

Mitverbrennung von Klärschlamm im Kraftwerk Bexbach

Gutachterliche Stellungnahme zu
ausgewählten Punkten

Freiburg / Berlin / Darmstadt
März 2003

Peter Küppers, Projektleitung, Öko-Institut e.V.
Dr. Doris Schüler, Öko-Institut e.V.

Öko-Institut e.V.
Büro Darmstadt
Elisabethenstr. 55-57
D-64283 Darmstadt

Mitverbrennung von Klärschlamm im Kraftwerk Bexbach

Gutachterliche Stellungnahme zu ausgewählten Punkten

Im Auftrag der
Interessengemeinschaft Umweltschutz Höcherberg e.V. und
der
**Bürgerinitiative Westpfälzer gegen Klärschlammverbrennung
in Kohlekraftwerken**

Darmstadt, den 28. März 2003

 **Öko-Institut e.V.**

Institut für Angewandte Ökologie • Institute for Applied Ecology • Institut d'écologie appliquée

**Geschäftsstelle
Freiburg**

Postfach 62 26
D-79038 Freiburg
Tel.: 07 61 / 45 29 5-0
Fax: 07 61 / 45 54-37

**Büro
Darmstadt**

Elisabethenstr. 55-57
D-64283 Darmstadt
Tel.: 0 61 51 / 81 91-0
Fax: 0 61 51 / 81 91-33

**Büro
Berlin**

Novalisstr. 10
D-10115 Berlin
Tel.: 0 30 / 28 04 86-80
Fax: 0 30 / 28 04 86-88

Mitverbrennung von Klärschlamm im Kraftwerk Bexbach

Gutachterliche Stellungnahme zu ausgewählten Punkten

Autoren:

Dr. Doris Schüler, Darmstadt

Peter Küppers, Darmstadt

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Tabellenverzeichnis.....	III
1 Zusammenfassung	1
2 Einleitung.....	4
3 Vollständigkeit, Qualität und Plausibilität der Antragsunterlagen.....	5
3.1 Sicherheit der Anlage.....	5
3.2 Widersprüchliche Angaben	5
3.3 Klärschlammaufkommen und beantragte Mitverbrennungskapazität	5
3.4 Lärmimmissionen	6
4 Immissionsschutz.....	7
4.1 Vergleich Emissionen Kraftwerk mit Emissionen MVA	7
4.2 Ermittlung der Emissionsgrenzwerte.....	10
4.2.1 Beantragte Emissionsgrenzwerte und Ermittlung der Emissionsgrenzwerte nach 17. BImSchV	10
4.2.2 Ermittlung der Emissionsgrenzwerte unter Zugrundelegung der Entwürfe zur Novellierung der 13. BImSchV und der 17. BImSchV	13
4.3 Zusatzbelastung	15
4.4 Umweltverträglichkeitsprüfung und Immissionsprognose	17
5 Energiebilanz	20
6 Stoffstromanalyse.....	21
6.1 Eigenschaften der Steinkohle	21
6.2 Eigenschaften von Klärschlamm.....	22
6.3 Vergleich der Eigenschaften von Steinkohle und Klärschlamm	24
6.4 Verteilung des Schwermetallinputs auf die Outputströme	26
6.5 Aschemengen und Schwermetallgehalte in den Aschen	29

6.5.1	Aschemengen.....	29
6.5.2	Schwermetallgehalte in den Aschen und Stäuben.....	29
6.6	Gipsanfall und Schwermetallgehalte.....	30
6.7	Schwermetalle im Abwasser	31
6.8	Schwermetalle im Reingas	31
7	Literaturverzeichnis	35

Tabellenverzeichnis

Tabelle 4.1	Maximale Emissionsmassenströme bei der Verbrennung von Kohle und Klärschlamm im Kraftwerk Bexbach unter Zugrundelegung der beantragten Emissionsgrenzwerte und eines Abgasvolumenstroms von 2.350.000 Nm ³ /h.....	8
Tabelle 4.2	Emissionsmassenströme aus dem Kohleanteil bei der Verbrennung von Kohle und Klärschlamm im Kraftwerk Bexbach unter Zugrundelegung der Messwerte des TÜV und eines anteiligen Abgasvolumenstroms von 2.002.510 Nm ³ /h	8
Tabelle 4.3	Vergleich der maximale Emissionsmassenströme bei der Verbrennung von Klärschlamm im Kraftwerk Bexbach und in einer Müllverbrennungsanlage	9
Tabelle 4.4	Daten und Ergebnisse der von der Antragstellerin durchgeführten Mischrechnung	10
Tabelle 4.5	Daten und Ergebnisse der Mischrechnung nach 17. BImSchV.....	12
Tabelle 4.6	Vergleich der von der Antragstellerin berechneten Emissionsgrenzwerte mit denen nach 17. BImSchV	12
Tabelle 4.7	Vergleich der Emissionsgrenzwerte (Antragstellerin – 17. BImSchV – Entwurf 17. BImSchV)	14
Tabelle 4.8	Zusatzbelastung bei Genehmigung der beantragten Emissionsgrenzwerte	15
Tabelle 4.9	Zuatzbelastung bei Genehmigung der Emissionsgrenzwerte nach der 17. BImSchV	15
Tabelle 4.10	Zusatzbelastung bei Genehmigung der Emissionsgrenzwerte nach dem Entwurf zur Novellierung der 17. BImSchV.....	16
Tabelle 4.11	Vergleich der Zusatzbelastungen.....	16
Tabelle 4.12	Bagatellmassenströme nach TA Luft 2002 und errechnete Emissionsmassenströme der Klärschlammmitverbrennung	18
Tabelle 5.1	Berechnung der Energiebilanz	20
Tabelle 6.1	Eigenschaften von Steinkohle	21
Tabelle 6.2	Eigenschaften von Klärschlämmen.....	23

Tabelle 6.3	Vergleich der angenommenen Eigenschaften von Steinkohle und Klärschlämmen bezogen auf die Masse	25
Tabelle 6.4	Vergleich der angenommenen Eigenschaften von Steinkohle und Klärschlämmen bezogen auf den Energiegehalt.....	25
Tabelle 6.5	Erhöhungsfaktor für den Input von Schwermetallen, Chlor, Schwefel und Asche bei der Mitverbrennung von Klärschlamm mit 15 % der Feuerungswärmeleistung im Vergleich zur reinen Steinkohlefeuerung	26
Tabelle 6.6	Mittlere Transferfaktoren für Trockenfeuerungen mit Steinkohle.....	27
Tabelle 6.7	Schwermetallinput- und -outputströme bei 4.500 Volllaststunden pro Jahr.....	28
Tabelle 6.8	Aschemengen (Grobasche und Flugasche) nach eigenen Berechnungen und Angaben der Antragstellerin.....	29
Tabelle 6.9	Angenommene Gesamtemissionen von Schwermetallen in Deutschland.....	32
Tabelle 6.10	Abschätzung der prozentualen Steigerung der Gesamtemissionen im Saarland durch Mitverbrennung von 15 % Klärschlamm im Kraftwerk Bexbach.....	33

1 Zusammenfassung

Für die vorliegende gutachterliche Stellungnahme wurden folgende Punkte ausgewählt und untersucht:

- Vollständigkeit, Qualität und Plausibilität der Antragsunterlagen,
- Immissionsschutz,
- Energiebilanz und
- Stoffströme.

Die Untersuchung führte zu den im Folgenden zusammenfassend aufgeführten Ergebnissen.

Vollständigkeit, Qualität und Plausibilität der Antragsunterlagen

Im Sicherheitsbericht für das Ammoniaklager, in dem auch die Ergänzungen im Hinblick auf die übrigen geplanten Errichtungen enthalten sind, fehlen mehr als die Hälfte der Seiten, so dass Aussagen über die Sicherheit der Anlage nicht möglich waren, und es unklar bleibt, ob sich aufgrund möglicher mangelhafter Sicherheitsvorkehrungen negative Auswirkungen auf Mensch und Umwelt ergeben können.

Die Antragsunterlagen enthalten widersprüchliche Angaben zur Entsorgung der als Abfall anfallenden Stäube.

Mit der beantragten Mitverbrennungskapazität könnte der gesamte im Saarland und in Rheinland-Pfalz anfallende Klärschlamm entsorgt werden. Die damit verbundenen Umweltbelastungen wurden aber nicht in einer Umweltverträglichkeitsprüfung untersucht.

Im vorgelegten schalltechnischen Gutachten wurden tieffrequente Geräusche und Spitzenpegel nicht berücksichtigt.

Immissionsschutz

Ein Vergleich zwischen der Verbrennung des Klärschlammes im Kraftwerk Bexbach (Verwertung) und der Verbrennung in einer Müllverbrennungsanlage (Beseitigung) ergab, dass die Verbrennung in der Müllverbrennungsanlage eindeutig die umweltverträglichere Lösung darstellt. Damit entfällt für die Verbrennung des Klärschlammes im Kraftwerk Bexbach der Vorrang der Verwertung, so dass festgestellt werden musste, dass die Klärschlämme gemäß dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes in Müllverbrennungsanlagen zu beseitigen sind.

Die von der SaarEnergie GmbH für die Mitverbrennung von Klärschlamm beantragten Emissionsgrenzwerte hielten einer Überprüfung nicht stand. Die nach der 17. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (17. BImSchV) berechneten Emissionsgrenzwerte für Staub und Schwermetalle erwiesen sich als deutlich niedriger als die beantragten. Auch die Emissionsgrenzwerte, die nach dem

Entwurf zur Novellierung der 17. BImSchV, berechnet wurden, ergaben für die Luftschadstoffe Staub, Chlorwasserstoff, Fluorwasserstoff, Schwefeldioxid und die Schwermetalle Quecksilber, Cadmium und Thallium zum Teil wesentlich niedrigere Werte.

Da von der SaarEnergie GmbH keine Immissionsprognose vorgelegt wurde, aus der die Vorbelastung und die zu erwartende maximale Zusatz- und Gesamtbelastung hervorgeht, wurden die maximal zu erwartenden Zusatzbelastungen auf Grundlage der beantragten Emissionskonzentrationen sowie der nach der 17. BImSchV und dem Entwurf zur Novellierung der 17. BImSchV berechneten Emissionskonzentrationen ermittelt und anhand der Emissionsmassenströme dargestellt. Es zeigte sich, dass in allen Fällen mit hohen Zusatzbelastungen für fast alle Luftschadstoffe zu rechnen ist. Für Staub sowie für die Schwermetalle Quecksilber, Cadmium und Thallium ergaben sich die höchsten Zusatzbelastungen mit den von der SaarEnergie GmbH beantragten Emissionsgrenzwerten.

Damit war zu konstatieren, dass bereits aufgrund der zu erwartenden hohen Zusatzbelastungen eine Immissionsprognose erforderlich gewesen wäre. Außerdem wurde festgestellt, dass damit gerechnet werden muss, dass die Gesamtbelastung nach Inbetriebnahme der Mitverbrennung die Immissionsgrenzwerte der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft aus dem Jahr 2002 für verschiedene Luftschadstoffe überschreitet und damit die rechtlichen Vorgaben zum Schutz von Mensch und Umwelt nicht erfüllt werden. Auch aus diesem Grund wäre eine Immissionsprognose erforderlich gewesen, um im Genehmigungsbescheid die Durchführung von Maßnahmen zur zukünftigen Einhaltung der Immissionsgrenzwerte festlegen zu können.

Eine Umweltverträglichkeitsprüfung wurde nicht durchgeführt. Es konnte aber gezeigt werden, dass sie aufgrund der bestehenden Vorbelastung und der zu erwartenden Zusatzbelastungen durch die Mitverbrennung von Klärschlamm erforderlich gewesen wäre. Denn insgesamt muss davon ausgegangen werden, dass durch das geplante Vorhaben Gesundheitsgefahren und erhebliche nachteilige Auswirkungen auf die Umwelt hervorgerufen werden, falls sie nicht sogar bereits bestehen.

Energiebilanz

Bei der Überprüfung der Energiebilanz stellte sich heraus, dass die Berechnungen der SaarEnergie GmbH hinsichtlich der Energiegewinnung durch die Verbrennung von Nassschlamm fachlich falsch sind. Es wurde gezeigt, dass bei der Verbrennung von Schlamm mit einem Wassergehalt von 80 % und einem Heizwert von 11,5 MJ/kg in der Trockensubstanz keine Energie gewonnen werden kann. Damit handelt es sich bei der Verbrennung solcher Schlämme im Kraftwerk Bexbach um keine Abfallverwertung sondern um eine Abfallbeseitigung. Ob im Kraftwerks Bexbach Abfälle beseitigt werden dürfen, ist zumindest zweifelhaft.

