommt, dass die vorhandenen Daten und Modellierungen (EMEP, PRTR, MoRE) mit Unsicherheiten behaftet sind:

Zu MoRE

- ⚠ In MoRE ist in Relation zu früheren Modellierungen eine deutliche Korrektur bezüglich des Belastungspfades „Kommunale Kläranlagen“ erfolgt, weil die Bestimmungsgrenze des Analysenverfahrens abgesenkt wurde und sich die „worst-case-Konvention“, nach der Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze mit 50 % der (hohen) Bestimmungsgrenze angenommen werden, als nicht realistisch erwiesen hat.
- ⚠ Die in MoRE dargestellte Bedeutung des Eintragspfades „Niederschlagswasser/Kanalisationssysteme“ muss noch näher überprüft werden. Hier liegt möglicherweise eine Unterschätzung vor.
- ⚠ Zur Relevanz der aktuellen Landnutzung (Hg-Frachten und -Verteilung in Böden durch Ausbringung von Wirtschaftsdüngern inkl. Klärschlamm, Bioabfällen und in Mineraldüngern) fehlen Aussagen.
- ⚠ Insgesamt ist festzustellen, dass die Datenbasis in MoRE für die Modellierung der diffusen Eintragspfade für Hg teilweise mit größeren Unsicherheiten behaftet ist. Diese beruhen hauptsächlich auf der anspruchsvollen Analytik für Hg auf Grund der geringen Umweltkonzentrationen. Defizite in den Eingangsdaten liegen hauptsächlich in der fehlenden Regionalisierung der Eingangsdaten, insbesondere für die Pfade Grundwasser und Dränagen (s. auch Abschlussbericht zur Bestandsaufnahme der Emissionen, Einleitungen und Verluste der prioritären Stoffe)⁷³.

Die EMEP wie die PRTR-Meldungen sind aus ähnlichen Gründen wie MoRE mit Unsicherheiten behaftet.

Beispiel: Laut UBA sind die Hg-Emissionen aus der Erdgasverbrennung in Haushalten mit ca. 60 kg/a in die UNECE-Modellierung eingegangen (s. Kap. 4.1.2).

Bei Annahme

- eines Gesamtverbrauchs an Erdgas (der neben Haushalten auch andere Erdgasfeuerungen z. B. im Sektor Energieerzeugung und in bestimmten Industriebranchen summiert) in Deutschland von 10^{11} m³/a und
- des für EMEP verwendeten Emissionsfaktors von 0,1 mg/GJ (mit einer Spannweite bis 0,68 mg/GJ)
- und eines durchschnittlichen Heizwerts von 35 MJ/m³

ergibt sich eine Emission von 350 kg/a. Die Spannweite geht bis > 2000 kg/a.

⁷³ Bestandsaufnahme der Emissionen, Einleitungen und Verluste nach Art. 5 der RL 2008/105/EG bzw. § 4 Abs. 2 OGeV in Deutschland, Abschlussbericht, Stand April 2015, in Abstimmung

Bezogen auf die Ermittlung der luftseitigen Emissionen von Großfeuerungsanlagen nehmen die Betreiber häufig Ausnahmeregelungen zum Verzicht auf kontinuierliche Messungen in Anspruch, weshalb die Frachten mit Hilfe von Modellrechnungen ermittelt werden. Dies führt nicht immer zu einer Abbildung der realen Emissionen.

Beispiel aus Bremen: Die bis dato an PRTR gemeldeten Quecksilberemissionen aus Steinkohlekraftwerken wurden auf Grundlage von Emissionsfaktoren und Modellrechnungen ermittelt. Eine Verifizierung der Angaben auf Basis von Einzelmessungen ergab Emissionsfrachten, die um rund 70 % niedriger lagen. Der Grund wird im Wesentlichen im Einsatz quecksilber-armer Kohlen gesehen.

Berücksichtigt werden muss, dass Einzelmessungen Momentaufnahmen darstellen, weshalb deren Ergebnisse eben u. a. von den zum Zeitpunkt der Emissionsmessung eingesetzten Kohlesorten abhängig ist.

Diese in vielen Fällen bestehende Unsicherheit würde bei kontinuierlichen Messungen nicht bestehen.

Hinzu kommt, dass die aktuellen luftseitigen Emissions-Messverfahren mit **messtechnisch bedingten Unsicherheiten** behaftet und nicht nachweisstark genug sind, um die Einhaltung ggf. gesenkter Emissionswerte zu überprüfen bzw. den Erfolg entsprechender freiwilliger Minderungsmaßnahmen zu dokumentieren.

Für diskontinuierliche Emissions-Messungen wird die aktuelle Messtechnik (z. B. auf Basis der Standardreferenzmethode auf Grundlage der EN 13211) als ausreichend betrachtet, wobei aber neben der Messtechnik auch eine entsprechende Sachkunde der Anwender/-innen und eine Anpassung der messtechnischen Norm-Vorschriften hinsichtlich der Verfahrenskenngrößen erforderlich sind.

In den letzten Jahren sind verschiedene Messeinrichtungen für kontinuierliche Quecksilberemissions-Messungen als geeignet bekanntgegeben worden. Mindestens zwei Messeinrichtungen sind geeignet, auch im Messbereich von 0 bis 10 µg/m³ verlässliche Ergebnisse zu erzielen.

Für kontinuierliche Emissions-Messungen unter Verwendung von Langzeitprobenahmesystemen besteht noch Entwicklungsbedarf.

