

Gutachten

QUECKSILBER-EMISSIONEN AUS KOHLEKRAFTWERKEN

Auswertung der EU-Schadstoffregistermeldungen
nach einer Idee der BZL GmbH

Auftraggeber:

Bundestagsfraktion Bündnis 90/Die Grünen
Platz der Republik 1, 10557 Berlin

Autor:

Dipl.-Ing. Christian Tebert
Büro Freiburg im Breisgau

21. Dezember 2015



Ökopol GmbH
Institut für Ökologie und Politik

Nernstweg 32–34, 22765 Hamburg

☎ 040-39 100 2 0 info@oekopol.de

Internet: <http://www.oekopol.de>

INHALT

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	3
TABELLENVERZEICHNIS	3
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	3
ZUSAMMENFASSUNG	4
1 GESUNDHEITSSCHÄDEN DURCH QUECKSILBER	8
2 MINAMATA-KONVENTION ZUR WELTWEITEN QUECKSILBERMINDERUNG	9
3 GESETZLICHE AUFLAGEN ZUR QUECKSILBERMINDERUNG	10
3.1 Europäische Union.....	10
3.1.1 <i>EU-Quecksilberstrategie und EU-Industrieemissionsrichtlinie</i>	10
3.1.2 <i>EU-Wasserrahmenrichtlinie</i>	11
3.2 USA.....	12
4 QUECKSILBER-MELDEPFLICHTEN FÜR KOHLEKRAFTWERKE (E-PRTR)	13
4.1 Meldung von Quecksilber-Emissionen im EU-Schadstoffemissions- und Verbringungsregister.....	13
4.2 Mess- und Berechnungsverfahren für das EU-Schadstoffemissions- und Verbringungsregister.....	14
4.3 Umrechnung der Quecksilbermeldungen im EU-PRTR in Quecksilberkonzentrationswerte	16
5 QUECKSILBER-EMISSIONEN AUS KOHLEKRAFTWERKEN	17
5.1 Stromerzeugung aus Kohlekraftwerken 2013	17
5.2 Quecksilber-Emissionen aus Braunkohlekraftwerken und Minderungspotenzial im Jahr 2013	18
5.2.1 <i>Quecksilbermenge aus Braunkohlekraftwerken</i>	18
5.2.2 <i>Quecksilberkonzentrationswerte von Braunkohlekraftwerken</i>	18
5.2.3 <i>Minderungspotenzial in Braunkohlekraftwerken</i>	18
5.3 Quecksilber-Emissionen aus Steinkohlekraftwerken und Minderungspotenzial im Jahr 2013	20
5.3.1 <i>Quecksilbermenge aus Steinkohlekraftwerken</i>	20
5.3.2 <i>Quecksilberkonzentrationswerte von Steinkohlekraftwerken</i>	20
5.3.3 <i>Minderungspotenzial in Steinkohlekraftwerken</i>	20
5.4 Summe der Quecksilber-Emissionen von Kohlekraftwerken und Minderungspotenzial im Jahr 2013	22
6 LITERATURVERZEICHNIS	24
7 ANHANG: BESTIMMUNGSMETHODEN DER QUECKSILBERMELDUNGEN IM E-PRTR	29

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Anteile anthropogener luftseitiger Quecksilberquellen im Jahr 2010	9
Abbildung 2: Darstellung der Emissionsmeldung eines Kohlekraftwerkes im E-PRTR (Kraftwerk Neurath, 2013)	15
Abbildung 3: Strommix in Deutschland im Jahr 2013.....	17
Abbildung 4: Strommix in Deutschland im Jahr 2014.....	17

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Quecksilber-Emissionsmeldungen großer Braunkohlekraftwerke und Minderungspotenzial (2013).....	6
Tabelle 2: Quecksilber-Emissionsmeldungen großer Steinkohlekraftwerke und Minderungspotenzial (2013).....	6
Tabelle 3: Mit besten verfügbaren Techniken (BVT) erreichbare Quecksilber-Emissionswerte für Steinkohle- und Braunkohlekraftwerke (Beschluss der technischen Arbeitsgruppe der Europäischen Union von Juni 2015).....	11
Tabelle 4: Quecksilber-Emissionsmeldungen großer Braunkohlekraftwerke und Minderungspotenzial (2013).....	19
Tabelle 5: Quecksilber-Emissionsmeldungen großer Steinkohlekraftwerke und Minderungspotenzial (2013).....	21
Tabelle 6: Vergleich der Emissionsmengen, Mengenveränderung und Bestimmungsmethoden für Quecksilber in großen Braunkohlekraftwerken in den E-PRTR-Meldungen der Jahre 2012 und 2013	29
Tabelle 7: Mess- und Berechnungsverfahren gemäß europäischem Schadstoffemissions- und verbringungsregister (E-PRTR).....	30
Tabelle 8: Vergleich der Emissionsmengen, Mengenveränderung und Bestimmungsmethoden für Quecksilber in großen Steinkohlekraftwerken in den E-PRTR-Meldungen der Jahre 2012 und 2013	31

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

EU	Europäische Union
E-PRTR	European Pollutant Release and Transfer Register (Europäisches Schadstofffreisetzungs- und -verbringungsregister)
Hg	Quecksilber
IED	Industrial Emissions Directive (Industrieemissionsrichtlinie) 2010/75/EU
kg	Kilogramm
m ³	Kubikmeter
MATS	Mercury and Air Toxics Standards (Grenzwerte der Umweltbehörde der USA für Emissionen von Luftschadstoffen aus Kohle- und Öl-Kraftwerken)
µg	Mikrogramm
mg	Milligramm
MW	Megawatt
MW _{th}	Thermische Leistung in Megawatt (MW)
Nm ³	Normkubikmeter (1 m ³ bei 101,325 kPa und 273,15 K)
t	Tonnen
WHO	World Health Organisation (Weltgesundheitsorganisation)
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie

ZUSAMMENFASSUNG

Die Quecksilber-Emissionen aus Kohlekraftwerken und der Goldgewinnung führen weltweit zu wachsenden Umweltbelastungen. Vor allem steigt die Konzentration an hochtoxischem Methylquecksilber in Fischen: Immer häufiger werden lebensmittelrechtliche Grenzwerte im Schwertfisch, Thunfisch, Aal und anderen großen, älteren Fischen am Ende der Nahrungskette überschritten.

Methylquecksilber führt bei Ungeborenen und Kleinkindern zu Schäden bei der Gehirnausbildung und bewirkt verminderte Intelligenz. Auch bei Erwachsenen reichert sich Methylquecksilber im Gehirn an und führt zu Nervenschäden. Die erbgutverändernde Wirkung von Methylquecksilber ist nachgewiesen. Zudem besteht der Verdacht, dass Methylquecksilber krebserzeugend wirkt.

In Deutschland haben Kohlekraftwerke noch den höchsten Anteil an der Stromerzeugung: im Jahr 2013 lag dieser bei 45 %, 2014 bei 44 %. Im Jahr 2014 erreichten Steinkohle-Importe in Deutschland einen historischen Höchstwert.

Die Quecksilberemissionen sind seit vielen Jahren konstant: Mit 10 Tonnen pro Jahr ist Deutschland zusammen mit Griechenland und Polen der traurige Spitzenreiter der Quecksilberfreisetzung in Europa. Rund 7 Tonnen (70 %) stammen in Deutschland aus Kohlekraftwerken. Das entspricht der jährlichen Freisetzung von sämtlichem Quecksilber aus 3,5 Millionen Energiesparlampen.

Während in den USA seit April 2015 strenge Quecksilbergrenzwerte für Kohlekraftwerke gelten, ist in Deutschland erst ab dem Jahr 2019 eine Grenzwertsenkung vorgesehen. Im Vergleich mit den USA wird Deutschland dann eine 2,5- bis 6,7-fach höhere Quecksilberemission erlauben. [US MATS 2012]

Im Juni 2015 hat die Europäische Union neue Beschlüsse zum fortgeschrittenen Stand der Technik bei der Quecksilberminderung in großen Kohlekraftwerken gefasst. Die Beschlüsse besagen, dass mit quecksilberspezifischen Minderungstechniken (wie sie in den USA zum Einsatz kommen) Emissionswerte unter $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in großen Kraftwerken erreicht werden können. Die Beschlüsse der EU-Arbeitsgruppe werden voraussichtlich im Jahr 2017 im Amtsblatt veröffentlicht und gelten für bestehende Anlagen spätestens im Jahr 2021.

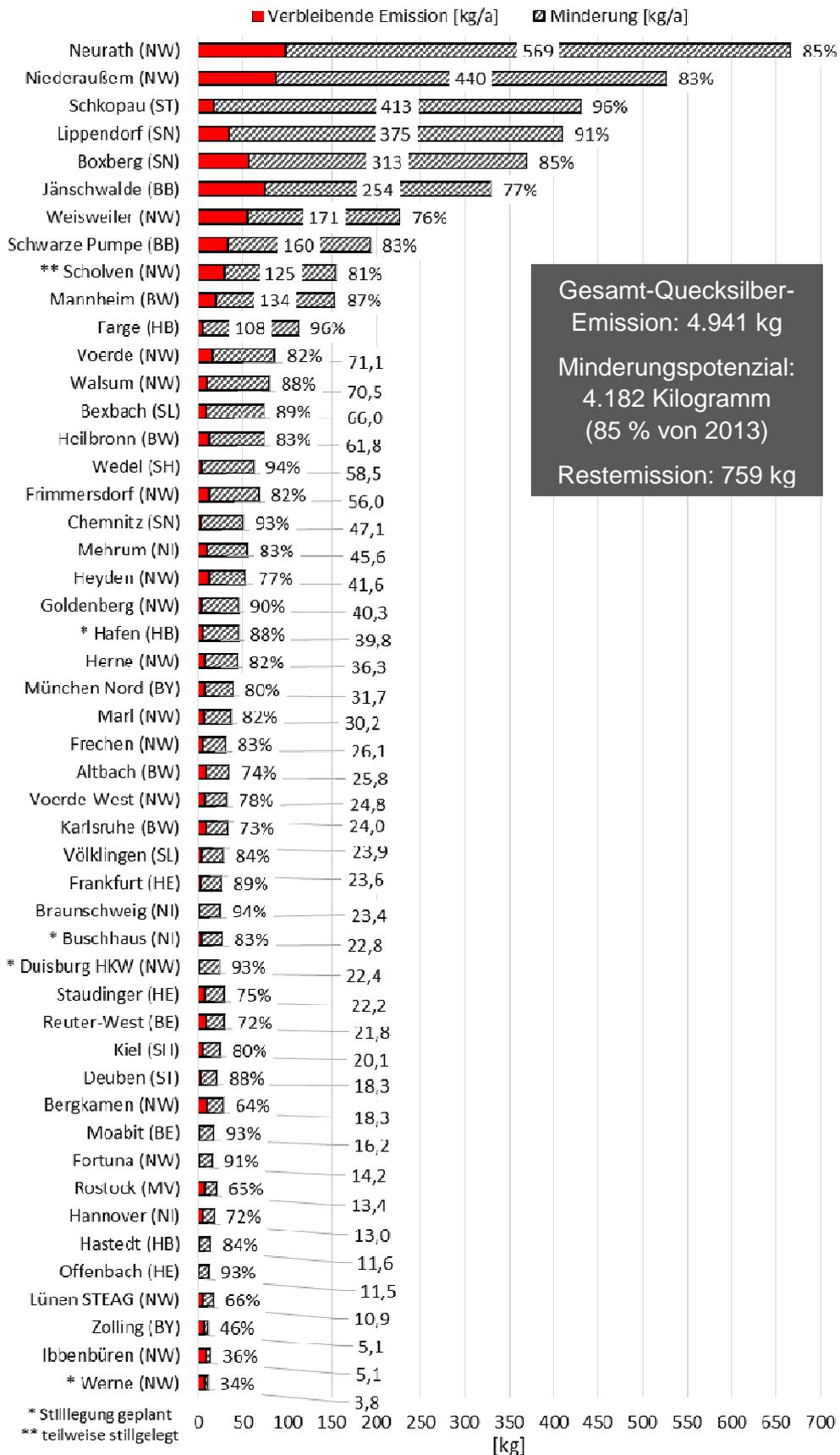
Allerdings verpflichten die neuen EU-Vorgaben nicht zwingend zur Anwendung der quecksilberspezifischen Techniken. Die EU lässt auch ein höheres Emissionsniveau zu, wenn – wie in Deutschland seit langem flächendeckend üblich – eine effiziente Abgasreinigung für Staub und Schwefeldioxide installiert ist. Als Nebeneffekt („Co-Benefit“) wird dabei auch Quecksilber gemindert. Für Steinkohle werden bis zu $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erlaubt, bei Braunkohle bis $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Diese Emissionswerte werden in Deutschland überwiegend bereits erreicht, so dass die Mindestvorgabe der EU im Jahr 2021 keine Quecksilberminderung bewirkt.

Vor diesem Hintergrund untersucht die vorliegende Studie, welche Quecksilberminderung in Deutschland möglich ist, wenn die Kohlekraftwerke mit den höchsten Emissionen quecksilberspezifische Minderungstechniken einsetzen und so im Jahresmittel eine Quecksilberemission von $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ unterschreiten.

Im Jahr 2013 haben die Kohlekraftwerke mit den höchsten Quecksilberemissionen zusammen 5 Tonnen ausgestoßen. 85 % dieser Menge kann mit quecksilberspezifischen Techniken gemindert werden kann. Der Quecksilberausstoß verringert sich dadurch jährlich um 4,2 Tonnen.

Die Grafik veranschaulicht die in einzelnen Kraftwerken erreichbare Minderung.

Kohlekraftwerke mit höchster Quecksilberemission: Minderungspotenzial durch Jahresgrenzwert 1 µg/m³



Der größte Teil der 5 t Quecksilber stammte 2013 mit 3,4 t aus 16 Braunkohlekraftwerken (70 %). 37 Steinkohlekraftwerke emittierten 1,6 Tonnen.

Tabelle 1 und Tabelle 2 nennen die Quecksilbermeldungen der 53 Kohlekraftwerke und geben die abgeschätzten Quecksilber-Emissionskonzentrationen an. In den Summen sind vollständig stillgelegte Kraftwerke nicht mit berücksichtigt.

Die Tabellen nennen die Minderung, die mit quecksilberspezifischen Techniken erreichbar ist. Der mit diesen Techniken erreichbare Jahresmittelwert von < 1 µg/m³ (Annahme hier: 0,8 µg/m³) wurde im Jahr 2013 nur von einem der 53 Kraftwerke erzielt (im stillgelegten Kraftwerk Datteln). Der in den USA gültige Grenzwert wurde auch nur in diesem Kraftwerk erreicht.

