

# Quecksilber: Gift fürs Gehirn

Die gesundheitlichen Folgen  
der Kohleverstromung



GREENPEACE

[www.greenpeace.de](http://www.greenpeace.de)

## Inhalt

<b>1. Zusammenfassung</b>	<b>3</b>
<b>2. Woher das Quecksilber stammt</b>	<b>4</b>
2.1 Größte Quecksilberquelle: Kohlekraftwerke	4
2.2 Braunkohle: rund 50 % der Quecksilber-Emissionen	4
<b>3. Vom Kraftwerk in die Umwelt</b>	<b>7</b>
3.1 Mobiles Quecksilber – Höhenflüge und weite Wege	7
3.2 Quecksilber im Wasser: vom Fisch zum Mensch	8
<b>4. Vom Kraftwerk in den Körper</b>	<b>10</b>
4.1 Methylquecksilber – Angriff aufs Gehirn	10
4.2 Gefahr für den Fötus	10
4.3 Intelligenzverlust	12
4.4 Risikogruppen	13
4.5 Fischverzehr und Quecksilber	14
<b>5. Bundesregierung muss handeln</b>	<b>15</b>
5.1 Vorbild USA	15
<b>Quellen</b>	<b>17</b>

## Impressum

**Herausgeber** Greenpeace e.V., Hongkongstraße 10, 20457 Hamburg, Tel. 040/306 18-0 **Politische Vertretung in Berlin** Marienstraße 19–20, 10117 Berlin, Tel. 030/30 88 99-0; mail@greenpeace.de, www.greenpeace.de **V.i.S.d.P.** Andree Böhling **Autorin** Anne Hoffmann **Druck** reset, Virchowstraße 8, 22767 Hamburg  
**Auflage** xxxxx **Titelfoto** Paul Langrock/Greenpeace **Illustrationen** Carsten Raffel, Hamburg **Litho** Winzer ORC, Hamburg **Gestaltung** spiegel grafik\_raum\_konzept, Hamburg **Stand** 03/2015

Zur Deckung unserer Herstellungskosten bitten wir um eine Spende: GLS Gemeinschaftsbank eG, IBAN DE49 4306 0967 0000 0334 01, BIC GENODEM1GLS

Gedruckt auf 100% Recyclingpapier

# 1. Zusammenfassung

Kohlekraftwerke gehören zu den schlimmsten Quellen giftiger Luftschadstoffe. Einer der gefährlichsten: Quecksilber. Giftige Dämpfe des Schwermetalls werden vor allem von Braunkohlekraftwerken ausgestoßen, die für allein rund 50 % der deutschen Quecksilber-Emissionen verantwortlich sind<sup>[1]</sup>. Einmal in der Atmosphäre, breitet sich Quecksilber weiträumig in der Umwelt aus und bleibt über sehr lange Zeit dort. Mikroorganismen wandeln es in seine giftigste Form um: organisches Methylquecksilber. Zahlreiche wissenschaftliche Untersuchungen der letzten Jahre weisen nach, dass bereits geringe Mengen Methylquecksilber die geistige Entwicklung von Kindern beeinträchtigen<sup>[2, 3, 4, 5, 6]</sup>. Auch Untersuchungen des Umweltprogramms der Vereinten Nationen (UNEP) warnen vor erhöhten Belastungen mit Methylquecksilber in der frühkindlichen Entwicklung, weil diese schwere neurologische Schäden verursachen<sup>[7]</sup>. Am stärksten gefährdet sind Schwangere, Neugeborene und Kleinkinder. Quecksilber reichert sich im Körper an und passiert die Plazenta-Barriere wie auch die Blut-Hirn-Schranke. Es ist besonders giftig für das sich entwickelnde Zentralnervensystem. Die möglichen Folgen: geistige Behinderungen, Krampfanfälle, Seh- und Hörverlust, verzögerte Entwicklung, Sprachstörungen und Gedächtnisverlust sowie eine verminderte Intelligenz<sup>[7]</sup>.

In der Regel nehmen wir Quecksilber als organisches Methylquecksilber (MeHg) über die Nahrung auf, vor allem über Speisefische. Methylquecksilber entsteht in lebenden Organismen aus anorganischem Quecksilber. Es ist hundert Mal giftiger als dieses. Vom Plankton über kleine Fische bis hin zu den großen Raubfischen akkumuliert es sich in der Nahrungskette zunehmend. Daher kann vor allem der übermäßige Verzehr von „Raubfischen“ wie Hai, Schwertfisch oder Thunfisch gesundheitsgefährdend sein. Quecksilberkonzentrationen werden beim Menschen häufig über Haarproben gemessen. So auch in einer internationalen Untersuchung, in der die Werte in Haarproben von 1875 Müttern und ihren Säuglingen aus 17 europäischen Ländern gemessen und dann auf 31 Länder extrapoliert wurden. Die Studie weist nach, dass etwa jedes dritte Neugeborene in Europa – geschätzte 1,8 Millionen Babys – bedenklichen Quecksilberbelastungen (0,58 µg Methylquecksilber pro Gramm Haarprobe) ausgesetzt sind<sup>[8, 9]</sup>.

Frühere wissenschaftliche Untersuchungen auf den Färöer-Inseln hatten bereits den Zusammenhang zwischen einer erhöhten Quecksilberbelastung und der geistigen Entwicklung bei Kindern aufgezeigt: Jedes zu-

sätzliche Mikrogramm (µg) Quecksilber während der Schwangerschaft bewirkt laut Untersuchung einen Intelligenzverlust beim Kind von durchschnittlich 0,465 IQ-Punkten<sup>[8, 10, 11]</sup>. Die Forscher bezogen in ihre Berechnungen weitere Daten aus den USA ein und kalkulierten: Würden die Quecksilberwerte auf Dauer deutlich unter 0,58 µg/g sinken, bedeutete das europaweit 600.000 zusätzliche Intelligenzpunkte in der Bevölkerung. Weil eine direkte Verbindung zwischen Intelligenz und Einkommensniveau besteht, zieht eine Verschlechterung des allgemeinen Intelligenzniveaus volkswirtschaftliche Einbußen nach sich. Insgesamt summierten sich diese entgangenen Gewinne auf acht bis neun Milliarden Euro pro Jahr<sup>[8, 9]</sup>. Gingen umgekehrt die Quecksilber-Emissionen entsprechend dem angegebenen Grenzwert zurück, brächte das nach den Berechnungen der Wissenschaftler ein Plus von 17.363 Euro pro IQ-Punkt.

In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts sanken die Quecksilber-Emissionen. Seit der zweiten Hälfte der neunziger Jahre steigen sie weltweit wieder sehr stark, besonders in Asien<sup>[12]</sup>. Doch auch in Deutschland, das in Europa mit Abstand den höchsten Ausstoß an Quecksilber verursacht, nehmen die Emissionen zu. Mit einem Anteil von 70 % des gesamten gemeldeten Quecksilber-Ausstoßes ist der Energiesektor hauptverantwortlich dafür. Allein die acht größten Braunkohlekraftwerke setzten 2012 in der Summe 3184 kg Quecksilber frei, was 43 % der Gesamtemissionen im Jahr 2012 entspricht<sup>[1]</sup>.

Das Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) hat 2013 Quecksilber und dessen Verbindungen als globale Bedrohung für die Umwelt und die menschliche Gesundheit eingestuft. Die Bundesregierung hat es trotz der nachgewiesenen erheblichen Gesundheitsrisiken bisher versäumt, Deutschlands größte Quecksilber-Emittenten, die Kohlekraftwerke, zu bremsen. Stattdessen steigt der Anteil des Kohlestroms in Deutschland seit 2009 wieder an, es sind zudem weitere Kohlekraftwerke in Bau oder Planung. Gleichzeitig fallen die Vorgaben für den Ausstoß von Quecksilber aus Kohlekraftwerken in Deutschland und Europa weit hinter den Stand bereits bestehender Kraftwerke und vergleichbarer internationaler Regelungen, wie zum Beispiel in den USA, zurück<sup>[12]</sup>. Die Interessen der Betreiber von Kohlekraftwerken waren bislang wichtiger als die Gesundheit von Menschen. Dabei ließe sich allein durch die Anwendung der modernsten Quecksilber-Minderungstechnologien bei Kohlekraftwerken der deutsche Quecksilberausstoß in wenigen Jahren halbieren<sup>[13]</sup>.

# 2. Woher das Quecksilber stammt

Quecksilber (Hg) ist das einzige Metall, das bei Raumtemperatur flüssig ist. Es verdampft anteilig schon bei Raumtemperatur. Bei Verbrennungsprozessen kann es vollständig als Gas in die Atmosphäre entweichen. Quecksilber kommt natürlicherweise in vielen Gesteinen vor, etwa in Kalkstein und Kohle oder in Zinnober, einem früher häufig verwendeten Farbpigment. Der Quecksilbergehalt in der Erdkruste liegt bei etwa 0,4 ppm<sup>[14]</sup>. Quecksilber in elementarer Form, also als nicht zusammengesetzter Stoff, lässt sich weder chemisch noch biologisch abbauen. Es ist in der Umwelt persistent, ändert lediglich seine Erscheinungsform – ob flüssig oder gasförmig (zu etwa 75 %), als Salz (5 %) (sog. anorganische Quecksilberformen) und als organisches Methylquecksilber (MeHg) (20 %). Letzteres bilden Mikroorganismen in Böden, Sedimenten oder im Wasser. Sie nehmen anorganisches Quecksilber auf und wandeln es in Methylquecksilber um. Quecksilberverbindungen, v. a. Methylquecksilber, sind hochgiftig<sup>[14]</sup>.

Quecksilber wird in der Industrie verarbeitet – etwa für Leuchtstoffröhren, Thermometer, Farben, Batterien und Katalysatoren – oder auch für Amalgamfüllungen in Zahnplomben. In großen Mengen wird das Schwermetall in Goldminen eingesetzt, um das Reingold aus dem Erz zu extrahieren<sup>[14]</sup>.