An US-amerikanischen Kohlekraftwerken sowie Zementwerken finden als Quecksilber-Monitoringverfahren, neben der Online-Messung von Quecksilber, auch Langzeitprobenahmesysteme auf Basis adsorptiver Verfahren (Sorbent Trap Monitoring System, kurz STMS) ihren Einsatz.

Der Nachweis der Einhaltung des rollierenden 30-Tage-Mittelwerts auf Grundlage der einschlägigen U. S.-Emissionsgrenzwerte für Quecksilber – sei es auf Grundlage der Portland Cement Rules⁷⁴ oder den MATS-Standards⁷⁵ – sind in der 'US EPA Performance Specification 12B' (kurz PS 12B)⁷⁶ beschrieben.

⁷⁴ U.S. EPA, August 9, 2010, Final Rule: "National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants From the Portland Cement Manufacturing Industry and Standards of Performance for Portland Cement Plants" (75 FR 54969)

⁷⁵ U. S. EPA, February 16, 2012, Final Rule: "National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants From Coal- and Oil-Fired Electric Utility Steam Generating Units and Standards of Performance for Fossil-Fuel-Fired Electric Utility, Industrial-Commercial-Institutional, and Small Industrial-Commercial-Institutional Steam Generating Units" (MATS Rule, 40 CFR Parts 60 and 63)

⁷⁶ vgl. <http://www.epa.gov/ttnemc01/perfspec/ps-12B.pdf>

Aufgrund des in Europa wachsenden Interesses an solchen STMS-Verfahren befasst sich derzeit die Arbeitsgruppe WG 8 des CEN/TC 264 mit der Standardisierung von Langzeitprobenahmesystemen in Form einer CEN-Norm.

4.5 Fazit

- Aufgrund der über lange Zeiträume in die Gewässer eingetragenen Frachten, die in den Sedimenten angereichert wurden, befinden sich dort historisch bedingte Belastungen. Neben der ubiquitären „Grundlast“ können unterhalb von früheren Einleitungen auch besonders belastete Bereiche (Hot-Spot-Bereiche) vorhanden sein. Die Interaktionen zwischen Gewässersediment und Biota sind noch weitgehend ungeklärt. Entsprechend ist noch nicht klar, welchen Beitrag die Belastungen der Gewässersedimente zur aktuell messbaren Belastung von Biota leisten. Hier gibt es noch Untersuchungsbedarf. Ohne dem vorgreifen zu wollen, wird aber vermutet, dass die Sedimentbelastungen die Hauptursache der Biota-Belastungen sind.
- Aufgrund von Belastungen, die durch aktuelle oder frühere luftbürtige Deposition und aufgrund der früheren und ggf. auch der aktuellen landwirtschaftlichen Nutzung (zum Beispiel durch Düngung mit Klärschlamm) in den Böden vorliegen, kommt es weiterhin zu Einträgen in die Gewässer; dominierende Eintragspfade sind die Dränagen, der Grundwasser-Zufluss, Erosion und der Oberflächenabwasserabfluss.
- Bezogen auf die aktuelle luftbürtige Deposition sind neben der atmosphärischen Belastung auch aktuelle bzw. früher aktive Emissionsquellen in Deutschland bzw. den Nachbarstaaten ursächlich, und zwar insbesondere Emissionen aus Kohlekraftwerken
- Anders als bisher angenommen, spielen Einträge in das Gewässer aus kommunalen oder industriellen Kläranlagen eine untergeordnete Rolle.
- Welche Bedeutung Einträge über Niederschlagswasser haben, ist bisher nicht geklärt. Neben dem Hg-Gehalt im Niederschlag selbst kommt vor allem dem Transport von Hg-haltigen Depositionen von versiegelten Flächen in die Gewässer eine gewisse Bedeutung zu.
- Insgesamt lässt die Datenlage eine Einschätzung der Belastungsquellen und -pfade zu, jedoch bestehen auch noch in einigen Bereichen durchaus große Unsicherheiten. Insbesondere die Relation der Einträge über Punkt- und diffuse Quellen in die Gewässer zu den Depotwerten der Gewässer und Gewässersedimente ist unbekannt.

5 Minderungsmöglichkeiten und -potenziale

5.1 Wasserwirtschaft

Der Beitrag von punktförmigen Einleitungen in die Gewässer zur Gesamtbelastung ist gering, insofern wird in diesem Bereich kein nennenswertes Minderungspotenzial (mehr) gesehen.

5.1.1 Kommunale Kläranlagen

Bereits im ersten Bericht der Ad-hoc-AG war an **kommunalen Kläranlagen** im Vergleich zur Gesamtbelastung kein nennenswertes Minderungspotenzial gesehen worden, dies gilt umso mehr, als gemäß der aktuellen Modellierung die Frachtbeiträge aus kommunalen Kläranlagen um ca. den Faktor 100 überschätzt worden sind.

