



Leitfaden zur energetischen Verwertung von Abfällen in Zement-, Kalk- und Kraftwerken in Nordrhein-Westfalen

2. Auflage

Impressum

Herausgeber: **Ministerium für Umwelt und Naturschutz,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen**
Schwannstraße 3
40476 Düsseldorf
Telefon 0211-45 66-0
Telefax 0211-45 66-388
E-Mail poststelle@munlv.nrw.de
Verantwortlich:
Gudrun Both

Inhaltliche **Prognos AG**
Bearbeitung Dovestraße 2-4
(Kap. 4 - 7): 10587 Berlin
Telefon 030-39922-800
Holger Alwast
Marcus Koepp

Gestaltung: **Köhler Kommunikation**
Werbeagentur GmbH
Alt-Heerdt 108
40549 Düsseldorf
Telefon 0211-601800

Fotos: **E.ON**
RWE-Umwelt

Leitfaden zur energetischen Verwertung von Abfällen in Zement-, Kalk- und Kraftwerken in Nordrhein-Westfalen

2. Auflage

Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und
Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen

September 2005

Inhalt

Vorwort zur 2. Auflage	6
Merkblatt zur energetischen Verwertung von Abfällen in Mitverbrennungsanlagen für die Genehmigungs- und Überwachungspraxis in Nordrhein-Westfalen	8
I. Genehmigungs- und Überwachungspraxis der Abfallmitverbrennung	10
I.1 Richtwerte zur tolerierbaren Schadstoffbelastung der Abfälle	10
I.2 Abfälle zur energetischen Verwertung in Mitverbrennungsanlagen – Positivliste	13
I.3 Vereinfachungen im Rahmen der Genehmigung und Überwachung	16
II. Fortschreibung	19
Leitfaden zur energetischen Verwertung von Abfällen in Zement-, Kalk- und Kraftwerken in Nordrhein-Westfalen	20
1. Einleitung	22
2. Ziele und Inhalte des Leitfadens	24
3. Rechtliche Grundlagen der energetischen Verwertung von Abfällen und deren Umsetzung in NRW	28
3.1 Rechtliche Regelungen zur Mitverbrennung von Abfällen	28
3.1.1 Richtlinie 2000/76/EG über die Verbrennung von Abfällen	28
3.1.2 Verordnung über die Verbrennung und Mitverbrennung von Abfällen – 17. BImSchV	30
3.1.3 Regelungen der TA-Luft und der 13. BImSchV	34
3.2 Umsetzung in der Genehmigungs- und Überwachungspraxis in Nordrhein-Westfalen	36
4. Verwertung von Abfällen bei der Zementherstellung	38
4.1 Zementherstellungsprozess	39
4.2 Mitverbrennung von Abfällen bei der Zementherstellung	43
5. Verwertung von Abfällen in Kalkwerken	44
5.1 Kalkherstellungsprozess	44
5.2 Mitverbrennung von Abfällen in Kalkwerken	44

6. Verwertung von Abfällen in Kraftwerken	46
6.1 Kraftwerksprozess und -typen	46
6.2 Mitverbrennung von Abfällen in Kraftwerken	47
7. Stoffflussmodelle	50
7.1 Anforderungen an die energetische Verwertung von Abfällen	51
7.2 Methodik der Stoffflussanalyse	52
7.3 Transferverhalten der betrachteten Schwermetalle	56
7.3.1 Zementwerke und Kalkwerke	56
7.3.2 Kraftwerke	58
7.4 Szenarien für die betrachteten Anlagentypen	69
7.4.1 Zementwerke und Kalkwerke	77
7.4.2 Kraftwerke	81
7.5 Ergebnisse der Stoffflussbilanzierungen	83
7.5.1 Zementwerke und Kalkwerke	83
7.5.2 Kraftwerke	88
7.6 Zusammenfassung der Ergebnisse der Stoffflussberechnungen	108
8. Projektbegleitender Arbeitskreis	111
9. Verwendete Quellen	112
Anhang	116
A Genehmigungsbescheid	118
B Transferfaktoren für Kraftwerke	138
C Schwermetallgehalte von Steinkohlen	143
D Schwermetallgehalte von Petrolkoks	145
E Schwermetallgehalte von Braunkohlen	147
F Schwermetallgehalte in der Trocken- und Feuchtsubstanz der für das Modell festgelegten Regelbrennstoffe	149
G Ergebnisse der Modellierungen für die Schadstofftoleranzwerte	151
H Analysendaten für Abfälle der Positivliste	184

Vorwort zur 2. Auflage

Mit dem „Leitfaden zur energetischen Verwertung von Abfällen in Zement-, Kalk- und Kraftwerken“ wurde ein gemeinsam mit der Industrie erarbeiteter landeseinheitlicher Rahmen für die Mitverbrennung von Abfällen in Industrieanlagen auf hohem Umweltniveau geschaffen. Er basiert auf den praktischen Erfahrungen der Behörden und Anlagenbetreiber in Nordrhein-Westfalen.