2010 entwichen weltweit etwa 2000 Tonnen Quecksilber in die Atmosphäre<sup>[7]</sup>. Global betrachtet emittieren Goldminen den größten Teil. Der weltweite Anstieg der giftigen Gase innerhalb der vergangenen 15 Jahre ist jedoch vor allem auf die Verfeuerung von Kohle zurückzuführen<sup>[14]</sup>. In Europa sind hauptsächlich Braunkohlekraftwerke dafür verantwortlich. Ihr Anteil am Quecksilberausstoß steigt auch in Deutschland seit 2009 wieder<sup>[14]</sup>. Größtenteils gespeist aus anthropogenen Quellen, hat sich im Lauf der Zeit ein globaler Pool an Quecksilber in der Umwelt aufgebaut.

## 2.1 Größte Quecksilberquelle: Kohlekraftwerke

Trotz ihrer verheerenden gesundheitlichen Folgen decken Braun- und Steinkohlekraftwerke nach wie vor knapp die Hälfte des deutschen Energiebedarfs. Die besonders dreckigen Braunkohlekraftwerke haben 2013 nach Angaben der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen – einem Zusammenschluss aus Energiebranchenverbänden und Wirtschaftsforschungsinstituten – so viel

Strom aus Braunkohle erzeugt wie seit 1990 nicht mehr, 162 Milliarden Kilowattstunden. Damit stammte jede vierte in Deutschland erzeugte Kilowattstunde Strom aus Braunkohle<sup>[15]</sup>.

Laut europäischer PRTR-Verordnung (Pollutant Release and Transfer Register) müssen Energieerzeuger und andere größere Schadstoffemittenten ihre Emissionen an Quecksilber und anderen Schadstoffen jährlich den Behörden melden, sofern diese definierte Schwellen übersteigen. Diese Daten werden dann im Schadstofffreisetzungs- und -verbringungsregister veröffentlicht. Allerdings müssen Stromproduzenten Quecksilber-Emissionen in die Luft erst ab einem Schwellenwert von 10 kg pro Jahr und Betrieb angeben<sup>[14]</sup>.

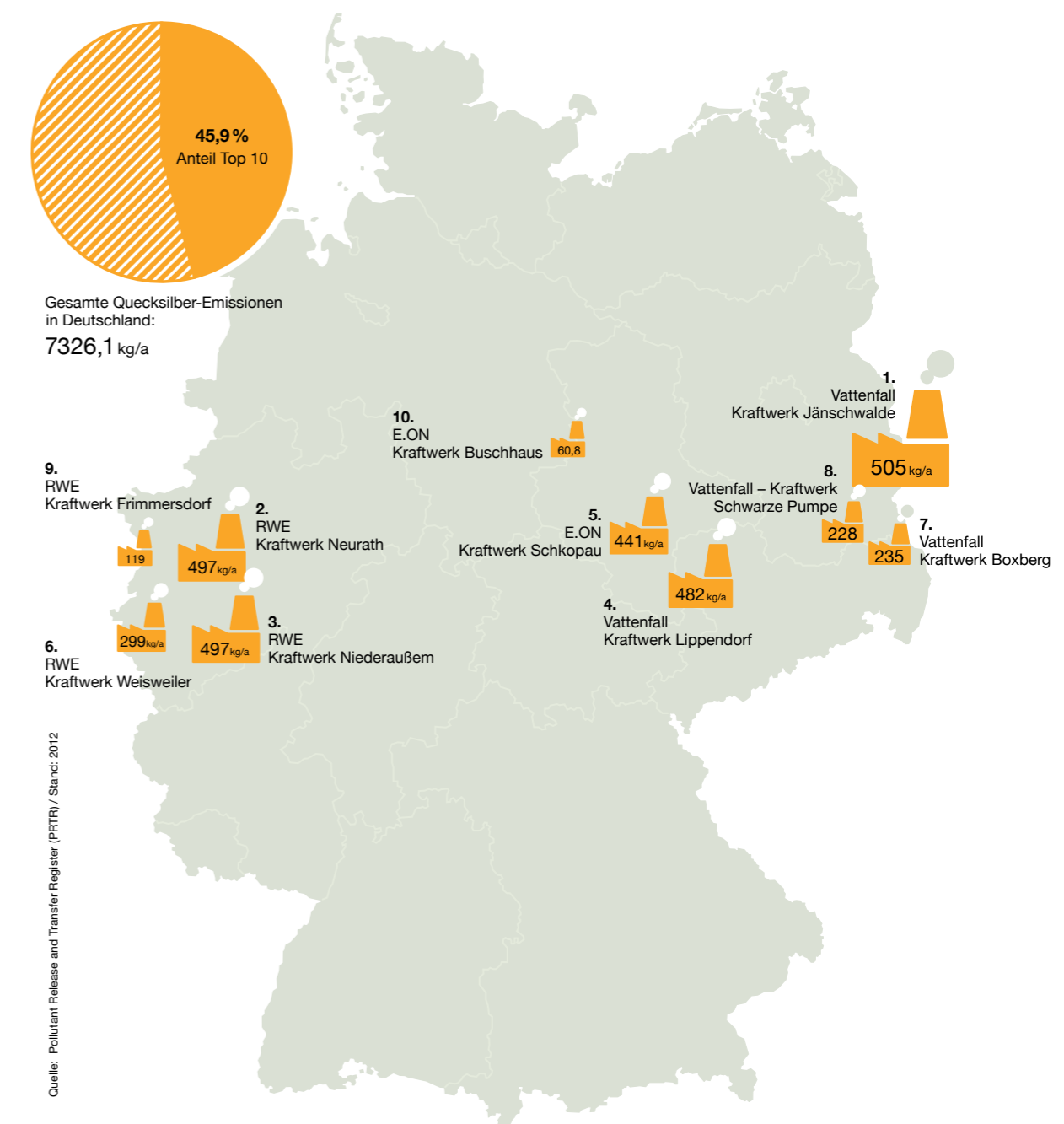
49% des gesamten gemeldeten Quecksilberausstoßes in Deutschland ist den besonders dreckigen Braunkohlekraftwerken zuzuschreiben, Steinkohle trägt mit 22% dazu bei. Mit 185 Millionen Tonnen war Deutschland im Jahr 2012 erneut „Weltmeister“ in der Braunkohleförderung – ein höchst fragwürdiger Titel, angesichts der fatalen Gesundheitsfolgen durch Quecksilber.

## 2.2 Braunkohle: rund 50 % der Quecksilber-Emissionen

Die acht größten Quecksilber-Emittenten waren im Jahr 2012 sämtlich Braunkohlekraftwerke. Sie haben in der Summe 3184 kg Quecksilber freigesetzt, was 43% der Gesamtemissionen des Jahres 2012 entspricht<sup>[14]</sup>. Im Lausitzer und im mitteldeutschen Braunkohlerevier, unweit der Großstädte Berlin, Leipzig und Dresden, spuckten die fünf größten Kraftwerke 1927 kg der giftigen Abgase aus, an der Spitze das Kraftwerk Jämschwalde (Vattenfall) mit 505 kg Quecksilber. Im Rheinischen Braunkohlerevier, ganz in der Nähe der Millionenstadt Köln und des Ballungsraumes Ruhrgebiet, entließen im gleichen Zeitraum vier Braunkohlekraftwerke des Energiekonzerns RWE 1412 kg Quecksilber in die Atmosphäre. Der Sachverständigenrat für Umweltfragen stellte schon 2011 in einem Sondergutachten die Frage, ob Kohlekraftwerke aufgrund der von ihnen verursachten Quecksilberbelastungen in Gewässern nicht mehr genehmigungsfähig sein könnten<sup>[16]</sup>.

Doch anstatt aus der Kohleverstromung auszusteigen, werden auch im Energiewendeland Deutschland weiterhin neue Kraftwerke geplant und gebaut. In einer Analyse

Abbildung 1 Quecksilber-Emissionen der 10 schmutzigsten Braunkohlekraftwerke



von 2012 geht der Umweltwissenschaftler Prof. Wilfried Kühling von der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg davon aus, dass das historische Höchstniveau von weltweit 2500 Tonnen Quecksilber-Emissionen im Jahr

1890 bereits heute oder in naher Zukunft erreicht oder gar überschritten werden könnte – wenn der globale Anteil an Kohlestrom weiter steigt<sup>[17]</sup>.

# 3. Vom Kraftwerk in die Umwelt

Quecksilber-Emissionen aus Braunkohlekraftwerken in Deutschland (in kg)

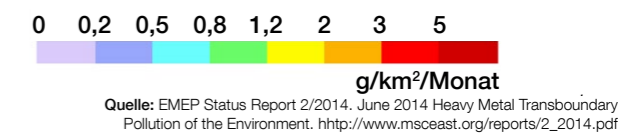
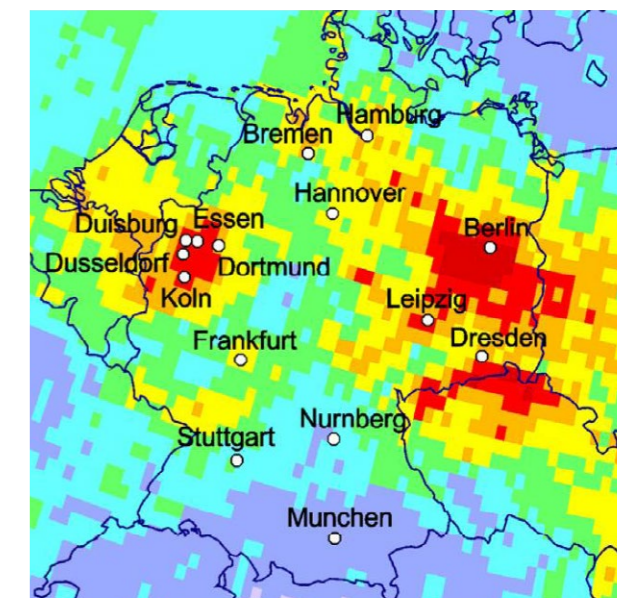
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Summe 2007–2012
Vattenfall Europe Generation AG Kraftwerk Jämschwalde	500	425	348	592	350	505	2720
RWE Power AG Kraftwerk Neurath	297	212	212	181	220	497	1619
RWE Power AG Kraftwerk Niederaußem	548	442	467	499	509	497	2962
Vattenfall Europe Generation AG Kraftwerk Lippendorf	325	686	1070	1160	647	482	4370
E.ON Kraftwerke GmbH Kraftwerk Schkopau	189	202	192	227	345	441	1596
RWE Power AG Kraftwerk Weisweiler	439	412	276	271	363	299	2060
Vattenfall Kraftwerk Boxberg	110	122	273	226	273	235	1239
Vattenfall Kraftwerk Schwarze Pumpe	255	355	238	243	271	228	1590
RWE Power AG Kraftwerk Frimmersdorf	253	221	200	153	196	119	1142
E.ON Kraftwerke GmbH Kraftwerk Buschhaus	95,5	52,6	89,5	81,3	91,7	60,8	471,4
RWE Power AG Kraftwerk Goldenberg	47,8	43,7	38,3	37	48,3	49,5	264,6
Heizkraftwerk Nord II	-	19,4	-	44,9	52,5	47,2	164
MIBRAG Mumsdorf	17	28,8	32,4	25,4	38,3	36,3	178,2
RWE Power AG-Fabrik Frechen	38	35,4	26,1	29,1	23,3	36,1	188
RWE Power AG-Fabrik Fortuna Nord	29	22,8	18,6	20,9	21,3	18,7	131,3
MIBRAG Deuben	-	-	-	-	24,2	17,1	41,3
<b>Braunkohle</b>	<b>3143,3</b>	<b>3279,7</b>	<b>3480,9</b>	<b>3790,6</b>	<b>3473,6</b>	<b>3568,7</b>	<b>20736,8</b>
<b>Anteil Braunkohle in %</b>	<b>39,9 %</b>	<b>43,6 %</b>	<b>49,9 %</b>	<b>50,3 %</b>	<b>49,2 %</b>	<b>48,7 %</b>	<b>46,8 %</b>
<b>Gesamte Quecksilber-Emissionen</b>	<b>7881,3</b>	<b>7522,3</b>	<b>6975,7</b>	<b>7540</b>	<b>7054,7</b>	<b>7326,1</b>	<b>44300,1</b>