→ Kommunale Kläranlagen: Bezogen auf die Gesamtbelastung kein nennenswertes Minderungspotenzial

5.1.2 REA-Abwasser von Großfeuerungsanlagen

Der Einsatz von nassen Wäschern zur Minderung von Schwefeloxidemissionen aus Feuerungsanlagen in die Luft führt dazu, dass ein nennenswerter Teil der mit der Kohle eingebrachten Quecksilberfracht über die **REA-Wäsche** aus dem Abgasstrom entfernt wird (Co-Benefit-Effekt). Dieses Quecksilber findet sich größtenteils in den in der REA-Abwasserreinigung anfallenden Schlämmen und zum Teil (bei nicht optimierter Anlagentechnik) im REA-Gips wieder; nur ein sehr kleiner Teil der Fracht findet sich in dem gereinigten REA-Abwasser wieder. Der BLAK Abwasser hat den Status-Quo und erwartbare Entwicklungen mit folgendem Ergebnis näher untersucht:

5.1.2.1 **Steinkohlekraftwerke**

Die Auswertung aktuell erhobener Anlagendaten von sechs Steinkohlekraftwerks-Blöcken zeigte, dass die Hg-Konzentrationen im gereinigten REA-Abwasser im Bereich der Bestimmungsgrenze von 0,001 mg/l bis maximal 0,0045 mg/l und damit deutlich unterhalb des Grenzwertes des Anhangs 47 der AbwV von 0,03 mg/l liegen. Die Höchst-Frachten dieser 6 Kraftwerksblöcke lagen im Bereich zwischen 0,3 und 0,9 kg Hg/a für jeden dieser sechs Blöcke. Dieses Ergebnis deckt sich weitgehend mit den Erkenntnissen einer entsprechenden Erhebung für die Jahre 2000 bis 2002. Die Angaben von vier Blöcken mit konventioneller Kalksteinwäsche (Nass-REA) schwankten zwischen der Bestimmungsgrenze von 0,001 mg/l und einem Wert von 0,007 mg/l. Für einen weiteren Block, welcher sein Abgas nach dem (damals und heute wenig üblichen) DeSONOX-Verfahren reinigt (Produkt: Schwefelsäure), lag der Berichtswert mit 0,01 mg/l geringfügig höher.

Praxisbeispiel:


Beispielhaft seien hier Informationen und Erfahrungen im Bundesland Hessen beim Betrieb eines Kohlekraftwerkes genannt:

Zulässige Abwassermenge:	82.500 m ³
Nach Anhang 47 AbwV zulässige Hg-Fracht	2.470 g/a
Nach Erlaubnisbescheid zulässige Hg-Fracht	248 g/a

Messergebnisse aus der Eigenüberwachung des Jahres 2013 zeigen, dass die im Erlaubnisbescheid festgelegte Jahresfracht deutlich unterschritten werden kann.

Die bisher nach Anhang 47 zulässige Menge eines konkreten Hg-Eintrages in den Vorfluter von 2,5 kg/a ist im Gegensatz zur Hg-Emission des Kraftwerks in die Luft zwar gering, kann jedoch noch um fast 90 % verringert werden.


Die Fortentwicklung des Standes der Technik bei der REA-Wäsche an Steinkohlekraftwerken lassen eine Absenkung des Überwachungswertes von 0,03 mg/l zu. Die nationale Expertengruppe für das BVT Merkblatt Großfeuerungsanlagen hat im Dezember 2013 ein Votum zur Absenkung des Quecksilber-Grenzwertes in Anhang 47 der AbwV abgegeben, da sich der Stand der Technik weiterentwickelt hat.

 Die nationale Expertengruppe hat im Juli 2014 einen Vorschlag für das aktuell in Überarbeitung befindliche BVT-Merkblatt für die Reinigung des Abwassers aus Nasswäschern von Braun- und Steinkohlekraftwerken erarbeitet. Darin wird für die Betriebswerte ein Bereich zwischen 1 und 5 µg/l empfohlen. Die europäische Technische Arbeitsgruppe hat im Juni 2015 brennstoff-unabhängig einen BVT-Betriebswertebereich zwischen 0,2 bis 3 µg/l festgelegt.

5.1.2.2 Braunkohlekraftwerke

Die Asche von Braunkohlekraftwerken wird in der Regel im Tagebau deponiert. Zur Stabilisierung der Braunkohlenflugaschen wird diese mit dem Hg-haltigen Schlamm aus der nassen Rauchgasreinigung befeuchtet, d. h. in der Regel wird kein Abwasser aus der REA-Wäsche in die Gewässer eingeleitet. Das Umweltbundesamt geht davon aus, dass dem Tagebau schätzungsweise 30 % des in der geförderten Braunkohle enthaltenen Quecksilbers im Zuge der Stabilisat-Verfüllung wieder zugeführt wird.

Dieser Sachverhalt spiegelt sich auch in der Datenerhebung für die Revision des BVT-Merkblattes Großfeuerungsanlagen wider: unter den 15 meldenden Braunkohle-Blöcken gibt es nur einen, der das REA-Abwasser nicht zur Stabilisierung der Aschen verwendet. Das Abwasser wird in diesem Fall vor Vermischung mit anderem Abwasser in einer REA-Abwasserreinigungsanlage (REA-ARA) aufbereitet (zweistufige Fällung, zuerst Sulfat- und anschließend Schwermetallfällung). Aus der BVT-Datenerhebung für die Einleitstelle ergibt sich für den REA-ARA-Teilstrom eine obere Grenze für die Hg-Konzentration von 0,0052 mg/l und eine Jahresfracht von 0,71 kg Hg. Damit liegt die Hg-Abwasserbelastung dieses Kraftwerks-Blocks im oberen Bereich der für Steinkohleblöcke genannten Werte.