Stoffströme

Klärschlämme enthalten einen höheren Ascheanteil und deutlich mehr Schwermetalle als Steinkohle. Aus diesem Grund wurde eine Stoffstromanalyse durchgeführt, um abzuschätzen, wie sich dies auf die Outputströme Aschen, Stäube, Gips, Abwasser und Reingas auswirkt. Dabei wurden folgende Ergebnisse erzielt:

1. Es fallen deutlich höhere Aschemengen (Kesselasche, Grobasche, Filterstaub, Flugasche) an, als von der SaarEnergie GmbH angegeben.
2. Durch die Mitverbrennung von Klärschlämmen mit mittlerer Belastung wird der Schwermetallgehalt (Kupfer und Quecksilber) der Aschen gegenüber der Asche aus der reinen Steinkohlefeuerung voraussichtlich ansteigen.

Werden Klärschlämme mit hoher Schwermetallbelastung eingesetzt, werden die Schadstoffkonzentrationen in den Aschen drastisch ansteigen. Da dies in den Antragsunterlagen nicht berücksichtigt war, waren weitere Überprüfungen zur Zusammensetzung der anfallenden Aschen und Stäube sowie zu deren Verwertung bzw. Beseitigung zu fordern. Außerdem war festzustellen, dass im Falle einer Genehmigung Auflagen für regelmäßige Untersuchungen dieser Abfälle auf ihre Schwermetallgehalte zu machen wären.

3. Auch der anfallende Gips aus der Entschwefelung wird höhere Schwermetallgehalte aufweisen als bisher. Angaben hierzu lagen nicht vor, so dass zu fordern war, dass die SaarEnergie GmbH nachweist, dass die höhere Schwermetallbelastung eine Verwertung des Gipses nicht verhindert.
4. Die in den Klärschlämmen enthaltenen Schadstoffe gelangen zum Teil in das Abwasser und damit in die bereits stark verschmutzte Blies. Um zukünftig den von der Europäischen Union geforderten guten Gewässerzustand zu erreichen, müsste jede zusätzliche Schadstoffeinleitung nicht nur unterbunden werden, sondern es müsste dafür Sorge getragen werden, dass die bestehenden Schadstoffeinleitungen verringert werden.
5. Eine erste Abschätzung zeigte, dass möglicherweise für die Schwermetalle Cadmium, Kupfer und Quecksilber eine Erhöhung der Gesamtemissionen des Saarlandes in die Luft um 7 %, 17 % bzw. 20 % zu erwarten ist, die alleine auf die Mitverbrennung von Klärschlamm im Kraftwerk Bexbach zurückzuführen ist. Eine ausführliche Prüfung der Emissionssituation im Saarland und im Kraftwerk Bexbach sowie der Transferfaktoren war daher dringend zu empfehlen.
6. Es konnte nachgewiesen werden, dass auf die kontinuierliche Messung der Quecksilberemissionen keinesfalls – wie von der SaarEnergie GmbH beantragt – verzichtet werden kann. Vielmehr musste empfohlen werden, eine zusätzliche Rauchgasreinigungsstufe, beispielsweise ein Adsorptionsverfahren auf Aktivkohlebasis einzusetzen, um eine befriedigende Verringerung der Quecksilberemissionen zu erreichen.

2 Einleitung

Die SaarEnergie GmbH stellte mit Schreiben vom 12.11.2002 einen immissionsrechtlichen Genehmigungsantrag beim Ministerium für Umwelt zur Mitverbrennung von kommunalen Klärschlämmen mit einem Anteil von bis zu 15 % der Feuerungswärmeleistung im Kraftwerk Bexbach sowie zur Errichtung und zum Betrieb eines Nass- und Trockenschlamm-lagers mit einer Lagerkapazität von 630 t und 100 t.

Im Zuge des Genehmigungsverfahrens wurde das Öko-Institut e.V. von der Interessengemeinschaft Umweltschutz Höcherberg e.V. und der Bürgerinitiative Westpfälzer gegen Klärschlammverbrennung in Kohlekraftwerken beauftragt, eine gutachterliche Stellungnahme zu ausgewählten Punkten bezüglich der Mitverbrennung von Klärschlamm im Kraftwerk Bexbach zu erarbeiten. Neben der o.g. Interessengemeinschaft und der Bürgerinitiative beteiligten sich

- der Kreis Saarpfalz und der Landkreis Kusel,
- die Städte Bexbach, Homburg, Neunkirchen und Zweibrücken,
- die Verbandsgemeinden Bruchmühlbach-Miesau, Schönenberg-Kübelberg und Waldmohr,
- der Wasser- und Bodenverband Homburg-Einöd,
- der Wasserzweckverband Ohmbachtal,
- der Landesverband Saarland und die Ortsgruppe Bexbach des NABU,
- die Ortsgruppe Homburg des BUND
- Die Grünen Kinkel,
- Die Bürgerinitiative Schneeweiderhof sowie
- andere

an der Finanzierung dieser gutachterlichen Stellungnahme.

Für die gutachterliche Stellungnahme ausgewählt wurden die Punkte

- Prüfung der Vollständigkeit, Qualität und Plausibilität der Antragsunterlagen (Kapitel 3),
- Untersuchung der Belange des Immissionsschutzes (Kapitel 4),
- Überprüfung der Energiebilanz (Kapitel 5) und
- Analyse der Stoffströme (Kapitel 6).

3 Vollständigkeit, Qualität und Plausibilität der Antragsunterlagen

In diesem Kapitel wird auf Mängel hinsichtlich der Vollständigkeit, Qualität und Plausibilität der Antragsunterlagen sowie der darin enthaltenen Angaben nur eingegangen soweit diese nicht in den nachfolgenden Kapiteln behandelt werden.

3.1 Sicherheit der Anlage

Im Sicherheitsbericht für das Ammoniaklager, in dem auch die Ergänzungen im Hinblick auf die geplanten Errichtungen zur Annahme, Lagerung, Förderung und Mitverbrennung von Klärschlamm enthalten sind, fehlen mehr als die Hälfte der Seiten (Seiten 4 bis 13, 16 bis 19, 22 bis 26 sowie 31 ff.). Aus diesem Grund sind Aussagen über die Sicherheit der Anlage nicht möglich. Damit bleibt unklar, ob sich aufgrund möglicher mangelhafter Sicherheitsvorkehrungen negative Auswirkungen auf Mensch und Umwelt ergeben können.

3.2 Widersprüchliche Angaben

In der Beschreibung des Vorhabens (Ziffer 2.2, S. 6) sowie in der von ProTerra durchgeführten Vorprüfung des Einzelfalls (Ziffer 2.2.2, S. 8) [ProTerra 2002] heißt es, dass der Flugstaub aus dem Elektrofilter in der Bauindustrie eingesetzt wird. Im Antrag wird dieser Flugstaub, der hier (Formular 5, Zeile 4) als Filterstaub aus der Abfallmitverbrennung bezeichnet wird, auf die betriebseigene Halde Bexbach verbracht.

Weiterhin heißt es in der von ProTerra durchgeführten Vorprüfung des Einzelfalls unter Ziffer 2.5 auf Seite 12, dass die Flugasche auf der eigenen Deponie (Halde Bexbach) abgelagert wird. Laut Antrag wird diese Flugasche, die hier (Formular 5, Zeile 1) als Filterstaub aus der Abfallmitverbrennung bezeichnet wird, aber der SAFA zur Verwertung überlassen.

3.3 Klärschlammaufkommen und beantragte Mitverbrennungskapazität

Das Aufkommen an Klärschlämmen im Saarland beträt ca. 18.040 t/a TS (Trockensubstanz) [Ministerium für Umwelt 2000]. Bei den beantragten Durchsatzmengen von 20 t/h Trockengut (Annahme 10 % Wassergehalt) und 40 t/h Nassschlamm (Annahme 70 % Wassergehalt) ergibt sich bei 4.000 Betriebsstunden pro Jahr ein jährlicher Klärschlammumsatz von 120.000 t/a Trockensubstanz. Dies bedeutet, dass mit der beantragten Mitverbrennung von Klärschlamm der gesamte im Saarland und in

Rheinland-Pfalz¹ anfallende Klärschlamm entsorgt werden könnte. Dies wird ein sehr hohes Verkehrsaufkommen nach sich ziehen, da die Anlieferung nach Angaben der Antragstellerin weitestgehend per LKW erfolgen soll. Die damit verbundenen Umweltbelastungen, vor allem Luft- und Lärmimmissionen, sind daher in der erforderlichen Umweltverträglichkeitsprüfung (siehe Kapitel 4.4) näher zu untersuchen.

3.4 Lärmimmissionen

Das Schalltechnische Gutachten [DSK 2002] weist Mängel auf. So heißt es beispielsweise auf Seite 6, dass tieffrequente Geräuschanteile nicht vorhanden sind. Das Kraftwerk besitzt allerdings einen Kühlturm, dessen Geräusche in der TA Lärm unter A.1.5 „Hinweise zur Berücksichtigung tieffrequenter Geräusche“ als Beispiel angeführt werden.

Weiterhin heißt es auf Seite 7, dass Spitzenpegel aufgrund der gleichmäßigen Geräuschentwicklung unberücksichtigt bleiben. Auf den Datenblättern in Anlage 4.3 sind aber deutliche Spitzenpegel bei An- und Abfahrt der LKW sowie der Containerentladung zu erkennen.

¹ K. Thomé-Kozmiensky: Klärschlamm Entsorgung, TK Verlag 1998: Klärschlammaufkommen Rheinland-Pfalz 1991-1995 ca. 100.000 t/a TS.

4 Immissionsschutz

In immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahren sind die Belange des Immissionsschutzes für die möglicherweise betroffenen Bürgerinnen und Bürger von besonderem Interesse. Um diesen bei der Beurteilung möglicher Auswirkungen durch die Mitverbrennung von Klärschlamm im Kraftwerk Bexbach behilflich zu sein, werden im Folgenden die Emissionen von Luftschadstoffen, die durch die Mitverbrennung von Klärschlamm im Kraftwerk Bexbach entstehen, mit denen verglichen, die bei einer Verbrennung des Klärschlammes in einer Müllverbrennungsanlage verursacht würden (Kapitel 4.1). Danach werden die von der Antragstellerin beantragten Emissionsgrenzwerte dargestellt und mit denen verglichen, die sich bei genauer Anwendung der 17. BImSchV [17. BImSchV] und unter Zugrundelegung des Entwurfs zur Novellierung der 17. BImSchV [17. BImSchV Entwurf] ergeben (Kapitel 4.2). Anschließend werden die sich aus den jeweiligen Emissionsgrenzwerten ergebenden Zusatzbelastungen unter Angabe der jeweiligen Emissionsmassenströme dargestellt und miteinander verglichen (Kapitel 4.3). Zum Schluss wird untersucht, ob aufgrund der Emissionen die Durchführung einer Umweltverträglichkeitsprüfung sowie die Erstellung einer Immissionsprognose erforderlich gewesen wäre (Kapitel 4.4).

4.1 Vergleich Emissionen Kraftwerk mit Emissionen MVA

Nach § 5 Abs. 2 KrW-/AbfG [KrW-/AbfG] sind Abfälle vorrangig zu verwerten. Der Vorrang der Verwertung entfällt allerdings, wenn die Beseitigung eines Abfalls die umweltverträglichere Lösung darstellt (§ 5 Abs. 5 KrW-/AbfG). Aus diesem Grund wird im folgenden untersucht, ob die Verbrennung des Klärschlammes in einer MVA (Beseitigung) umweltverträglicher ist, als die Verbrennung im Kraftwerk Bexbach (Verwertung). Hierbei wird insbesondere auf die zu erwartenden Luftschadstoffemissionen eingegangen.

Nach der Beschreibung des Vorhabens [SaarEnergie 2002/2] beträgt der Abgasvolumenstrom des Kraftwerks Bexbach insgesamt 2.350.000 Nm³/h. Der bei der Mitverbrennung von Klärschlamm in diesem Abgasvolumenstrom enthaltene Anteil aus der Klärschlammverbrennung beträgt 347.490 Nm³/h. Um die bei der Mitverbrennung von Klärschlamm emittierten Massenströme der einzelnen Luftschadstoffe zu ermitteln, sind zuerst die Emissionsmassenströme bei Einsatz von Kohle und Klärschlamm unter Zugrundelegung der beantragten Emissionsgrenzwerte für die Massenkonzentrationen zu ermitteln (siehe Tabelle 4.1). Anschließend werden die Emissionsmassenströme, unter Verwendung der Messergebnisse (Maximalwerte) des TÜV [TÜV 2002], für den aus der Kohleverbrennung stammenden Anteil berechnet (siehe Tabelle 4.2). Die durch die Mitverbrennung von Klärschlamm emittierten maximalen Massenströme ergeben sich nun durch Subtraktion der Massenströme der Tabelle 4.2 von den entsprechenden der Tabelle 4.1. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4.3 dargestellt. Ebenso enthält Tabelle 4.3 die maximalen Emissionsmassenströme die sich bei der Verbrennung des

Klärschlamm in einer Müllverbrennungsanlage unter Zugrundelegung der für diese zulässigen Emissionsgrenzwerte (Tagesmittelwerte nach der 17. BImSchV [17. BImSchV]) ergeben.