Quelle: PRTR-Datenbank

Einmal freigesetzt, bleibt Quecksilber lange in der Atmosphäre. 90–99 % davon bestehen aus elementarem, gasförmigem Quecksilber, das im Durchschnitt rund ein Jahr in der Atmosphäre verweilt<sup>[18]</sup>. So kann es über weite Strecken, Hunderte und Tausende Kilometer transportiert werden. Quecksilber ist in der Umwelt ein ungewöhnlich mobiles Element. Aus der Luft gelangt es in Böden, Pflanzen, Bäche, Flüsse, Seen und Ozeane und wieder zurück in die Atmosphäre. Diese sogenannten Re-Emissionen sind das Ergebnis der permanenten Umwandlungsprozesse, die das Quecksilber in der Umwelt durchläuft. Chemische Reaktionen und Mikroorganismen in Böden und in Sedimenten von Gewässern verwandeln die verschiedenen in der Umwelt kursierenden Quecksilber-Verbindungen zurück in elementares Quecksilber, das dann als flüchtiges Gas wieder in die Luft entweichen kann. Teilweise bleibt der Giftstoff über Jahre und Jahrzehnte in Böden und Sedimenten gebunden, im Meer sogar Jahrhunderte<sup>[17]</sup>. Diverse Studien der UNEP belegen, dass Quecksilber auch nach langer Zeit als hochtoxisches Methylquecksilber wieder zurück in die Nahrungskette gelangen kann<sup>[19]</sup>. Umso dringender ist es, zusätzliche Einträge zu vermeiden und die Emissionen aus den Kohlekraftwerken drastisch zu reduzieren.

direkt in der Atmosphäre untersucht. Nach ihren Ergebnissen tragen die oberen Schichten entscheidend dazu bei, das Gift aus der Luft zurück in die Nahrungsketten zu bringen, wo es sich schließlich in Fischen und Meeressäugern dramatisch anreichert.

Abbildung 2 Quecksilber-Deposition in Deutschland



## 3.1 Mobiles Quecksilber – Höhenflüge und weite Wege

Die höchste Quecksilberbelastung in Deutschland findet sich in den ost- und westdeutschen Braunkohlerevieren (vgl. Abb. 2). Die Hauptmenge des Quecksilbers aus den Schloten der Braunkohlekraftwerke kursiert in der Atmosphäre. Der Quecksilberdampf steigt in große Höhen und erst dort wird das Schwermetall in eine Form umgewandelt, die nicht in der Luft bleibt, sondern leicht mit Regen und Schwebeteilchen zurück zur Erde gelangen kann. Diesen Kreislauf haben 2012 amerikanische Wissenschaftler der Universität Washington in einer Studie beschrieben, die untersuchte, welche Prozesse Quecksilber in der Atmosphäre durchläuft<sup>[20]</sup>. Die oberen Luftschichten seien wie ein chemischer Reaktor. Erst dort werde das vom Menschen freigesetzte Quecksilber wieder verfügbar gemacht. Erstmals haben Wissenschaftler diese ökologisch bedeutsame Umwandlung des Quecksilbers mit einem Messflugzeug

Zudem verteilt der Wind das atmosphärische Quecksilber weiträumig über Hunderte oder gar Tausende Kilometer. So landen selbst in der Arktis jährlich rund 200 Tonnen Quecksilber, weit weg von jeder Emissionsquelle, Tendenz steigend, laut Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP) von 2011<sup>[7]</sup>. In den vergangenen 150 Jahren, seit Beginn der Industrialisierung, haben sich die Quecksilbergehalte im Körper von Belugas, Ringelrobben, Eisbären und Raubvögeln mehr als verzehnfacht<sup>[7, 21]</sup>.

Studien des Umweltprogramms der Vereinten Nationen UNEP und der ENEP (European Network of Environmental Professionals) konnten nachweisen, dass sowohl

regionale Quellen als auch der weltweite Transport die Umwelt mit Quecksilber verschmutzen<sup>[19]</sup>, die Atmosphäre hat schließlich keine Grenzen. Per Luftfracht gelangen Emissionen aus fernen Schloten auch nach Deutschland. Etwa Emissionen aus dem benachbarten Polen, das 90 % seines Stroms in Kohlekraftwerken erzeugt. Selbst Emissionen aus chinesischen Braunkohlekraftwerken werden, je nach Wetterlage, bis nach Deutschland verfrachtet<sup>[19]</sup>.

Während der größte Teil der globalen Quecksilbermengen als elementarer Dampf in der Atmosphäre zirkuliert, werden seine anderen beiden Erscheinungsformen relativ schnell in Böden und Wasser deponiert: die reaktionsfreudigen Quecksilber-Ionen, elektrisch geladene Teilchen, die durch eine chemische Reaktion entstehen, ebenso wie das an Aerosolpartikel gebundene Metall.

In Böden immobilisiert die organische Substanz das Quecksilber weitestgehend, sodass es weder ausdampft noch ausgewaschen wird. Weil es im Boden fest gebunden wird, nehmen Pflanzen den Giftstoff nur in geringen Mengen auf. Deshalb sind Nahrungs- und Futterpflanzen in der Regel nicht nennenswert mit Quecksilber belastet. Das wäre nur bei sehr hohen Einträgen zu befürchten. Doch weil der Mensch die natürlichen Bodenfunktionen immer mehr stört, durch Landwirtschaft, das Abholzen von Wäldern und Erosion, könnte künftig auch bisher im Boden festgehaltenes Quecksilber in Atmosphäre und Wasser gelangen<sup>[19]</sup>. Auch der Klimawandel trägt dazu bei, „schlummernde“ Quecksilber-Reservoirs zu aktivieren: Je wärmer es wird, desto aktiver werden Mikroorganismen in Boden und Wasser. Und sie sind schließlich diejenigen, die Quecksilber in seine giftigste Form umwandeln – Methylquecksilber<sup>[19, 22]</sup>.

### 3.2 Quecksilber im Wasser: vom Fisch zum Mensch

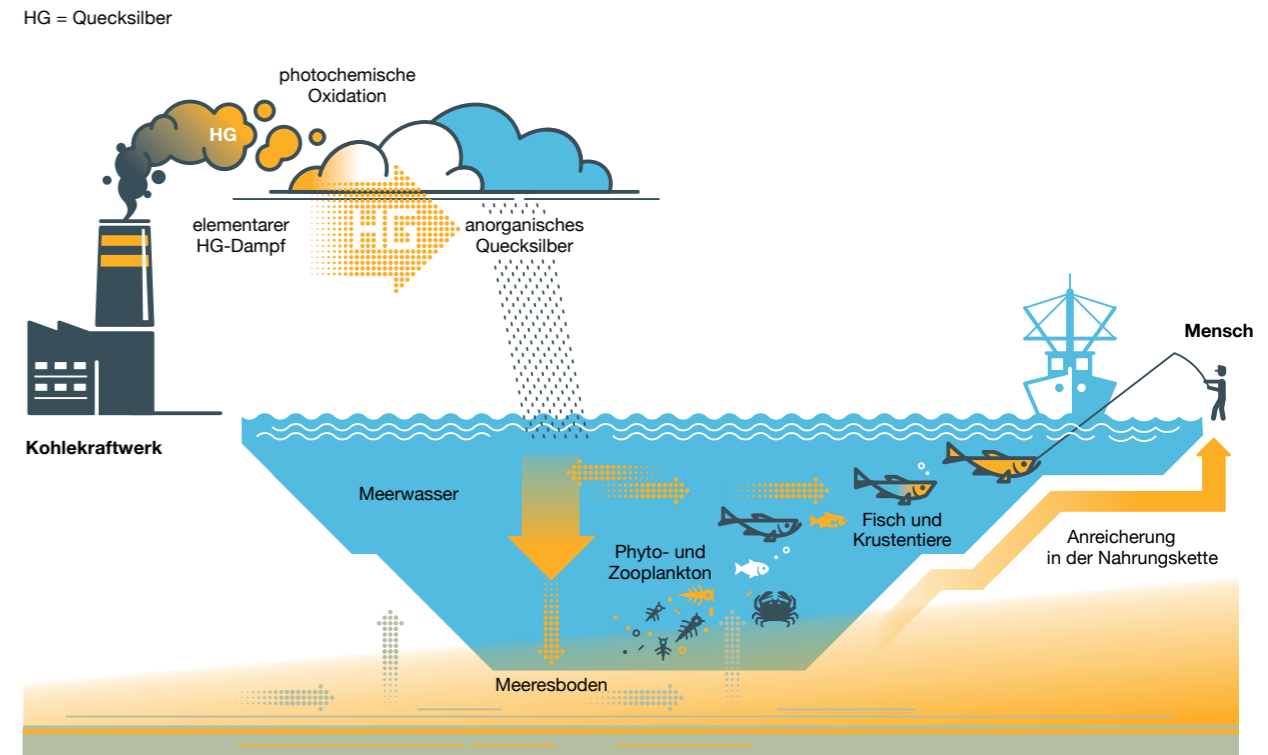
Vor allem über Wasser findet Quecksilber seinen Weg in die Nahrungskette. Auch wenn in Deutschland und Europa die Einträge in Gewässer und Flussauen in den vergangenen beiden Jahrzehnten abgenommen haben, sind diese nach wie vor stark mit Quecksilber belastet<sup>[14]</sup>. In der Elbe etwa liegen die Konzentrationen immer noch um den Faktor 5 bis 15 über der entsprechenden Umweltqualitätsnorm für Lebewesen von 20 µg/kg Nassgewicht<sup>[14]</sup>. Flüsse transportieren – nach globalen Berechnungen der UNEP – jährlich mehr als 2800 Tonnen anorganisches Quecksilber inklusive Re-Emissionen<sup>[19]</sup>.