Tabelle 1: Quecksilber-Emissionsmeldungen großer Braunkohlekraftwerke und Minderungspotenzial (2013)

Betreibername und Standort	Land	Hg-Menge 2013 [kg]	Hg-Konz. 2013 [µg/Nm ³]	Hg-Minderung bei 0,8 µg/Nm ³ [%]	Hg-Minderung bei 0,8 µg/Nm ³ [kg]	Hg-Menge bei 0,8 µg/Nm ³ [kg]
RWE Power AG, Kraftwerk Neurath, Grevenbroich	NW	667	5,4	85,3 %	568,6	98,4
RWE Power AG, Kraftwerk Niederaußem, Bergheim	NW	527	4,8	83,5 %	439,9	87,1
E.ON Kraftwerke GmbH, Kraftwerk Schkopau, Korbetha	ST	430	20,5	96,1 %	413,3	16,7
Vattenfall Europe Generation AG, Kraftwerk Lippendorf, Böhlen	SN	410	9,4	91,5 %	375,1	34,9
Vattenfall Europe Generation AG, Kraftwerk Boxberg	SN	370	5,2	84,7 %	313,3	56,7
Vattenfall Europe Generation AG, Kraftwerk Jämschwalde, Peitz	BR	330	3,5	77,0 %	254,1	75,9
RWE Power AG, Kraftwerk Weisweiler, Eschweiler	NW	227	3,3	75,5 %	171,5	55,5
Vattenfall Europe Generation AG, Kraftwerk Schwarze Pumpe	BR	194	4,6	82,6 %	160,3	33,7
RWE Power AG, Kraftwerk Frimmersdorf, Grevenbroich	NW	68,6	4,3	81,6 %	56,0	12,6
Stadtwerke Chemnitz, Heizkraftwerk Nord II, Chemnitz	SN	50,5	12,0	93,3 %	47,1	3,4
RWE Power AG, Kraftwerk Goldenberg, Hürth	NW	44,7	8,1	90,1 %	40,3	4,4
RWE Power AG, Fabrik Frechen	NW	31,3	4,8	83,5 %	26,1	5,2
E.ON Kraftwerke GmbH, Kraftwerk Buschhaus, Helmstedt	NI	27,3	4,8	83,4 %	22,8	4,5
MIBRAG Mitteldeutsche Braunkohle AG, KW Mumsdorf, Elsteraue	ST	(21,9)	12,9	93,8 %	Juni 2013	stillgelegt
MIBRAG Mitteldeutsche Braunkohle AG, KW Deuben, Teuchern	ST	20,9	6,5	87,7 %	18,3	2,6
RWE Power AG, Fabrik Fortuna Nord, Bergheim	NW	15,5	9,3	91,4 %	14,2	1,3
Summe Braunkohlekraftwerke		3.414		85 %	2.921	493

[Ökopol 2015] basierend auf [E-PRTR 2015]

Tabelle 2: Quecksilber-Emissionsmeldungen großer Steinkohlekraftwerke und Minderungspotenzial (2013)

Betreibername und Standort	Land	Hg-Menge 2013 [kg]	Hg-Konz. 2013 [µg/Nm ³]	Hg-Minderung bei 0,8 µg/Nm ³ [%]	Hg-Minderung bei 0,8 µg/Nm ³ [kg]	Hg-Menge bei 0,8 µg/Nm ³ [kg]
E.ON Kraftwerke GmbH, Kraftwerk Scholven, Gelsenkirchen	NW	155,0	4,1	80,6 %	124,9	30,1
Großkraftwerk Mannheim AG (RWE GmbH/EnBW Kraftw. AG/MVV AG)	BW	154,0	6,2	87,1 %	134,1	19,9
GDF SUEZ Energie Deutschland AG, Kraftwerk Farge	HB	113,0	18,2	95,6 %	108,0	5,0
OHG STEAG GmbH/RWE Power AG, Kraftwerk Voerde	NW	86,6	4,5	82,1 %	71,1	15,5

Betreibername und Standort	Land	Hg-Menge 2013 [kg]	Hg-Konz. 2013 [µg/Nm³]	Hg-Minde- rung bei 0,8 µg/Nm³ [%]	Hg-Minde- rung bei 0,8 µg/Nm³ [kg]	Hg-Menge bei 0,8 µg/Nm³ [kg]
STEAG GmbH, Heizkraftwerk Duisburg-Walsum	NW	80,3	6,6	87,8 %	70,5	9,8
STEAG GmbH, Kraftwerk Bexbach	SL	74,4	7,0	88,6 %	66,0	8,4
EnBW Kraftwerke AG, Heizkraftwerk Heilbronn	BW	74,0	4,8	83,5 %	61,8	12,2
Vattenfall Europe Wärme AG, Kraftwerk Wedel	SH	62,3	13,2	93,9 %	58,5	3,8
Kraftwerk Mehrum GmbH, Hohenhameln	NI	55,2	4,6	82,6 %	45,6	9,6
E.ON Kraftwerke GmbH, Kraftwerk Heyden, Petershagen	NW	53,8	3,5	77,3 %	41,6	12,2
swb Erzeugung AG & Co KG, Heizkraftwerk Hafen, Bremen	HB	45,4	6,5	87,7 %	39,8	5,6
STEAG GmbH, Heizkraftwerk Herne	NW	44,0	4,5	82,4 %	36,3	7,7
SWM Stadtwerke München GmbH, Heizkraftwerk Nord, Unterföhring	BY	39,5	4,0	80,2 %	31,7	7,8
Infracor GmbH, Kraftwerk Marl	NW	37,0	4,3	81,6 %	30,2	6,8
EnBW Kraftwerke AG, Kraftwerk Altbach	BW	35,0	3,0	73,8 %	25,8	9,2
EnBW Kraftwerke AG, Dampfkraft- werk Karlsruhe (2013: Block 8 neu)	BW	33,0	2,9	72,7 %	24,0	9,0
OHG STEAG GmbH/RWE Power, GKW Voerde-West	NW	31,9	3,6	77,6 %	24,8	7,1
Vattenfall Europe Wärme AG, HKW Reuter-West, Berlin	BE	30,3	2,9	72,0 %	21,8	8,5
E.ON Kraftwerke GmbH, Kraftwerk Datteln	NW	(30,0)	0,5	-	Feb. 2014	stillgelegt
E.ON Kraftwerke GmbH, Kraftwerk Staudinger, Großkrotzenburg	HE	29,8	3,2	74,6 %	22,2	7,6
STEAG GmbH, Kraftwerk Fenne, Völklingen	SL	28,6	4,9	83,7 %	23,9	4,7
OHG STEAG GmbH/RWE Power AG, GKW Bergkamen	NW	28,5	2,2	64,0 %	18,3	10,2
Mark-E AG, Kraftwerk Werdohl	NW	(28,0)	3,4	76,7 %	April 2014	stillgelegt
Mainova AG, Heizkraftwerk West, Frankfurt	HE	26,4	7,5	89,4 %	23,6	2,8
GKK Gemeinschaftskraftwerk Kiel GmbH, Kiel	SH	25,3	3,9	79,6 %	20,1	5,2
Braunschweiger Versorgungs AG, Heizkraftwerk Mitte	NI	24,8	13,9	94,3 %	23,4	1,4
Stadtwerke Duisburg AG, Heizkraftwerk I, Duisburg	NW	24,0	12,1	93,4 %	22,4	1,6
E.ON Kraftwerke GmbH, Kraftwerk Knepper, Dortmund	NW	(21,0)	5,0	84,0 %	Dez. 2014	stillgelegt
KNG Kraftwerks- und Netzgesell- schaft mbH, Kraftwerk Rostock	MV	20,5	2,3	65,1 %	13,4	7,1
Stadtwerke Hannover/VW GmbH, GKH Hannover	NI	18,0	2,9	72,1 %	13,0	5,0
Vattenfall Europe Wärme AG, HKW Moabit, Berlin	BE	17,5	10,7	92,6 %	16,2	1,3
STEAG GmbH, Kraftwerk Lünen	NW	16,7	2,3	65,5 %	10,9	5,8
RWE Power AG, Kraftwerk Ibbenbüren	NW	13,9	1,3	36,5 %	5,1	8,8
swb Erzeugung AG & Co KG, Heizkraftwerk Hastedt	HB	13,9	4,9	83,5 %	11,6	2,3
EVO Energieversorgung Offenbach AG, Heizkraftwerk, Offenbach	HE	12,3	12,0	93,3 %	11,5	0,8
GDF SUEZ Energie Deutschland AG, Kraftwerk Zolling	BY	11,1	1,5	46,3 %	5,1	6,0
RWE Power AG, Kraftwerk Werne	NW	10,9	1,2	34,4 %	3,8	7,1
Summe Steinkohlekraftwerke		1.526		83 %	1.261	266

[Ökopoll 2015] basierend auf [E-PRTR 2015]

1 GESUNDHEITSSCHÄDEN DURCH QUECKSILBER

Die Auswirkungen von Quecksilber auf den Menschen und die Umwelt werden hier nur kurz umrissen. Ausführliche toxikologische Informationen finden sich in der „Sachstandsanalyse aus toxikologischer Sicht“ des Forschungs- und Beratungsinstituts Gefahrstoffe (FoBiG). [Kalberlah et al. 2015]

Wesentliche Schädigungen durch Methylquecksilber in der frühkindlichen Phase sind geistige Behinderung, Krampfanfälle, Seh- und Hörverlust sowie eine verzögerte Entwicklung, Sprachstörungen und Gedächtnisverlust. Schwere Quecksilberschäden bei Erwachsenen sind z.B. Zittern der Hände (Tremor), Sehstörungen, eingeschränkte Koordinationsfähigkeit, Sprachstörungen, Schwierigkeiten beim Schreiben und Gehen sowie Schwerhörigkeit. Weiterhin kommt es zu emotionaler Instabilität, aggressiven Ausbrüchen, Depressionen und Gedächtnisstörungen. [GESTIS 2015] Zu den Auswirkungen auf die Intelligenz bei frühkindlicher Quecksilberaufnahme siehe auch Debes et al. [2015].

Ein aktuelles Biomonitoring der EU (*DEMOCOPHES-Studie*), an dem auch das Umweltbundesamt beteiligt war, zeigt bereits bei einem Drittel der Neugeborenen in Europa eine Methylquecksilberkonzentration im Haar über dem tolerierbaren Höchstwert (0,58 µg/g). Das Ergebnis beruht auf Proben von 1.875 Personen aus 17 Ländern und Literaturdaten von 6.820 Personen aus acht Ländern. Nach Berechnungen der Studie ließe sich durch eine Quecksilberminderung und die einhergehende Intelligenzerhöhung in Europa ein jährlicher volkswirtschaftlicher Nutzen von 8 bis 9 Mrd. Euro erreichen. [Bellanger et al. 2013]

Besonders stark ist in Europa die Bevölkerung in Ländern betroffen, die durch ihre kulturellen Gewohnheiten viel Fisch verzehren. Beispielsweise sind Belgien, Dänemark, Portugal, Schweden und Spanien traditionell Länder mit einem hohen Pro-Kopf-Fischverzehr. In diesen Ländern hat die Studie nachgewiesen, dass die von Toxikologen errechnete tolerierbare tägliche Quecksilberaufnahme („tolerable intake rate“) deutlich überschritten wird. [Bellanger et al. 2013]

Eine weitere Studie zeigte, dass in Spanien bei 19 % der vierjährigen Kinder die wöchentliche Quecksilberaufnahme über dem von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) empfohlenen Wert liegt. [Lop et al. 2014]

Die Quecksilbergehalte steigen nachweislich an, besonders in größeren und älter werdenden (Raub-)Fischarten. Seit 1998 erhöhte sich zum Beispiel der Quecksilbergehalt im Gelbflossenthunfisch, der häufig als Konserve verkauft wird, jährlich um 3,8 %. [Drevnick et al. 2015]

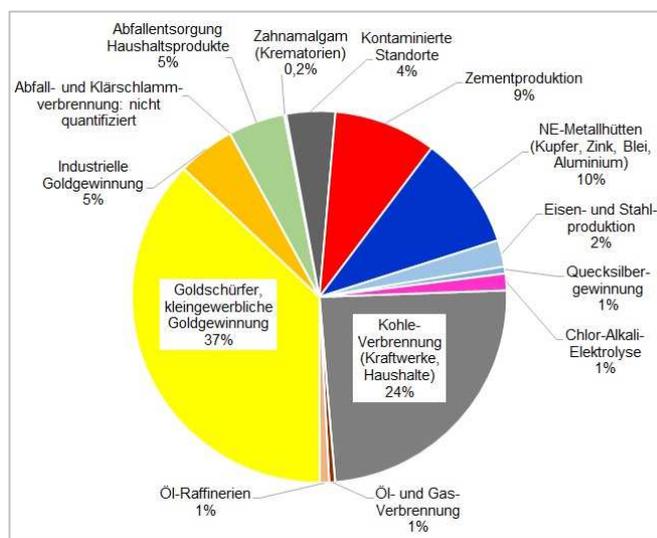
Aufgrund der hohen Belastung einiger Fischarten raten sowohl das Bundesumweltministerium (BMUB) als auch das Bundesamt für Risikobewertung (BfR) bereits seit vielen Jahren allen Schwangeren und Stillenden, auf besonders stark belastete Fischarten wie zu verzichten. Als Beispiele für besonders belastete Sorten werden Hai, Heilbutt und Thunfisch genannt. [BfR 2008] [BMUB 2015] Auch in Aalen, Buttermakrelen, Zander und Bachforellen werden vereinzelt hohe Quecksilberwerte gemessen. [IGSR 2011] [Tardel 2012]

2 MINAMATA-KONVENTION ZUR WELTWEITEN QUECKSILBERMIN- DERUNG

Das Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) hat die weltweite Quecksilberbelastung umfassend untersucht und dokumentiert. [UNEP 2013] Nach vierjährigen Verhandlungen unterzeichneten 128 Staaten im Jahr 2013 die „Minamata-Konvention“. Die Konvention verfolgt – ähnlich wie beim Klimaschutzabkommen – das Ziel, weltweit jede Art der Freisetzung von Quecksilber zu verhindern oder – falls dies nicht möglich ist – durch Anwendung der besten verfügbaren Techniken so gering wie möglich zu halten. [UN Minamata 2013]

Für die Industriebranchen mit den höchsten Quecksilberemissionen wurden von einer weltweiten Arbeitsgruppe Leitfäden erarbeitet (*Guidance Documents* für Kohlekraftwerke, Nichteisenmetallhütten, Zementwerke, Abfallverbrennungsanlagen). Darin sind die besten verfügbaren Techniken sowie die besten Umweltspraktiken beschrieben (englisch: *best available techniques/best environmental practices – BAT/BEP*) [UNEP BAT/BEP 2015]. Das Abkommen tritt 90 Tage nach der Ratifizierung von 50 Staaten in Kraft (z.Zt. 19, USA als erster, keine EU-Länder). Anschließend sind z.B. beste verfügbare Techniken in neuen Anlagen verbindlich, in bestehenden Anlagen so weit wie möglich umzusetzen.¹

Das Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) geht aktuell davon aus, dass 37 % der menschlich verursachten Quecksilber-Emissionen durch Goldschürfer und kleingewerbliche Goldgewinnung entstehen sowie 24 % durch Kohleverbrennung. Die Nichteisenmetallhütten



[Ökopol 2015] basierend auf [UNEP 2013]

Abbildung 1: Anteile anthropogener luftseitiger Quecksilberquellen im Jahr 2010

(v. a. Gold-, Kupfer-, Zinkhütten) und Zementwerke haben mit 10 % bzw. 9 % ebenfalls einen hohen Anteil an den weltweiten Quecksilber-Emissionen. (s. Abbildung 1) Bis vor kurzem stiegen die Quecksilber-Emissionen in Asien stark an. Dieser Trend wurde 2014 durch Umweltauflagen in China und somit verminderte Kohleverfeuerung gestoppt. Auch die Kohleförderung in den USA war rückläufig durch Umweltauflagen und die Konkurrenz mit Fracking-Gas. Dem gegenüber erreichte Deutschland im Jahr 2014 bei Steinkohle-Importen mit 42 Millionen Tonnen einen historischen Höchstwert. [VDKi 2015]

¹ Originaltexte des Minamata-Abkommens und der BAT/BEP Guidance Documents: <http://www.mercuryconvention.org>

3 GESETZLICHE AUFLAGEN ZUR QUECKSILBERMINDERUNG

3.1 Europäische Union

3.1.1 EU-Quecksilberstrategie und EU-Industrieemissionsrichtlinie

Die Europäische Union hat im Jahr 2005 zur Minderung von Quecksilber eine Strategie veröffentlicht sowie eine zugehörige Umweltverträglichkeitsstudie. [EU Hg 2005] [EU Hg Annex 2005] Im Jahr 2010 folgten eine Überprüfungsstudie und ein Umsetzungsbericht an das EU-Parlament. [EU Hg 2010] [EU Hg Study 2010] Im Jahr 2015 ließ die EU-Kommission eine weitere Quecksilberstudie zur Umsetzung der Minamata-Konvention erstellen. [EU Hg Study 2015]

In den Studien wird hinsichtlich der Maßnahmen bei den größten industriellen Quecksilberemittenten in der EU jeweils auf die *Industrieemissionsrichtlinie* verwiesen. [EU IED 2010] Die Industrieemissionsrichtlinie legt für Kohlekraftwerke europaweit verbindliche Grenzwerte fest, allerdings nicht für Quecksilberemissionen. Zur kontinuierlichen Umweltverbesserung sieht die Richtlinie einen Informationsaustausch von Mitgliedstaaten-, Industrie- und Umweltverbandsvertretern über die besten verfügbaren Techniken (BVT) vor. Diese Arbeitsgruppe unter der Leitung der Europäischen Kommission stellt die mit den besten verfügbaren Techniken verbundenen Emissionswerte fest. Über die BVT und mit ihnen verbundene Emissionswerte (*BVT-Schlussfolgerungen*) stimmen dann die Mitgliedstaaten ab. Die höchsten mit BVT verbundenen Emissionswerte müssen spätestens vier Jahre nach Veröffentlichung der BVT-Schlussfolgerungen in bestehenden Anlagen in der EU grundsätzlich eingehalten werden.