Tabelle 4.1 Maximale Emissionsmassenströme bei der Verbrennung von Kohle und Klärschlamm im Kraftwerk Bexbach unter Zugrundelegung der beantragten Emissionsgrenzwerte und eines Abgasvolumenstroms von 2.350.000 Nm³/h

Schadstoff	Einheit	beantragter Emissionsgrenzwert	Einheit	Emissionsmassenstrom
Gesamtstaub	mg/Nm ³	82	kg/h	192,7
Gesamt-C	mg/Nm ³	5	kg/h	11,75
Chlorwasserstoff	mg/Nm ³	82	kg/h	192,7
Fluorwasserstoff	mg/Nm ³	12	kg/h	28,2
Schwefeldioxid	mg/Nm ³	330	kg/h	775,5
Stickstoffdioxid	mg/Nm ³	200	kg/h	470
Quecksilber	mg/Nm ³	0,09	g/h	211,5
Σ Cadmium u. Thallium	mg/Nm ³	0,09	g/h	211,5
Σ Antimon bis Zinn	mg/Nm ³	0,31	g/h	728,5
PCDD/PCDF	ng TE/Nm ³	0,061	µg TE/h	143,4

Tabelle 4.2 Emissionsmassenströme aus dem Kohleanteil bei der Verbrennung von Kohle und Klärschlamm im Kraftwerk Bexbach unter Zugrundelegung der Messwerte des TÜV [TÜV 2002] und eines anteiligen Abgasvolumenstroms von 2.002.510 Nm³/h

Schadstoff	Einheit	Messwerte TÜV (Maximalwerte)	Einheit	Emissionsmassenstrom
Gesamtstaub	mg/Nm ³	4,3	kg/h	8,61
Gesamt-C	mg/Nm ³	< 1	kg/h	< 2
Chlorwasserstoff	mg/Nm ³	22,6	kg/h	45,26
Fluorwasserstoff	mg/Nm ³	1,34	kg/h	2,68
Schwefeldioxid	mg/Nm ³	216	kg/h	432,5
Stickstoffdioxid	mg/Nm ³	186	kg/h	372,5
Quecksilber	mg/Nm ³	0,0064	g/h	12,82
Σ Cadmium und Thallium	mg/Nm ³	< 0,001	g/h	< 2
Σ Antimon bis Zinn	mg/Nm ³	< 0,01	g/h	< 20,03
PCDD/PCDF	ng TE/Nm ³	0,003	µg TE/h	6,01

Tabelle 4.3 Vergleich der maximale Emissionsmassenströme bei der Verbrennung von Klärschlamm im Kraftwerk Bexbach und in einer Müllverbrennungsanlage²

Schadstoff	Einheit	Klärschlammver- brennung Bexbach	Klärschlammverbrennung MVA	
		Emissionsmassenstrom (Tab. 3.1 minus Tab. 3.2)	Emissions- massenstrom	Grenzwert (Tagesmittelwert) 17. BImSchV
Gesamtstaub	kg/h	184,1	4,9	10 mg/Nm ³
Gesamt-C	kg/h	9,75	4,9	10 mg/Nm ³
Chlorwasserstoff	kg/h	147,4	4,9	10 mg/Nm ³
Fluorwasserstoff	kg/h	25,5	0,49	1 mg/Nm ³
Schwefeldioxid	kg/h	343	24,5	50 mg/Nm ³
Stickstoffdioxid	kg/h	97,5	98	0,20 g/Nm ³
Quecksilber	g/h	198,7	14,7	0,03 mg/Nm ³
Σ Cadmium u. Thallium	g/h	209,5	24,5	0,05 mg/Nm ³
Σ Antimon bis Zinn	g/h	708,5	245	0,5 mg/Nm ³
PCDD/PCDF	µg TE/h	137,4	49	0,1 ng TE/Nm ³

Der Vergleich der Massenströme zeigt, dass bei der Mitverbrennung des Klärschlammes im Kraftwerk Bexbach unter Zugrundelegung der vom TÜV gemessenen Maximalwerte für den Anteil aus der Verbrennung von Kohle [TÜV 2002] mit wesentlich höheren Emissionen an Luftschadstoffen gerechnet werden muss, als bei der Verbrennung in einer Müllverbrennungsanlage. Einzige Ausnahme stellen die Stickoxide dar, hier sind die Emissionsmassenströme annähernd gleich.

Aus Sicht des Immissionsschutzes stellt also die Verbrennung des Klärschlammes in einer Müllverbrennungsanlage (Beseitigung) die umweltfreundlichere Variante dar. Auch gesamtökologisch betrachtet ist die Mitverbrennung von Klärschlamm in Kohlekraftwerken der Verbrennung in Müllverbrennungsanlagen in der Regel unterlegen.

Nach einer vom Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH (IFEU) für das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW erstellten Studie [ifeu 2001] ist die Mitverbrennung in Kohlekraftwerken nur dann eine ökologisch günstige Option, wenn das jeweilige Kraftwerk über entsprechende Rauchgasreinigungseinrichtungen, insbesondere zur Minderung der Quecksilberemissionen, verfügt. Über solche Verminderungseinrichtungen verfügt das Kraftwerk Bexbach nicht. Außerdem ist zu beachten, dass

- die Verteilung der Schwermetalle auf die Outputströme Grob- und Flugasche, Gips und Abgas bei einer Trockenfeuerung – wie sie im Kraftwerk Bexbach installiert ist – anders ist, als bei den Feuerungen, die in der IFEU-Studie untersucht wurden,
- die Mitverbrennung von Klärschlamm in Kohlekraftwerken immer mit höheren Emissionen verbunden ist, als die Verbrennung in einer Müllverbrennungsanlage.

² Bei der Berechnung wurde für die MVA ein Abgasvolumenstrom von 489.961 Nm³/h angesetzt. Dieser ergibt sich durch die Umrechnung von 347.490 Nm³/h auf einen Sauerstoffgehalt im Abgas von 11 %.

Insgesamt ist also zu konstatieren, dass für die Verbrennung von Klärschlämmen im Kraftwerk Bexbach kein Vorrang der Verwertung besteht. Die Klärschlämme sind gemäß § 5 Abs. 5 KrW-/AbfG vorrangig in Müllverbrennungsanlagen zu beseitigen.

4.2 Ermittlung der Emissionsgrenzwerte

In diesem Kapitel wird zuerst die Ermittlung der Emissionsgrenzwerte durch die Antragstellerin anhand der Tagesmittelwerte bzw. der Probenahmemittelwerte dargestellt. Anschließend werden diese Werte anhand der 17. BImSchV [17. BImSchV] geprüft und mögliche Abweichungen aufgezeigt. In einem zweiten Schritt werden die Emissionsgrenzwerte unter Zugrundelegung des Entwurfs zur Novellierung der 17. BImSchV [17. BImSchV Entwurf] ermittelt und mit den von der Antragstellerin beantragten Werten verglichen.

4.2.1 Beantragte Emissionsgrenzwerte und Ermittlung der Emissionsgrenzwerte nach 17. BImSchV

Die Antragstellerin hat eine Mischrechnung mit einem Bezugssauerstoffgehalt für die Mischung von 6,9 Vol.-% durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4.4 dargestellt.

Tabelle 4.4 Daten und Ergebnisse der von der Antragstellerin durchgeführten Mischrechnung

Schadstoff	Einheit	Grenzwerte für Abgas aus				Grenzwert bei 15 % Klärschlamm bez. 6,9 % O ₂
		Kohle		Klärschlamm		
		bez. 6 % O ₂	bez. 6,9 % O ₂	bez. 11 % O ₂	bez. 6,9 % O ₂	
Gesamtstaub	mg/Nm ³	100	94	10	14,1	82
Gesamt-C	mg/Nm ³	3,3	3,1	10	14,1	5
Chlorwasserstoff	mg/Nm ³	100	94	10	14,1	82
Fluorwasserstoff	mg/Nm ³	15	14,1	1	1,41	12
Schwefeldioxid	mg/Nm ³	400	376	50	71	330
Stickstoffdioxid	mg/Nm ³	200	188	200	282	200
Quecksilber	mg/Nm ³	0,1	0,094	0,03	0,042	0,09
Σ Cadmium/Thallium	mg/Nm ³	0,1	0,094	0,05	0,071	0,09
Σ Antimon bis Zinn	mg/Nm ³	0,26	0,24	0,5	0,71	0,31
PCDD/PCDF	ng TE/Nm ³	0,05	0,047	0,1	0,141	0,061

Die 17. BImSchV [17. BImSchV] schreibt in § 5 Abs. 3 vor, dass bei einer Mitverbrennung von Abfällen mit einem Anteil von 15 % der Feuerungswärmeleistung, folgende Emissionsbegrenzungen heranzuziehen sind:

1. Für den Teil des Abgasstromes aus der Kohlefeuerung sind die hierfür verbindlichen Emissionsgrenzwerte und Emissionsbegrenzungen maßgeblich.
2. Fehlen derartige Festlegungen, sind die tatsächlichen Emissionen beim Betrieb ohne Einsatz des Abfalls zu Grunde zu legen.

3. Für den Anteil des Abgasstromes aus der Abfallverbrennung sind die Emissionswerte der 17. BImSchV anzuwenden.

Zu Nr. 1:

Die verbindlichen Emissionsgrenzwerte ergeben sich aus der 13. BImSchV [13. BImSchV]. Die Emissionsbegrenzungen aus einem Genehmigungsbescheid können zwar ebenfalls herangezogen werden, aber nur dann, wenn sie zumindest den verbindlichen Emissionsgrenzwerten entsprechen. Damit ergeben sich hier unter Einbeziehung der Angaben der Antragstellerin folgende Emissionswerte, die bei der Mischrechnung zu verwenden sind:

- Gesamtstaub 50 mg/Nm³
- Chlorwasserstoff 100 mg/Nm³
- Fluorwasserstoff 15 mg/Nm³
- Schwefeldioxid 400 mg/Nm³
- Stickstoffdioxid 200 mg/Nm³

Auf die Emissionsbegrenzungen des Genehmigungsbescheids für Schwermetalle kann hier nicht zurückgegriffen werden, da diese – wie auch die Antragstellerin richtig anmerkt – nicht mehr dem Stand der Technik entsprechen. Daraus lässt sich aber nicht – wie von der Antragstellerin vorgenommen – ableiten, dass hier wie auch immer geartete Mischwerte aus der Messung des TÜV [TÜV 2002] und der TA Luft '86 [TAL 86] gebildet werden könnten. Zum einen besitzt die TA Luft '86 keine Gültigkeit mehr und zum anderen ist die Klassifizierung der Schwermetalle in der TA Luft 2002 [TAL 2002] anders strukturiert als in der 17. BImSchV [17. BImSchV]. Hier sind also die tatsächlichen Emissionen bei der Verbrennung von Kohle zu verwenden (siehe zu Nr. 2).

Zu Nr. 2

Zu den Emissionen beim Betrieb des Kraftwerks ohne den Einsatz von Klärschlamm hat der TÜV Emissionsmessungen vorgenommen und einen Messbericht erstellt [TÜV 2002]. Aus diesen Messwerten ergeben sich unter Verwendung der maximal gemessenen Werte folgende Emissionswerte, die bei der Mischrechnung zu verwenden sind:

- Gesamt-C < 1 mg/Nm³
- Quecksilber 0,0064 mg/Nm³
- Σ Cadmium und Thallium < 0,001 mg/Nm³
- Σ Antimon bis Zinn < 0,01 mg/Nm³
- PCDD/PCDF 0,003 ng TE/Nm³

Aus den o.g. Emissionswerten für den Anteil des Abgasstromes aus der Kohleverbrennung und denen für den Anteil aus der Klärschlammverbrennung ergeben sich

bei einer Mischrechnung die in Tabelle 4.5 dargestellten Emissionsgrenzwerte (Tagesmittelwerte) für die Mitverbrennung von Klärschlamm im Kraftwerk Bexbach.