Die größten Mengen an Quecksilber finden sich in den Meeren. In die Ostsee etwa werden jedes Jahr allein über den Luftpfad 589 kg Quecksilber eingetragen. Davon stammen 30 % aus Polen, 24 % aus Deutschland. Das macht zusammen 54 % bzw. 320 kg. In beiden Ländern stammt die Giftfracht vor allem aus der Braunkohleverfeuerung<sup>[19]</sup>.

Ein Teil des anorganischen Quecksilbers, das über die Atmosphäre in die Ozeane gelangt, bewegt sich in den obersten 200 Metern<sup>[19]</sup>. Einiges davon wandeln Mikroorganismen in Methylquecksilber um. Bisher gingen Wissenschaftler davon aus, dass sich dessen Konzentration in den letzten 100 Jahren verdoppelt hat, wobei ein Teil in tiefere Schichten bis in die Tiefwasserzone absinkt und dort über Hunderte Jahre verweilen kann<sup>[7]</sup>.

Doch in einer kürzlich veröffentlichten Studie zeichnen Wissenschaftler um Carl Lamborg vom Ozeanischen Institut Woods Hole in den USA ein weit dramatischeres Bild<sup>[23]</sup>: Laut dieser Studie hat sich die Quecksilbermenge im Oberflächenwasser verdreifacht, wobei sich rund zwei Drittel davon oberhalb von einem Kilometer Meerestiefe bewegen. Selbst der Quecksilbergehalt in den Sprungschichten ab einem Kilometer Tiefe ist um geschätzte 150 % gestiegen. Sprungschichten sind die Übergangsschichten in Gewässern zwischen relativ warmem Oberflächen- und kaltem Tiefenwasser. Für den größten Teil der Giftfracht im Meer machen die Wissenschaftler den Menschen verantwortlich. Sie untersuchten die Quecksilberbelastung über acht Jahre, entnahmen in diesem Zeitraum zahlreiche Proben im

Abbildung 3 Diesen Weg nimmt das Quecksilber in den Körper



Atlantik, Pazifik und Arktischen Ozean. Anhand der Messwerte rechneten sie dann die globalen Anteile des Quecksilbers hoch und verglichen sie mit klimahistorischen Daten aus vorindustriellen Zeiten. Insgesamt schätzen die Wissenschaftler die Menge des Schwermetalls, die allein durch Umweltverschmutzung in die Ozeane gelangt, auf 60.000 bis 80.000 Tonnen. Besonders stark ist offenbar der Nordatlantik betroffen. „Problematisch ist daran vor allem, dass wir nicht wissen, welche Auswirkungen das auf Fische und andere Meereslebewesen hat“, so Lamborg. „Es könnte bedeuten, dass Fische auch dreimal so viel Quecksilber in sich aufnehmen wie vor 150 Jahren. Es könnte aber auch noch mehr sein.“ Und die Prognose der Wissenschaftler für die Zukunft fällt geradezu düster aus: Bis 2050, schreiben sie, könne die Quecksilbermenge im Meer sogar auf das Fünffache der Werte aus dem 16. Jahrhundert steigen.

Weil Plankton und Kleinstlebewesen organisches Quecksilber viel leichter aufnehmen als anorganisches, kommt Methylquecksilber hier bis zu 10.000 Mal höher konzentriert vor als im umgebenden Meerwasser<sup>[19]</sup>. Über diese sogenannte Bioakkumulation reichert sich die extrem toxische Substanz immer weiter in der Nahrungskette an. Methylquecksilber ist fettlöslich und kann sich daher problemlos im Organismus verteilen. Vor allem in den Endgliedern der Nahrungskette, in älteren, größeren Raubfischen wie Hai, Schwertfisch, Aal, Stör, Rotbarsch, Heilbutt, Hecht, Thunfisch und Bonito, sowie in marinen Säugetieren lassen sich hohe Quecksilberkonzentrationen nachweisen. U. a. konnten Biochemiker der Universität Hamburg 2007 zeigen, dass sich der Anteil von Methylquecksilber (MeHg) von unter 1 % des Gesamtquecksilbergehaltes im Wasser bis zu etwa 10 % auf der Ebene des Phytoplanktons erhöht und fast 100 % bei den Endgliedern der Nahrungskette, bei Fischen und marinen Säugetieren, erreicht. Am Ende dieser Kette steht dann der Mensch<sup>[24]</sup>.

# 4. Vom Kraftwerk in den Körper

## Wie Methylquecksilber wirkt

Quecksilber kann sich in all seinen Erscheinungsformen negativ auf die Gesundheit des Menschen auswirken. Wie giftig Quecksilber wirkt, hängt dabei von vielen verschiedenen Faktoren ab: von der Menge, die ein Mensch aufnimmt, über welchen Zeitraum und zu welchem Zeitpunkt er dem Gift ausgesetzt ist, von der chemischen Form des Quecksilbers und vom Weg, über den es in den Körper gelangt. Zudem reagieren manche Menschen darauf sensibler als andere [25].

Bis das Quecksilber im Blut abgebaut ist, dauert es 40 Tage und länger, im gesamten Körper rund 70 Tage. Im Gehirn dagegen ist mit einer Halbwertszeit von mehreren Jahren zu rechnen [25, 29]. Besonders gefährlich ist Methylquecksilber (MeHg), das wir in der Regel über die Nahrung aufnehmen, vor allem über Fische. Es ist mehr als 100 Mal giftiger als anorganisches Quecksilber [32]. MeHg wird nahezu zu 100 % über den Magen-Darm-Trakt aufgenommen, reichert sich in den roten Blutkörperchen an und verteilt sich dann über die Blutbahn gleichmäßig im ganzen Körper [25, 29]. Methylquecksilber kann die Plazenta-Barriere durchdringen und auch die Blut-Hirn-Schranke überwinden.

## 4.1 Methylquecksilber – Angriff aufs Gehirn

Wie toxisch Methylquecksilber ist, zeigte sich bereits in den 1950er Jahren durch die sogenannte Minamata-Krankheit. Damals erkrankten Tausende Menschen in der japanischen Küstenstadt Minamata an chronischer Quecksilbervergiftung, viele von ihnen starben. Ein Chemiebetrieb hatte quecksilberhaltige Abwässer ins Meer eingeleitet. In Fischen und anderen Meerestieren, von denen sich die Anwohner zum großen Teil ernährten, hatte sich hochgiftiges Methylquecksilber angereichert. Bei Erwachsenen traten – zum Teil nach einer Latenzzeit von mehreren Jahren – schwere Nervenerkrankungen, Missempfindungsstörungen in Händen und Füßen, Bewegungs- und Sprachstörungen bis hin zu Verhaltensstörungen auf [33].

Weil Methylquecksilber die Plazenta-Barriere und die Blut-Hirn-Schranke passiert, zeigten sich die dramatischsten Effekte in Minamata bei Kindern, deren Mütter während der Schwangerschaft hohen Quecksilbermengen ausgesetzt waren. Diese Kinder litten von Geburt an zerebraler Kinderlähmung und schweren geistigen Behinderungen. Einige der schwerkranken Kinder wurden von Müttern geboren, die selbst keine Anzeichen einer Quecksilbervergiftung zeigten [34].

## 4.2 Gefahr für den Fötus

Die am stärksten gefährdete Bevölkerungsgruppe sind Schwangere, Neugeborene und Kleinkinder. Der Körper einer Frau kann bereits vor der Schwangerschaft Quecksilber speichern, das sich später über die Plazenta im Fötus anreichert. Kinder reagieren auf Belastungen mit Methylquecksilber fünf- bis zehnmal empfindlicher als Erwachsene. Zudem bauen Föten und Kleinkinder das Gift viel langsamer ab [35].

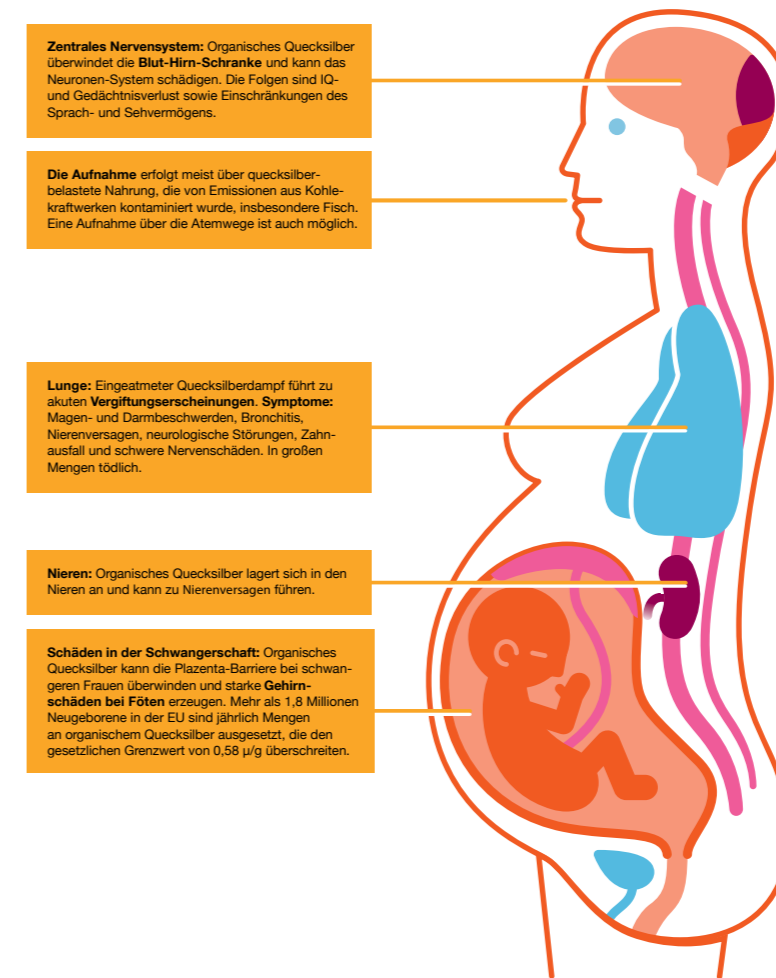
Quecksilber kann die geistige Entwicklung des Ungeborenen massiv beeinträchtigen. Etliche Studien der vergangenen Jahre von den Färöer-Inseln, den Seychellen und aus Neuseeland haben gezeigt, dass bereits geringe Mengen des organischen Quecksilbers während der Schwangerschaft negative Auswirkungen auf die Entwicklung der kindlichen Gehirne hatten [36, 37, 38].