Verbindlich einzuhaltende Emissionswerte für Quecksilberemissionen hat die EU-Kommission bisher in den folgenden BVT-Schlussfolgerungen veröffentlicht (L = luftseitige BVT-Emissionswerte, W = wasserseitige BVT-Emissionswerte):

- Eisen- und Stahlerzeugung (L) [EU BVTS IS 2012]
- Chlor-Alkali-Industrie (L/W) [EU BVTS CAK 2013]
- Zement- (L), Kalk- (L), Dolomit-Herstellung [EU BVTS CLM 2013]
- Mineralöl- (W) und Gas-Raffinerien [EU BVTS REF 2014]

2016 veröffentlicht die EU weitere verbindliche mit BVT verbundene Emissionswerte für Quecksilberemissionen aus der

- Nichteisen-Metallindustrie (L) [EU BREF-D NFM 2014]

Im Juni 2015 hat eine EU-Arbeitsgruppe auch für Kohlekraftwerke und Biomasse-Verbrennungsanlagen verbindliche mit BVT verbundene Emissionswerte für Quecksilberemissionen beschlossen. Die entsprechenden BVT-Schlussfolgerungen werden voraussichtlich Mitte des Jahres 2017 veröffentlicht. Bestehende Kraftwerke müssen die Auflagen dann spätestens 4 Jahre danach, also voraussichtlich ab Mitte 2021 einhalten. Die Beschlüsse sind dokumentiert in:

- Großfeuerungsanlagen (L/W) „LCP BREF Revision - Consolidated Final Meeting Conclusions“ [EU BATC-D LCP 2015]

Tabelle 3 gibt eine Übersicht über die Beschlüsse zu Quecksilber-Emissionswerten für Kohlekraftwerke, die mit besten verfügbaren Techniken erreichbar sind. Der englische Originalwortlaut wurde von Ökopoll ins Deutsche übersetzt.

Tabelle 3: Mit besten verfügbaren Techniken (BVT) erreichbare Quecksilber-Emissionswerte für Steinkohle- und Braunkohlekraftwerke (Beschluss der technischen Arbeitsgruppe der Europäischen Union von Juni 2015)

Brennstoffart	Leistung (thermisch) [MW _{th}]	Mit BVT verbundene Emissionswerte		Mittelungszeitraum	Überwachungsfrequenz
		Neue Anlagen [µg/m ³]	Bestehende Anlagen [µg/m ³]		
Steinkohle	50 - 300	< 1 – 3 (1)	< 1 – 9 (1) (2)	Mittel der Messwerte eines Jahres	Einzelmessung vierteljährlich im Jahr (3) (4)
Braunkohle	50 - 300	< 1 – 5 (1)	< 1 – 10 (1) (2)		
Steinkohle	> 300	< 1 – 2	< 1 – 4 (2)	Jahresmittelwert	Kontinuierliche Messung (3) (5)
Braunkohle	> 300	< 1 – 4	< 1 – 7 (2)		

(1) Diese mit besten verfügbaren Techniken verbundenen Emissionswerte gelten nicht für Anlagen, die weniger als 1.500 Stunden im Jahr betrieben werden.
(2) Das untere Ende des Wertebereichs kann mit quecksilberspezifischen Minderungstechniken erreicht werden.
(3) Wenn die Emissionen nachweislich stabil genug sind, darf bei jeder Änderung der Brennstoff- / Abfall-Eigenschaften eine Einzelmessung erfolgen, jedoch mindestens einmal im Jahr.
(4) Bei Anlagen, die an weniger als 1.500 Stunden im Jahr betrieben werden, darf die Überwachungsfrequenz auf einmal im Jahr reduziert werden.
(5) Alternativ darf eine kontinuierliche Probenahme erfolgen, in Verbindung mit einer regelmäßigen Analyse zeitlich-integrierter Proben, z.B. durch Nutzung einer standardisierten Methode zur Überwachung mit Adsorptionsröhrchen (*Sorbent Trap Monitoring Method*).

Übersetzung [Ökopoll 2015], basierend auf [EU BATC-D LCP 2015]

3.1.2 EU-Wasserrahmenrichtlinie

Mit der Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG) hat die EU im Jahr 2000 auf die Gewässerbelastung reagiert und strenge Zielwerte festgelegt (*Umweltqualitätsnormen*). Für „prioritär gefährliche Stoffe“ sollen Maßnahmen getroffen werden, die eine „Beendigung oder schrittweise Einstellung von Einleitungen, Emissionen und Verlusten“ bewirken (engl. *Phasing Out*). Die Wasserrahmenrichtlinie gibt damit eindeutig das Ziel vor, eine schrittweise Verringerung und Beendigung des Quecksilbereintrags in Gewässer zu erreichen. [EU WRRL 2013]

Als Maßstab für eine geringe Quecksilbergefährdung für Mensch und Umwelt hat die EU festgesetzt, dass der Quecksilbergehalt in Fischen nicht mehr als 20 µg/kg (Nassgewicht) betragen darf (UQN für Biota) und in Gewässern die zulässige Höchstkonzentration (ZHK) von 0,07 µg/l nicht überschritten werden darf. [EU UQN-RL 2013]

Die Bundesregierung hat auf eine Anfrage der Fraktion *Bündnis 90/Die Grünen* im Bundestag mitgeteilt, dass zwar in einzelnen Flüssen Verbesserungen zu beobachten sind, Deutschland aber weit davon entfernt ist, das Ziel zu erreichen: „Die Umweltqualitätsnorm für Quecksilber ist in Fischen der Umweltprobenbankstellen an Rhein, Saar, Elbe, Mulde, Saale und Donau dauerhaft und flächendeckend um das etwa Fünf- bis 15-fache überschritten.“ [BTag 2015]

3.2 USA

Nach mehr als 10 Jahren Forschung und Entwicklung zu quecksilberspezifischen Techniken und den damit verbundenen Emissionswerten wurde in den USA ein bundesweit geltender Quecksilbergrenzwert von 4,0 lb/TBtu („pounds per Trillion British thermal units“) für bestehende Braunkohlekraftwerke und von 1,2 lb/TBtu für bestehende Steinkohlekraftwerke festgelegt. [US MATS 2012]

Die Quecksilberemissionen im Abgas werden – wie in Europa – in Gewichtseinheiten pro Normkubikmeter gemessen, allerdings werden diese Emissionen dann auf den Brennwert der eingesetzten Kohlen bezogen.

Der Grenzwert lässt sich in die in Europa üblichen Einheiten umrechnen. Allerdings sind dabei Annahmen zum Heiz- bzw. Brennwert der eingesetzten Kohle notwendig. Der umgerechnete Grenzwert, ausgedrückt in den in Europa üblichen Einheiten, beträgt für Modellbraunkohle mit 11,9 MJ/kg Heizwert etwa 4,4 µg/m³ und für Modellsteinkohle mit 25,8 MJ/kg Heizwert etwa 1,5 µg/m³.

Der Grenzwert muss in den USA als „rollierender“ 30-Tagemittelwert (Mittel der Stunden von 30 Tagen) eingehalten werden. [US MATS 2012] Dies bedeutet gegenüber einem Jahresmittelwert, wie ihn die EU in den BVT-Schlussfolgerungen festgelegt hat, eine verschärfte Anforderung. Der gleiche Wert, z.B. 1,0 µg/m³, erlaubt bei einer Festsetzung als Jahresmittelwert auch einzelne Monatsmittelwerte, die über 1,0 µg/m³ liegen, wenn diese höheren Monatswerte durch niedrigere Mittelwerte in anderen Monaten ausgeglichen werden.

Wird die Einhaltung in allen Monaten gefordert, wie dies in den USA der Fall ist, führt das zu insgesamt niedrigeren Emissionswerten, da die Betreiber in jedem Monat durch die Anwendung quecksilberspezifischer Techniken stets einen „Sicherheitsabstand“ zum Grenzwert einhalten müssen, um sicher zu stellen, dass der Monatsgrenzwert stets unterschritten wird.

Im Vergleich dazu erlaubt der in der EU festgelegte Jahresmittelwert eine etwas flexiblere Betriebsweise der Anlage – solange vereinzelte höhere Monatsmittelwerte durch niedrige Monatsmittelwerte ausgeglichen werden können.

4 QUECKSILBER-MELDEPFLICHTEN FÜR KOHLEKRAFTWERKE (E-PRTR)

4.1 Meldung von Quecksilber-Emissionen im EU-Schadstoffemissions- und Verbringungsregister

In der Europäischen Union müssen alle Kohlekraftwerke mit einer thermischen Leistung ab 50 Megawatt über ihre Emissionen jährlich berichten. Die Emissionswerte werden im Schadstoffemissions- und Verbringungsregister der Europäischen Union veröffentlicht (englische Abkürzung: E-PRTR). Allerdings erfolgt die Veröffentlichung zeitverzögert, so dass jeweils am 1. April eines Jahres die Emissionen des Vor-Vorjahres zur Verfügung stehen. Derzeit sind als aktuellste Informationen die Emissionen des Jahres 2013 im Internet veröffentlicht:

- Website aller EU-Anlagen (englisch): <http://prtr.ec.europa.eu/>
- Website deutscher Anlagen (deutsch): <http://www.thru.de/>

Die EU-Verordnung zum Schadstoffemissions- und Verbringungsregister nennt zahlreiche Schadstoffe, über die berichtet werden muss, darunter auch Quecksilber. Allerdings hat die EU-PRTR-Verordnung festgelegt, dass Quecksilberemissionen erst ab einer Menge von 10 Kilogramm pro Jahr veröffentlicht werden müssen. Deshalb sind Anlagen mit einer thermischen Leistung von weniger als 500 MW nicht im Register zu finden. Auch die Emissionen mehrerer größerer Kohlekraftwerke fehlen in den veröffentlichten Daten, weil ihre Quecksilberemissionen im Jahr 2013 unterhalb von 10 Kilogramm lagen.

Das Schadstoffemissions- und Verbringungsregister (E-PRTR) nennt lediglich die Emissionsmenge an Quecksilber. Die Umweltleistung der Abgasreinigung der Kraftwerke wird vom Gesetzgeber als Konzentrationswert (mg/m^3) überwacht. Im Schadstoffemissions- und Verbringungsregister werden die Abgaskonzentrationen nicht genannt. Da das PRTR auch keine Angaben über die Kubikmeter Abgas enthält, kann der Konzentrationswert nicht ohne Weiteres aus der Angabe der Quecksilbermenge eines Jahres hergeleitet werden.

Im Auftrag der Fraktion Bündnis 90/Die Grünen hat die *BZL Kommunikation und Projektsteuerung GmbH* im Jahr 2014 die Idee umgesetzt, Quecksilberkonzentrationen auf Basis des Schadstoffregisters zu ermitteln [Zeschmar-Lahl 2014]:

Dafür wird das Abgasvolumen aus den im E-PRTR angegebenen Kohlendioxidmengen ausgerechnet. Die Umrechnungsformel, die das Molgewicht von Kohlendioxid und das ideale Gasvolumen berücksichtigt sowie von 6 % Sauerstoffgehalt im Abgas ausgeht, ergibt relativ genaue Ergebnisse für die Abgasmenge.

Die so errechnete Abgasmenge kann anschließend dafür verwendet werden, um die Quecksilbermenge in eine Quecksilberkonzentration umzurechnen.

Auf diese Weise wurde in der BZL-Studie für 50 deutsche Kohlekraftwerke gezeigt, dass die Kohlekraftwerke im Jahr 2012 bei Einhaltung der in den USA festgelegten Quecksilbergrenzwerte für Braun- und Steinkohlekraftwerke 2,74 Tonnen Quecksilber weniger emittiert hätten (-53 %). [Zeschmar-Lahl 2014]

4.2 Mess- und Berechnungsverfahren für das EU-Schadstoffemissions- und Verbringungsregister

In Deutschland besteht für Kohlekraftwerke die Verpflichtung, einen Quecksilbergrenzwert im Tagesmittel von $0,03 \text{ mg/m}^3$ einzuhalten. [13. *BImSchV 2013*] Damit dürfen die Tagesmittelwerte maximal 34,9 Mikrogramm betragen (dies entspricht abgerundet $0,03 \text{ mg/m}^3$). Neue Kraftwerke müssen einen Jahresmittelwert von $0,01 \text{ mg/m}^3$ einhalten; für bestehende Kraftwerke gilt der Grenzwert ab dem Jahr 2019.

Grundsätzlich besteht die Verpflichtung, die Einhaltung des Grenzwertes durch eine kontinuierliche Messung nachzuweisen. Allerdings können Betreiber von Kohlekraftwerken beantragen, von der kontinuierlichen Messung befreit zu werden, um stattdessen lediglich einmal im Jahr für dreimal 30 Minuten zu messen.

Dies kann die Behörde als Alternative zur kontinuierlichen Messung erlauben, wenn „durch andere Prüfungen, insbesondere der Brennstoffe, sichergestellt ist“, dass der Grenzwert von $0,03 \text{ mg/m}^3$ zu weniger als 50 Prozent in Anspruch genommen wird. Da nahezu sämtliche Kohlekraftwerke in Deutschland Quecksilberemissionswerte unter 15 Mikrogramm pro Kubikmeter aufweisen, sind zahlreiche Befreiungen von der kontinuierlichen Messung erteilt worden.