Um der Weiterentwicklung des Ersatzbrennstoffmarktes und den fortschreitenden Praxiserfahrungen der Behörden Rechnung zu tragen, ist der Leitfaden als dynamisches Instrument zur Festlegung und Förderung der Verwertung von Abfällen, insbesondere für Ersatzbrennstoffe, entwickelt und von einem projektbegleitenden Arbeitskreis verabschiedet worden.

Seit der erstmaligen Veröffentlichung des Leitfadens – im September 2003 – sind 1.500 Exemplare an Behörden, Anlagenbetreiber, Ingenieure, wissenschaftliche Institutionen, Wirtschafts- und Umweltverbände sowie an interessierte Bürgerinnen und Bürger versandt worden. Die Behörden und Antragsteller in Nordrhein-Westfalen, aber auch andere Bundesländer, nutzen insbesondere das Merkblatt für die Genehmigungs- und Überwachungspraxis sowie den im Anhang abgedruckten



exemplarischen Genehmigungsbescheid als Muster für vor Ort anstehende Genehmigungsverfahren.

Ein zentrales Anliegen des Leitfadens, eine konkrete Entscheidungshilfe für immissionsrechtliche Genehmigungsverfahren zur Mitverbrennung von Abfällen und die Überwachung des Abfalleinsatzes durch die zuständigen Behörden zu bieten, wurde damit in vollem Umfang erfüllt. Das anhaltend große Interesse ist ein Beleg dafür, dass sowohl die Betreiber von Mitverbrennungsanlagen als auch die Behörden der Landes- und Kommunalverwaltungen den Leitfaden als nützliches Instrument schätzen gelernt haben.

In der aktuellen 2. Auflage des Leitfadens konnte insbesondere das „Merkblatt für die Genehmigungs- und Überwachungspraxis“, das die behördenverbindlichen Regelungen enthält, aufgrund der positiven Erfahrungen mit dem praktischen Einsatz von Abfällen in Mitverbrennungsanlagen deutlich gestrafft und vereinfacht werden. Auch der abfallwirtschaftliche Trend, homogene, ofenfertige Er-

satzbrennstoffmischungen herzustellen, wurde bei dieser 1. Fortschreibung des Leitfadens berücksichtigt.

Das „Merkblatt zur energetischen Verwertung von Abfällen in Mitverbrennungsanlagen für die Genehmigungs- und Überwachungspraxis in Nordrhein-Westfalen“ enthält nunmehr ausschließlich eine Positivliste von Abfällen, für die die schadlose energetische Verwertung belegt ist. Für diese Abfälle, die in Mitverbrennungsanlagen bereits im Dauerbetrieb eingesetzt werden, enthält der Leitfaden Regelungen für eine Erleichterung der Genehmigung und eine Vereinfachung der behördlichen Überwachung.

Bei den Schwermetallbegrenzungen wurde bisher zwischen Ersatzbrennstoffen, die aus produktionsspezifischen Abfällen erzeugt werden, und der hochkalorischen Fraktion aus aufbereiteten Siedlungsabfällen unterschieden. Da auch in mechanischen und/oder mechanisch-biologischen Restabfallbehandlungen, die eine Ersatzbrennstofffraktion erzeugen, nicht nur Abfälle privater Haushalte, sondern auch gewerbliche produktionsspezifische Abfälle mitbehandelt werden, ist eine eindeutige Unterscheidung zwischen heizwertreichen Gewerbe- und Siedlungsabfällen in vielen Fällen nicht möglich. Aus diesem Grund ent-

hält der überarbeitete Leitfaden einheitliche Festlegungen. Um dem Aspekt Rechnung zu tragen, dass die aus Siedlungsabfällen gewonnenen Ersatzbrennstoffe herkunftsbedingt eine größere Heterogenität und Schwankungsbreite aufweisen, sind für einzelne Schwermetalle Bandbreiten festgelegt worden.