Schon kurz nach der Empfängnis, bei den ersten Teilungszyklen der befruchteten Eizelle, können Zellen absterben. Besonders sensibel reagiert der Embryo im ersten Drittel der Schwangerschaft, wenn die Zellen sich schnell teilen und sich Gewebe und Organe ausbilden. Methylquecksilber (MeHg) ist jedoch über die gesamte Schwangerschaft hinweg gefährlich für das Kind. Nach UNEP-Studien kann eine erhöhte MeHg-Belastung in der frühkindlichen Entwicklungsphase zu verschiedenen neurologischen Schäden führen [7]. Sie zeigen sich in Symptomen wie geistiger Behinderung, Krampfanfällen, Seh- und Hörverlust, Wachstums- und Sprachstörungen, Gedächtnisverlust und verminderter Intelligenz [7]. Zudem gibt es Hinweise darauf, dass bei erhöhter Belastung mit Methylquecksilber Kinder eher ein Aufmerksamkeitsdefizitsyndrom (ADHS) entwickeln [39].

Abbildung 4 Gesundheitsrisiken: Wie das Quecksilber ein ungeborenes Kind gefährdet

## Mögliche Folgen bei Kindern

- Reduzierter IQ/Intelligenzverlust
- Geistige Zurückgebliebenheit
- Zerebrale Kinderlähmung
- Verzögerung in Sprachentwicklung und Reaktionszeit
- Verminderte Aufmerksamkeit und vermindertes Erinnerungsvermögen



Prof. Dr. Ellen Fritsche, Toxikologin am Leibniz-Institut für medizinische Umweltforschung in Düsseldorf, erforscht seit Jahren die Wirkung von Quecksilber auf die neuronale Entwicklung. „Quecksilber ist für das sich entwickelnde Zentralnervensystem eine der giftigsten Substanzen, die es gibt. Und das Fatale ist, dass es die Entstehung der gesamten Hirnarchitektur stört. Es wirkt nicht spezifisch nur auf bestimmte Entwicklungsprozesse, sondern greift auf allen Ebenen der neuronalen Entwicklung ein.“ So schädigt Quecksilber nicht nur die

embryonalen Stammzellen, aus denen alle Nervenzellen entstehen (die unterste Ebene der Neurogenese), sondern auch die direkten Vorläuferzellen der fertigen Neurone. Quecksilber hemmt deren Vermehrung und verhindert zudem, dass sie an den Ort im Gehirn wandern können, für den sie bestimmt sind. Die Vorläuferzellen entstehen vor allem im Hippocampus, dem Teil des Gehirns, der für Lernen und Gedächtnis verantwortlich ist [40].

Hochgiftiges Methylquecksilber führt selbst in geringen Mengen zu einem Verlust an Intelligenz. Das konnte u. a. Prof. Philippe Grandjean (Harvard University, Universität von Süd-Dänemark), einer der führenden Wissenschaftler bei der Erforschung der kindlichen Hirnentwicklung, in mehreren Studien nachweisen. Basis der Studien waren Daten, die zwischen 1986 und 1987 aus Haarproben und Nabelschnur-Blut von mehr als 1000 Frauen der Färöer-Inseln gewonnen worden waren, die in dieser Zeit ein Baby bekommen hatten. Das Nabelschnur-Blut enthielt zwischen 10 und 20 % mehr Quecksilber, als bei vergleichbaren Studien in anderen Ländern gefunden worden war. Im Alter von sieben Jahren absolvierten die Kinder aufwändige neurologische und psychologische Tests. Grandjean und weitere beteiligte Wissenschaftler der Süddänischen Universität sowie der Universität Tokio konnten nachweisen, dass ein Zusammenhang zwischen dem Quecksilbergehalt im Blut der Mütter und der Entwicklung ihrer Kinder bestand. Diejenigen, die im Embryonalstadium relativ hohen Quecksilbermengen ausgesetzt waren, fielen vor allem durch eine insgesamt verzögerte Entwicklung, Sprachstörungen, ein schlechteres Gedächtnis und Defizite in der Aufmerksamkeit auf <sup>[10]</sup>. Tests mit denselben Kindern im Alter von 14 Jahren bestätigten die vormaligen Ergebnisse. Sie belegen damit, dass das Zentralnervensystem der Kinder, die vor der Geburt zu hohen Dosen an Methylquecksilber ausgesetzt waren, irreversibel geschädigt wird. Prof. Grandjean warnte bereits damals vor einem „Braindrain“, einem schleichenden Intelligenzverlust bei Kindern durch Quecksilber <sup>[11]</sup>. Weitere wissenschaftliche Studien kamen zu ähnlichen Erkenntnissen <sup>[3, 32, 36, 39]</sup>.

Infolgedessen wurden die Mengen an Quecksilber, die noch als unbedenklich gelten, in den vergangenen Jahren regelmäßig nach unten korrigiert. Insbesondere, um Schwangere bzw. ihre Föten zu schützen. In Europa liegt der Wert der täglichen Dosis, oberhalb der gesundheitliche Schäden zu befürchten sind, bei 0,23 µg/kg Körpergewicht (KG)/Tag, nach den Vorgaben der WHO <sup>[11]</sup>. Die amerikanische Umweltschutzbehörde EPA (Environmental Protection Agency) dagegen hat bereits 1997 die maximal tolerierbare Methylquecksilberzufuhr auf 0,1 µg Methylquecksilber/kg KG/Tag begrenzt <sup>[32]</sup>, um die Entwicklung des fetalen Gehirns nicht zu gefährden. Das entspricht 0,7 µg Methylquecksilber/kg KG/Woche und liegt somit deutlich niedriger als der PTWI-Wert (provisional tolerable weekly intake) der WHO mit 1,6 µg MeHg/kg KG/Woche <sup>[41]</sup>.

Auch wenn sich die Auswirkungen geringer Mengen Quecksilber nicht unbedingt bei jedem Kind zeigen, so schlagen sie sich doch im Bevölkerungsdurchschnitt nieder: Es gibt weniger hochintelligente Kinder und mehr Kinder mit niedrigen Intelligenzquotienten <sup>[42, 43]</sup>.

### 4.3 Intelligenzverlust

Wie viel Quecksilber der Mensch direkt aufnimmt, wird häufig aus den im Haar angereicherten Mengen berechnet. Organisches Quecksilber wird sehr gut in die Haarwurzeln eingebaut, anorganisches dagegen nicht. Geht man davon aus, dass Haar durchschnittlich einen Zentimeter im Monat wächst, lässt sich zum Beispiel aus dem acht Zentimeter langen Haar einer Mutter nicht nur der Grad ihrer Belastung während der ersten sechs Monate der Schwangerschaft ablesen, sondern sogar wie viel Quecksilber sie an welchem Tag aufgenommen hat <sup>[39]</sup>.

Der MeHg-Gehalt des Haares ist also ein gutes und selektives Maß für die Belastung mit Quecksilber. Einer neuen Studie zufolge ist rund ein Drittel der Neugeborenen in Europa – geschätzte 1,8 Millionen – bedenklichen Quecksilberbelastungen ausgesetzt, die über 0,58 µg Methylquecksilber pro Gramm Haarprobe liegen <sup>[8, 9]</sup>. Bei 200.000 der Neugeborenen fanden die Wissenschaftler gar Konzentrationen jenseits des deutlich höheren WHO-Grenzwertes von 2,5 µg/g Haar <sup>[7]</sup>. Die Umweltschutzbehörde der USA (EPA) gibt einen Grenzwert von 1 µg Methylquecksilber pro Gramm Haar an <sup>[32]</sup>. Aufgrund aktuellerer Forschungsergebnisse hatten die

Wissenschaftler für ihre neue Studie 0,58 µg/g als niedrigste Dosis, die keine Schäden im kindlichen Gehirn verursacht, angesetzt <sup>[44, 46]</sup>. Welcher Grenzwert letztlich keine Gefahr mehr für Ungeborene darstellt, wird derzeit immer noch diskutiert <sup>[45]</sup>.

Für ihre Studie sammelten die Forscher zuerst Daten von DEMOCOPHES, einem fachübergreifenden Forschungsprogramm, das die Belastung der europäischen Bevölkerung mit umweltschädlichen Chemikalien untersucht. DEMOCOPHES hatte von 2011 bis 2012 die Quecksilberwerte mittels Haarproben von 1875 Menschen aus 17 europäischen Ländern gemessen. Aus diesen Werten extrapolierten sie Belastungsmengen der Bevölkerung für alle 31 EU-Länder und rechneten schließlich die Effekte der Quecksilberbelastung in verlorene IQ-Punkte um <sup>[8, 9]</sup>. Frühere Studien auf den Färöer-Inseln hatten gezeigt, dass jedes zusätzliche Mikrogramm Quecksilber pro Gramm im Haar der Mutter während der Schwangerschaft bedeutete, dass ihr Kind durchschnittlich 0,465 Intelligenzpunkte einbüßte <sup>[10, 45]</sup>. Die Forscher bezogen in ihre Berechnungen weitere Daten aus den USA ein <sup>[43, 47]</sup> und kalkulierten: Würden die Quecksilberbelastungen auf Dauer deutlich unter den Wert von 0,58 µg/g sinken, würde das europaweit 600.000 zusätzliche Intelligenzpunkte in der Bevölkerung bedeuten. Da eine direkte Verbindung zwischen Intelligenz und Einkommensniveau besteht, mindert ein sinkendes allgemeines Intelligenzniveau das volkswirtschaftliche Einkommen. So errechneten die Wissenschaftler: Gingen die Quecksilber-Emissionen entsprechend dem angegebenen Grenzwert zurück, brächte das einen zusätzlichen Betrag von 17.363 Euro pro IQ-Punkt. Insgesamt summierten sich die volkswirtschaftlichen Gewinne dadurch auf acht bis neun Milliarden Euro pro Jahr <sup>[8]</sup>. Die höchsten Quecksilberwerte fanden die Wissenschaftler in Südeuropa, die niedrigsten in Osteuropa. In Spanien, wo sehr viel Fisch gegessen wird, lag der Wert in 88 % der Haarproben über dem kritischen 0,58 µg/g-Level <sup>[8]</sup>.