Insbesondere bei Braunkohlekraftwerken, die ihre Kohle nicht aus dem Ausland sondern von benachbarten Tagebauten erhalten, gehen die Behörden von geringeren Schwankungen des Quecksilbergehaltes aus, als bei importierten Steinkohlen. Deshalb finden in Braunkohlekraftwerken nur in seltenen Fällen kontinuierliche Messungen statt. Braunkohlen aus dem gleichen Tagebau weisen zwar erhebliche Schwankungen der Quecksilbergehalte auf, aber der vorgeschriebene Grenzwert ist so hoch, dass – von einem Standort abgesehen – alle Braunkohlekraftwerke problemlos 50 % des Grenzwertes unterschreiten.

Das führt dazu, dass die Emissionsmeldungen zahlreicher Kraftwerke im Schadstoffemissions- und Verbringungsregister (E-PRTR) lediglich auf drei Messungen basieren, die an dreimal 30 Minuten eines Tages erhoben wurden. Vor dem Hintergrund der beschriebenen Schwankungen des Quecksilbergehaltes der Kohlen – sogar innerhalb des gleichen Tagebaus – ist der Tag der Messung deshalb nur eine Momentaufnahme und zeigt mehr oder weniger zufällig entweder den geringeren, den mittleren oder den höchsten Wert der Bandbreite der eingesetzten Kohlen. Es kann sein, dass bei einer kontinuierlichen Messung ein deutlich höherer Mittelwert über das Jahr festgestellt worden wäre. Wird nun dieser Zufallswert der Einzelmessung für die Hochrechnung der Quecksilberemissionen des gesamten Jahres verwendet (durch Multiplikation mit dem Abgasvolumen), kann es sein, dass die reale Quecksilbermenge unter- oder überschätzt wurde, je nachdem, welcher Quecksilbergehalt bei der Messung vorlag.

Wenn die Meldung im Schadstoffemissions- und Verbringungsregister also auf Einzelmessungen basiert, bleibt unsicher, ob die angegebene Quecksilbermenge den realen Emissionswert trifft. Tatsache ist, dass die Einzelmessung nur dann als repräsentativer Wert für die Jahresmenge verwendet werden kann, wenn nachweislich zum gleichen Zeitpunkt eine repräsentative Quecksilberanalyse der eingesetzten Kohlen aufzeigt, dass die Quecksilberkonzentration dem Mittelwert der Kohleanalysen des gesamten Jahres entspricht. Eine derartige Überprüfung der Einzelmessung mit dem Quecksilbergehalt der eingesetzten

Kohlen ist jedoch bei der Meldung der Quecksilbermenge an das Schadstoffemissions- und Verbringungsregister nicht vorgesehen. Es ist auch fraglich, ob eine analysierte Probemenge von wenigen Milligramm Kohle repräsentativ für die Kohlemenge sein kann, die bei der Messung im Abgas verbrannt wurde.

Die EU-Verordnung für das Schadstoffemissions- und Verbringungsregister sieht 15 verschiedene Methoden vor, die für die Meldung der Emissionen angegeben werden können. Abbildung 1 zeigt einen Ausschnitt aus der Emissionsmeldung eines Kohlekraftwerkes, das auf der Internetseite des Schadstoffemissions- und Verbringungsregisters (<http://www.thru.de>) durch folgendes Vorgehen erscheint: *Betriebe* → *Suche* → *Name des Betriebes*: „Neurath“ → *Detail*

Jahresfracht	davon versehentlich	Schadstoffbezeichnung	CAS-Nummer	Schwellenwert	Bestimmungsmethode und -verfahren
33.300.000.000 kg	0,00 kg	Kohlendioxid (CO ₂)	124-38-9	100.000.000 kg/Jahr	Berechnung (SSC)
22.800.000 kg	0,00 kg	Stickoxide (NO _x /NO ₂)	—	100.000 kg/Jahr	Messung (NRB (M))
7.330.000 kg	0,00 kg	Kohlenmonoxid (CO)	630-08-0	500.000 kg/Jahr	Messung (NRB (M))
6.260.000 kg	0,00 kg	Schwefeloxide (SO _x /SO ₂)	—	150.000 kg/Jahr	Messung (NRB (M))
401.000 kg	0,00 kg	Feinstaub (PM ₁₀)	—	50.000 kg/Jahr	Messung (NRB (M))
250.000 kg	0,00 kg	anorganische Chlorverbindungen als HCl	—	10.000 kg/Jahr	Berechnung (OTH (C))
11.800 kg	0,00 kg	anorganische Fluorverbindungen als HF	—	5.000 kg/Jahr	Berechnung (OTH (C))
1.180 kg	0,00 kg	Benzol	71-43-2	1.000 kg/Jahr	Berechnung (OTH (C))
667 kg	0,00 kg	Quecksilber und Verbindungen (als Hg)	—	10 kg/Jahr	Berechnung (OTH (C))
331 kg	0,00 kg	Zink und Verbindungen (als Zn)	—	200 kg/Jahr	Berechnung (OTH (C))
35,4 kg	0,00 kg	Arsen und Verbindungen (als As)	—	20 kg/Jahr	Berechnung (OTH (C))

[E-PRTR 2015]

Abbildung 2: Darstellung der Emissionsmeldung eines Kohlekraftwerkes im E-PRTR (Kraftwerk Neurath, 2013)

Im rechten Teil sind die Bestimmungsmethoden angegeben. Erläuterungen dazu sind finden sich auf der Internetseite des Registers unter:

Information → *Hilfe* → *Was bedeuten die Mess- und Berechnungsverfahren?*

Im Anhang (Kapitel 7) werden die Bestimmungsverfahren dargestellt und erläutert. Die Bestimmungsverfahren, die im Jahr 2013 bei der Quecksilbermeldung der Kohlekraftwerke angegeben wurden, sind dort ebenfalls aufgeführt.

4.3 Umrechnung der Quecksilbermeldungen im EU-PRTR in Quecksilberkonzentrationswerte

Entsprechend der Idee der Studie über Quecksilberemissionen der Jahre 2011 und 2012, die 2014 von der *BZL Kommunikation und Projektsteuerung GmbH* im Auftrag der Bundestagsfraktion *Bündnis 90/Die Grünen* erstellt wurde, werden im Folgenden die Quecksilbermeldungen des EU-PRTR in Konzentrationswerte umgerechnet. [Zeschmar-Lahl 2014]

Die Umrechnung erfolgt anhand der Kohlendioxidemissionen, die von den Betreibern im Jahr 2013 im EU-PRTR gemeldet wurden. Die gemeldete Kohlendioxidmenge wird durch ihr Molgewicht (44,01 g/mol) geteilt und die ideale Gasmenge berechnet. Weiterhin liegt der Umrechnung die Annahme zugrunde, dass bei einem Sauerstoffgehalt von 6 % und einem Luftüberschuss (λ) von 1,35 im Abgas eine CO_2 -Konzentration von 13,7 % vorliegt. [Günther 1974]

Die Berechnungsformel für die Bestimmung der Quecksilberkonzentration lautet:
$$\text{Hg} [\mu\text{g}/\text{m}^3] = \text{Hg} [\text{kg}/\text{a}] \times 1.000.000.000 / ((\text{CO}_2 [\text{kg}/\text{a}] / 44,01 \times 22,26) / 13,7 \%)$$

Die Ergebnisse der Quecksilber-Konzentrationsberechnungen von 2011 und 2012 wurden von Ökopol für mehrere Kraftwerke anhand der Betreibermeldung von Jahresmittelwerten verglichen und dabei festgestellt, dass die Ergebnisse gut mit den real gemessenen Emissionskonzentrationen übereinstimmen. [Teibert 2014]

Als Beispiel kann das Steinkohlekraftwerk in Herne angeführt werden:

Die Betreiber meldeten im Jahr 2011 Jahreskonzentrationswerte von $3,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für die Blöcke 2+3 sowie $4,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Block 4. Die BZL-Studie errechnete aus der gemeldeten Quecksilbermenge für das Kraftwerk Herne einen mittleren Konzentrationswert aller Blöcke von $3,49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für das 2011. Im Jahr 2012 gaben die Betreiber Jahresmittel von $6,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und $4,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für die beiden Abgas-Emissionen an; die BZL-Studie errechnete $5,85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als mittleren Konzentrationswert des Kraftwerks im Jahr 2012. [Zeschmar-Lahl 2014]

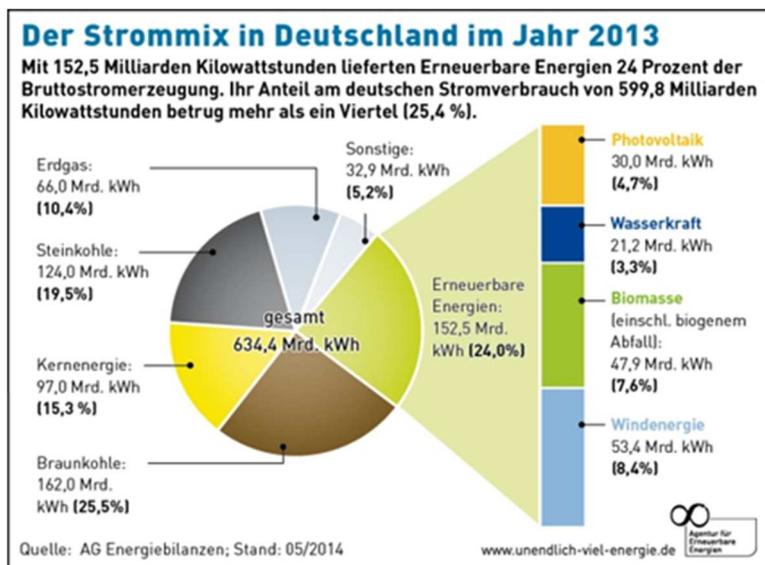
An dieser Stelle wird betont, dass es sich bei allen Umrechnungen um Abschätzungen handelt und die realen Werte nach oben oder unten abweichen können. Für eine genaue Untersuchung der Emissionssituation wären exakte, kontinuierliche Messungen der Quecksilberemissionen bei den Betreibern notwendig, nach Möglichkeit mit zwei parallelen Adsorptionsröhrchen und einem 14-tägigen Analyserhythmus der Röhrchen, wie dies in den USA entsprechend der Methode 12B der US-Umweltbehörde EPA praktiziert wird. [US EPA 12B]

Derzeit beruhen die Angaben der deutschen Kraftwerksbetreiber auf Berechnungen auf Basis von pauschalen Emissionsfaktoren, auf Berechnungen anhand von Stichprobenanalysen der eingesetzten Kohlen, sowie auf Einzelmessungen von 1,5 Stunden Dauer, die mit dem Gesamtjahr gleichgesetzt werden, oder auf wenigen kontinuierlichen Messungen, die allerdings nur etwa halbjährlich kalibriert werden und bei längerem zeitlichen Abstand zur Kalibrierung – insbesondere bei älteren Geräten – tendenziell zu niedrige Messwerte anzeigen. [Reinmann 2014]

5 QUECKSILBER-EMISSIONEN AUS KOHLEKRAFTWERKEN

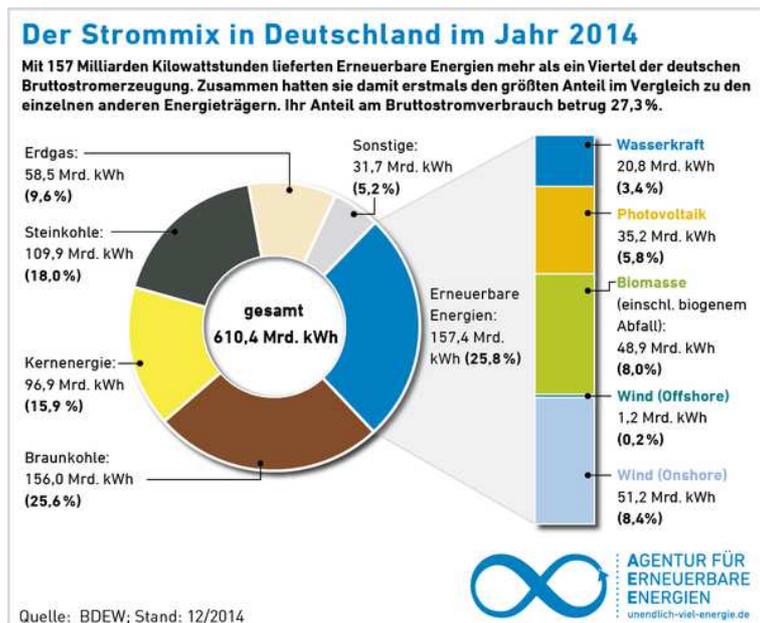
5.1 Stromerzeugung aus Kohlekraftwerken 2013

In Deutschland hat die Energieerzeugung aus Kohlekraftwerken einen hohen Anteil. Dieser lag im Jahr 2013 bei 45 % und im Jahr 2014 bei 44 % (siehe Abbildung 3 und Abbildung 4).



[AEE 2014]

Abbildung 3: Strommix in Deutschland im Jahr 2013



[AEE 2014]

Abbildung 4: Strommix in Deutschland im Jahr 2014

Die europäische Umweltagentur beziffert die Quecksilberemissionen der 28 EU-Länder auf ca. 70 Tonnen im Jahr 2013. Die höchsten Emissionen der EU weisen mit jeweils 10 Tonnen Quecksilberausstoß die Länder Deutschland, Griechenland und Polen auf (je 14 % der Gesamtemission). [EEA 2008] [EEA 2015]

Nach Angaben des Umweltbundesamtes stammen seit vielen Jahren konstant 7 Tonnen Quecksilber in Deutschland aus der Energieerzeugung. [UBA NaSE 2015] Somit gibt Deutschland täglich rund 27,4 Kilogramm Quecksilber an die Atmosphäre ab. Davon stammen täglich etwa 19 Kilogramm Quecksilber aus der Energieerzeugung (70 %).

5.2 Quecksilber-Emissionen aus Braunkohlekraftwerken und Minderungspotenzial im Jahr 2013

5.2.1 Quecksilbermenge aus Braunkohlekraftwerken

Tabelle 4 zeigt in der Spalte 3 die Quecksilberemissionen von Braunkohlekraftwerken, die für das Jahr 2013 an das Europäische Schadstoffregister E-PRTR gemeldet wurden. [E-PRTR 2015] Wie oben erläutert muss die Meldung für Quecksilber bei der Überschreitung einer Quecksilbermenge von 10 kg pro Jahr erfolgen. Emissionsmengen darunter sind nicht öffentlich berichtspflichtig. Sie werden alle vier Jahre in *Emissionserklärungen* an die zuständigen Behörden berichtet, gemäß der 11. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (zuletzt im Jahr 2012). [11. BImSchV] Wenn eine kontinuierliche Messung der Quecksilberemissionen erfolgt, liegen den zuständigen Behörden auch Quecksilbermengen unterhalb von 10 Kilogramm für jedes Kalenderjahr vor.

In Summe wurden aus 16 Braunkohlekraftwerken im Jahr 2013 rund 3.436 Kilogramm Quecksilber ausgestoßen (70 % der gemeldeten Emissionen).