 Auch für die wenigen Fälle, in denen REA-Abwasser aus Braunkohlefeue-rungsanlagen abgeleitet wird, ist eine Absenkung des Überwachungswertes von 30 µg/l nach Stand der Technik möglich. Aktuell wird im BVT-Revisionsprozess von der entsprechenden Expertengruppe ein Bereich zwischen 1 und 5 µg/l vorgeschlagen, s. auch zu Steinkohlekraftwerken. Die in Kap. 5.1.2.1 genannte Festlegung der Technischen Arbeitsgruppe (Betriebswertebereich zwischen 0,2 bis 3 µg/l) gilt auch für gereinigtes REA-Abwasser aus Braunkohlekraftwerken.

5.1.2.3 Auswirkung der Verschärfung von luftseitigen Quecksilberemissionsgrenzwerten:

In Deutschland haben Betreiber von Großfeuerungsanlagen in den letzten Jahren verschiedene Verfahren zur zusätzlichen Minderung der luftseitigen Quecksilberemissionen erprobt. Die Frage, ob sich hierdurch gegenüber der konventionellen Abscheidetechnologie signifikant erhöhte Hg-Frachten im Abwasserstrom ergeben können, ist bisher nicht geklärt. Anlagenbezogene Hinweise und Daten über erhöhte Frachten liegen bisher nicht vor.

5.1.3 Kühlturmabwasser von Großfeuerungsanlagen

Zu möglichen Quecksilberfreisetzungen aus der Ableitung von Kühlturmabwasser (Anhang 31 AbwV) liegen derzeit keine Kenntnisse vor. Weder das PRTR noch das BVT-Merkblatt Großfeuerungsanlagen enthalten Daten oder Angaben hierzu. Die von Umweltverbänden gelegentlich geäußerte Auffassung, dass es bei der Ableitung der gereinigten Abgase über den **Kühlturm** möglich sei, dass ein Teil des im Reingas befindlichen Quecksilbers durch eine angenommene Vermischung des Abgasstroms mit dem Kühlturmschwaden nicht ausgetragen wird, letztlich in die Kühlturmtasse zurückfällt und dann mit der Kühlturmabflut zum Vorfluter gelangt, konnte bisher nicht nachgewiesen werden und wird aus fachlicher Sicht seitens des Umweltbundesamtes zurückhaltend beurteilt.

→ Kühlturmfrischwasser / Kühlturmabflut: Nach Einschätzung des UBA nicht relevant.

5.1.4 Industrielle Kläranlagen

Bezogen auf **industrielle Kläranlagen** werden im Einzelfall weitergehende – über den Stand der Technik – hinausgehende Möglichkeiten zu prüfen sein.

Der BLAK Abwasser hat hierzu folgendes festgestellt:

Anhang der AbwV	Branche	Einschätzung BLAK Abwasser
23	Anlagen zur biologischen Behandlung von Abfällen	Aufgrund der geringen Anlagenzahl und Abwassermengen sind die Hg-Emissionen auf dem Wasserpfad vernachlässigbar
27	Anlagen zur Behandlung von Abfällen durch chemisch-physikalische Verfahren (CPB-Anlagen)	Die Gesamtfrachten sind gering. Eine Absenkung des Grenzwertes von 0,05 mg/l auf 0,03 mg/l ist möglich, wird aber keine nennenswerte Verbesserung bezogen auf diese Fragestellung bringen.
33	Abgaswäscher aus der Mono-Abfallverbrennung (Hinweis: Anhang 33 gilt auch für abfall-mitverbrennende Großfeuerungsanlagen; fachlich gelten für diese Anlagen die weiter oben bereits im Kontext mit Anhang	Geringe Relevanz

Anhang der AbwV	Branche	Einschätzung BLAK Abwasser
	47 beschriebenen Zusammenhänge)	
51	Anlagen zur oberirdischen Ablagerung von Abfällen	Die Hg-Einträge über das Deponiesickerwasser sind sicherlich höher als die Einträge aus MBA gegenüber anderen Emissionsquellen aber wahrscheinlich sehr gering, es besteht aber weiterer Prüfbedarf
22, 42, 48	Chemische Industrie	Im PRTR werden für die gesamte chem. Industrie in 2010 13,5 kg Hg-Eintrag in die Gewässer ausgewiesen. Im Vergleich zu den Gesamteinträgen in Gewässer wird diese Menge als gering eingestuft. Eine weitere Reduzierung wird durch die Beendigung des Amalgam-Verfahrens erwartet.

Tabelle 12: Einschätzung des BLAK Abwasser zu Minderungspotenzialen bei industriellen Kläranlagen

→ Weitergehende Maßnahmen zur Minderung der Hg-Einträge aus den Abwässern der industriellen Anlagen gemäß Anhängen 22, 23 und 33 scheinen nicht angezeigt, zum Anhang 51 können derzeit keine abschließenden Aussagen getroffen werden.

5.1.5 Niederschlagswasser

Die vorliegenden Erkenntnisse lassen vermuten, dass bei Niederschlagswassereinleitungen ein Quecksilber-Minderungspotenzial besteht, soweit das Niederschlagswasser durch Abwaschung Hg-belasteter luftbürtiger Depositionen von versiegelten Flächen entsprechend belastet ist. Diese könnte durch die Behandlung von Niederschlagswasser vor Einleitung in die Gewässer reduziert werden.

Nähere Untersuchungen zu der Belastungssituation, zu Minderungspotenzialen und Mehrkosten (in Relation zu den ohnedies notwendigen Maßnahmen der Niederschlagswasserbeseitigung) liegen derzeit nicht vor.

→ Niederschlagswasser: Untersuchungsbedarf zur Relevanz; es ist davon auszugehen, dass aktuell die Relevanz des Eintragspfades Niederschlagswasser nicht genau geschätzt werden kann.