### 4.4 Risikogruppen

Neben Schwangeren, Säuglingen und Kindern sind besonders Menschen gefährdet, die häufig Fisch verzehren, etwa Küstenbewohner und Berufsfischer. 1990 schätzte die Weltgesundheitsorganisation WHO, dass Europäer und Amerikaner durchschnittlich 6,6 µg Quecksilber täglich aufnehmen, davon 0,6 µg über Fisch und andere Meerestiere <sup>[47]</sup>.

Der gesamte Umfang der Quecksilberbelastung bei Kindern und Erwachsenen in Europa und weltweit ist indes noch immer unbekannt. Eine Studie der EU von 2005 kam zu dem Ergebnis, dass ein bis fünf Prozent der Bevölkerung in Zentral- und Nordeuropa (3 bis 15 Millionen Menschen) sowie der Mittelmeerländer Belastungen in Höhe des US-Vorsorgewertes von 0,1 µg Quecksilber/kg KG/Tag ausgesetzt sind. Die höchsten Belastungen fanden sich bei Menschen in den Mittelmeerländern, die von der Fischerei leben, und bei Bewohnern der Arktis, mit zehnfach höheren Werten als die maximal tolerierbare Höchstdosis <sup>[48]</sup>.

Ein Beispiel sind die Bewohner der Färöer-Inseln, die eine Vorliebe für das Fleisch von Grindwalen haben. Ein Gramm Grindwalfleisch enthält im Schnitt 2 µg Quecksilber <sup>[49]</sup>. Der Grenzwert der amerikanischen Umweltschutzbehörde EPA für Methylquecksilber liegt bei 0,1 µg/kg KG/Tag. Ein Mensch mit einem Körpergewicht von 70 Kilo dürfte also pro Tag gerade einmal 3,5 Gramm Walfleisch essen oder 1,3 kg/Jahr. 2013 wurden auf den Färöern 357 Tonnen Walfleisch angelandet – das sind bei durchschnittlich 25.000 Konsumenten etwa 14 kg pro Kopf und Jahr <sup>[50]</sup>. Eine Studie der Süddänischen Universität (SDU) kam 2008 zu dem Schluss, dass die vergleichsweise hohe Rate von Parkinson-Patienten auf den nordatlantischen Färöer-Inseln wahrscheinlich mit dem Konsum von Walfleisch zusammenhängt <sup>[51]</sup>.

An der Südküste Japans wird das Fleisch von Grindwalen sogar in den Supermärkten der Region angeboten und steht auf den Speiseplänen von Schulküchen. Der Toxikologe Tetsuo Endo und Kollegen von der Health Sciences University of Hokkaido fanden in Haarproben, die sie zwischen 2007 und 2008 rund um die Walfangstadt Taiji gesammelt hatten, durchschnittliche Quecksilberwerte von 21,6 µg/g. Probanden, die mehrmals im Monat Grindwalfleisch zu essen pflegten, erreichten

sogar durchschnittlich 25,6 µg/g. Diese Werte liegen mehr als 20-fach höher als der US-amerikanische Grenzwert <sup>[52]</sup>.

Die höchsten gemessenen Quecksilberbelastungen weltweit fanden sich bei den Inuit, die sich vorwiegend von Wal- und Robbenfleisch ernähren, Meeressäuger-tiere mit extrem hohem Giftanteil in ihrem Gewebe <sup>[19, 53]</sup>. Ähnlich hoch kann der in Haifisch sein, etwa in Schil-lerlocken. So wurden in sehr stark belasteten Haifischen derart hohe Methylquecksilbergehalte gefunden, dass ein Mensch, der nur fünf Gramm dieses Fisches verzeh-ren würde, bereits die maximal tolerable Tageshöchst-dosis für Erwachsene von 0,1 µg/kg Körpergewicht erreichte (US-Grenzwert) <sup>[54]</sup>.

## 4.5 Fischverzehr und Quecksilber

Nach Angaben des Umweltbundesamtes nimmt jeder Deutsche pro Tag über Nahrungsmittel durchschnittlich 3 µg Quecksilber auf, hauptsächlich als Methylqueck-silber. An Tagen mit Verzehr von Fisch oder Fisch-produkten können das allerdings bedeutend höhere Mengen sein <sup>[55]</sup>. Als europäische Norm über zulässige Quecksilberwerte in Fisch gilt allgemein 0,5 µg/kg, für bestimmte größere Raubfische wie Hai, Schwert-fisch, Marlin, Thunfisch und Sägebauchfisch aber 1,0 µg/kg <sup>[56]</sup>.

Die Deutschen essen ca. 1,3 Millionen Tonnen (Fang-gewicht) Fisch und Fischereierzeugnisse im Jahr, das sind 15,7 kg Fisch pro Kopf. 88 % des Gesamtkonsums werden importiert. Am beliebtesten sind Fische aus dem Meer: Alaska-Seelachs (23,3 %), Hering (20,0 %), Lachs (12,8 %), Thunfisch (10,0 %) und Pangasius (5,6 %), meist in tiefgefrorener Form <sup>[57]</sup>. Einmal pro Woche ge-nossen, sind die meisten dieser Fische für Erwachsene unbedenklich. Das gilt allerdings nicht für Schwangere, Stillende und Kleinkinder. Diese sollten laut Empfehlung der European Food Safety Authority (EFSA) und des

deutschen Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR) auf Fischarten, die am Ende der Nahrungskette stehen, wie Butterfisch, Hai, weißer Heilbutt, Schwertfisch oder Thunfisch, lieber ganz verzichten oder wöchentlich nicht mehr als 100 g davon essen <sup>[58]</sup>. Diese Arten wei-sen häufig hohe Quecksilberwerte auf. Von kleinen Fi-schen wie Sardinen, Heringen oder Makrelen geht in der Regel keine Gefahr aus. Denn sie stehen weiter unten in der marinen Nahrungskette und enthalten ent-sprechend geringere Mengen des hochgiftigen Methyl-quecksilbers <sup>[59, 60]</sup>.

# 5. Bundesregierung muss handeln

## Quecksilber-Emissionen in Kohlekraftwerken reduzieren

In Deutschland dürfen Braunkohle- und Steinkohlekraft-werke 30 µg/m<sup>3</sup> Quecksilber im Abgas emittieren. Neue Anlagen müssen im Jahresmittel 10 µg/m<sup>3</sup> einhalten; für bestehende Anlagen gilt dieser Jahresgrenzwert erst ab 2019. Allerdings fordert das Umweltbundesamt seit Jahren einen Grenzwert von 3 µg/m<sup>3</sup> im Tagesmittel und 1 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel.

Das entspricht in etwa dem Wert, den die USA für be-stehende Kohlekraftwerke ab 2016 gesetzlich vor-schreibt (Grenzwert im 30-Tagesmittel: 1,4 µg/m<sup>3</sup> für Steinkohlekraftwerke, 4,1 µg/m<sup>3</sup> für die in den USA weniger bedeutsamen Braunkohlekraftwerke) <sup>[61]</sup>. Die zuständigen Behörden in den USA hatten nicht zuletzt wegen der drohenden ökonomischen Konsequenzen das gesundheitliche Risikopotenzial von Quecksilber bzw. Methylquecksilber höher gewichtet als zuvor. Trasande et al. bezifferten 2005 in einer Studie die volkswirtschaftlichen Kosten der schleichenden Queck-silberbelastung für die US-Wirtschaft, die nur aus dem Verlust der Intelligenz mehrerer Hunderttausend Kinder jedes Jahr resultieren, auf 8,7 Milliarden US-Dollar. Allein für rund 1,3 Milliarden US-Dollar davon sind amerikani-sche Kraftwerke verantwortlich <sup>[43, 62]</sup>.

Eine Studie zeigte, dass von den 52 deutschen Kohle-kraftwerken mit meldepflichtigen Quecksilber-Emissio-nen (d. h. 10 kg Hg/Jahr und mehr) 2012 lediglich ein einziges Kohlekraftwerk (Steinkohle) die US-amerikani-schen Grenzwerte eingehalten hätte <sup>[14]</sup>. Würde der deut-sche Gesetzgeber die US-Grenzwerte anlegen, hätten also 49 Kohlekraftwerke nachgerüstet werden müssen. Die USA konnten ihre Quecksilber-Emissionen dank nachgerüsteter Abgasreinigungstechnologien bereits deutlich reduzieren.

Aktuelle Vorschläge der EU-Kommission sehen für neue Kohlekraftwerke mit mehr als 1000 MW Leistung maxi-mal 3 µg/m<sup>3</sup> Quecksilber-Emission im Jahresmittel vor. Für bestehende Anlagen schlägt die EU allerdings Emis-sionsbandbreiten bis zu 10 µg/m<sup>3</sup>, bei Anlagen mit 300-1000 MW sogar bis zu 15 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel vor, also das 10-fache des US-Grenzwertes. Im Tagesmittel sind für bestehende Anlagen mit mehr als 300 MW bis zu 20 µg/m<sup>3</sup> im Gespräch <sup>[63]</sup>. Derzeit werden noch Informationen aus den USA als Grundlage für künftige

Grenzwerte geprüft. Bleibt die EU-Kommission aller-dings bei ihren jetzigen Vorschlägen, ändert sich für die Betreiber deutscher Kohlekraftwerke wenig. Denn der Tagesmittelwert müsste nur von jetzt 30 µg Hg/m<sup>3</sup> auf 20 µg/m<sup>3</sup> sinken. Hiervon wären nur 3 von 15 Braunkoh-lekraftwerken tangiert.