Das Kraftwerk in Mumsdorf (21,9 kg Quecksilberemission) wurde im Jahr 2013 stillgelegt. Ohne dieses Kraftwerk beträgt die Quecksilberemission 3.414 kg.

5.2.2 Quecksilberkonzentrationswerte von Braunkohlekraftwerken

Tabelle 4 zeigt in Spalte 4 die ermittelten Quecksilberkonzentrationswerte. Sie basieren auf den Meldungen der Quecksilbermenge durch die Kraftwerksbetreiber und dem Abgasvolumen, das von Ökopol anhand der von Betreibern gemeldeten Kohlendioxidmenge berechnet wurde.

5.2.3 Minderungspotenzial in Braunkohlekraftwerken

Tabelle 4 zeigt in den Spalten 5 und 6 das Quecksilber-Minderungspotenzial, das sich in Deutschland ergibt, wenn durch Anwendung quecksilberspezifischer Minderungstechniken ein Konzentrationwert von $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel unterschritten wird. Das Minderungspotenzial bezieht nur die größten Standorte von Braunkohlekraftwerken ein, die 2013 mehr als 10 kg Quecksilber emittierten. **Dabei wird angenommen, dass der Jahresmittelwert in allen Kraftwerken im realen Betrieb $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ beträgt.** In Spalte 7 ist die verbleibende Quecksilbermenge genannt, die von den Kraftwerken ausgestoßen wird. Das Kraftwerk Mumsdorf wird nicht mitberücksichtigt, da es bereits stillgelegt wurde.

Zur Einhaltung des US-Grenzwertes, der als Monatsmittelwert festgelegt wurde, wird – wie in der BZL-Studie – angenommen, dass die Betriebswerte der Kraftwerke im Jahresmittel 60 % des Grenzwertes erreichen müssen ($2,64 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tabelle 4 verdeutlicht, dass im Jahr 2013 von 3.414 kg Quecksilber rund 86 % der Emissionen durch die Anwendung quecksilberspezifischer Techniken vermeidbar waren, entsprechend 2.921 Kilogramm Quecksilber.

Im Jahr 2013 erzielte kein Braunkohlekraftwerk eine mit quecksilberspezifischen Techniken erreichbare Emission von $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel.

Der in den USA für bestehende Braunkohlekraftwerke gültige Grenzwert wurde im Jahr 2013 von keinem Braunkohlekraftwerke unterschritten.²

Tabelle 4: Quecksilber-Emissionsmeldungen großer Braunkohlekraftwerke und Minderungspotenzial (2013)

Betreibername und Standort	Land	Hg-Menge 2013 [kg]	Hg-Konz. 2013 [$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$]	Hg-Minderung bei 0,8 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ [%]	Hg-Minderung bei 0,8 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ [kg]	Hg-Menge bei 0,8 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ [kg]
RWE Power AG, Kraftwerk Neurath, Grevenbroich	NW	667	5,4	85,3 %	568,6	98,4
RWE Power AG, Kraftwerk Niederaußem, Bergheim	NW	527	4,8	83,5 %	439,9	87,1
E.ON Kraftwerke GmbH, Kraftwerk Schkopau, Korbetha	ST	430	20,5	96,1 %	413,3	16,7
Vattenfall Europe Generation AG, Kraftwerk Lippendorf, Böhlen	SN	410	9,4	91,5 %	375,1	34,9
Vattenfall Europe Generation AG, Kraftwerk Boxberg	SN	370	5,2	84,7 %	313,3	56,7
Vattenfall Europe Generation AG, Kraftwerk Jämschwalde, Peitz	BR	330	3,5	77,0 %	254,1	75,9
RWE Power AG, Kraftwerk Weisweiler, Eschweiler	NW	227	3,3	75,5 %	171,5	55,5
Vattenfall Europe Generation AG, Kraftwerk Schwarze Pumpe	BR	194	4,6	82,6 %	160,3	33,7
RWE Power AG, Kraftwerk Frimmersdorf, Grevenbroich	NW	68,6	4,3	81,6 %	56,0	12,6
Stadtwerke Chemnitz, Heizkraftwerk Nord II, Chemnitz	SN	50,5	12,0	93,3 %	47,1	3,4
RWE Power AG, Kraftwerk Goldenberg, Hürth	NW	44,7	8,1	90,1 %	40,3	4,4
RWE Power AG, Fabrik Frechen	NW	31,3	4,8	83,5 %	26,1	5,2
E.ON Kraftwerke GmbH, Kraftwerk Buschhaus, Helmstedt	NI	27,3	4,8	83,4 %	22,8	4,5
MIBRAG Mitteldeutsche Braunkohle AG, KW Mumsdorf, Elsteraue (1)	ST	(21,9)	12,9	93,8 %	Juni 2013	stillgelegt
MIBRAG Mitteldeutsche Braunkohle AG, KW Deuben, Teuchern	ST	20,9	6,5	87,7 %	18,3	2,6
RWE Power AG, Fabrik Fortuna Nord, Bergheim	NW	15,5	9,3	91,4 %	14,2	1,3
Summe Braunkohlekraftwerke (mit Mumsdorf):		3.414 (3.436)		86 %	2.921	493

[Ökopoll 2015] basierend auf [E-PRTR 2015]

² Je nach Annahmen bezüglich des Heizwertes der Kohle und dem entsprechenden Brennwert liegt der Umrechnungswert zum US-Grenzwert von 4,0 lb/Tbtu (Pound per Trillion British Thermal Units) bei 4,1 bis 4,7 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Ökopoll verwendet als Umrechnungsbasis Braunkohle mit dem Heizwert von 11,9 MJ/kg und die empirische Umrechnungsformel zwischen Heizwert und Brennwert nach [Brand 1999] => der US-Grenzwert entspricht 4,4 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Da der Wert als Monatsmittelwert gilt, wird angenommen, dass das Jahresmittel bei etwa 60% des US-Grenzwertes liegen muss, damit der Grenzwert im Monatsmittel sicher eingehalten wird, d.h. bei $\leq 2,64 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$

5.3 Quecksilber-Emissionen aus Steinkohlekraftwerken und Minderungspotenzial im Jahr 2013

5.3.1 Quecksilbermenge aus Steinkohlekraftwerken

Tabelle 5 zeigt in der Spalte 3 die Quecksilberemissionen von Steinkohlekraftwerken, die für das Jahr 2013 an das Europäische Schadstoffregister E-PRTR gemeldet wurden (d.h. alle Kraftwerke mit > 10 kg Emissionen). [E-PRTR 2015].

In Summe wurden aus 37 Steinkohlekraftwerken im Jahr 2013 rund 1.606 Kilogramm Quecksilber ausgestoßen (30 % der gemeldeten Emissionen).

Die Kraftwerke in Datteln (30 kg Quecksilberemission), Dortmund (21 kg) und Werdohl (28 kg) wurden im Jahr 2014 stillgelegt. Ohne diese Kraftwerke beträgt die Gesamtemission Quecksilber 1.527 kg.

5.3.2 Quecksilberkonzentrationswerte von Steinkohlekraftwerken

Tabelle 5 zeigt in Spalte 4 wieder die ermittelten Quecksilberkonzentrationswerte. Sie basieren auf den Meldungen der Quecksilbermenge und dem Abgasvolumen, das aus der gemeldeten Kohlendioxidmenge berechnet wurde.

5.3.3 Minderungspotenzial in Steinkohlekraftwerken

Tabelle 5 zeigt in den Spalten 5 und 6 das Quecksilber-Minderungspotenzial, das sich in Deutschland ergibt, wenn durch Anwendung quecksilberspezifischer Minderungstechniken ein Konzentrationwert von $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel unterschritten wird. Dabei wird wieder angenommen, dass der Jahresmittelwert in allen Kraftwerken etwa $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ beträgt.

In Spalte 7 ist die verbleibende Quecksilbermenge genannt, die von den Kraftwerken ausgestoßen wird. Die Kraftwerke in Datteln, Dortmund und Werdohl werden nicht mitberücksichtigt, da sie inzwischen stillgelegt wurden.

Tabelle 5 verdeutlicht, dass im Jahr 2013 von 1.606 kg Quecksilberemissionen rund 83 % durch die Anwendung quecksilberspezifischer Techniken vermeidbar waren, entsprechend 1.261 Kilogramm Quecksilber.

Im Jahr 2013 erzielte nur ein Steinkohlekraftwerk eine mit quecksilberspezifischen Techniken erreichbare Emission von $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel (das inzwischen stillgelegte Kraftwerk in Datteln).

Der Grenzwert, der in den USA für Steinkohlekraftwerke gilt, wurde im Jahr 2013 in Deutschland nur von einem der 27 Steinkohlekraftwerke unterschritten (Kraftwerk Datteln, hier fett markiert).³

Die berechnete Emissionsminderung bezieht nur die größten Standorte von Steinkohlekraftwerken ein, die 2013 mehr als 10 kg Quecksilber emittierten und deshalb ihre Quecksilberemissionen an das EU-PRTR melden mussten.

³ Je nach Annahmen bezüglich des Heizwertes der Kohle lautet der Umrechnungswert zum US-Grenzwert von 1,2 lb/TBtu (Pound per Trillion British Thermal Units) 1,4 bis $1,5 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Okopol verwendet als Umrechnungsbasis Steinkohle mit dem Heizwert von 25,8 MJ/kg und die empirische Umrechnungsformel zwischen Heizwert und Brennwert nach [Brand 1999] => der US-Grenzwert beträgt $1,4 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Da der Wert als Monatsmittelwert gilt, wird angenommen, dass das Jahresmittel bei etwa 60% des US-Grenzwertes liegen muss, damit der Grenzwert im Monatsmittel sicher eingehalten wird, d.h. bei $\leq 0,84 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$.

Tabelle 5: Quecksilber-Emissionsmeldungen großer Steinkohlekraftwerke und Minderungspotenzial (2013)

Betreibername und Standort	Land	Hg-Menge 2013 [kg]	Hg-Konz. 2013 [$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$]	Hg-Minderung bei 0,8 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ [%]	Hg-Minderung bei 0,8 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ [kg]	Hg-Menge bei 0,8 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ [kg]
E.ON Kraftwerke GmbH, Kraftwerk Scholven, Gelsenkirchen	NW	155,0	4,1	80,6 %	124,9	30,1
Großkraftwerk Mannheim AG (RWE GmbH/EnBW Kraftw. AG/MVV AG)	BW	154,0	6,2	87,1 %	134,1	19,9
GDF SUEZ Energie Deutschland AG, Kraftwerk Farge	HB	113,0	18,2	95,6 %	108,0	5,0
OHG STEAG GmbH/RWE Power AG, Kraftwerk Voerde	NW	86,6	4,5	82,1 %	71,1	15,5
STEAG GmbH, Heizkraftwerk Duisburg-Walsum	NW	80,3	6,6	87,8 %	70,5	9,8
STEAG GmbH, Kraftwerk Bexbach	SL	74,4	7,0	88,6 %	66,0	8,4
EnBW Kraftwerke AG, Heizkraftwerk Heilbronn	BW	74,0	4,8	83,5 %	61,8	12,2
Vattenfall Europe Wärme AG, Kraftwerk Wedel	SH	62,3	13,2	93,9 %	58,5	3,8
Kraftwerk Mehrum GmbH, Hohenhameln	NI	55,2	4,6	82,6 %	45,6	9,6
E.ON Kraftwerke GmbH, Kraftwerk Heyden, Petershagen	NW	53,8	3,5	77,3 %	41,6	12,2
swb Erzeugung AG & Co KG, Heizkraftwerk Hafen, Bremen	HB	45,4	6,5	87,7 %	39,8	5,6
STEAG GmbH, Heizkraftwerk Herne	NW	44,0	4,5	82,4 %	36,3	7,7
SWM Stadtwerke München GmbH, Heizkraftwerk Nord, Unterföhring	BY	39,5	4,0	80,2 %	31,7	7,8
Infracor GmbH, Kraftwerk Marl	NW	37,0	4,3	81,6 %	30,2	6,8
EnBW Kraftwerke AG, Kraftwerk Altbach	BW	35,0	3,0	73,8 %	25,8	9,2
EnBW Kraftwerke AG, Dampfkraftwerk Karlsruhe (2013: Block 8 neu)	BW	33,0	2,9	72,7 %	24,0	9,0
OHG STEAG GmbH/RWE Power, GWK Voerde-West	NW	31,9	3,6	77,6 %	24,8	7,1
Vattenfall Europe Wärme AG, HKW Reuter-West, Berlin	BE	30,3	2,9	72,0 %	21,8	8,5
E.ON Kraftwerke GmbH, Kraftwerk Datteln	NW	(30,0)	0,5	-	Feb. 2014	stillgelegt
E.ON Kraftwerke GmbH, Kraftwerk Staudinger, Großkrotzenburg	HE	29,8	3,2	74,6 %	22,2	7,6
STEAG GmbH, Kraftwerk Fenne, Völklingen	SL	28,6	4,9	83,7 %	23,9	4,7
OHG STEAG GmbH/RWE Power AG, GWK Bergkamen	NW	28,5	2,2	64,0 %	18,3	10,2
Mark-E AG, Kraftwerk Werdohl	NW	(28,0)	3,4	76,7 %	April 2014	stillgelegt
Mainova AG, Heizkraftwerk West, Frankfurt	HE	26,4	7,5	89,4 %	23,6	2,8
GKK Gemeinschaftskraftwerk Kiel GmbH, Kiel	SH	25,3	3,9	79,6 %	20,1	5,2
Braunschweiger Versorgungs AG, Heizkraftwerk Mitte	NI	24,8	13,9	94,3 %	23,4	1,4
Stadtwerke Duisburg AG, Heizkraftwerk I, Duisburg	NW	24,0	12,1	93,4 %	22,4	1,6
E.ON Kraftwerke GmbH, Kraftwerk Knepper, Dortmund	NW	(21,0)	5,0	84,0 %	Dez. 2014	stillgelegt
KNG Kraftwerks- und Netzgesellschaft mbH, Kraftwerk Rostock	MV	20,5	2,3	65,1 %	13,4	7,1
Stadtwerke Hannover/VW GmbH, GKH Hannover	NI	18,0	2,9	72,1 %	13,0	5,0
Vattenfall Europe Wärme AG, HKW Moabit, Berlin	BE	17,5	10,7	92,6 %	16,2	1,3
STEAG GmbH, Kraftwerk Lünen	NW	16,7	2,3	65,5 %	10,9	5,8
RWE Power AG, Kraftwerk Ibbenbüren	NW	13,9	1,3	36,5 %	5,1	8,8

Betreibername und Standort	Land	Hg-Menge 2013 [kg]	Hg-Konz. 2013 [$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$]	Hg-Minderung bei 0,8 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ [%]	Hg-Minderung bei 0,8 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ [kg]	Hg-Menge bei 0,8 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ [kg]
swb Erzeugung AG & Co KG, Heizkraftwerk Hastedt	HB	13,9	4,9	83,5 %	11,6	2,3
EVO Energieversorgung Offenbach AG, Heizkraftwerk, Offenbach	HE	12,3	12,0	93,3 %	11,5	0,8
GDF SUEZ Energie Deutschland AG, Kraftwerk Zolling	BY	11,1	1,5	46,3 %	5,1	6,0
RWE Power AG, Kraftwerk Werne	NW	10,9	1,2	34,4 %	3,8	7,1
Summe Steinkohlekraftwerke (mit Datteln, Dortmund, Werdohl:		1.527 (1.606)		83 %	1.261	266

[Ökopol 2015] basierend auf [E-PRTR 2015]

5.4 Summe der Quecksilber-Emissionen aus Kohlekraftwerken und Minderungspotenzial im Jahr 2013

Kohlekraftwerke in Deutschland mit Quecksilberemissionen von mehr als 10 Kilogramm haben im Jahr 2013 mehr als 5 Tonnen Quecksilber ausgestoßen (5.042 Kilogramm).