5.2 **Bodenschutz**

In Deutschland gehen jährlich geschätzte 8 – 10 Tonnen Oberbodenmaterial pro Hektar durch Erosion verloren. Auf ackerbaulich intensiv genutzten Flächen können bis zu 20 t/ha·a abgetragen werden.⁷⁷

⁷⁷ Pressemitteilung BGR, 05.06.2014

Der potenzielle Nähr- und Schadstoffeintrag in benachbarte Ökosysteme auf Grund von **Bodenerosion** durch Wasser hängt von vielen Parametern ab, in erster Linie von der Vegetation, Relief, Bodeneigenschaften, Witterung und Bewirtschaftung. Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) hat zur potenziellen Erosionsgefährdung von Ackerböden durch Wasser in Deutschland eine neue Karte (1:1 000 000) auf ihrer Homepage publiziert⁷⁸.

Bodenschutzrechtlich enthält die BBodSchV dazu in § 8 und Anhang IV spezielle Regelungen zur Gefahrenabwehr von schädlichen Bodenveränderungen auf Grund von Bodenerosion durch Wasser. Dazu hat der Bundesverband Boden (2004)⁷⁹ eine ergänzende Handlungsempfehlung veröffentlicht.

Erosionsmindernde Maßnahmen werden vor allem von der Landwirtschaftsverwaltung im Zusammenhang mit der vorsorgeorientierten Beratung zur guten fachlichen Praxis gem. § 17 BBodSchG empfohlen, es ergeben sich ggf. Synergien.

→ Erosion: Minderungspotenzial durch Umsetzung § 17 BBodSchG und insbesondere durch die Umsetzung der guten fachlichen Praxis in der Landwirtschaft im Bereich Verminderung Erosion in die Gewässer.

Bezogen auf quellenorientierte in der Fläche wirksame Maßnahmen werden Maßnahmen, die den Pfad Boden – Gewässer verändern, eher eine untergeordnete Rolle spielen.

→ Durch den von der Bundesregierung geplanten Ausstieg aus der landwirtschaftlichen Verwertung von Klärschlamm nach einem Übergangszeitraum von 10 Jahren ergibt sich ebenfalls ein Minderungspotenzial, das sich am ehestens auf die Eintragspfade Erosion und Dränagen auswirken wird.

5.3 Gewässersedimente

Ein weiterer Ansatz zur Minderung der Biota-Belastung mit Quecksilber kann die Sanierung besonders **belasteter Gewässersedimente** sein.

Sedimente erfüllen grundlegende Funktionen als Gewässerbett, aquatischer Lebensraum und in Stoffkreisläufen der Gewässer. Sie haben durch ihre Menge und Qualität eine Schlüsselfunktion für unverzichtbare Ökosystemleistungen einschließlich bedeutsamer Gewässernutzungen. Der Umgang mit Sedimenten berührt direkt oder mittelbar die Anforderungen von Gewässerschutz und Wasserwirtschaft, Verkehr, Energie, Landwirtschaft, Fischerei und Freizeitnutzung. Die Flussgebietsgemeinschaft Elbe (FGG Elbe) und die Internationale Kommission zum Schutz der Elbe (IKSE) haben eine gute Sedimentqualität zu einem ihrer zentralen Handlungsziele erklärt. Durch die Ausarbeitung des Sedimentmanagementkonzepts für die Flussgebietseinheit Elbe wurde die Voraussetzung geschaffen, das Thema Sediment seiner Bedeutung entsprechend zu einem integralen Bestandteil der wasserwirtschaftlichen Planung und Praxis im Flussgebiet Elbe zu machen.

78 http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Ressourcenbewertung-management/Bodenerosion/Wasser/Karte_Erosionsgefahr_node.html

79 BVB: Bundesverband Boden e. V. – Handlungsempfehlungen zur Gefahrenabwehr bei Bodenerosion, 2004

Das Konzept beinhaltet zu den Aspekten Quantität, Hydromorphologie und Qualität eine Bestandsaufnahme, eine Zustandsbewertung und eine Analyse der Risiken, die von der partikulären Schadstoffbelastung sowie den Defiziten im Sedimenthaushalt der Elbe und ihren relevanten Nebenflüssen ausgehen. Es werden quellen- bzw. ursachenbezogen sowie aus überregionaler Sicht Handlungsempfehlungen zur Reduktion der signifikanten stofflichen Belastungen und zur Herstellung eines ausgeglichenen Sedimenthaushalts getätigt⁸⁰.

→ Sedimente: Hot-Spot-Identifizierung, Sanierungsplanungen, Aufnahme von Maßnahmen zur Reduzierung stofflicher Belastungen aus Sedimenten in die Bewirtschaftungspläne und Maßnahmenprogramme der FGE, Umsetzung der Sedimentmanagementkonzepts der FGG Elbe und IKSE an der Elbe, Nutzung des Sedimentmanagementkonzepts der Elbe als Best Practice für andere Flussgebietseinheiten.

Sedimente, die u. a. zur Freihaltung der Schifffahrtsrinnen entnommen werden, können unter bestimmten Umständen wieder in die fließende Welle eingebracht werden. Die entsprechende Handlungsanweisung für den Umgang mit Baggergut im Binnenland (HABAB) regelt bezogen auf Quecksilber eine systematische Bewertung und mögliche Entsorgungswege. Sie ist damit ein Planungs- und Entscheidungsinstrument im konkreten Verfahren (Unterhaltungs- und Ausbaumaßnahmen). Die HABAB legt u. a. fest, unter welchen Bedingungen ein im Rahmen solcher Maßnahmen gehobenes Sediment wieder verspült werden darf.