Tabelle 4.5 Daten und Ergebnisse der Mischrechnung nach 17. BImSchV [17. BImSchV]

Schadstoff	Einheit	Grenzwerte für Abgas aus				Grenzwert bei 15 % Klärschlamm bez. 6,9 % O ₂
		Kohle		Klärschlamm		
		bez. 6 % O ₂	bez. 6,9 % O ₂	bez. 11 % O ₂	bez. 6,9 % O ₂	
Gesamtstaub	mg/Nm ³	50	47	10	14,1	42
Gesamt-C	mg/Nm ³	< 1	0,94	10	14,1	3
Chlorwasserstoff	mg/Nm ³	100	94	10	14,1	82
Fluorwasserstoff	mg/Nm ³	15	14,1	1	1,41	12
Schwefeldioxid	mg/Nm ³	400	376	50	71	330
Stickstoffdioxid	mg/Nm ³	200	188	200	282	200
Quecksilber	mg/Nm ³	0,0064	0,006	0,03	0,042	0,01
Σ Cadmium/Thallium	mg/Nm ³	< 0,001	0,00094	0,05	0,071	0,01
Σ Antimon bis Zinn	mg/Nm ³	< 0,01	0,0094	0,5	0,71	0,1
PCDD/PCDF	ng TE/Nm ³	0,0003	0,00028	0,1	0,141	0,02

Der Vergleich der Ergebnisse in Tabelle 4.6 zeigt, dass bei den Emissionsgrenzwerten für Staub, organische Stoffe (Gesamt-C), Schwermetalle und polychlorierte Dibenzodioxine und -furane erhebliche Abweichungen auftreten. Die von der Antragstellerin beantragten Emissionsgrenzwerte für diese Schadstoffe bzw. Schadstoffgruppen sind durchweg höher.

Tabelle 4.6 Vergleich der von der Antragstellerin berechneten Emissionsgrenzwerte mit denen nach 17. BImSchV [17. BImSchV]

Schadstoff	Einheit	Emissionsgrenzwerte bei 15 % Klärschlamm bez. auf 6,9 % O ₂	
		Antragstellerin	17. BImSchV
Gesamtstaub	mg/Nm ³	82	42
Gesamt-C	mg/Nm ³	5	3
Chlorwasserstoff	mg/Nm ³	82	82
Fluorwasserstoff	mg/Nm ³	12	12
Schwefeldioxid	mg/Nm ³	330	330
Stickstoffdioxid	mg/Nm ³	200	200
Quecksilber	mg/Nm ³	0,09	0,01
Σ Cadmium/Thallium	mg/Nm ³	0,09	0,01
Σ Antimon bis Zinn	mg/Nm ³	0,31	0,1
PCDD/PCDF	ng TE/Nm ³	0,061	0,02

4.2.2 Ermittlung der Emissionsgrenzwerte unter Zugrundelegung der Entwürfe zur Novellierung der 13. BImSchV und der 17. BImSchV

In den Jahren 2000 und 2001 hat die Europäische Union die Richtlinie 2000/76/EG über die Verbrennung von Abfällen [2000/76/EG] und die Richtlinie 2001/80/EG zur Begrenzung von Schadstoffemissionen von Großfeuerungsanlagen in die Luft [2001/80/EG] erlassen. Beide Richtlinien hätten bis Ende 2002 in deutsches Recht umgesetzt werden müssen. Da dies nicht geschehen ist, sind sie seit diesem Zeitpunkt direkt anzuwenden. Da aber Entwürfe zur Novellierung der 13. BImSchV [13. BImSchV Entwurf] und der 17. BImSchV [17. BImSchV Entwurf] vorliegen, die der Umsetzung dieser beiden Richtlinien dienen, wird für die folgenden Ausführungen auf diese Bezug genommen.

Der Entwurf zur Novellierung der 17. BImSchV [17. BImSchV Entwurf] sieht für Feuerungsanlagen in denen Abfälle mitverbrannt werden in Anhang II folgende Emissionsbegrenzungen vor:

1. Für bestimmte Schadstoffe bzw. Schadstoffgruppen feste Emissionsgrenzwerte (Tagesmittelwert). D.h., diese Grenzwerte gelten in jedem Fall. Es findet keine Mischrechnung statt. Dies sind für
 - Gesamtstaub 10 mg/m^3
 - Quecksilber $0,03 \text{ mg/m}^3$
 - Chlorwasserstoff 20 mg/m^3
 - Fluorwasserstoff 1 mg/m^3
 - Gesamt-C 10 mg/m^3 .
2. Bei Feuerungsanlagen mit einer Feuerungswärmeleistung von mehr als $300 \text{ MW}_{\text{th}}$ für Schwefeldioxid und Schwefeltrioxid 200 mg/m^3 sowie für Stickoxide 200 mg/m^3 , jeweils als Tagesmittelwerte.

Mit der in Anhang II des Entwurfs vorgegebenen Umrechnungsformel ergeben sich für

- Schwefeldioxid $177,8 \text{ mg/m}^3$
- Stickstoffdioxid 200 mg/m^3

als Emissionsgrenzwerte (Tagesmittelwerte).

Außerdem sind in den Entwürfen zur Novellierung der 13. BImSchV [13. BImSchV Entwurf] und der 17. BImSchV [17. BImSchV Entwurf] weitere Emissionsgrenzwerte (Tagesmittelwerte) vorgesehen. Sie sind in beiden Verordnungsentwürfen identisch und betragen

- $0,05 \text{ mg/m}^3$ für Σ Cadmium und Thallium
- $0,5 \text{ mg/m}^3$ für Σ Antimon bis Zinn
- $0,05 \text{ mg/m}^3$ für Σ Arsen, Benzo(a)pyren, Cadmium, Cobalt, Chrom

- 0,1 ng TE/m³ für PCDD/PCDF.

Bei den Werten für die Summe von Cadmium/Thallium und von Antimon bis Zinn sowie PCDD/PCDF handelt es sich um die Werte der 17. BImSchV [17. BImSchV], die unverändert übernommen werden.

Da es sich in beiden Verordnungsentwürfen um die gleichen Werte handelt, ergibt auch eine „Umrechnung“ nach der Formel des Anhangs II des Entwurfs zur Novellierung der 17. BImSchV [17. BImSchV Entwurf] keine Veränderung.

Tabelle 4.7 Vergleich der Emissionsgrenzwerte (Antragstellerin – 17. BImSchV – Entwurf 17. BImSchV)

Schadstoff	Einheit	Emissionsgrenzwerte bei 15 % Klärschlamm		
		Antragstellerin 6,9 % O ₂	nach 17. BImSchV 6,9 % O ₂	nach Entwurf 17. BImSchV 6 % O ₂
Gesamtstaub	mg/Nm ³	82	42	10
Gesamt-C	mg/Nm ³	5	3	10
Chlorwasserstoff	mg/Nm ³	82	82	20
Fluorwasserstoff	mg/Nm ³	12	12	1
Schwefeldioxid	mg/Nm ³	330	330	177,8
Stickstoffdioxid	mg/Nm ³	200	200	200
Quecksilber	mg/Nm ³	0,09	0,01	0,03
Σ Cadmium/Thallium	mg/Nm ³	0,09	0,01	0,05
Σ Antimon bis Zinn	mg/Nm ³	0,31	0,1	0,5
PCDD/PCDF	ng TE/Nm ³	0,061	0,02	0,1
Σ Arsen bis Chrom	mg/Nm ³	-, -	-, -	0,05

Der Vergleich der beantragten Emissionsgrenzwerte mit den nach dem Entwurf zur Novellierung der 17. BImSchV [17. BImSchV Entwurf] ermittelten ergibt ein unterschiedliches Bild. Die Emissionsgrenzwerte für Gesamtstaub, Chlorwasserstoff, Fluorwasserstoff, Schwefeldioxid, Quecksilber sowie der Summe von Cadmium und Thallium nach dem Entwurf zur Novellierung der 17. BImSchV sind niedriger als die beantragten Werte. Die Werte für Gesamt-C, PCDD/PCDF und der Summe von Antimon bis Zinn sind hingegen höher als die beantragten.

Werden die Emissionsgrenzwerte nach der 17. BImSchV [17. BImSchV] mit denen, die nach dem Entwurf zur Novellierung der 17. BImSchV [17. BImSchV Entwurf] errechnet wurden, verglichen, so kann auch hier festgestellt werden, dass die Emissionsgrenzwerte nach dem Entwurf zum Teil niedriger (Gesamtstaub, Chlorwasserstoff, Fluorwasserstoff und Schwefeldioxid) und zum Teil höher (Gesamt-C, Schwermetalle und PCDD/PCDF) ausfallen, als nach der 17. BImSchV.

Ob im vorliegenden Fall die Emissionsgrenzwerte nach der 17. BImSchV oder dem Entwurf zur Novellierung der 17. BImSchV im Genehmigungsbescheid festgelegt werden müssen, oder ob die jeweils niedrigsten oder noch geringere erforderlich sind, um die rechtlichen Vorgaben zum Schutz von Mensch und Umwelt zu erfüllen, kann

hier nicht beantwortet werden, da dazu die Ergebnisse der erforderlichen Immissionsprognose und der Umweltverträglichkeitsprüfung (siehe Kapitel 4.4) vorliegen müssten.

4.3 Zusatzbelastung

Je nach dem, welche Emissionsgrenzwerte genehmigt werden, ergeben sich unterschiedliche Emissionsmassenströme und damit unterschiedliche Zusatzbelastungen. Im Folgenden werden daher anhand der Emissionsmassenströme die jeweiligen Zusatzbelastungen ermittelt (Tabelle 4.8 bis Tabelle 4.10) und verglichen (Tabelle 4.11).

Tabelle 4.8 Zusatzbelastung bei Genehmigung der beantragten Emissionsgrenzwerte

Schadstoff	Einheit	Emissionsmassenströme		
		beantragt	Kohle	Zusatzbelastung
Gesamtstaub	kg/h	192,7	8,61	184,1
Gesamt-C	kg/h	11,75	< 2	9,75
Chlorwasserstoff	kg/h	192,7	45,26	147,4
Fluorwasserstoff	kg/h	28,2	2,68	25,5
Schwefeldioxid	kg/h	775,5	432,5	343
Stickstoffdioxid	kg/h	470	372,5	97,5
Quecksilber	g/h	211,5	12,82	198,7
Σ Cadmium/Thallium	g/h	211,5	< 2	209,5
Σ Antimon bis Zinn	g/h	728,5	< 20,03	708,5
PCDD/PCDF	µg TE/h	143,4	6,01	137,4

Tabelle 4.9 Zusatzbelastung bei Genehmigung der Emissionsgrenzwerte nach der 17. BImSchV

Schadstoff	Einheit	Emissionsmassenströme		
		17. BImSchV	Kohle	Zusatzbelastung
Gesamtstaub	kg/h	98,7	8,61	90,1
Gesamt-C	kg/h	7,05	< 2	5,05
Chlorwasserstoff	kg/h	192,7	45,26	147,4
Fluorwasserstoff	kg/h	28,2	2,68	25,5
Schwefeldioxid	kg/h	775,5	432,5	343
Stickstoffdioxid	kg/h	470	372,5	97,5
Quecksilber	g/h	23,5	12,82	10,7
Σ Cadmium/Thallium	g/h	23,5	< 2	21,5
Σ Antimon bis Zinn	g/h	235	< 20,03	215
PCDD/PCDF	µg TE/h	47	6,01	41

Tabelle 4.10 Zusatzbelastung bei Genehmigung der Emissionsgrenzwerte nach dem Entwurf zur Novellierung der 17. BImSchV

Schadstoff	Einheit	Emissionsmassenströme		
		Entwurf 17. BImSchV	Kohle	Zusatzbelastung
Gesamtstaub	kg/h	23,5	8,61	14,9
Gesamt-C	kg/h	23,5	< 2	21,5
Chlorwasserstoff	kg/h	47	45,26	1,74
Fluorwasserstoff	kg/h	2,35	2,68	keine
Schwefeldioxid	kg/h	417,8	432,5	keine
Stickstoffdioxid	kg/h	470	372,5	97,5
Quecksilber	g/h	70,5	12,82	57,7
Σ Cadmium/Thallium	g/h	117,5	< 2	115,5
Σ Antimon bis Zinn	g/h	1.175	< 20,03	1.155
PCDD/PCDF	µg TE/h	235	6,01	229

Tabelle 4.11 Vergleich der Zusatzbelastungen

Schadstoff	Einheit	Zusatzbelastung		
		beantragt	17. BImSchV	Entwurf 17. BImSchV
Gesamtstaub	kg/h	184,1	90,1	14,9
Gesamt-C	kg/h	9,75	5,05	21,5
Chlorwasserstoff	kg/h	147,4	147,4	1,74
Fluorwasserstoff	kg/h	25,5	25,5	keine
Schwefeldioxid	kg/h	343	343	keine
Stickstoffdioxid	kg/h	97,5	97,5	97,5
Quecksilber	g/h	198,7	10,7	57,7
Σ Cadmium/Thallium	g/h	209,5	21,5	115,5
Σ Antimon bis Zinn	g/h	708,5	215	1.155
PCDD/PCDF	µg TE/h	137,4	41	229

Wie aufgrund des Vergleichs der Emissionsgrenzwerte nicht anders zu erwarten war, ergeben sich die höchsten Zusatzbelastungen für

- Gesamtstaub, Quecksilber sowie der Summe von Cadmium und Thallium mit den beantragten Grenzwerten,
- Gesamt-C, PCDD/PCDF und der Summe von Antimon bis Zinn mit den Grenzwerten des Entwurfs zur Novellierung der 17. BImSchV,
- Chlorwasserstoff, Fluorwasserstoff und Schwefeldioxid mit den beantragten Grenzwerten bzw. den Grenzwerten der 17. BImSchV.