Die Quecksilberemissionen der 16 Braun- und 37 Steinkohlekraftwerke beliefen sich somit 2013 auf rund 100 Kilogramm pro Woche (13,8 kg/Tag).

Ohne Berücksichtigung der im Jahr 2013 und 2014 vollständig stillgelegten Kraftwerke in Datteln, Dortmund, Mumsdorf und Werdohl betrug die Gesamtemission dieser 49 Kraftwerke 4.941 Kilogramm Quecksilber.

Quecksilberspezifische Techniken, mit denen Emissionswerte unter $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel erreichbar sind, lassen sich ohne großen finanziellen Aufwand in kurzer Zeit auch in bestehenden Kraftwerken nachrüsten. [Zeschmar-Lahl/Tebert 2014]

Die nachfolgende Grafik zeigt das Minderungspotenzial für jedes Kraftwerk.

Dabei sind vier Kraftwerke mit einem Stern gekennzeichnet, deren vollständige Stilllegung geplant ist: die Braunkohlekraftwerke *Buschhaus* und *Frimmerdorf* [BMWi 2015], die Steinkohleblöcke des Kraftwerks *Hafen* in *Bremen* [Weser-Kurier 2014], das Steinkohlekraftwerk der Stadtwerke in *Duisburg* [Der Westen 2015] sowie das Steinkohlekraftwerk *Gersteinwerk* in *Werne* [IWR 2014].

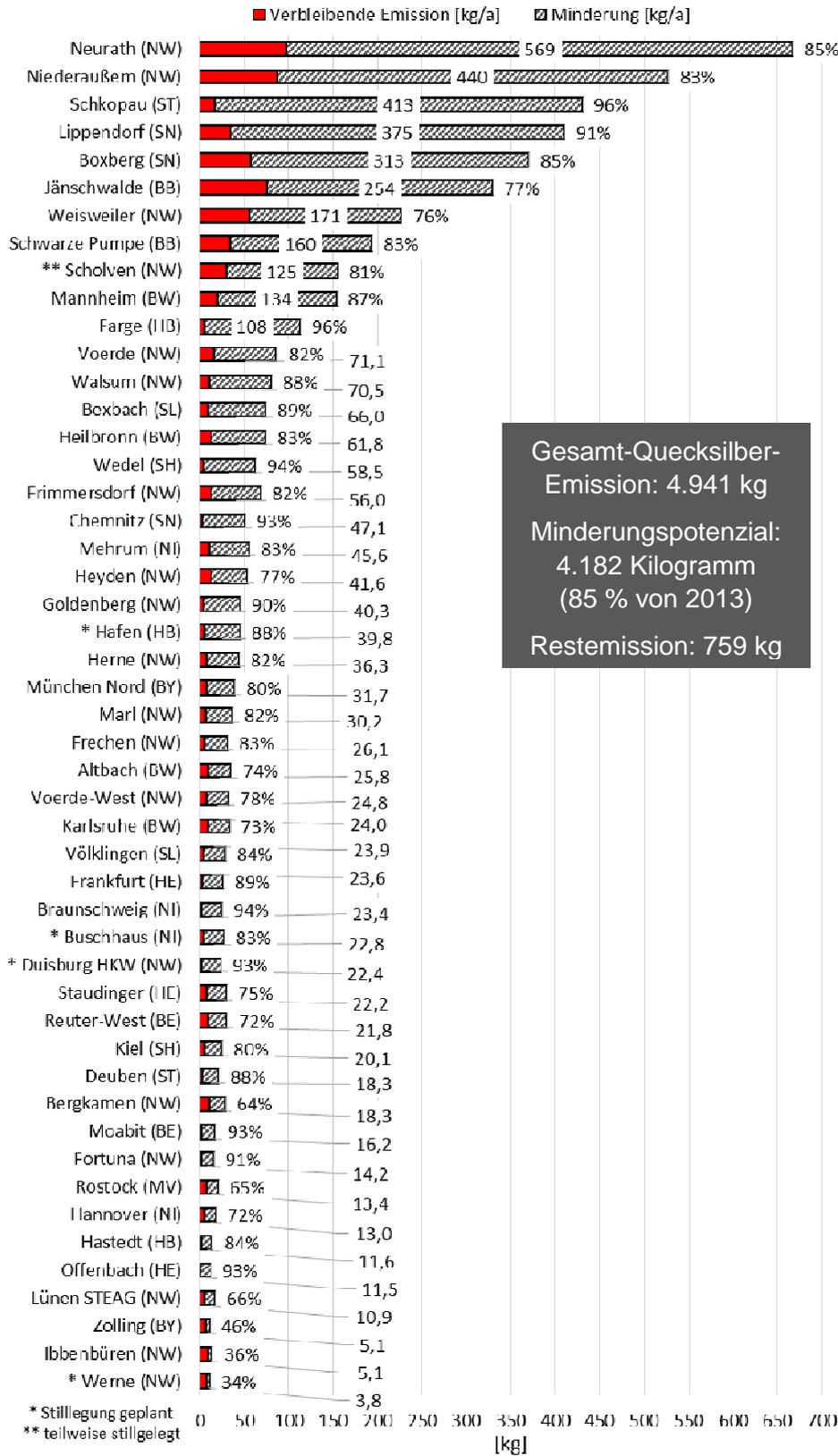
Weiterhin ist das Kraftwerk *Scholven* in Gelsenkirchen gekennzeichnet, das 2015 überwiegend stillgelegt wurde (Schließung Blöcke D, E, F) [Der Westen 2013].

Hier nicht markiert sind die geplanten Stilllegungen kleinerer Teile der Braunkohlekraftwerke *Niederaußem* (Blöcke E und F, Σ 600 MW), *Neurath* (Block C, 300 MW) und *Jänschwalde* (Blöcke E und F, Σ 930 MW) [BMWi 2015].

Durch quecksilberspezifische Techniken und die damit erreichbare Unterschreitung eines Jahresmittelwertes von $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ können 85 % der Quecksilberemissionen großer Braun- und Steinkohlekraftwerke vermieden werden. Im Jahr 2013 betrug die vermeidbare Menge 4.182 Kilogramm, entsprechend 80 kg Quecksilber pro Woche (11,5 kg pro Tag).

Von den Gesamtemissionen aller Quellen in Deutschland (10 Tonnen pro Jahr) ließen sich bei Anwendung von quecksilberspezifischen Techniken allein in Kraftwerken mit der höchsten Quecksilberemission 4,2 Tonnen und somit 42 % der Gesamtemissionen von Deutschland vermeiden.

Kohlekraftwerke mit höchster Quecksilberemission: Minderungspotenzial durch Jahresgrenzwert 1 µg/m³



[Ökopoll 2015]

6 LITERATURVERZEICHNIS

11. *BImSchV (2013)*: Verordnung über Emissionserklärungen vom 5.3.2007 (BGBl. I S. 289), zuletzt geändert durch Artikel 8 Absatz 2 der Verordnung vom 2.5.2015. In: BGBl. I, S. 1021, 2013. Online verfügbar unter http://www.gesetze-im-internet.de/bim-schv_11_2004/, zuletzt geprüft am 1.12.2015.
13. *BImSchV (2013)*: Verordnung über Großfeuerungs-, Gasturbinen- und Verbrennungsmotoranlagen vom 2.5.2013, zuletzt geändert durch Artikel 6 der Verordnung vom 28.4.2015. In: BGBl. I, S. 1021, 1023, 3754, 2013. Online verfügbar unter http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bim-schv_13_2013/gesamt.pdf, zuletzt geprüft am 1.12.2015.
- AEE (2013)*: Strommix Deutschland 2013, Agentur für Erneuerbare Energien. Internetinformation, 2015. Online verfügbar unter <http://www.unendlich-viel-energie.de/mediathek/grafiken/strommix-in-deutschland-2013>, zuletzt geprüft am 1.12.2015.
- AEE (2014)*: Strommix Deutschland 2014, Agentur für Erneuerbare Energien. Internetinformation, 2015. Online verfügbar unter <http://www.unendlich-viel-energie.de/strommix-deutschland-2014>, zuletzt geprüft am 1.12.2015.
- Bellanger, M.; Pichery, C.; Aerts, D.; Berglund, M.; Castaño, A.; Čejchanová, M. et al. (2013)*: Economic benefits of methylmercury exposure control in Europe: Monetary value of neurotoxicity prevention. In: *Environmental Health* 12 (3). 7.1.2013. Online verfügbar unter <http://www.ehjournal.net/content/12/1/3>, zuletzt geprüft am 1.12.2015.
- BfR (2008)*: Verbrauchertipp für Schwangere und Stillende, den Verzehr von Thunfisch einzuschränken, hat weiterhin Gültigkeit, Stellungnahme Nr. 041. Hg. v. Bundesamt für Risikobewertung. Berlin, 10.9.2008. Online verfügbar unter http://www.bfr.bund.de/cm/343/verbrauchertipp_fuer_schwangere_und_stillende_den_verzehr_von_thunfisch_einzuschaerlenken.pdf, zuletzt geprüft am 1.12.2015.
- BMWi (2015)*: Entwurf eines Gesetzes zur Weiterentwicklung des Strommarktes (Strommarktgesetz), Referentenentwurf des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, Berlin, 23.10.2015.
- BMUB (2015)*: Verbrauchertipps Gesundheit und Lebensmittelsicherheit. *Bei Schwangerschaft und in der Stillperiode auf Fischarten mit vergleichsweise geringen Gehalten an Quecksilber zurückgreifen*. Unter Mitarbeit von Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. Bonn. 2015. Online verfügbar unter <http://www.bmub.bund.de/themen/gesundheitschemikalien/gesundheits-und-umwelt/lebensmittelsicherheit/verbrauchertipps/#c11251>, zuletzt aktualisiert am 23.03.2015, zuletzt geprüft am 1.12.2015.
- Brand, F. (1999)*: Brennstoffe und Verbrennungsrechnung. 3. Aufl. Vulkan-Verlag. 1999. Online verfügbar unter https://books.google.de/books?id=17S8Nx-JZAgC&printsec=frontcover&hl=de&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false, zuletzt geprüft am 30.9.2015.
- Bremen (2015)*: *Emissionen von Quecksilber aus Bremer Kohlekraftwerken, Anfrage in der Fragestunde der Fraktion Bündnis 90/DIE GRÜNEN vom 18.12.2015 und Antwort des Senats vom 20.1.2015, Bremische Bürgerschaft, 18. Wahlperiode, 2015.*
- BTag (2015)*: Deutscher Bundestag: Quecksilberbelastung von Gewässern in Deutschland, Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Peter Meiwald, Annalena Baerbock, Steffi Lemke, weiterer Abgeordneter und der Fraktion Bündnis 90/Die Grünen vom 12.3.2015 (Drucksache 18/4868), Schreiben des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit vom 26.5.2015, Drucksache 18/5038, 28.5.2015. Online verfügbar unter <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/18/050/1805038.pdf>, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

- Debes, Frodi; Weihe, Pal; Grandjean, Philippe (2015): Cognitive deficits at age 22 years associated with prenatal exposure to methylmercury. In: *Cortex*, 4.6.2015. Online verfügbar unter <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010945215001768>, zuletzt geprüft am 1.12.2015.
- Der Westen (2013): Eon legt drei Blöcke in Scholven still, Der Westen, 21.12.2013. Online verfügbar unter <http://www.derwesten.de/wirtschaft/eon-legt-drei-bloেকে-in-scholven-still-aimp-id8798371.html>, zuletzt geprüft am 1.12.2015.
- Der Westen (2015): Stadtwerke Duisburg wollen Kraftwerk in Hochfeld abschalten, Der Westen, 25.2.2015. Online verfügbar unter <http://www.derwesten.de/staedte/duisburg/stadtwerke-wollen-duisburger-kraftwerk-abschalten-id10395756.html>, zuletzt geprüft am 1.12.2015.
- Drevnick, P.; Lamborg, C.; Horgan, M. (2015): Increase In Mercury In Pacific Yellowfin Tuna. In: *Environmental Toxicology and Chemistry* (9999), S. 1–4. 2015. Online verfügbar unter <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/etc.2883/pdf>, zuletzt geprüft am 1.12.2015.
- EEA (2008): Air pollution from electricity-generating large combustion plants. An assessment of the theoretical emission reduction of SO₂ and NO_x through implementation of BAT as set in the BREFs. Technical report No. 4 (ISSN 1725-2237), *European Environment Agency (EEA)*. Kopenhagen, 2008. Online verfügbar unter http://www.eea.europa.eu/publications/technical_report_2008_4/download, zuletzt geprüft am 1.12.2015.
- EEA (2015): Air pollutant emissions data viewer (LRTAP Convention). *The air pollutant emissions data viewer (LRTAP Convention) provides access of the data contained in the EU emission inventory report 1990-2013 under the UNECE Convention on LRTAP*. Hg. v. European Environment Agency (EEA). Kopenhagen. 2015. Online verfügbar unter <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/air-emissions-viewer-lrtap>, zuletzt aktualisiert am 03.07.2015, zuletzt geprüft am 1.12.2015.
- E-PRTR (2015): Europäisches Schadstofffreisetzung- und -verbringungsregister (European Pollutant Release and Transfer Register), 2007-2013. Hg. v. European Environment Agency, EEA (Europäische Umweltagentur), Kopenhagen. 2015. Online verfügbar unter <http://prtr.ec.europa.eu/>, zuletzt geprüft am 1.12.2015. Deutsche Version Hg. v. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. 2015. Online verfügbar unter <http://thru.de/>, zuletzt geprüft am 1.12.2015.
- EU BATC-D LCP (2015): Konsolidierte der Schlussfolgerungen nach dem Abschlusstreffen (1.-9.6.2015) der Technischen Arbeitsgruppe zur Überarbeitung des BVT-Merkblatts für Großfeuerungsanlagen (LCP BREF), Final Meeting of the Technical Working Group (TWG) for the review of the BAT reference document for Large Combustion Plants (LCP BREF) - Consolidated conclusions, European IPPC Bureau, Institute for Prospective Technological Studies, European Commission, Sevilla, 21.10.2015 (unveröffentlichtes Arbeitsgruppensdokument).
- EU BREF LCP Draft (2013): Integrated Pollution Prevention and Control - Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Large Combustion Plants, Draft 1. Hg. v. European IPPC Bureau, Institute for Prospective Technological Studies, European Commission. Sevilla, 6/2013. Online verfügbar unter http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/LCP_D1_June_online.pdf, zuletzt geprüft am 1.12.2015.
- EU BREF LCP Draft (2015): Integrated Pollution Prevention and Control - Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Large Combustion Plants, revised Draft 1. Hg. v. European IPPC Bureau, Institute for Prospective Technological Studies, European Commission. Sevilla, 5/2015. (unveröffentlicht, internes Arbeitsgruppensdokument)
- EU BREF NFM Draft (2014): Integrated Pollution Prevention and Control - Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Non-Ferrous Metals Industries, Final Draft. Hg. v. European IPPC Bureau, Institute for Prospective Technological Studies, European Commission. Sevilla, 11/2014. Online verfügbar unter http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/NFM_Final_Draft_10_2014.pdf, zuletzt geprüft am 1.12.2015