Derzeit laufen Vorarbeiten zur Erstellung von Bund-Länder-Regelungen für Binnen- und Küstengewässer, die die GÜBAK und HABAB ersetzen sollen. Gemäß Beschluss der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) wurden zwei Kleingruppen bestehend aus Vertretern des Verkehrsressorts des Bundes und der LAWA eingerichtet, und diese mit der Vorbereitung von Entwürfen für die Küstengewässer bzw. für die schiffbaren Binnengewässer beauftragt.

→ Sedimente: Überprüfung der HABAB

5.4 Immissionsschutz

Dominante Quellen für anthropogen bedingte Quecksilberemissionen in die Atmosphäre sind vor allem die mit Stein- oder Braunkohle betriebenen Großfeuerungsanlagen.

Der Quecksilbergehalt der eingesetzten Kohle variiert in Abhängigkeit von der Herkunft, kann aber auch innerhalb eines Kohlevorkommens starken Schwankungen unterliegen. Wie viel Quecksilber davon in Folge des Verbrennungsprozesses in das Rauchgas freigesetzt wird hängt von einer Vielzahl von Randbedingungen ab. Neben der Brennstoffzusammensetzung (z. B. Halogengehalt) hat die Anlagenkonfiguration (Rauchgasbehandlung) erheblichen Einfluss auf die konkret ablaufenden Reaktionen

⁸⁰ Flussgebietsgemeinschaft Elbe (Hrsg.) (2013): Vorschläge für eine gute Sedimentmanagementpraxis im deutschen Elbegebiet zur Erreichung überregionaler Handlungsziele. 383 Seiten. Magdeburg. / Internationale Kommission zum Schutz der Elbe (Hrsg.) (2014): Vorschläge für eine gute Sedimentmanagementpraxis im Elbegebiet zur Erreichung überregionaler Handlungsziele. 200 Seiten. Magdeburg. / Flussgebietsgemeinschaft Elbe (Hrsg.) (2014): Hintergrunddokument zur wichtigen Wasserbewirtschaftungsfrage Reduktion der signifikanten stofflichen Belastungen aus Nähr- und Schadstoffen – Teilaspekt Schadstoffe. 26. Seiten. Magdeburg.

und die Aufteilung der Quecksilberfracht auf Luft-, Asche- und (soweit vorhanden) Abwasseraustrag.

Entsprechend den derzeit gültigen Emissionsgrenzwerten für Anlagen der 13. BImSchV ist festzustellen, dass die Emissionsbegrenzung für Quecksilber aus der Kohleverbrennung von Kraftwerken – in Bezug auf den zurzeit geltenden Tagesmittelwert (TMW) von $0,03 \text{ mg/m}^3$ – regelmäßig ohne größere Probleme eingehalten werden⁸¹; selbst der gemäß der 13. BImSchV spätestens ab 01.01.2019 auch an Bestandsanlagen einzuhaltende Jahresmittelwert (JMW) von $0,01 \text{ mg/m}^3$ kann von den Kraftwerksbetreibern in der Regel eingehalten werden, teilweise nach technischer Ertüchtigung.

Die Einhaltung der Emissionsgrenzwerte für den Parameter Quecksilber können in vielen Fällen ohne eine spezifische, auf die Abscheidung von Quecksilber ausgelegte Reinigungsstufe mittels der jeweils vorhandenen Rauchgasreinigungsanlage erreicht werden⁸². Die in Großfeuerungsanlagen ohnehin vorhandenen Abgasreinigungseinrichtungen zur Staub-, NO_x -, und SO_2 -Minderung werden auch dazu genutzt, den abluftseitigen Quecksilberstrom zu reduzieren (Co-Benefit-Effekte).

Insbesondere kann oxidiertes Quecksilber in einer Rauchgasentschwefelungsanlage (REA) grundsätzlich ausgewaschen werden und anschließend z. B. mittels fraktionierter Fällung aus dem Wasserkreislauf ausgeschleust werden (zurzeit zwei Verfahren verfügbar⁸³). Für eine weitergehende Quecksilberabscheidung aus dem REA-Wasser haben sich die Methoden Ultrafiltration und Ionenaustausch als technisch geeignet herausgestellt; auch die Umkehrosmose ist grundsätzlich geeignet und dient gleichzeitig einer Reduzierung der Abwassermenge.

Da die oxidierte Form des Quecksilbers ($\text{Hg}^{\text{II}+}$) Voraussetzung für die Abtrennung in der REA ist, liegt ein verstärktes Interesse in der gezielten Oxidation des Quecksilbers im vorher liegenden Rauchgasweg.

Hierzu wurden in jüngster Vergangenheit Verfahren entwickelt, die das Ziel haben den Anteil von oxidiertem Quecksilber im Rauchgas so weit wie möglich anzuheben und dieses dann gezielt in der REA-Abwasseraufbereitung in geeigneter Art und Weise auszuschleusen; wobei es gilt ungewünschte Verlagerungseffekte des Quecksilbers zu verhindern, wie z. B. Verlagerung des Quecksilberproblems in die Rückstände der Abgasreinigung (Flugasche, REA-Gips zur Verwertung).