Die niedrigsten Zusatzbelastungen ergeben sich für

- Gesamtstaub und Chlorwasserstoff mit den Grenzwerten des Entwurfs zur Novellierung der 17. BImSchV,

- Gesamt-C, Schwermetalle und PCDD/PCDF mit den Grenzwerten der 17. BImSchV.

Keine Zusatzbelastungen ergeben sich für Fluorwasserstoff und Schwefeldioxid mit den Grenzwerten des Entwurfs zur Novellierung der 17. BImSchV. Die Zusatzbelastungen mit Stickstoffdioxid sind in allen Fällen identisch.

4.4 Umweltverträglichkeitsprüfung und Immissionsprognose

Die von ProTerra für das beantragte Vorhaben durchgeführte Vorprüfung des Einzelfalls zur Ermittlung, ob eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchzuführen gewesen wäre, vermag nicht zu überzeugen [ProTerra 2002]. Sie belegt nicht, dass erhebliche nachteilige Umweltauswirkungen ausgeschlossen sind. Vielmehr heißt es dort, dass bereits durch die Vorbelastung die Immissionsgrenzwerte der TA Luft 2002 [TAL 2002] für bestimmte Luftschadstoffe erreicht oder überschritten werden. Diese Aussage wird zwar anschließend mit dem Argument relativiert, dass die zum damaligen Zeitpunkt ermittelten Werte mit den Immissionsgrenzwerten der TA Luft 2002 nur bedingt vergleichbar seien, da sich die Ermittlungs- und Bewertungsverfahren geändert hätten. Dies besagt aber nicht, dass sich die Immissionssituation heute besser darstellt als zum damaligen Zeitpunkt. Denn durch Änderung der Ermittlungsverfahren können sich auch höhere Werte ergeben und eine Änderung der Bewertungsverfahren kann dazu führen, dass die Beurteilung der Belastungssituation heute schlechter ausfällt.

Durch die Mitverbrennung von Klärschlamm werden – wie oben in Kapitel 4.3 gezeigt – erhebliche zusätzliche Emissionen verursacht. Hinzu kommen die Emissionen aus der Trockengutlinie und der Nassschlammlinie, vor allem bei Stillstand des Kraftwerks. Die Antragstellerin geht von 4.000 Stillstandsstunden pro Jahr aus. Dies entspricht mehr als 45 % der Jahresstunden. In dieser Zeit kann beispielsweise die Abluft aus der Nassschlammlinie nicht als Verbrennungsluft genutzt werden, sondern sie wird ungefiltert über Dach abgeleitet. Außerdem sind noch die Emissionen durch den zusätzlichen Anlieferungsverkehr zu berücksichtigen, da beabsichtigt ist, diesen weitgehend per LKW über die Straße abzuwickeln.

Insgesamt muss aus den o.g. Gründen davon ausgegangen werden, dass durch das geplante Vorhaben Gesundheitsgefahren und erhebliche nachteilige Auswirkungen auf die Umwelt hervorgerufen werden, falls sie nicht sogar bereits bestehen. Auf die Durchführung einer Umweltverträglichkeitsprüfung hätte daher nicht verzichtet werden dürfen.

Die Bestimmung der Immissionskenngrößen (Vorbelastung, Zusatzbelastung und Gesamtbelastung) ist nach Nr. 4.6.1.1 der TA Luft 2002 [TAL 2002] im Genehmigungsverfahren für den jeweils emittierten Schadstoff nicht erforderlich, wenn die über Schornsteine abgeleiteten Emissionen (Massenströme) bestimmte Bagatellmas-

senströme und die diffusen Emissionen 10 % dieser Bagatellmassenströme nicht überschreiten. Da die diffusen Emissionen nicht bekannt sind, werden in Tabelle 4.12 die über Schornsteine abgeleiteten und aus den jeweiligen Emissionsgrenzwerten errechneten Emissionsmassenströme der Klärschlammverbrennung im Kraftwerk Bexbach den Bagatellmassenströmen gegenübergestellt.

Tabelle 4.12 Bagatellmassenströme nach TA Luft 2002 und errechnete Emissionsmassenströme der Klärschlammverbrennung

Schadstoff	Einheit	Bagatellmassenstrom	Emissionsmassenstrom Klärschlammverbrennung		
			beantragt	17. BImSchV	Entwurf 17. BImSchV
Gesamtstaub	kg/h	1	192,7	98,7	23,5
Fluorwasserstoff	kg/h	0,15	28,2	28,2	2,35
Schwefeldioxid	kg/h	20	775,5	775,5	417
Stickstoffdioxid	kg/h	20	470	470	470
Quecksilber	kg/h	0,0025	0,2115	0,0235	0,0705
Σ Cadmium/Thallium	kg/h	0,005	0,2115	0,0235	0,1175

Es zeigt sich, dass die auf den beantragten Emissionsgrenzwerten beruhenden Emissionsmassenströme der in Tabelle 4.12 aufgeführten Luftschadstoffe die Bagatellmassenströme der TA Luft 2002 bei weitem überschreiten. Gleiches dürfte sich auch bei den in der TA Luft 2002 genannten Luftschadstoffen Arsen und Nickel ergeben. Eine Immissionsprognose wäre daher durchzuführen gewesen. Auch bei Zugrundelegung der Emissionsgrenzwerte nach der 17. BImSchV und dem Entwurf zur Novellierung der 17. BImSchV ergibt sich kein anders Ergebnis.

Die Ermittlung der Vorbelastung beispielsweise durch Messungen ist nach Nr. 4.6.2.1 der TA Luft 2002 unter bestimmten Voraussetzungen nicht erforderlich. Ob diese Voraussetzungen vorliegen, muss aus folgenden Gründen bezweifelt werden:

1. Die Antragstellerin beruft sich auf Messungen aus den Jahren 1993 und 1994 [ProTerra 2002]. Lediglich für Schwefeldioxid werden neuere Angaben, die auf Werten der Dauermessstation Bexbach beruhen, angegeben. Nach Nr. 4.6.3.1 der TA Luft 2002 dürfen Immissionsmessungen oder vergleichbare Feststellungen über die Immissionsbelastung aber nur herangezogen werden, wenn sie nicht länger als 5 Jahre zurückliegen und sich die für die Beurteilung maßgeblichen Umstände in diesem Zeitraum nicht wesentlich geändert haben. Die Antragstellerin beruft sich also auf Messungen, die zu lange zurückliegen. Angaben darüber, ob sich für die Beurteilung maßgebliche Umstände geändert haben, wurden nicht gemacht.
2. Die vorliegenden Angaben besagen, dass die in den Jahren 1993 und 1994 ermittelten Immissionswerte die Immissionsgrenzwerte der TA Luft 2002 zum Teil erreichen und zum Teil überschreiten [ProTerra 2002]. Diese Aussage wird anschließend damit relativiert, dass die zum damaligen Zeitpunkt ermittelten Werte mit den Immissionsgrenzwerten der TA Luft 2002 nur bedingt vergleichbar seien,

da sich die Ermittlungs- und Bewertungsverfahren geändert hätten. Gerade dies wäre aber ein Grund gewesen, die Vorbelastung erneut zu ermitteln, denn durch Änderung der Ermittlungs- und Bewertungsverfahren kann sich die Gesamtbeurteilung der Immissionsbelastung auch negativ verändern.

Nach den obigen Ausführungen bleibt festzuhalten, dass eine Immissionsprognose entsprechend der TA Luft 2002 hätte durchgeführt werden müssen. Außerdem ist zu erwarten, dass die resultierenden Gesamtbelastungen einiger Luftschadstoffe die Immissionsgrenzwerte der TA Luft 2002 überschreiten.

In den Fällen, in denen die Immissionsgrenzwerte überschritten werden, sieht die TA Luft 2002 vor, dass eine Genehmigung nur erteilt werden darf, wenn bestimmte Voraussetzungen vorliegen oder bestimmte Maßnahmen ergriffen werden (siehe 4.2.2, 4.2.3, 4.3.2, 4.4.3 und 4.5.2 TA Luft 2002). Ob diese Voraussetzungen vorliegen kann hier nicht beurteilt werden, da von der Antragstellerin die dazu erforderliche Berechnung der Immissionszusatzbelastung nicht vorgelegt wurde. Als zu ergreifende Maßnahme wird in der TA Luft 2002 z.B. folgende genannt: Es ist durch eine Bedingung (im Genehmigungsbescheid) sicherzustellen, dass in der Regel spätestens 12 Monaten nach Inbetriebnahme der Anlage solche Sanierungsmaßnahmen (Beseitigung, Stilllegung oder Änderung) an bestehenden Anlagen des Antragstellers oder Dritter durchgeführt sind, die die Einhaltung der Immissionswerte gewährleisten.

Eine Immissionsprognose ist demnach weiterhin erforderlich, um festzustellen, ob die Voraussetzungen für zusätzliche Maßnahmen vorliegen, und wenn ja, welche Maßnahmen ergriffen und im Genehmigungsbescheid festgelegt werden müssen. Denn nur so können die rechtlichen Vorgaben zum Schutz von Mensch und Umwelt erfüllt werden.

5 Energiebilanz

Die Mitverbrennung von Nassschlamm mit hohem Wassergehalt stellt keine energetische Verwertung dar. Es muss für die Verdampfung des im Schlamm enthaltenen Wassers mehr Energie aufgebracht werden, als bei der Verbrennung der Trockensubstanz freigesetzt wird. Die Berechnungen der Antragstellerin in Anlage 2, Seite 25, die zu einer positiven Energiebilanz kommen, sind fachlich falsch. Denn es wurde in den Unterlagen der Antragstellerin nicht berücksichtigt, dass der Wasserdampf im Kraftwerk Bexbach nicht energetisch genutzt wird. Auch wurde in der Energiebetrachtung nicht berücksichtigt, dass Wasserdampf zur Eindüsung der Nassschlamm eingesetzt werden muss. Statt dessen ergibt sich eine negative Energiebilanz für Nassschlamm mit einem Wassergehalt von 80 % und einem Heizwert von 11,5 MJ/kg TS. Tabelle 5.1 zeigt den Berechnungsgang:

Tabelle 5.1 Berechnung der Energiebilanz

Parameter		Wert	Bemerkung
Heizwert (TS)	kJ/kg	11.500	Annahme
Wassergehalt	%	80%	Annahme
Heizwert pro kg nasser Klärschlamm	kJ/kg	2.300	errechnet
Enthalpie Dampf (Energieverbrauch für Verdampfung)	kJ/kg	2.500	Dampftafel
Verdampfungsenergie pro kg Klärschlamm	kJ/kg	2.000	errechnet
Dampfverbrauch der Lanzen	t/t	0,15	Genehmigungsantrag
Dampfverbrauch der Lanzen	kJ/kg	375	errechnet
Netto-Energiegewinn	kJ/kg	-75	errechnet

Noch nicht berücksichtigt sind hier weitere Energieaufwendungen, vor allem der anteilige Stromverbrauch für die Anlagentechnik und der Energieverbrauch für den Transport. Würden diese Energieaufwendungen einbezogen werden, würde sich die Energiebilanz noch weiter verschlechtern.

Da bei der Verbrennung der Nassschlamm keine Energie gewonnen wird, kann der Einsatz von nassem Klärschlamm im Kraftwerk Bexbach auch keine Verwertung darstellen. Vielmehr wird hier Klärschlamm als Abfall zur Beseitigung thermisch behandelt. Es muss aber bezweifelt werden, dass im Kraftwerk Bexbach Abfälle beseitigt werden dürfen, da das Kraftwerk zum einen keine Abfallbeseitigungsanlage ist und zum anderen eine Abfallbeseitigung nicht beantragt wurde.