- EU BVTS CAK (2013)*: Durchführungsbeschluss der Kommission vom 9. Dezember 2013 über Schlussfolgerungen zu den besten verfügbaren Techniken (BVT) gemäß der Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates über Industrieemissionen in Bezug auf die Chloralkaliindustrie, L100/1, In: *EU Amtsblatt*, 9.4.2013. Online verfügbar unter <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32013D0163>, zuletzt geprüft am 1.12.2015.
- EU BVTS CLM (2013)*: Durchführungsbeschluss der Kommission vom 26. März 2013 über Schlussfolgerungen zu den besten verfügbaren Techniken (BVT) gemäß der Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates über Industrieemissionen in Bezug auf die Herstellung von Zement, Kalk und Magnesiumoxid, L332/34. In: *EU Amtsblatt*, 11.12.2013. Online verfügbar unter http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2013.332.01.0034.01.ENG, zuletzt geprüft am 1.12.2015.
- EU BVTS IS (2012)*: Durchführungsbeschluss der Kommission vom 28. Februar 2012 über Schlussfolgerungen zu den besten verfügbaren Techniken (BVT) gemäß der Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates über Industrieemissionen in Bezug auf die Eisen- und Stahlerzeugung, L70/63. In: *EU Amtsblatt*, 8.3.2012. Online verfügbar unter http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2013.332.01.0034.01.ENG, zuletzt geprüft am 1.12.2015.
- EU BVTS REF (2014)*: Durchführungsbeschluss der Kommission vom 9. Oktober 2014 über Schlussfolgerungen zu den besten verfügbaren Techniken (BVT) gemäß der Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates über Industrieemissionen in Bezug auf das Raffinieren von Mineralöl und Gas, L307/38. In: *EU Amtsblatt*, 28.10.2014. Online verfügbar unter http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2013.332.01.0034.01.ENG, zuletzt geprüft am 1.12.2015.
- EU Hg (2010)*: Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament und den Rat. Überprüfung der Gemeinschaftsstrategie für Quecksilber. KOM(2010) 723, Europäische Kommission. Brüssel, 7.12.2010. Online verfügbar unter <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:0723:FIN:DE:PDF>, zuletzt geprüft am 1.12.2015.
- EU Hg Annex (2005)*: Extended Impact Assessment, Annex to the Communication from the Commission to the Council and the European Parliament on Community Strategy Concerning Mercury, COM (2005) 20 final, Europäische Kommission. Brüssel, 28.1.2005. Online verfügbar unter http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/extended_impact_assessment.pdf, zuletzt geprüft am 1.12.2015.
- EU Hg Study (2010)*: Mudgal, S.; van Long, L., Pahal, S.; Muehmel, K. (BIO Intelligence Service), Hagemann, S. (Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit): Review of the Community Strategy Concerning Mercury, Paris, 2010. Online verfügbar unter , zuletzt geprüft am 1.12.2015.
- EU Hg Study (2015)*: Jarvis, A.; Maag, J.: Study on EU Implementation of the Minamata Convention on Mercury. Hg. v. DG Environment, Europäische Kommission, Brüssel, IFC International/COWI/BiPro/Garrigues, 30.3.2015. Online verfügbar unter <http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/MinamataConventionImplementationFinal.pdf>, zuletzt geprüft am 1.12.2015.
- EU Hg (2005)*: Gemeinschaftsstrategie für Quecksilber, KOM(2005) 20, Europäische Kommission. In: *ABl. C 52, Brüssel*, 2.3.2005. Online verfügbar unter <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=celex:52005DC0020>, zuletzt geprüft am 1.12.2015.
- EU IED (2010)*: Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24. November 2010 über Industrieemissionen (integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung). In: *ABl. L334, S. 17–119*, 2010. Online verfügbar unter <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:32010L0075>, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

- EU UQN-RL (2013)*: Richtlinie 2008/105/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über Umweltqualitätsnormen im Bereich der Wasserpolitik und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien des Rates 82/176/EWG, 83/513/EWG, 84/156/EWG, 84/491/EWG und 86/280/EWG sowie zur Änderung der Richtlinie 2000/60/EG (ABl. L 348, 24.12.2008, p.84), geändert durch Richtlinie 2013/39/EU des Europäischen Parlaments und des Rates.
In: *ABl.* (L226), S. 1, 24.8.2013. Online verfügbar unter <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=celex%3A32013L0039>, zuletzt geprüft am 1.12.2015.
- EU WRRL (2013)*: Richtlinie 2013/39/EU der Kommission vom 12. August 2013 zur Änderung der Richtlinien 2000/60/EG und 2008/105/EG in Bezug auf prioritäre Stoffe im Bereich der Wasserpolitik. In: *ABl.* (L226), S. 1, 24.8.2013. Online verfügbar unter <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:226:0001:0017:DE:PDF>, zuletzt geprüft am 1.12.2015.
- GESTIS (2015)*: Gefahrstoffinformationssystem der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (GESTIS-Stoffdatenbank), Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA), Sankt Augustin. 2015. Online verfügbar unter <http://www.dguv.de/ifa/stoffdatenbank>, zuletzt geprüft am 1.12.2015.
- Günther, R. (Hrsg.)*: Verbrennung und Feuerungen, Springer Verlag, Berlin, 1974.
- IGSR (2011)*: Bericht zur Kontamination von Fischen mit Schadstoffen im Einzugsgebiet des Rheins - Laufende und abgeschlossene Untersuchungen in den Rheinanliegerstaaten (2000 - 2010), Bericht 195d, Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR), Koblenz, 2011.
- IWR (2014)*: RWE prüft weitere Abschaltung von Kraftwerken, IWR Newsticker, 13.8.2014. Online verfügbar unter <http://www.iwr.de/news.php?id=26903>, zuletzt geprüft am 1.12.2015.
- Kalberlah, F.; Schwarz, M. (2015)*: "Haben wir ein Quecksilber-Problem?" Sachstandsanalyse aus toxikologischer Sicht. Hg. v. Forschungs- und Beratungsinstitut Gefahrstoffe (FoBiG), im Auftrag von Greenpeace Deutschland. Freiburg, 4/2015.
Online verfügbar unter http://www.fobig.de/fileadmin/user_upload/Documents/Quecksilbertox_FoBiG_April2015-v2.pdf, zuletzt geprüft am 1.12.2015.
- Llop, S.; Murcia, M.; Aguinagalde, X.; Vioque, J.; Rebagliato, M.; Cases, A. et al. (2014)*: Exposure to mercury among Spanish preschool children: Trend from birth to age four. In: *Environmental Research* 132, S. 83–92. 7/2014. Online verfügbar unter <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935114000693>, zuletzt geprüft am 1.12.2015.
- Ökopol (2015)*: Erstellung durch Ökopol GmbH - Institut für Ökologie und Politik GmbH, 2015.
- Reinmann, J. (2015)*: Zuverlässige Messung von Quecksilber-Emissionen im Konzentrationsbereich von < 5 µg/Nm³ mittels Langzeitprobenahme. *Fachkonferenz "Messung und Minderung von Quecksilber-Emissionen"*. VDI Wissensforum. Düsseldorf, 16.4.2015
- Tardel (2012)*: Untersuchungen von Fischen im LALLF M-V auf Rückstände und Kontaminanten; Landesamt für Landwirtschaft, Mecklenburg-Lebensmittelsicherheit und Fischerei Vorpommern (LALLF M-V), Vortrag, 25.1.2012.
- Tebert, C. (2014)*: Quecksilber-Emissionen aus Kohlekraftwerken in Deutschland und den USA vor dem Hintergrund der BVT-Diskussion und gesetzlicher Anforderungen, Vortrag, 15. VDI-Fachkonferenz Messung und Minderung von Quecksilber-Emissionen, Düsseldorf, 15.4.2014.
- UBA NaSE (2015)*: Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen (Schwermetalle), 1990-2013, Umweltbundesamt. Dessau, 3.2.2015.
Online verfügbar unter <http://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/emissionen-von-luftschadstoffen>, zuletzt geprüft am 1.12.2015.
- UN Minamata (2013)*: Minamata Convention, Beschluss der 5. Sitzung des Intergovernmental Negotiating Committee (INC) in Genf, 19.1.3. Hg. v. Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP). Genf, 10/2013. Online verfügbar unter http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/Booklets/Minamata%20Convention%20on%20Mercury_booklet_English.pdf, zuletzt geprüft am 1.12.2015.

- UNEP Minamata (2013)*: Global Mercury Assessment - Sources, Emissions, Releases, and Environmental Transport, Division of Technology, Industry and Economics (DTIE), Chemicals Branch, United Nations Environment Program (UNEP), Genf. 2013.
Online verfügbar unter <http://www.unep.org/PDF/PressReleases/GlobalMercuryAssessment2013.pdf>, zuletzt geprüft am 1.12.2015.
- UNEP BAT/BEP (2015)*: Best available techniques/Best environmental practices (BAT/BEP) Guidance following Article 8 of the Minamata Convention, draft version, United Nations Environment Program (UNEP). Genf, 2015. Online verfügbar unter <http://www.mercuryconvention.org/Negotiations/BATBEPExpertGroup/Commentson-BATBEPguidance/tabid/4545/Default.aspx>, zuletzt geprüft am 1.12.2015.
- US EPA 12B (o.J.)*: Performance Specification 12B - Specifications and Test Procedures for Monitoring Total Vapor Phase Mercury Emissions From Stationary Sources Using a Sorbent Trap Monitoring System, Environmental Protection Bureau, USA, ohne Jahr. Online verfügbar unter <http://www.epa.gov/ttnemc01/perfspec/ps-12B.pdf>, zuletzt geprüft am 1.12.2015.
- US MATS (2012)*: 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, Final Rule, Environmental Protection Agency, USA. (*MATS-Rule*). In: *Federal Register* 16.2.2012, Vol. 77 (32), 16.2.2012. Online verfügbar unter <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2012-02-16/pdf/2012-806.pdf>, zuletzt geprüft am 1.12.2015.
- US MATS (2013)*: Reconsideration of Certain New Source Issues: 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, Final Rule, Environmental Protection Agency, USA. (*MATS-Rule New Plants*). In: *Federal Register* 24.4.2013, Vol. 8 (No. 79), 24.4.2013. Online verfügbar unter <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2013-04-24/pdf/2013-07859.pdf>, zuletzt geprüft am 1.12.2015.
- VDK (2015)*: Energiewende zum Trotz - Steinkohleinfuhren nach Deutschland um über 6% gestiegen, Stromerzeugung aus Steinkohle dagegen gefallen. *Verein der Kohlenimporteure e.V.* 2015. Online verfügbar unter http://www.kohlenimporteure.de/presse-details/pressemitteilung-1-2015.html?file=files/user_upload/presse/2015/Pressemitteilung01_2015_19032015_final.pdf, zuletzt geprüft am 1.12.2015.
- Weser-Kurier (2014)*: Energie-Erzeuger im Umbruch, *Weser-Kurier*, Bremen, 27.9.2014.
- Zeschmar-Lahl, B. (2014)*: Quecksilberemissionen aus Kohlekraftwerken in Deutschland – Stand der Technik der Emissionsminderung, Kurzstudie im Auftrag der Bundestagsfraktion Bündnis 90/Die Grünen, BZL Kommunikation und Projektsteuerung GmbH, Oyten, 1.5.2014. Online verfügbar unter http://www.bzl-gmbh.de/de/sites/default/files/BZL_Studie_QuecksilberemissionenAusKohlekraftwerkenInDeutschland_final%281%29.pdf, zuletzt geprüft am 1.12.2015
- Zeschmar-Lahl, B.; Tebert, C. (2014)*: Vom Winde verweht - Die Quecksilberemissionen aus Kohlekraftwerken in Deutschland könnten durch Einführung des Standes der Technik um die Hälfte reduziert werden. In: *ReSource*, 2/2014, Rhombos Verlag, Berlin, 2014.

7 ANHANG: BESTIMMUNGSMETHODEN DER QUECKSILBERMELDUNGEN IM E-PRTR

Tabelle 6 und Tabelle 8 nennen in den Spalten 3 und 5 die Quecksilbermengen, die von großen Braun- und Steinkohlekraftwerken für die Jahre 2012 und 2013 an das europäische Schadstoffemissionsregister gemeldet wurden.

Zusätzlich sind in beiden Tabellen in den Spalten 4 und 6 die Bestimmungsmethoden aufgeführt, die die Betreiber jeweils hinsichtlich der Quecksilbermenge gemeldet haben. Erläuterungen zu den Bestimmungsmethoden finden sich auf der folgenden Seite in Tabelle 7.

Tabelle 6: Vergleich der Emissionsmengen, Mengenveränderung und Bestimmungsmethoden für Quecksilber in großen Braunkohlekraftwerken in den E-PRTR-Meldungen der Jahre 2012 und 2013

Name des Betriebs	Land	Hg-Menge 2012 [kg]	Bestimmung * des Quecksilberwertes PRTR 2012	Hg 2013 [kg]	Bestimmung * des Quecksilberwertes PRTR 2013	Differenz 2013 zu 2012
RWE Power AG, Kraftwerk Niederaußem, Bergheim	NW	497	Berechnung OTH (C)	667	Berechnung OTH (C)	+34%
RWE Power AG, Kraftwerk Neurath, Grevenbroich	NW	497	Berechnung OTH (C)	527	Berechnung OTH (C)	+6%
E.ON Kraftwerke GmbH, Kraftwerk Schkopau, Korbetha	ST	441	Messung INT (M) CEN/ISO	430	Messung INT (M) CEN/ISO	-2%
Vattenfall Europe Generation AG, Kraftwerk Lippendorf, Böhlen	SN	482	Messung INT (M) CEN/ISO	410	Messung NRB (M)	-15%
Vattenfall Europe Generation AG, Kraftwerk Boxberg	SN	235	Messung INT (M) CEN/ISO	370	Messung NRB (M)	+57%
Vattenfall Europe Generation AG, Kraftwerk Jämschwalde, Peitz	BB	505	Messung OTH (M)	330	Messung NRB (M)	-35%
RWE Power AG, Kraftwerk Weisweiler, Eschweiler	NW	299	Messung NRB (M)	227	Messung NRB (M)	-24%
Vattenfall Europe Generation AG, Kraftwerk Schwarze Pumpe	BB	228	Messung OTH (M)	194	Messung NRB (M)	-15%
RWE Power AG, Kraftwerk Frimmersdorf, Grevenbroich	NW	119	Berechnung OTH (C)	68,6	Berechnung OTH (C)	-42%
Stadwerke Chemnitz, Heizkraftwerk Nord II, Chemnitz	SN	47,2	Messung NRB (M)	50,5	Messung OHT (M)	+7%
RWE Power AG, Kraftwerk Goldenberg, Hürth	NW	49,5	Messung OTH (M)	44,7	Messung OHT (M)	-10%
RWE Power AG, Fabrik Frechen	NW	36,1	Messung OTH (M)	31,3	Messung OHT (M)	-13%
E.ON Kraftwerke GmbH, Kraftwerk Buschhaus, Helmstedt	NI	60,8	Messung PER (M)	27,3	Messung PER (M)	-55%
MIBRAG Mitteldeutsche Braunkohle AG, KW Mumsdorf, Elsteraue (1)	ST	36,3	Messung OTH (M)	21,9	Messung OHT (M)	-40%
MIBRAG Mitteldeutsche Braunkohle AG, KW Deuben, Teuchern	ST	17,1	Messung OTH (M)	20,9	Messung OHT (M)	+22%
RWE Power AG, Fabrik Fortuna Nord, Bergheim	NW	18,7	Berechnung OTH (C)	15,5	Messung OHT (M)	-17%
Σ Braunkohlekraftwerke		3.569		3.436		-4%
Markierung grün, wenn Meldung auf Messung beruht			Markierung gelb, wenn Meldung auf Berechnung beruht			
(1) Seit Ende Juni 2013 außer Betrieb * Erläuterungen siehe Tabelle 7						

[Ökopol 2015] basierend auf [E-PRTR 2015]

Tabelle 7 nennt die Bestimmungsmethoden des Schadstoffemissions- und Verbringungsregister (E-PRTR) und zeigt mit grüner oder gelber Markierung die Verfahren, die zur Quecksilberbestimmung im Jahr 2013 genannt wurden.