Als eine bereits sehr weit verbreitete und effektive Maßnahme zur Erhöhung des Oxidationsgrades von Quecksilber im Rauchgas hat sich die Hinzudosierung von Halogeniden erwiesen, beispielsweise Calciumbromid (CaBr_2).

In Anlagen zur katalytischen Stickstoffoxidminderung (SCR^{84} -DeNOX-Anlagen) beschleunigen die Katalysatoren die Oxidation erheblich und mindern damit die notwendige Oxidator-Zugabe um zirka eine Größenordnung.

Auch eine Verbesserung der Ausschleusung des Quecksilbers aus der REA-Waschsuspension wird in Form mehrerer technologischer Ansätze untersucht. So ist u. U. die Zugabe einer Aktivkohle-Suspension in die Suspension sinnvoll. Hierzu laufen derzeit Versuche an großtechnischen Anlagen mit dem Ziel, die Re-Emission von

81 Riethmann et al., VDI Wissensforum Quecksilber, Düsseldorf, 2011

82 Bericht des LANUV NRW zum „Stand der Technik zur Minderung von luftseitigen Quecksilberemissionen aus Kohlekraftwerken“ vom 9. Dezember 2013 (Az.: 73-514_18_11_13/Sg)


83 Beiers, VDI Wissensforum Quecksilber, Düsseldorf 2014

84 Selektive katalytische Reduktion

Quecksilber (durch Zerfall der oxidierten Quecksilber-Verbindungen) in das Reingas so weit wie möglich zu vermeiden und gleichzeitig den Eintrag von Quecksilber in den REA-Gips weitestgehend zu unterdrücken.

Es laufen des Weiteren Forschungsvorhaben, um die chemisch-physikalischen Abläufe im REA-Wäscher und in der REA-Abwasseraufbereitung weitergehend zu verstehen und die hierzu erforderlichen Stoffkenndaten zu bestimmen. Nur so wird es möglich werden, in unterschiedlichsten Anlagenkonfigurationen bei Einsatz von unterschiedlichen Kohlesorten die Parameter für eine bestmögliche Quecksilber-Abscheidung unter Vermeidung von Verlagerungseffekten in andere Medien zu ermitteln und die Anlagen entsprechend gezielt zu steuern.

Bei kleineren Anlagen ohne nasse Rauchgasreinigung sind sowohl die Halogenid-Dosierung als auch der Zusatz von Aktivkohle als Adsorbens im Abgasstrom (Flugstromverfahren) einsetzbar. Die Verwertbarkeit der hinter dem E-Filter oder Gewebefilter abgeschiedenen Flugasche (z.B. in der Zementindustrie) schränkt die Einsetzbarkeit von Aktivkohle jedoch ein.

 Aktuell laufen Diskussionen über eine – technisch grundsätzlich mögliche - weitere Absenkung des Grenzwertes für Quecksilber für kohlebetriebene Großfeuerungsanlagen in Anlehnung an die anspruchsvollen 'Mercury and Air Toxic Standards' (MATS) des Federal Government der USA. Die Diskussionen thematisieren dabei neben der Senkung der luftseitigen Emission mögliche mediale Verlagerungseffekte oder Beeinträchtigungen bislang marktfähiger Sekundärprodukte.


Praxisbeispiel



Der Betreiber des Braunkohle-Kraftwerks Lippendorf (Sachsen) konnte die vergleichsweise hohe Quecksilber-Jahresfracht von 1.160 kg im Jahr 2010 auf 410 kg im Jahr 2013 verringern. Die vor Ort geförderte Braunkohle enthält einen stark schwankenden, tendenziell steigenden Quecksilbergehalt. Durch technische Maßnahmen hält der Betreiber bereits 2014 den ab 1. Januar 2019 gelten Jahresmittelwert von 0,01 mg/m³ i. N. tr. ein. Das wird begünstigt durch einen hohen Halogengehalt der Kohle, der zu einer weitgehenden Hg-Bindung im Kessel bzw. Rauchgasweg führt.

Allerdings werden in der Rauchgaswäsche Teile des Quecksilbers aus den Halogenverbindungen re-emittiert. Um diese unerwünschte Reaktion zu bremsen wurden die Reaktionsbedingungen (pH-Wert) modifiziert.

Darüber hinaus werden großtechnische Versuche durchgeführt, um durch Zugabe eines Hilfsmittels das erwünschte Ausfällen der Hg-Verbindungen zu verstärken. Diese Verbindungen werden aus dem umlaufenden Waschwasser filtriert und gemeinsam mit der Flugasche als Stabilisat im Tagebau verbaut. Dazu ist die Immobilisierbarkeit des gebundenen Quecksilbers nachzuweisen.

Das Beispiel zeigt, dass die Minderung von Quecksilberemissionen einer Anlagen- und Brennstoff-spezifisch individuellen technischen Lösung bedarf.

 Trotz des geringen Beitrages heutiger Quecksilberemissionsquellen zur Belastung der Umweltmedien ist im Sinne des Vorsorgegrundsatzes eine weitergehende Emissionsminderung technisch möglich und sinnvoll.

-  Die Frage der Folgewirkungen einer luftseitigen Emissionsminderung (mediale Verlagerungseffekte, Beeinträchtigung bislang marktfähiger Produkte) muss noch intensiver beleuchtet werden.
-  Insgesamt kann die Frage der Verhältnismäßigkeit, die auch Kosten-Nutzen-Analysen würdigen muss, im Rahmen dieses Fachberichtes nicht geprüft werden.