6 Stoffstromanalyse

In diesem Kapitel wird untersucht, wie sich die stoffliche Zusammensetzung des Brennstoffinputs und der Outputströme durch die Klärschlammmitverbrennung verändert. Zunächst werden die Eigenschaften der Brennstoffe Steinkohle und Klärschlamm dargestellt und miteinander verglichen. Darauf aufbauend wird untersucht, wie sich die Outputströme Aschen, Stäube, Gips, Abwasser und Reingas hinsichtlich der Mengen und der Schwermetallgehalte verändern und welche Schlüsse daraus zu ziehen sind.

6.1 Eigenschaften der Steinkohle

Tabelle 6.1 zeigt die Eigenschaften von Steinkohle entsprechend den Angaben der Antragstellerin [SaarEnergie 2002/3] sowie zum Vergleich die Spannweiten von eingesetzter Steinkohle in Nordrhein-Westfalen [Prognos 2003].

Tabelle 6.1 Eigenschaften von Steinkohle

		Angaben Antragstellerin		Spannweiten von Steinkohlen in NRW	Annahmen für weitere Berechnung
		eingesetzte Feinkohle 2001	eingesetzte Einsatzkohle Nov 2001		
Herkunft		Ensdorf	Ensdorf		
Heizwert	kJ/kg	27.840	28.050		28.000
Wasser	%	8,0%	7,9%		8,0%
Asche	%	8,3%	8,2%		8,3%
Schwefel	%	0,84%	0,92%		0,92%
Chlor		0,41%	0,38%		0,41%
Schwermetalle:					
Arsen	mg/kg TS	19,0	13,0	2,2 - 45,9	19,0
Cadmium	mg/kg TS	0,2	< 0,5	< 0,5 - 3,2	0,5
Chrom	mg/kg TS	3,8	12,0	13 - 64,7	12
Kupfer	mg/kg TS	14,0	13,0	9 - 26	14
Nickel	mg/kg TS	11,0	13,0	1 - 269	13
Blei	mg/kg TS	80,0	22,0	7,8 - 57,5	80
Quecksilber	mg/kg TS	0,2	<0,3	< 0,02 - 0,64	0,2
Thallium	mg/kg TS	-	< 1	< 0,5 - 2,1	1,0
Cobalt	mg/kg TS	-	< 20	1,3 - 13	20
Vanadium	mg/kg TS	-	< 10	34 - 621	10
Zinn	mg/kg TS	-	< 20	< 5 - 39,6	20
Antimon	mg/kg TS	-	< 10	bis 46,2	10

Die beiden linken Spalten zeigen die Eigenschaften gemäß den Angaben der Antragstellerin. Rechts davon sind zum Vergleich Spannweiten der Schwermetallgehalte von in Nordrhein-Westfalen eingesetzten Steinkohlen aufgelistet. Die rechte Spalte zeigt die angesetzten Werte für weitere Berechnungen im vorliegenden Gutachten.

6.2 Eigenschaften von Klärschlamm

Die Eigenschaften der Klärschlämme variieren in hohem Maße in Abhängigkeit der Art der Einleiter im Einzugsbereich der Kläranlagen und der Anlagentechnik in der Kläranlage. Die nachfolgende Tabelle 6.2 zeigt die Ergebnisse verschiedener Analysen aus verschiedenen Quellen bezogen auf die Trockensubstanz (TS).

Tabelle 6.2 Eigenschaften von Klärschlämmen

		Bandbreiten nach Angaben Antragstellerin	Mittlere Schwermetallkonzentrationen nach UBA	Schwermetallkonzentrationen in NRW	Schwermetallkonzentrationen in NRW: Gewichtestes Mittel	Mittlere Kenndaten Rohschlamm	Mittlere Kenndaten Faulschlamm	Annahmen für ifeu-Ökobilanz zur Klärschlammverwertung	Annahmen für weitere Berechnung im Gutachten (Mittelwerte)	Annahmen für weitere Berechnung im Gutachten (Maximalwerte)
Datenquelle		Saarenergie 2002/2	UBA 2001	ifeu 2001	ifeu 2001	Thomé-Kozmiensky 1998		ifeu 2001		
Herkunft						Rohschlamm	Faulschlamm		Faulschlamm	
Heizwert	kJ/kg TS	> 11.000				17.300	11.500		11.500	
Wasser										
Asche	% TS	20 - 56				25	50	50	50	
Schwefel		bis 4,5 %						0,1	0,1	4,5
Chlor		bis 0,5 %						0,4	0,4	0,5
Schwermetalle:										
Arsen	mg/kg TS							2	2	
Cadmium	mg/kg TS	bis 10	1,4	0,1 - 52,9	2,3			2	2	53
Chrom	mg/kg TS	bis 900	46	1 - 823	106			50	50	900
Kupfer	mg/kg TS	bis 800	274	14 - 1.833	352			300	300	1.833
Nickel	mg/kg TS	bis 200	23	3 - 517	55			50	50	517
Blei	mg/kg TS	bis 900	63	3,5 - 999	121			150	100	999
Quecksilber	mg/kg TS	bis 8	1	0 - 5,4	1,4			1,5	1,4	8
Thallium	mg/kg TS								k. A.	
Cobalt	mg/kg TS	bis 200							k. A.	
Vanadium	mg/kg TS								k. A.	
Zinn	mg/kg TS								k. A.	

Von großer Bedeutung für die Schlammeigenschaften ist die Herkunft des Schlammes. Rohschlamm ist nicht stabilisierter Schlamm mit einem höheren Organikanteil und einem dementsprechend höheren Heizwert als stabilisierter Schlamm (ausgefaulter Schlamm; Faulschlamm). Der Rohschlamm wird häufig anaerob oder aerob stabilisiert. Im Zuge der Stabilisierung wird ein Teil der Organik abgebaut mit der Folge, dass der Ascheanteil steigt und der Heizwert sinkt. Vorteile des ausgefaulten Schlammes sind die teilweise Hygienisierung, die Gewinnung von Faulgas (bei anaerober Stabilisierung) und der Abbau von Geruchsstoffen. Aufgrund der Angaben zum Heizwert und zum Ascheanteil, der von der Antragstellerin beigefügten Klärschlammanalysen, kann davon ausgegangen werden, dass es sich bei allen analysierten Klärschlämmen um Faulschlamm bzw. stabilisierten Schlamm handelt. Bei den Berechnungen im vorliegenden Gutachten werden daher die Parameter von Faulschlamm zugrunde gelegt.

Weiterhin wird ein Heizwert von 11.500 kJ/kg TS angenommen. Dieser Mittelwert entspricht zum einen Angaben in der Literatur [Thomé-Kozmiensky 1998] und zum anderen von der Größenordnung her den Analysen von Klärschlämmen der Klärschlamm-trocknungsanlage Weiher und der Kläranlage Forchheim [SaarEnergie 2002/3]. Der mittlere Ascheanteil wird mit 50 % angesetzt. Die angenommenen Werte für den Gehalt an Chlor, Schwefel und Schwermetallen für die weiteren Berechnungen zeigt Tabelle 6.2 in der zweiten Spalte von rechts. In der äußersten rechten Spalte sind darüber hinaus die Maximalwerte dieser Stoffe aufgeführt, wie sie in den aufgeführten Quellen genannt wurden. Hier wird deutlich, dass die Spitzenbelastungen von Klärschlämmen um ein Vielfaches über der durchschnittlichen Belastung liegen können.

6.3 Vergleich der Eigenschaften von Steinkohle und Klärschlamm

Tabelle 6.3 stellt die angenommen mittleren Parameter zur Charakterisierung der eingesetzten Steinkohle und der eingesetzten Klärschlämme bezogen auf ihre Masse (kg) gegenüber. Sie zeigt deutlich, dass der Heizwert von vollständig getrocknetem Klärschlamm weniger als die Hälfte des Heizwerts der Steinkohle aufweist. Weiterhin wird der hohe Aschegehalt des Klärschlammes deutlich. Er ist sechsmal so hoch wie der von Steinkohle. Noch aussagekräftiger als der massenbezogene Vergleich ist der Vergleich der Parameter bezogen auf den Energiegehalt der Einsatzstoffe. Diesen Vergleich zeigt Tabelle 6.4.

Tabelle 6.3 Vergleich der angenommenen Eigenschaften von Steinkohle und Klärschlämmen bezogen auf die Masse

		Kohle	Klärschlamm (TS) Mittelwerte	Klärschlamm (TS) Maximalwerte
Heizwert	kJ/kg	28.000	11.500	
Wasser		8,0		
Asche	%	8,3	50	
Chlor	%	0,41%	0,40%	0,50%
Schwefel	%	0,92%	0,10%	4,50%
Schwermetalle:				
Arsen	mg/kg TS	19	2	-
Cadmium	mg/kg TS	0,5	2	53
Chrom	mg/kg TS	12	50	900
Kupfer	mg/kg TS	14	300	1833
Nickel	mg/kg TS	13	50	517
Blei	mg/kg TS	80	100	999
Quecksilber	mg/kg TS	0,2	1,4	8
Thallium	mg/kg TS	1	k. A.	k. A.
Cobalt	mg/kg TS	20	k. A.	k. A.
Vanadium	mg/kg TS	10	k. A.	k. A.
Zinn	mg/kg TS	20	k. A.	k. A.
Antimon	mg/kg TS	10	k. A.	k. A.

Tabelle 6.4 Vergleich der angenommenen Eigenschaften von Steinkohle und Klärschlämmen bezogen auf den Energiegehalt

		Kohle	Klärschlamm (TS) Mittelwerte	Klärschlamm (TS) Maximalwerte	Faktor Klärschlamm : Kohle Mittelwerte	Faktor Klärschlamm : Kohle Maximalwerte
Asche	g/MJ	2,96	43,48	-	15	
Chlor	g/MJ	0,15	0,35	0,43	2,4	3,0
Schwefel	g/MJ	0,33	0,09	3,91	0,3	12
Schwermetalle:						
Arsen	mg/MJ	0,68	0,17	-	0,3	-
Cadmium	mg/MJ	0,018	0,17	4,6	10	258
Chrom	mg/MJ	0,43	4,3	78,3	10	183
Kupfer	mg/MJ	0,50	26,1	159,4	52	319
Nickel	mg/MJ	0,46	4,3	45,0	9	97
Blei	mg/MJ	2,86	8,7	86,9	3	30
Quecksilber	mg/MJ	0,007	0,12	0,7	17	97
Thallium	mg/MJ	0,04	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Cobalt	mg/MJ	0,71	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Vanadium	mg/MJ	0,36	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Zinn	mg/MJ	0,71	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Antimon	mg/MJ	0,36	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.

Bezogen auf den Energiegehalt des eingesetzten Brennstoffs bedeutet dies, dass pro Megajoule eingesetztem Brennstoff

- bei Klärschlamm rund 15 mal mehr Asche anfällt als bei Steinkohle,
- der Chloreintrag bei Klärschlämmen um den Faktor 2 – 3 höher ist als bei Steinkohle und

- der Schwermetalleintrag bei Cadmium, Chrom, Nickel, Kupfer, Blei und Quecksilber bei der Klärschlammverbrennung um ein vielfaches erhöht ist.

Für den Fall, dass 15 % der Feuerungswärmeleistung durch die Klärschlammmitverbrennung abgedeckt wird, zeigt Tabelle 6.5 die Erhöhung des Asche-, Chlor- und Schwermetallinputs im Vergleich zur reinen Steinkohlefeuerung.

Tabelle 6.5 Erhöhungsfaktor für den Input von Schwermetallen, Chlor, Schwefel und Asche bei der Mitverbrennung von Klärschlamm mit 15 % der Feuerungswärmeleistung im Vergleich zur reinen Steinkohlefeuerung

	Klärschlamm mittlere Werte	Klärschlamm Maximalwerte
Asche	3,1	
Chlor	1,2	1,3
Schwefel	0,9	2,6
Schwermetalle:		
Arsen	0,9	
Cadmium	2,3	40
Chrom	2,4	28
Kupfer	9	49
Nickel	2,3	15
Blei	1,3	5
Quecksilber	3,4	15

Damit ergibt sich für folgende Stoffe bei der Klärschlammmitverbrennung mit 15 % der Feuerungswärmeleistung eine bedeutende Zunahme:

- der Ascheanfall wird um etwas das 3-fache ansteigen;
- der Cadmium-, Chrom- und Nickeleintrag wird sich verdoppeln; bei maximal belasteten Klärschlämmen können sich Erhöhungsfaktoren bis zu 40 ergeben;
- der Kupfereintrag wird sich in etwa verneunfachen;
- der Bleieintrag wird um etwa 1,3 bzw. im Extremfall temporär auf das 15-fache ansteigen;
- der Quecksilbereintrag wird sich verdreifachen bzw. sich im Extremfall temporär verfünzfachen.