Christian Tebert, Experte für Luftreinhaltungstechnik am Hamburger Umweltinstitut ÖKOPOL, verweist auf Unter-suchungen an US-Kraftwerken: Wenn zusätzlich zur Staubabscheidung Bromsalze oder Aktivkohle zur Quecksilberminderung eingesetzt werden, seien Emissi-onswerte unter 1 µg/m<sup>3</sup> sicher einzuhalten <sup>[64, 65]</sup>.

Auch wenn die Quecksilber-Emissionen der Kohlekraft-werke jetzt reduziert würden, könnte sich das jedoch erst mit zeitlicher Verzögerung positiv auf die Gesund-heit auswirken. Denn das Quecksilber, das bereits in der Umwelt zirkuliert und dort persistiert, bedroht noch viele Jahre die Gesundheit der Menschen.

## 5.1 Vorbild USA

Die meisten der Verfahrensprinzipien, die US-ameri-kanische Kohlekraftwerke für das Abscheiden von Quecksilber verwenden, wurden in Deutschland erfunden. Zum Beispiel das Reinigen der Abgase mit Bromid-salzen, wobei die entstehenden Quecksilberverbindun-gen abgetrennt werden. Als Stand der Technik gilt in Fachkreisen, dass persistente Schadstoffe wie Queck-silber zuerst aus dem Abgas abgeschieden, dann in Rückständen konzentriert, abgetrennt und anschließend in sicheren letzten Senken gelagert werden. In Deutsch-land setzen Betreiber von Müllverbrennungsanlagen bereits Verfahren ein, die Quecksilbersalze über Ab-sorptionsmittel in der nassen Rauchgasreinigung binden und danach ausschleusen <sup>[14, 66]</sup>.



In den vergangenen Jahren sind eine Reihe weitergehender technischer Maßnahmen entwickelt und erprobt worden, um die Quecksilber-Emissionen aus Kohlekraftwerken zu reduzieren. So reinigen Kohlekraftwerke in Deutschland – im Unterschied zu den USA – ihre Abgase von Staub und sauren Schadgasen. Diese Verfahren könnten mit genutzt werden, um Quecksilber abzuscheiden, sodass in Deutschland deutlich geringere Kosten für die Abgasreinigung anfallen würden als in den USA <sup>[14]</sup>.

Technisch gesehen könnten die amerikanischen Grenzwerte für Stein- und Braunkohle in Deutschland bereits unterboten werden. Damit ließen sich die Quecksilber-Emissionen um mehr als die Hälfte reduzieren und Gesundheitsschäden vermeiden <sup>[14]</sup>. Mit der Verschärfung der Quecksilbergrenzwerte für Kohlekraftwerke könnte Deutschland weltweit ein Ausrufezeichen setzen und Vorbild für Länder wie China und Indien werden, die massiv auf Kohle setzen. Die Politik steht in der Verpflichtung, gesamtgesellschaftlich zu handeln und gesundheitliche Folgekosten der Kohle zu minimieren.

Auf internationaler Ebene allerdings bewegt sich etwas. Die im Oktober 2013 beschlossene Minamata-Konvention (Quecksilber-Konvention der UN) ist ein entscheidender Baustein, um die von Quecksilber ausgehenden Gesundheitsrisiken zu senken. Ziel der Konvention ist es, den Ausstoß weltweit einzudämmen, um die menschliche Gesundheit und die Umwelt zu schützen. Für weitere Kohlekraftwerke gilt dann der Grundsatz, die beste verfügbare Technik zum Schutz vor Quecksilber-Emissionen einzusetzen. Gerade weil Quecksilber und Methylquecksilber persistente, hochgiftige Stoffe sind, die zudem über die Atmosphäre weit verteilt werden, können die Probleme nicht nur national gelöst werden. Deutschland und die EU haben die Minamata-Konvention unterzeichnet, aber bisher noch nicht ratifiziert. Das haben die USA, als erstes Land überhaupt, bereits getan <sup>[67, 68]</sup>.

# Quellen

1. Pollution Release and Transfer Register (PRTR); online für Deutschland: <http://www.thru.de/>
2. F. Debes, E. Budtz-Jorgensen, P. Weihe, R. F. White, P. Grandjean (2006): Impact of prenatal methylmercury exposure on neurobehavioral function at 14 years. *Neurotoxicology and Teratology* 28(5): 363–375.
3. O. Boucher, S. W. Jacobson, P. Plusquellec, E. Dewailly, P. Ayotte, N. Forget-Dubois, J. L. Jacobson, G. Muckle (2012): Prenatal methylmercury, postnatal lead exposure and evidence of attention deficit/hyperactivity disorder among Inuit children in Arctic Québec. *Environmental Health Perspectives* 120(10):1456–1461.
4. E. Oken, M. L. Osterdal, M. W. Gillman, V. K. Knudsen, T. I. Halldorsson, M. Strom, D. C. Bellinger, M. Hadders-Algra, K. F. Michaelsen, S. F. Olsen (2008): Associations of maternal fish intake during pregnancy and breastfeeding duration with attainment of developmental milestones in early childhood: a study from the Danish National Birth Cohort. *Am. J. Clin. Nutr.* 88(3):789–796.
5. W. Jedrychowski, F. Perera, J. Jankowski, V. Rauh, E. Flak, K. L. Caldwell, R. L. Jones, A. Pac, I. Lisowska-Miszczuk (2007): Fish consumption in pregnancy, cord blood mercury level and cognitive and psychomotor development of infants followed over the first three years of life: Krakow epidemiologic study. *Environ Int.* 33(8):1057–1062.
6. K. Suzuki, K. Nakai, T. Sugawara, T. Nakamura, T. Ohba, M. Shimada, T. Hosokawa, K. Okamura, T. Sakai, N. Kurokawa, et al. (2010): Neurobehavioral effects of prenatal exposure to methylmercury and PCBs, and seafood intake: neonatal behavioral assessment scale results of Tohoku study of child development. *Environ Res* 110(7):699–704.
7. United Nations Environment Programme (2013): Mercury – Time To Act. [http://www.unep.org/PDF/PressReleases/Mercury\\_TimeToAct.pdf](http://www.unep.org/PDF/PressReleases/Mercury_TimeToAct.pdf)
8. M. Bellanger, C. Pichery, D. Aerts, et al. (2013): Economic benefits of methylmercury exposure control in Europe: Monetary value of neurotoxicity prevention. *Environmental Health* 12:3. doi:10.1186/1476-069X-12-3.
9. M. Bellanger, C. Pichery, D. Aerts, et al. (2013): Cuts in mercury pollution could bring major economic benefits through higher IQ. [http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/321na5\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/321na5_en.pdf)
10. Philippe Grandjean, Pál Weihe, Roberta F. White, Frodi Debes, Shunishi Araki, Kazuhito Yokoyama, Katsuyuki Murata, Nicolina Sørensen, Rasmus Dahl, Poul J. Jørgensen (1997), Cognitive deficit in 7-year-old children with prenatal exposure to methylmercury. *Neurotoxicology and Teratology* 19(6):417–428.
11. F. Debes, E. Budtz-Jorgensen, P. Weihe, R. F. White, P. Grandjean (2006): Impact of prenatal methylmercury exposure on neurobehavioral function at 14 years. *Neurotoxicology and Teratology* 28(5):363–375.
12. Greenpeace (2015): Smoke & Mirrors. [http://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/publications/smoke-and-mirrors\\_050315.pdf](http://www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/publications/smoke-and-mirrors_050315.pdf)
13. Antwort der Bundesregierung auf eine Kleine Anfrage der Bundestagsfraktion Bündnis 90/Die Grünen (BT-Drucksache 18/4134).
14. B. Zeschmar-Lahl/BZL (2014): Kurzstudie: Quecksilberemissionen aus Kohlekraftwerken in Deutschland – Stand der Technik der Emissionsminderung. [http://www.gruene-bundestag.de/fileadmin/media/gruenebundestag\\_de/themen\\_az/energie/PDF/BZL\\_Studie\\_QuecksilberemissionenAusKohlekraftwerkenInDeutschland\\_final.pdf](http://www.gruene-bundestag.de/fileadmin/media/gruenebundestag_de/themen_az/energie/PDF/BZL_Studie_QuecksilberemissionenAusKohlekraftwerkenInDeutschland_final.pdf)
15. AG Energiebilanzen e.V. (2014): Jahresbericht 2013. [http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article\\_id=20&archiv=13&year=2014](http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=20&archiv=13&year=2014)
16. Wilfried Kühling/Ökoinstitut (2012): KGV-Rundbrief 2+3. <http://www.oeko.de/oekodoc/1993/2012-497-de.pdf>
17. Wilfried Kühling/Ökoinstitut (2012): KGV-Rundbrief 1. <http://www.oeko.de/oekodoc/1992/2012-496-de.pdf>
18. I. Ilyin, O. Rozovskaya, O. Travnikov, M. Varygina (2014): Heavy metal transboundary pollution of the environment. EMEP Status Report 2. [http://www.msceast.org/reports/2\\_2014.pdf](http://www.msceast.org/reports/2_2014.pdf)
19. UNEP (2013): Global Mercury assessment 2013. Sources, emissions, releases and environmental transport. UNEP Chemicals Branch, Geneva, Switzerland. <http://www.unep.org/PDF/PressReleases/GlobalMercuryAssessment2013.pdf>
20. Seth N. Lyman, Daniel A. Jaffe (2012): Formation and fate of oxidized mercury in the upper troposphere and the lower stratosphere. *Nature Geoscience* 5:114–117. doi:10.1038/ngeo1353
21. AMAP (2011): Assessment 2011. Mercury in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo.
22. International Conference on Mercury as a Global Pollutant (ICMGP 2013).
23. Carl H. Lamborg, Chad R. Hammerschmidt, Karin L. Bowman, Gretchen J. Swarr, Kathleen M. Munson, Daniel C. Ohnemus, Phoebe J. Lam, Lars-Eric Heimbürger, Micha J. A. Rijkenberg, Mak A. Saito (2014): A global ocean inventory of anthropogenic mercury based on water column measurements. *Nature* 512:65–68.