5.5 Fazit

Es ist für Wasser und Luft festzustellen, dass in der Vergangenheit bereits deutliche Reduzierungen der Quecksilberbelastungen erreicht worden sind. Zur Beurteilung der langfristigen Entwicklung beim Boden liegen aktuell keine ausreichenden Daten vor.

Dennoch ist die Quecksilberbelastung der Biota in den Gewässern gemessen an europäischen Normen zu hoch.

Zu den Interaktionen zwischen Gewässersedimenten und Biota wird noch Untersuchungsbedarf gesehen. Es kann aber vermutet werden, dass die ubiquitäre, lokal auch höhere, Belastung der Gewässersedimente mit Quecksilber einen relevanten Beitrag zur Belastung der Biota leistet. Die Sanierung von Hot-Spot-Bereichen in Umsetzung von Sedimentmanagement-Plänen kann hier zu Verbesserungen führen. Auch durch die Aktualisierung und Überprüfung der bisherigen Regelungen zum Umgang mit Baggergut für Binnen- und Küstengewässer (HABAB und GÜBAK) im Rahmen der Erstellung gemeinsamer Bund-Länder-Regelungen, , kann ggf. ein Beitrag zur Minderung der sedimentbürtigen Biota-Belastungen erreicht werden.

Der Bodenabtrag sowie die Auswaschung aus Böden (mit Überschreitung der Vorsorgewerte) über Dränagen oder Grundwasser kann zu einem relevanten Austrag in die Gewässer führen. Durch Synergieeffekte mit – aus anderen Gründen ohnehin vorgesehenen – ordnungsrechtlichen Erosionsminderungsmaßnahmen sowie durch die entsprechend der Ziele des Bodenschutzes angepasste gute fachliche Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung wird ein „Mitnahmeeffekt“ erwartet. Durch den geplanten Verzicht auf die landwirtschaftliche Ausbringung von Klärschlamm ergibt sich mittel- und langfristig ebenfalls ein Minderungspotenzial. Voraussetzung ist die Umsetzung durch eine Novellierung der Klärschlammverordnung.

Die Depositionswerte der TA Luft werden eingehalten, so dass dem Entstehen schädlicher Bodenveränderungen entgegengewirkt wird, gleichwohl werden durch Maßnahmen zur Minderung der luftbürtigen Emissionen auch Beiträge zur Minderung der Bodenbelastung erwartet.

Eine Relevanz unmittelbarer Eintragsquellen wird lediglich für Anlagen des Anhangs 47 der AbwV (REA-Abwasser) in geringem Ausmaß angenommen, für Anlage des Anhangs 51 wird eine (geringe) Relevanz nicht gänzlich ausgeschlossen; kommunale Kläranlagen werden nicht als relevante Eintragsquelle eingeschätzt.

Möglicherweise hat der Eintrag von Quecksilber über Niederschlagswassereinleitungen im Vergleich zu den unmittelbaren Einleitungen eine größere Relevanz. Zwar stellen die aktuellen Reingasemissionen hinsichtlich der Luftqualität keine relevante Belastung dar. Die auf versiegelte Flächen auftreffenden Depositionen können jedoch über den Abfluss von Niederschlagswasser die Gewässer belasten.

Minderungsmaßnahmen sollten – dem Verursacherprinzip der WRRL folgend – an den relevanten Quellen des luftbürtigen Quecksilbereintrags ansetzen. Das sind insbesondere kohlebetriebene Großfeuerungsanlagen und Abfallverbrennungsanlagen sowie Anlagen der chemischen Industrie, Stahl, Eisen, NE-Metalle und Zementwerke, deren Emissionen in die Luft über Niederschlagswasser / Deposition Böden und versiegelte Flächen befrachten und über den weiteren Wasserpfad die Gewässer belasten. Grundsätzlich bestehen technische Möglichkeiten, diese Emissionen zu mindern; bezogen auf die Großfeuerungsanlagen werden hierdurch die Austräge von Quecksilber über das REA-Abwasser nicht zwingend erhöht; jedoch sind möglicherweise mediale Verlagerungen und / oder die Gefahr eines Verlustes der Marktfähigkeit von Sekundärprodukten die Folge. Aufgrund der hohen Verweilzeit von Quecksilber in der Atmosphäre und des Quecksilberferntransports entfalten Maßnahmen an der Quelle allein in Deutschland nur eine geringe Wirkung. Deshalb ist die Einführung von anspruchsvollen Emissionsbandbreiten für die Quecksilberemissionen auf europäischer Ebene im Rahmen der Überarbeitung des BVT-Merkblattes für Großfeuerungsanlagen zwingend erforderlich.

Aufgrund der Komplexität des Quecksilber-Kreislaufes werden Maßnahmen an der Quelle der luftbürtigen Emissionen in Deutschland nur anteilig eine Wirkung in Deutschland entfalten; ca. 60 % der Deposition in Deutschland sind anthropogen bedingt (vgl. Kapitel 4.1.3).

Der Quecksilber-Ferntransport im globalen atmosphärischen Kreislauf sowie die Depots in Boden und Gewässersedimenten führen dazu, dass nur sehr langsam eine Minderung der Biota-Belastungen zu erwarten ist. Daher sind lokale und unmittelbar wirksame Maßnahmen an direkt gewässerwirksamen Quellen (Sedimente, lokal relevante Abwassereinleitungen) weiterhin notwendig. Unabhängig davon sind die Quecksilber-Emissionen nach dem fortentwickelten Stand der Technik auch luftseitig weiterhin zu minimieren.