Tabelle 7: Mess- und Berechnungsverfahren im Schadstoffemissions- und verbringungsregister der EU (E-PRTR)

#	Mess- und Berechnungsverfahren
1.	ALT (M): Alternatives Messverfahren in Übereinstimmung mit bestehenden CEN-/ISOMessnormen (ALternative measurement method)
2.	CRM (M): Messverfahren, dessen Leistungsfähigkeit mittels zertifizierter Referenzmaterialien nachgewiesen und das seitens der zuständigen Behörde akzeptiert wird (Certified Reference Materials)
3.	INT (C) ETS: nach Leitlinien für Überwachung und Berichterstattung betreffend Treibhausgasemissionen im Rahmen des Emissionshandelssystems ETS (Emission Trade System)
4.	INT (M) CEN/ISO: International anerkannte Messnorm (nach CEN- oder ISO-Normen)
5.	MAB (C): Massenbilanzverfahren (Berechnungsverfahren), das seitens der zuständigen Behörde akzeptiert wird (MAss Balance method)
6.	NRB (M): National oder regional verbindliches Messverfahren, das im Rahmen einer rechtlichen Bestimmung für den betreffenden Schadstoff und die betreffende Betriebseinrichtung vorgeschrieben wurde (National or Regional Binding measurement methodology)
7.	NRB (C): National oder regional verbindliches Berechnungsverfahren, das im Rahmen einer rechtlichen Bestimmung für den betreffenden Schadstoff und die betreffende Betriebseinrichtung vorgeschrieben wurde (National or Regional Binding calculation methodology)
8.	OTH (M): Andere Messverfahren (OTHer measurement methodology)
9.	OTH (C): Andere Berechnungsverfahren (OTHer calculation methodology)
10.	PER (C): Berechnungsverfahren, das bereits seitens der zuständigen Behörde in einer Erlaubnis oder einer Betriebsgenehmigung für diese Betriebseinrichtung vorgeschrieben wurde (PERmit)
11.	PER (M): Messverfahren, das bereits seitens der zuständigen Behörde in einer Erlaubnis oder einer Betriebsgenehmigung für diese Betriebseinrichtung vorgeschrieben wurde (PERmit)
12.	SSC: Europaweites sektorspezifisches Berechnungsverfahren (Sector Specific Calculation)
13.	Sonstiges (M): Sonstiges/Kein Verfahren
14.	Sonstiges (C): Sonstiges/Kein Verfahren
15.	INT (C) UN-ECE/EMEP: nach dem UN-ECE/EMEP „EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook -2005“ zu Verfahren der Luftemissionsinventarisierung

[Ökopol 2015] basierend auf [E-PRTR 2015]

In Deutschland müssen zur Quecksilbermessung Normen angewendet werden, die sowohl als internationale Norm als auch als nationale Norm veröffentlicht sind. Dadurch ist zu erklären, dass sowohl „INT (M) CEN/ISO“ als auch „NRB (M)“, „PER (M)“ und „CRM“ angegeben wurde, obwohl vermutlich in allen Fällen die Einzelmessungen nach der DIN EN 13211 durchgeführt wurden und für kontinuierliche Messungen die Norm DIN EN 14884 verwendet wurde.

Teilweise nennen die Betreiber auch Berechnungen als Grundlage der Meldung an das Schadstoffemissions- und Verbringungsregister, die als „OTH (C)“, „PER (C)“ oder als „MAB“ ausgewiesen sind. Vermutlich sind in diesen Fällen die Emissionsberechnungen auf der Grundlage von Kohleanalysen oder auf der Basis von Emissionsfaktoren erfolgt. Emissionsfaktoren, die von Behörden- oder Betreiberseite für Emissionserklärungen genutzt werden, basieren meist auf dem Handbuch für Emissionsfaktoren, das von Baden-Württemberg im Jahr 2005 erstellt wurde. Darin sind für Standardkohlen (z.B. Steinkohle aus dem Ruhrgebiet) Emissionen angegeben, die sich nach Abgasreinigungskomponenten ergeben. Da Import-Steinkohlen auch niedrigere Quecksilbergehalte aufweisen können, kann die Anwendung der Emissionsfaktoren zu Überschätzungen der Emissionen führen.

Weiterhin findet sich auch die Angabe „Schätzung Sonstiges (E)“, zu der es keine Erläuterung in der Legende des Schadstoffemissions- und Verbringungsregister gibt. Diese resultieren vermutlich ebenfalls aus Emissionsabschätzungen, die auf Kohleanalysen oder auf Emissionsfaktoren der Literatur basieren.

Insgesamt ist festzustellen, dass das Schadstoffemissions- und Verbringungsregister (E-PRTR) zu wenig Informationen liefert, auf welche Weise und auf welcher Grundlage die gemeldeten Informationen erstellt wurden. Insbesondere ist keine Unterscheidung möglich, ob die Meldung der Quecksilberemissionen auf Basis einer kontinuierlichen Messung oder einer Einzelmessung erfolgte.

Die Auswirkungen der Änderung einer Bestimmungsmethode werden an den beiden Kraftwerken der swb in Bremen deutlich (*Hafen, Hastedt*). Die Meldung an das E-PRTR erfolgte im Jahr 2013 nicht mehr wie zuvor anhand von pauschalen Emissionsfaktoren sondern auf der Basis von Einzelmessungen (dreimal 30 Minuten), zur Abschätzung des Jahresdurchschnittswertes diente: [*Bremen 2014*]

Während das Kraftwerk Hafen im Jahr 2012 noch 150 kg Quecksilberemission meldete (entsprechend einem Konzentrationswert von 18,38 µg/m³ [*Zeschmar-Lahl 2014*]), wurden im Jahr 2013 nur noch auf 45,4 kg gemeldet. Nach Auskunft der Senatsbehörde wurde eine Emissionskonzentration von 1,5 µg/m³ gemessen (der oben abgeschätzte Wert liegt bei 6,5 µg/m³). [*Tebert 2014*]

Für das Kraftwerk Hastedt wurden im Jahr 2012 noch 51,2 kg Quecksilberemission gemeldet (entsprechend einem Konzentrationswert von 15,92 µg/m³ [*Zeschmar-Lahl 2014*]), wurden im Jahr 2013 nur noch auf 13,9 kg gemeldet.

Tabelle 8: Vergleich der Emissionsmengen, Mengenveränderung und Bestimmungsmethoden für Quecksilber in großen Steinkohlekraftwerken in den E-PRTR-Meldungen der Jahre 2012 und 2013

Kraftwerksbetreiber und Standort	Land	Hg-Menge 2012 [kg]	Bestimmung* des Quecksilberwertes [PRTR 2012]	Hg-Menge 2013 [kg]	Bestimmung* des Quecksilberwertes [PRTR 2013]	Differenz 2013 zu 2012
E.ON Kraftwerke GmbH, Kraftwerk Scholven, Gelsenkirchen	NW	144	Berechnung OTH (C)	155	Berechnung OTH (C)	+8 %
Großkraftwerk Mannheim AG (RWE GmbH/EnBW Kraftwerke AG/MVV AG)	BW	137	Berechnung MAB	154	Berechnung MAB	+12 %
GDF SUEZ Energie Deutschland AG, Kraftwerk Farge	BR	109	Berechnung OTH (C)	113	Berechnung OTH (C)	+4 %
OHG STEAG GmbH/RWE Power AG, Kraftwerk Voerde	NW	186	Messung OTH (M)	86,6	Messung OTH (M)	-53 %
STEAG GmbH, Heizkraftwerk Duisburg-Walsum	NW	44,2	Messung OTH (M)	80,3	Messung OTH (M)	+82 %
STEAG GmbH, Kraftwerk Bexbach	SL	55,4	Messung NRB (M)	74,4	Messung NRB (M)	+34 %
EnBW Kraftwerke AG, Heizkraftwerk Heilbronn	BW	30	Schätzung Sonstiges (E)	74	Schätzung Sonstiges (E)	+147 %
Vattenfall Europe Wärme AG, Kraftwerk Wedel	SH	83	Berechnung OTH (C)	62,3	Berechnung OTH (C)	-25 %
Kraftwerk Mehrum GmbH, Hohenhameln	NI	33,6	Messung PER (M)	55,2	Messung PER (M)	+64 %
E.ON Kraftwerke GmbH, Kraftwerk Heyden, Petershagen	NW	k.A.	(< Meldeschwelle 10 kg)	53,8	Messung PER (M)	ca. +438 %
swb Erzeugung AG & Co KG, Heizkraftwerk Hafen, Bremen	BR	150	Berechnung OTH (C)	45,4	Messung CRM	-70 %
STEAG GmbH, Heizkraftwerk Heme	NW	50,5	Berechnung OTH (C)	44	Messung OTH (M)	-13 %
SWM Stadtwerke München GmbH, Heizkraftwerk Nord, Unterföhring	BY	71	Messung PER (M)	39,5	Messung PER (M)	-44 %
Infracor GmbH, Kraftwerk Marl	NW	24,6	Messung OTH (M)	37	Messung INT (M) CEN/ISO	+50 %
EnBW Kraftwerke AG, Kraftwerk Altbach	BW	k.A.	(< Meldeschwelle 10 kg)	35	Schätzung Sonstiges (E)	ca. +250 %

Auswertung der Quecksilberemissionsmeldungen von Kohlekraftwerken für das Jahr 2013

Kraftwerksbetreiber und Standort	Land	Hg-Menge 2012 [kg]	Bestimmung* des Quecksilberwertes [PRTR 2012]	Hg-Menge 2013 [kg]	Bestimmung* des Quecksilberwertes [PRTR 2013]	Differenz 2013 zu 2012
EnBW Kraftwerke AG, Dampfkraftwerk Karlsruhe (2013: Block 8 neu in Betrieb)	BW	16,2	Schätzung Sonstiges (E)	33	Schätzung Sonstiges (E)	+104 %
OHG STEAG GmbH/RWE Power, Gemeinschaftskraftwerk Voerde-West	NW	39,5	Messung OTH (M)	31,9	Messung OTH (M)	-19 %
Vattenfall Europe Wärme AG, HKW Reuter-West, Berlin	BE	24,4	Messung OTH (M)	30,3	Messung OTH (M)	+24 %
E.ON Kraftwerke GmbH, Kraftwerk Datteln	NW	18,8	Berechnung MAB	30	Berechnung OTH (C)	+15 %
E.ON Kraftwerke GmbH, Kraftwerk Staudinger, Großkrotzenburg	HE	35,1	Schätzung Sonstiges (E)	29,8	Schätzung Sonstiges (E)	-15 %
STEAG GmbH, Kraftwerk Fenne Völklingen	SL	16,8	Messung NRB (M)	28,6	Messung NRB (M)	+70 %
OHG STEAG GmbH/RWE Power AG, Gemeinschaftskraftwerk Bergkamen	NW	k.A.	(< Meldeschwelle 10 kg)	28,5	Messung OTH (M)	ca. +185 %
Mark-E AG, Kraftwerk Werdohl	NW	61,3	Berechnung OTH (C)	28	Berechnung OTH (C)	-54 %
Mainova AG, Heizkraftwerk West, Frankfurt	HE	28	Berechnung MAB	26,4	Schätzung Sonstiges (E)	-6 %
GKK Gemeinschaftskraftwerk Kiel GmbH, Kiel	SH	22,7	Berechnung OTH (C)	25,3	Berechnung OTH (C)	+11 %
Braunschweiger Versorgungs AG, Heizkraftwerk Mitte	NI	20,1	Berechnung OTH (C)	24,8	Berechnung OTH (C)	+23 %
Stadtwerke Duisburg AG, Heizkraftwerk I, Duisburg	NW	16	Berechnung OTH (C)	24	Berechnung OTH (C)	+50 %
E.ON Kraftwerke GmbH, Kraftwerk Knepper, Dortmund	NW	14	Berechnung PER (C)	21	Berechnung PER (C)	+50 %
KNG Kraftwerks- und Netzgesellschaft mbH, Kraftwerk Rostock	MV	17,9	Berechnung OTH (C)	20,5	Berechnung OTH (C)	+15 %
Stadtwerke Hannover/VW GmbH, GKH Hannover	NI	19	Berechnung OTH (C)	18	Berechnung OTH (C)	-5 %
Vattenfall Europe Wärme AG, HKW Moabit, Berlin	BE	14,9	Berechnung OTH (C)	17,5	Berechnung OTH (C)	+17 %
STEAG GmbH, Kraftwerk Lünen	NW	13,2	Messung OTH (M)	16,7	Messung OTH (M)	+27 %
RWE Power AG, Kraftwerk Ibbenbüren	NW	k.A.	(< Meldeschwelle 10 kg)	13,9	Messung PER (M)	ca. +39 %
swb Erzeugung AG & Co KG, Heizkraftwerk Hastedt	BR	51,2	Berechnung OTH (C)	13,9	Messung PER (M)	-73 %
EVO Energieversorgung Offenbach AG, Heizkraftwerk Offenbach	HE	k.A.	(< Meldeschwelle 10 kg)	12,3	Berechnung MAB	ca. +23 %
GDF SUEZ Energie Deutschland AG, Kraftwerk Zolling	BY	11,3	Messung OTH (M)	11,1	Messung INT (M) CEN/ISO	-2 %
RWE Power AG, Kraftwerk Werne	NW	15,6	Messung PER (M)	10,9	Messung PER (M)	-30 %
E.ON Kraftwerke GmbH, Kraftwerk Wilhelmshaven	NI	26	Messung PER (M)	k.A.	(< Meldeschwelle 10 kg)	ca. -60 %
Vattenfall Europe Wärme AG, Kraftwerk Tiefstack	HH	25,5	Berechnung OTH (C)	k.A.	(< Meldeschwelle 10 kg)	ca. -61 %
Σ Steinkohlekraftwerke		1.367		1.606		+17 %
Markierung hellgrün wenn 2012 Berechnung, 2013 Messung			Markierung rot, wenn Meldung auf Schätzung beruht			
Markierung grün, wenn Meldung auf Messung beruht			Markierung gelb, wenn Meldung auf Berechnung beruht			
* Erläuterungen zu den Bestimmungsverfahren siehe vorherige Seite in Tabelle 7						

[Ökopol 2015] basierend auf [E-PRTR 2015]