24. Bunke M. (2007): Ausarbeitung, Validierung und Anwendung einer Methode zur simultanen Bestimmung von Methylquecksilber und anorganischem Quecksilber in Fischgewebe und Fischeembryonen. Dissertation, Universität Hamburg, Institut für Biochemie und Lebensmittelchemie.
25. Agency for Toxic Substances and Disease Registration, US CDC. Toxicologic Profiles, Mercury. Health Effects. <http://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp46-c2.pdf>, Zugriff: 13.8.2014.

#### Unterschiedliche Sensibilität bei Hg-Belastungen

26. L. Amin-Zaki, M. A. Majeed, T. W. Clarkson, M. R. Greenwood (1978): Methylmercury poisoning in Iraqi children: clinical observations over two years. *BMJ* 1(6113):613-616.
27. L. Amin-Zaki, M. A. Majeed, M. R. Greenwood, S. B. Elhassani, T. W. Clarkson, R. A. Doherty (1981): Methylmercury poisoning in the Iraqi suckling infant: A longitudinal study over five years. *J. Appl. Toxicol.* 1:210-214. doi: 10.1002/jat.2550010405
28. F. Bakir, S. F. Damluji, L. Amin-Zaki, M. Murtadha, A. Khalidi, N. Y. Al-Rawi, et al. (1973): Methylmercury poisoning in Iraq. *Science* 181(4096):230-241.
29. UBA\_Loseblattsammlung-Toxikologie Quecksilber.
30. Agency for Toxic Substances and Disease Registration, US CDC. Toxicologic Profiles, Mercury. Health Effects. <http://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp46-c2.pdf>, Zugriff: 13.8.2014.
31. Stephan Bose O'Reilly, Kathleen M. McCarty, Nadine Steckling (2010): Mercury exposition and children's health. *Curr Probl Pediatr Adolesc Health Care.* 2010 Sep; 40(8): 186-215.
32. National Research Council (2000): Toxicological effects of methyl-mercury. Washington, DC.

#### Minamata

33. F. Bakir, S. F. Damluji, L. Amin-Zaki, M. Murtadha, A. Khalidi, N. Y. Al-Rawi, et al. (1973): Methylmercury poisoning in Iraq. *Science* 181(4096):230-241.
34. M. Gochfeld (2003): Cases of mercury exposure, bioavailability and absorption. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 56:174-179.
35. UBA (2008): Dossier: Start ins Leben. <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3518.pdf>
36. L. M. Ryan (2005): Effects of prenatal methylmercury on childhood IQ: A synthesis of three studies. Report to the U.S. Environmental Protection Agency. EPA-HQ-OAR-2002-0056-6048, EPA-HQ-OAR-2002-0056-6049.
37. K. S. Crump, T. Kjellstrom, A. M. Shipp, A. Silvers, A. Stewart (1998): Influence of prenatal mercury exposure upon scholastic and psychological test performance: benchmark analysis of a New Zealand cohort. *Risk Anal.* 18(6):701-713.
38. P. W. Davidson, G. J. Myers, C. Cox, C. Axtell, C. Shamlaye, J. Sloane-Reeves, et al. (1998): Effects of prenatal and postnatal methylmercury exposure from fish consumption on neurodevelopment: outcomes at 66 months of age in the Seychelles Child Development Study. *JAMA* 280:701-707.
39. Philippe Grandjean, Katherine T. Herz (2011): Brain development and methylmercury: underestimation of neurotoxicity. *Mt Sinai J Med.* 78(1):107-118. doi:10.1002/msj.20228
40. Leibniz-Institut für medizinische Umweltforschung, Düsseldorf (dokumentiert 13.8.2014): Gespräch mit Prof. Ellen Fritsche.
41. U.S. Environmental Protection Agency (EPA): Hazardous Waste Clean-Up Information (CLU-IN). <http://www.clu-in.org/contaminantfocus/default.focus/sec/Mercury/cat/Toxicology/>
42. Daniel A. Axelrad, David C. Bellinger, Louise M. Ryan, Tracey J. Woodruff (2007): Dose-response relationship of prenatal mercury exposure and IQ: an integrative analysis of epidemiologic data. *Environ Health Perspect* 115(4): 609-615.
43. Leonardo Trasande, Philip J. Landrigan, and Clyde Schechter (2005): Public health and economic consequences of methyl mercury toxicity to the developing brain. *Environ Health Perspect* 113(5):590-596.
44. E. Budtz-Jorgensen (2007): Estimation of the benchmark dose by structural equation models. *Biostatistics* 8(4):675-688.
45. P. Grandjean, E. Budtz-Jorgensen (2007): Total imprecision of exposure biomarkers: Implications for calculating exposure limits. *Am J Ind Med* 50(10):712-719.

46. S. A. Lederman, R. L. Jones, K. L. Caldwell, V. Rauh, S. E. Sheets, D. Tang, S. Viswanathan, M. Becker, J. L. Stein, R. Y. Wang, et al. (2008): Relation between cord blood mercury levels and early child development in a World Trade Center cohort. *Environ Health Perspect* 116(8):1085-1091.
47. International Programme on Chemical Safety; World Health Organization (1990): Environmental Health Criteria 101 - Methylmercury. Geneva.
48. European Commission, SEC. (2005) 101: Communication from the Commission to the Council and the European Parliament. Community Strategy Concerning Mercury. Extended Impact Assessment (COM(2005) final) 28.1.2005.
49. Pál Weihe, Høgni Debes Joensen (2012): Dietary recommendations regarding pilot whale meat and blubber in the Faroe Islands. *International Journal of Circumpolar Health*, Vol 71.
50. Wal- und Delfinfang-Statistik 2013 der Färöer-Inseln. <http://www.whaling.fo/Default.aspx?ID=7125> <http://www.visitfaroeislands.com/en/be-inspired/in-dept-articles/whaling/>
51. Maria Skaalum Petersen, Sára Bech, Lene Warmuth, Pál Weihe, Flemming Nielsen, Poul J. Jørgensen, Esben Budtz-Jørgensen, Philippe Grandjean (2008): Impact of dietary exposure to food contaminants on the risk of Parkinson's Disease. *Neurotoxicology* 29(4):584-590.
52. Tetsuo Endo, Koichi Haraguchi (2010): High mercury levels in hair samples from residents of Taiji, a Japanese whaling town. *Marine pollution bulletin* 60(5):743-747.
53. W. Tian, G. M. Egeland, I. Sobol, H. M. Chan (2011): Mercury hair concentrations and dietary exposure among Inuit preschool children in Nunavut, Canada. *Environment International* 37:42-48.
54. Hermann Kruse (2010): Quecksilberanreicherungen in der Schillerlocke: Toxizität des Methylquecksilbers. Meeresumweltsymposium. [http://www.bsh.de/de/Das\\_BSH/Veranstaltungen/MUS/2010/Kurzfassungen.pdf#page=23](http://www.bsh.de/de/Das_BSH/Veranstaltungen/MUS/2010/Kurzfassungen.pdf#page=23)
55. UBA\_Quecksilbermonographie\_1999.pdf
56. Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24. November 2010 über Industrieemissionen (integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung), Amtsblatt der Europäischen Union vom 17.12. 2010, L 334/17ff.
57. Deutsches Fischinformationszentrum. <http://www.fischinfo.de>

58. Verbrauchertipp für Schwangere und Stillende, den Verzehr von Thunfisch einzuschränken, hat weiterhin Gültigkeit, Stellungnahme Nr. 041/2008 des BfR vom 10. September 2008. [http://www.bfr.bund.de/cm/343/verbrauchertipp\\_fuer\\_schwangere\\_und\\_stillende\\_den\\_verzehr\\_von\\_thunfisch\\_einzuschaerkenken.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/343/verbrauchertipp_fuer_schwangere_und_stillende_den_verzehr_von_thunfisch_einzuschaerkenken.pdf)
59. Health and Environment Alliance (HEA 2006): Quecksilber und Fischkonsum. [http://www.env-health.org/IMG/pdf/HEA\\_004-07\\_fish\\_consumption\\_DE.pdf](http://www.env-health.org/IMG/pdf/HEA_004-07_fish_consumption_DE.pdf)
60. European Food Safety Authority Precautionary (2004): Vorsorgliche Empfehlung für besonders gefährdete Bevölkerungsgruppen. <http://www.efsa.europa.eu/de/press/news/contam040318.htm>
61. USA will Quecksilber-Emissionen drastisch senken, vdi nachrichten, 24.2.2012. <http://www.ingenieur.de/Politik-Wirtschaft/Energie-Umweltpolitik/USA-Quecksilber-Emissionen-drastisch-senken>
62. Charles Griffiths, Al McGartland, Maggie Miller (2007). A comparison of the monetized impact of IQ decrements from mercury emissions. *Environ Health Perspect* 115(6):841-847.
63. Best Available Techniques Reference Document for Large Combustion Plants, Draft 1, Joint Research Centre, European Commission, Juni 2013.
64. Barbara Zeschmar-Lahl, Christian Tebert (2014): Vom Winde verweht - Die Quecksilber-Emissionen aus Kohlekraftwerken in Deutschland könnten durch Einführung des Standes der Technik um die Hälfte reduziert werden. *ReSource*, 2.
65. Katherine Dombrowski, Ramsay Chang: "Bromide Balance of Plant Study", MEGA Symposium, Baltimore, 21.8.2012.
66. UNEP\_Guidelines on BAT/BEP for mercury emission control from coal combustion
67. Die Quecksilber-Konvention der Vereinten Nationen (2013). [http://www.bmub.bund.de/themen/gesundheits-chemikalien/gesundheits-und-umwelt/die-quecksilber-konvention-der-vereinten-nationen](http://www.bmub.bund.de/themen/gesundheit-chemikalien/gesundheits-und-umwelt/die-quecksilber-konvention-der-vereinten-nationen)
68. Study on EU Implementation of the Minamata Convention on Mercury (2014). <http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/Final-Presentation-EU-Hg.pdf>

## ➔ **Kein Geld von Industrie und Staat**

Greenpeace ist international, überparteilich und völlig unabhängig von Politik, Parteien und Industrie. Mit gewaltfreien Aktionen kämpft Greenpeace für den Schutz der Lebensgrundlagen. Rund 590 000 Menschen in Deutschland spenden an Greenpeace und gewährleisten damit unsere tägliche Arbeit zum Schutz der Umwelt.