6.4 Verteilung des Schwermetallinputs auf die Outputströme

Die Antragstellerin hat keine Angaben zu den Transferfaktoren für die Schwermetalle gemacht, also der Verteilung der Schwermetalle vom Brennstoffinput auf die Outputfraktionen Grobasche, Flugasche, Gips, Abwasser und Reingas. Es wird darum auf mittlere Transferfaktoren zurückgegriffen, die die Prognos AG aufgrund von Literaturwerten und Untersuchungsergebnissen eines Kraftwerks in NRW für Steinkohle-Trockenfeuerungen ermittelt hat [Prognos 2003]. Die Transferfaktoren sind

ausschnittsweise für die in diesem Gutachten näher betrachteten Schwermetalle in Tabelle 6.6 dargestellt.

Tabelle 6.6 Mittlere Transferfaktoren für Trockenfeuerungen mit Steinkohle [Prognos 2003]

	Mittlere Verteilung des Ouputs in %				
	Grobasche	Flugasche	Gips	Abwasser	Reingas
Cadmium	11,0	78,9	8,0	0,50	1,6
Chrom	16,0	83,5	0,4	0,01	0,1
Kupfer	18,0	80,4	1,4	0,15	0,1
Nickel	12,0	87,7	0,2	0,01	0,1
Blei	11,0	87,7	0,9	0,04	0,3
Quecksilber	1,0	64,0	8,0	1,00	26,0

Mittels der Transferfaktoren aus Tabelle 6.6 und des Schwermetallinputs im Brennstoff in Tabelle 6.4 lässt sich abschätzen, welche jährlichen Schadstoffströme in den verschiedenen Outputfraktionen auftreten. Diese sind in der nachfolgenden Tabelle 6.7 dargestellt. Es wurde bei der Berechnung von 4.500 Volllaststunden jährlich bezogen auf eine Gesamtfeuerungswärmeleistung von 1.840 MW ausgegangen.

Tabelle 6.7 Schwermetallinput- und -outputströme bei 4.500 Volllaststunden pro Jahr

Feuerungswärmeleistung [MW]: Volllaststunden [h/a]		100% Steinkohle	85% Steinkohle 15% Klärschlamm	Differenz
1.840	4.500			
Schwermetallinput im Brennstoff				
Cadmium	kg/a	532	1.230	698
Chrom	kg/a	12.775	30.299	17.524
Kupfer	kg/a	14.904	129.308	114.404
Nickel	kg/a	13.839	31.204	17.364
Blei	kg/a	85.166	111.271	26.105
Quecksilber	kg/a	213	725	512
Schwermetalloutput in Grobasche (Kesselasche)				
Cadmium	kg/a	59	135	77
Chrom	kg/a	2.044	4.848	2.804
Kupfer	kg/a	2.683	23.276	20.593
Nickel	kg/a	1.661	3.744	2.084
Blei	kg/a	9.368	12.240	2.872
Quecksilber	kg/a	2	7	5
Schwermetalloutput in Flugasche (Filterstaub)				
Cadmium	kg/a	420	971	551
Chrom	kg/a	10.667	25.299	14.632
Kupfer	kg/a	11.983	103.964	91.981
Nickel	kg/a	12.137	27.365	15.228
Blei	kg/a	74.690	97.585	22.894
Quecksilber	kg/a	136	464	328
Schwermetalloutput im Gips				
Cadmium	kg/a	43	98	56
Chrom	kg/a	51	121	70
Kupfer	kg/a	209	1.810	1.602
Nickel	kg/a	28	62	35
Blei	kg/a	766	1.001	235
Quecksilber	kg/a	17	58	41
Schwermetalloutput im Abwasser				
Cadmium	kg/a	3	6	3
Chrom	kg/a	1	3	2
Kupfer	kg/a	22	194	172
Nickel	kg/a	1	3	2
Blei	kg/a	34	45	10
Quecksilber	kg/a	2	7	5
Schwermetalloutput im Reingas				
Cadmium	kg/a	9	20	11
Chrom	kg/a	13	30	18
Kupfer	kg/a	15	129	114
Nickel	kg/a	14	31	17
Blei	kg/a	255	334	78
Quecksilber	kg/a	55	189	133

6.5 Aschemengen und Schwermetallgehalte in den Aschen

6.5.1 Aschemengen

Ein Teil des Ascheanteils im Brennstoff fällt im Bereich des Feuerraums an (Kesselasche, Grobasche) und wird im folgenden als Kesselasche bezeichnet. Der größere Teil fällt im Elektrofilter (Filterstaub, Flugasche) an und wird im folgenden als Flugasche bezeichnet.

Insgesamt ergeben sich folgende Mengen:

Tabelle 6.8 Aschemengen (Grobasche und Flugasche) nach eigenen Berechnungen und Angaben der Antragstellerin

	Berechnung aus angenommenen Aschegehalten des Brennstoffs t	Angaben der Antragstellerin t
100% Steinkohlefeuerung	88.359	
85% Steinkohle, 15% Klärschlamm	269.506	
Differenz	181.146	24.800
Erhöhung um Faktor	3,1	

Tabelle 6.8 zeigt erhebliche Abweichungen zwischen den Berechnungen auf der Grundlage der Aschegehalte der eingesetzten Brennstoffe und den Angaben der Antragstellerin in Anlage 2, Formular 5. Die Angaben der Antragstellerin hierzu sind nicht nachvollziehbar und scheinen um ein vielfaches zu niedrig angesetzt.

Die Berechnungen aufgrund der Aschegehalte gehen von den Aschegehalten gemäß Tabelle 6.4 und einem Betrieb mit 4.500 Volllaststunden jährlich bei einer maximalen Feuerungswärmeleistung von 1.840 MW aus. Wenn für die Berechnung nicht die Feuerungswärmeleistung, sondern die von der Antragstellerin angegebenen Klärschlammströme von 20 t/h bzw. 40 t/h angesetzt werden, ergeben sich andere Werte, die jedoch auch um ein mehrfaches über den Angaben der Antragstellerin liegen und stark von dem Wassergehalt der eingesetzten Klärschlämme abhängen.

6.5.2 Schwermetallgehalte in den Aschen und Stäuben

Durch den erhöhten Schwermetallinput bei der Klärschlammmitverbrennung werden auch höhere Schwermetallmengen in die Aschen gelangen. In Tabelle 6.5 sind die für die Klärschlammmitverbrennung die Erhöhungsfaktoren für die anfallenden Aschen und den Schwermetallinput dargestellt. Die Aschenmengen steigen ca. um das 3-fache. Der Input an den Schwermetallen Kupfer und Quecksilber steigt stärker, und zwar um das 9 bzw. 3,4-fache bei einer mittleren Belastung der Klärschlämme. Damit werden die anfallenden Aschen auch höhere Gehalte von Kupfer und Quecksilber aufweisen als bei

reiner Steinkohleverbrennung. Wenn Klärschlamm mit hoher Schwermetallbelastung (siehe Spalte Maximalwerte) eingesetzt wird, steigt der Schwermetallinput um das 5 bis 40-fache und führt zu drastisch höheren Schadstoffkonzentrationen in den Aschen.

Das mit den Genehmigungsunterlagen eingereichte Gutachten von ProTerra [ProTerra 2002] macht die Aussage, dass sich die anfallenden Abfälle durch die geplante Mitverbrennung von Klärschlamm nicht verändern. Dabei wird auf durchgeführte Messungen am Kraftwerk Weiher II hingewiesen, in dem Klärschlamm mitverbrannt wird. Dieser Vergleich ist fachlich jedoch nicht tragfähig, da es sich beim Kraftwerk Weiher II um eine Schmelzkammerfeuerung handelt und im Kraftwerk Bexbach eine Trockenfeuerung installiert ist. Bei diesen beiden Kraftwerkstypen ergibt sich eine völlig unterschiedliche Verteilung der Schwermetalle aus dem Brennstoff auf die verschiedenen Outputströme Grobasche, Flugasche und Luft. Bei der Trockenfeuerung gelangen für einige Schwermetalle um ein vielfaches höhere Anteile in die Flugasche. Das bedeutet, dass die Flugaschen (Filterstäube aus dem Elektrofilters) deutlich höher belastet sind als von der Antragstellerin angenommen.

Aus diesem Grund hätten u.a. folgende Überprüfungen erfolgen und in den Antragsunterlagen dargestellt werden müssen.

1. Die Überprüfung, ob es sich bei der Mitverbrennung von Klärschlämmen bei dem Filterstaub aus dem Elektrofilter tatsächlich um Filterstäube der AVV-Schlüssel-Nr. 10 01 17 (Filterstäube aus der Abfallmitverbrennung mit Ausnahme derjenigen, die unter 10 01 16 fallen) handelt [AVV]. Aufgrund der Schadstoffgehalte in Klärschlämmen und der Anreicherung der Schadstoffe im Filterstaub des Elektrofilters muss vielmehr davon ausgegangen werden, dass es sich bei diesem Filterstaub um einen der AVV-Schlüssel-Nr. 10 01 16* (Filterstäube aus der Abfallmitverbrennung, die gefährliche Stoffe enthalten) handelt. Da es sich dann bei diesem Filterstaub um einen besonders überwachungsbedürftigen Abfall handelt, hätte weiterhin in den Antragsunterlagen dargelegt werden müssen, ob die Beseitigung auf der betriebseigenen Deponie (Halde Bexbach) noch zulässig oder ohne Auswirkungen auf die Rechte Dritter und auf die Umwelt möglich ist.
2. Die Überprüfung, ob die Abfälle, die derzeit noch verwertet werden, auch weiterhin einer Verwertung zugeführt werden können. Denn nach § 5 Abs. 5 KrW-/AbfG entfällt beispielsweise der Vorrang der Verwertung, wenn die Beseitigung die umweltverträglichere Lösung darstellt.

Für den Falle einer Genehmigung der Klärschlammmitverbrennung wäre weiterhin die Auflage zu machen, regelmäßige Untersuchungen der Reststoffe auf Schwermetalle durchzuführen.

6.6 Gipsanfall und Schwermetallgehalte

Die Menge des anfallenden Gips ist proportional zum Schwefelinput mit dem Brennstoff. Nach Tabelle 6.5 ist im Regelfall (bei mittlerem Schwefelgehalt der Klär-

schlämme) nicht mit einer Zunahme der Gipsmenge zu rechnen. Jedoch ändert sich die Schwermetallbelastung des Gips. Tabelle 6.5 zeigt die Erhöhungsfaktoren für die Schwermetalle im Brennstoffinput. Wenn die Gipsmenge in der Summe in etwa konstant bleibt, erhöhen sich die Schwermetallkonzentrationen im Gips entsprechend diesen Erhöhungsfaktoren, die zwischen 1,3 und 9 für die einzelnen Schwermetalle liegen. Es ist von der Antragstellerin nachzuweisen, ob die höhere Schwermetallbelastung eine Verwertung des Gipses verhindert. Dabei kann entgegen den Angaben der Antragstellerin nicht auf Erfahrungen im Kraftwerk Weiher II zurückgegriffen werden, da dieses Kraftwerk mit einer Schmelzfeuerung arbeitet. Für diese Feuerung liegen die Transferfaktoren für den Übergang in die Gipsfraktion für die meisten Schwermetalle niedriger [Prognos 2003]. Somit ergeben sich bei der Schmelzfeuerung für die meisten Schwermetalle niedrigere Belastungen des Gipses als bei der vorliegenden Trockenfeuerung.

6.7 Schwermetalle im Abwasser

Die in den Klärschlämmen enthaltenen Schadstoffe gelangen zum Teil in das Abwasser und damit in die Blies. In Tabelle 6.7 wurden die Schwermetallfrachten in das Abwasser bzw. in die Blies für die Mitverbrennung von Klärschlämmen mit mittleren Schadstoffgehalten abgeschätzt. Die abgeschätzten zusätzlichen Frachten liegen zwischen zwei und zehn kg jährlich für Cadmium, Chrom, Nickel, Blei und Quecksilber sowie bei ca. 150 kg/a für Kupfer. Da derzeit nicht bekannt ist, welche Klärschlämme tatsächlich im Kraftwerk mitverbrannt werden, muss weiterhin davon ausgegangen werden, dass auch Klärschlämme zum Einsatz kommen, die wesentlich höhere Schadstoffgehalte aufweisen als die in der Berechnung angesetzten Klärschlämme mit mittlerer Belastung.

Bei der Blies handelt es sich laut Antragsunterlagen um ein stark verschmutztes Oberflächengewässer der Gewässergüteklasse III. Die Europäische Wasserrahmenrichtlinie sieht für die Zukunft vor, dass die Mitgliedstaaten dafür sorgen müssen, dass alle Oberflächengewässer einen guten Gewässerzustand erreichen. Ein guter Gewässerzustand entspricht der Gewässergüteklasse I-II. Um dies für die Blies zu erreichen, ist jede zusätzliche Schadstoffeinleitung nicht nur zu unterbinden, sondern es ist dafür Sorge zu tragen, dass die bestehenden Schadstoffeinleitungen verringert werden.

Es muss bezweifelt werden, dass das Einleiten von Abwasser in die Blies bei der Mitverbrennung von Klärschlämmen auch weiterhin stattfinden kann, selbst wenn die zulässigen Überwachungswerte zur Einleitung der Kraftwerksabwässer in die Blies nach Angaben der Antragstellerin eingehalten werden.

6.8 Schwermetalle im Reingas

In Kapitel 6.4 wurde die jährliche atmosphärische Emissionsfracht von Schwermetallen im Reingas mit Annahmen zum Schadstoffgehalt der Kohlen und Klärschlämme und

den Transferfaktoren abgeschätzt. Es wurde der jährliche Mehrausstoß bei einer 15 %-igen Klärschlammmitverbrennung gegenüber der reinen Steinkohlefeuerung in kg/a abgeschätzt und in Tabelle 6.7 dargestellt. Neben diesen absoluten Werten sind die saarländischen Gesamtemissionen der Schwermetalle aus allen Emissionsquellen ein aussagekräftiger Vergleichswert, um die Relevanz der Emissionen aus dem Kraftwerk Bexbach für die Gesamtbelastung im Saarland abzuschätzen.

Für die luftseitigen Gesamtemissionen von Schwermetallen liegen keine bundesland-spezifischen Daten vor, so dass die Gesamtemissionen im Saarland in grober Näherung über die gesamtdeutschen Emissionen und die Annahme, dass die Gesamtemissionen pro Einwohner konstant sind, abgeschätzt werden.

Folgende Einwohnerzahlen werden angesetzt:

Einwohner BRD gesamt	82.200.000
Einwohner BRD alt	60.000.000
Einwohner Saarland	1.071.000

Für die Gesamtemissionen in Deutschland werden folgende Daten zugrundegelegt:

Tabelle 6.9 Angenommene Gesamtemissionen von Schwermetallen in Deutschland

Schwermetall	Menge in t/a	Bezugsregion	Bezugsjahr	Quelle
Cadmium	11,0	Gesamt-BRD	1995	Verkehr in Zahlen 1999
Chrom	115,0	Gesamt-BRD	1995	Verkehr in Zahlen 1999
Kupfer	34,0	BRD alt	1995	UBA 2002
Nickel	159,0	Gesamt-BRD	1995	Verkehr in Zahlen 1999
Blei	632,0	Gesamt-BRD	1995	UBA 2002
Quecksilber	45,0	Gesamt-BRD	1995	Verkehr in Zahlen 1999

Die daraus berechneten atmosphärischen Emissionen im Saarland zeigt nachfolgende Tabelle 6.10. Es wird dargestellt, welche Gesamtemissionen aus allen Emissionsquellen für das Saarland abgeschätzt werden, und um welchen Prozentsatz die Luftemissionen im Saarland bei der beantragten Klärschlammmitverbrennung in Bexbach nach dieser Abschätzung steigen werden.

Tabelle 6.10 Abschätzung der prozentualen Steigerung der Gesamtemissionen im Saarland durch Mitverbrennung von 15 % Klärschlamm im Kraftwerk Bexbach

Schwermetall	Abgeschätzte Gesamtemissionen im Saarland (alle Emissionsquellen) kg/a	Prozentuale Steigerung der Gesamtemissionen im Saarland durch Mitverbrennung von 15 % Klärschlamm in Bexbach %
Cadmium	143	7,8
Chrom	1.498	1,2
Kupfer	607	18,9
Nickel	2.072	0,8
Blei	8.234	1,0
Quecksilber	586	22,7

Tabelle 6.10 zeigt, dass insbesondere für die Schwermetalle Cadmium, Kupfer und Quecksilber eine bedeutende Erhöhung der Gesamt-Luftemissionen im Saarland durch die Klärschlammmitverbrennung möglich ist. Für die Schwermetalle Cadmium, Kupfer und Quecksilber wurde eine mögliche Erhöhung des Gesamt-Luftemissionen im Saarland um 7 %, 17 % bzw. 20 % errechnet, die alleine auf die Klärschlammmitverbrennung in Bexbach zurückzuführen ist. Da der Berechnung zahlreiche Annahmen zum Brennstoffinput, zu den Transferfaktoren und zu den Gesamtluftemissionen im Saarland zugrunde liegen und erhebliche Datenunsicherheiten bestehen, können diese Zahlen nur als grobe Orientierungswerte dienen. Eine ausführliche Prüfung der Emissionssituation im Saarland und im Kraftwerk Bexbach sowie der Transferfaktoren ist dringend zu empfehlen.

Weiterhin ist aus den Berechnungen zu schließen, dass auf eine kontinuierliche Messung der Quecksilberemissionen keineswegs – wie von der Antragstellerin beantragt – verzichtet werden kann, da durch die Klärschlammmitverbrennung eine bedeutende Emissionsfracht in die Luft zu erwarten ist. Außerdem soll auf die kontinuierliche Messung nach § 11 Abs. 2 der 17. BImSchV bzw. dem Entwurf zur Novellierung der 17. BImSchV nur verzichtet werden, wenn zuverlässig nachgewiesen ist, dass die Emissionsgrenzwerte ($0,03 \text{ mg/m}^3$ als Tagesmittelwert in beiden Fällen) nur zu weniger als 20 % in Anspruch genommen werden ($< 0,006 \text{ mg/m}^3$ als Tagesmittelwert). Der beantragte Emissionsgrenzwert liegt mit $0,09 \text{ mg/m}^3$ um das 15-fache darüber, so dass von einem zuverlässigen Nachweis keine Rede sein kann.

Auch ist darauf hinzuweisen, dass eine kontinuierliche Quecksilber-Messung notwendig ist, da Quecksilber durch Memory-Effekte in der Anlage nicht kontinuierlich gleichmäßig emittiert wird, sondern sich erhebliche Schwankungen im zeitlichen Verlauf ergeben. Kurze Messungen in großen Zeitintervallen sind daher nicht ausreichend aussagekräftig.

Für die Quecksilberabscheidung im Rahmen der bestehenden Rauchgasreinigung besteht weiterhin das grundlegende Problem, dass die Rauchgasreinigung nicht auf eine weitgehende Quecksilber-Abscheidung ausgelegt ist. Der E-Filter und die REA alleine bieten keine befriedigende Quecksilber-Abscheidungsrate, da hier das elementare Quecksilber nicht ausreichend zurückgehalten wird [Paur et al. 2000]. Dies gilt in verstärktem Maße für kurzfristige Emissionsspitzen. Es wird empfohlen, eine zusätzliche Rauchgasreinigungsstufe, beispielsweise ein Adsorptionsverfahren auf Aktivkohlebasis einzusetzen. Dieses Verfahren ist bei Müllverbrennungsanlagen Stand der Technik .

7 Literaturverzeichnis

13. BImSchV Dreizehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Großfeuerungsanlagen – 13. BImSchV) v. 22.06.1983, BGBl. I S. 719, zuletzt geändert am 03.05.2000, BGBl. I S. 632
13. BImSchV Entwurf Dreizehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Großfeuerungsanlagen – 13. BImSchV) – Entwurf, Stand 05.11.2002, www.bmu.de
17. BImSchV Siebzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Verbrennungsanlagen für Abfälle und ähnliche brennbare Stoffe – 17. BImSchV) v. 23.11.1990, BGBl. I S. 2545, zuletzt geändert am 27.07.2001, BGBl. I S. 1950
17. BImSchV Entwurf Verordnung zur Änderung der Verordnung über Verbrennungsanlagen für Abfälle und ähnliche brennbare Stoffe und weiterer Verordnungen zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, Entwurf, Stand: Kabinettsbeschluss v. 27.09.2002, www.bmu.de
- 2000/76/EG Richtlinie 2000/76/EG des Europäischen Parlaments und des Rates v. 04.12.2000 über die Verbrennung von Abfällen, EG-ABl. L 332/91
- 2001/80/EG Richtlinie 2001/80/EG des Europäischen Parlaments und des Rates v. 23.10.2001 zur Begrenzung von Schadstoffemissionen von Großfeuerungsanlagen in die Luft, EG-ABl. L 309/1
- AVV Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnis-Verordnung – AVV) v. 25.04.2002, BGBl. I S. 1493
- DSK 2002 DSK-Saar – Service-Center-Umweltschutz: Schalltechnisches Gutachten – Kraftwerksstandort Bexbach – Mitverbrennung von Klärschlamm, Völklingen 2002
- ifeu 2001 Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH: Abfälle aus Kläranlagen in Nordrhein-Westfalen, Hrsg.: Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, 2001
- KrW-/AbfG Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz – KrW-/AbfG) v. 27.09.1994, BGBl. I S. 2705, zuletzt geändert am 21.08.2002, BGBl. I S. 3342
- Ministerium für Umwelt 2000 Ministerium für Umwelt des Saarlands: Beseitigung von kommunalem Abwasser im Saarland, Lagerbericht 2000; <http://www.umwelt.saarland.de/medien/inhalt/Lagebericht2001.PDF>
- Paur et al. 2000 Paur, H.; Büchele, H.; Schrader, C.; Bolin, P.; Winkler, W.; Berkahn, W.: Messung und Minderung von Quecksilberemissionen bei der thermischen Abfallbehandlung; Nachrichten, Forschungszentrum Karlsruhe Jahrg. 32, 3/2000, S. 176-181, 2000

ProTerra 2002	ProTerra – Umweltschutz- und Managementberatung GmbH: Gutachterliche Stellungnahme entsprechend den Vorgaben des § 3 c (allgemeine Vorprüfung des Einzelfalls) des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung für die Mitverbrennung von Klärschlamm und die Errichtung von Annahme-, Lager- und Fördereinrichtungen für Klärschlamm im Kraftwerk Bexbach, Sulzbach 2002
Prognos 2003	Prognos AG: Leitfaden energetische Verwertung von Abfällen in Zementwerken, Kalkwerken und Kraftwerken in Nordrhein-Westfalen, Auftraggeber: Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, 2003
Rentz et al. 1998	Rentz, O.; Sasse, H.; Karl, U.; Schleef, H.; Dorn, R.: Maßnahmen zur Emissionsminderung bei stationären Quellen in der Bundesrepublik Deutschland, Band II: Minderung von Schwermetallemissionen, Forschungsbericht 204 02 360; Hrsg. Umweltbundesamt, Texte 26/98, 1998
SaarEnergie 2002/2	SaarEnergie GmbH: Antrag auf Genehmigung zur Verbrennung von Klärschlamm, Anlage 2, 2002
SaarEnergie 2002/3	SaarEnergie GmbH: Antrag auf Genehmigung zur Verbrennung von Klärschlamm, Anlage 3, 2002
TAL 86	Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) v. 27.02.1986, GMBI. S. 95
TAL 2002	Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) v. 24.07.2002, GMBI. S. 511
Thomé-Kozmiensky 1998	Thomé-Kozmiensky, K.-J.: Klärschlamm Entsorgung, TK-Verlag, Neuruppin 1998
TÜV 2002	TÜV Saarland e.V.: Bericht über die Durchführung von Emissionsmessungen im gereinigten Abgasstrom des Kraftwerkes Bexbach nach REA 3 der SaarEnergie GmbH vom 21. bis 23. Januar 2002, Az.: 6030 2A 0019, Februar 2002
UBA 2001	Umweltbundesamt: Daten zum Umwelt 2000, Berlin 2001
UBA 2002	Umweltbundesamt: Atmosphärische Emissionen für Schwermetalle, für 1995 geschätzte Werte, http://www.umweltbundesamt.de/luft/emissionen/bericht/aktuelle-daten/schadstoffe/schwermetalle/HM_Prio.pdf ; Stand 2002
Verkehr in Zahlen 1999	Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (Hrsg.): Verkehr in Zahlen 1999 / Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (Bearb.), Hamburg 1999