Die Erkenntnisse der Behörden, die Praxiserfahrungen der Entsorgungswirtschaft und der abfalleinsetzenden Industriesektoren haben dazu beigetragen, dass die Festlegungen zu den Schadstoffbegrenzungen und den zur Ersatzbrennstoffherstellung geeigneten Abfällen insgesamt vereinfacht werden konnten. Die neuen Regelungen sind damit für alle Beteiligten übersichtlicher geworden – eine Absenkung von Umweltstandards ist nicht erfolgt. Der gemeinsam mit der Industrie erarbeitete Rahmen für die Mitverbrennung von Abfällen in den Zement-, Kalk- und Kraftwerken von Nordrhein-Westfalen hat sich bewährt.



Eckhard Uhlenberg MdL
Minister für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft
und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen



Merkblatt

**zur energetischen Verwertung von Abfällen
in Mitverbrennungsanlagen für die
Genehmigungs- und Überwachungspraxis
in Nordrhein-Westfalen**



I. Genehmigungs- und Überwachungspraxis der Abfallmitverbrennung

Anhang A Genehmigungs- bescheid

Die Genehmigungsbehörden in Nordrhein-Westfalen haben in der Vergangenheit für einzelne Anlagen, deren Betreiber den Einsatz von Abfällen zur energetischen Verwertung beantragten, im immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahren Schadstoffgrenzwerte sowohl für die einzelnen Abfälle als auch für die der Feuerung zugeführten Brennstoffmischung festgelegt.

Diese Schadstoffgrenzwerte sind das Resultat anlagenspezifischer Emissions- und Immissionsprognosen für den Einsatz der Abfälle auf der Basis des Bundesimmissionsschutzgesetzes (BImSchG). Gemeinsam mit diesen Schadstoffgrenzwerten wurden seit 1998 in Nordrhein-Westfalen Regelungen in Genehmigungen zur Überwachung des Abfalleinsatzes festgelegt (vergleiche den Genehmigungsbescheid in Anhang A).

Die aktuellen Erfahrungen aus der Anlagenüberwachung machen aufgrund der Begriffsdefinitionen der Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV) vom 10.12.2001 sowie dem Trend, ausschließlich homogene, ofenfertige Ersatzbrennstoffmischungen einzusetzen, die Überarbeitung der bestehenden Regelungen des Leitfadens insbesondere hinsichtlich der Abfallschlüsselnummern erforderlich.

I.1 Richtwerte zur tolerierbaren Schadstoffbelastung der Abfälle

In den vergangenen Jahren wurden die Anforderungen an Ersatzbrennstoffe aus produktionsspezifischen Abfällen und anderen Abfällen in den Genehmigungsbescheiden von den Genehmigungsbehörden in Nordrhein-Westfalen weitgehend vereinheitlicht.

Tabelle I.2 (Positivliste) beschreibt produktionsspezifische Abfälle und Ersatzbrennstoffmischungen mit der Abfallschlüsselnummer 191210 „brennbare Abfälle“ aus denen Ersatzbrennstoffe hergestellt werden. Für diese Ersatzbrennstoffe gelten die in Tabelle I.1 dargestellten Schadstoffgehalte.

Die in der Tabelle I.1 dargestellten „Praxiswerte“ stellen die Mediane dar, die ein Abfall, der in den Anlagen mitverbrannt werden soll, bei der Brennstoffaufgabe (Ofen oder Brenner) einhalten muss.

Diese Werte werden kontinuierlich durch ein festgelegtes Beprobungsschema kontrolliert. Für die Einhaltung der Praxiswerte wird im Rahmen der Überwachung der Anlagen (Zementwerke, Kalkwerke oder Kraftwerke) analysiert, ob die Medianwerte der Rückstellproben der energetisch verwerteten Abfälle die Praxiswerte einhalten.

Bei der Betrachtung des Medianwertes aus mind. 10 Proben, können 50 % der Tagesmischproben theoretisch unbegrenzt über dem Medianwert liegen, deshalb sind zusätzlich Maximalwerte (100 % Perzentil) als obere Begrenzung erforderlich.

Die Maximalwerte in Tabelle I.1 tragen der natürlichen Streuung der Schwermetallgehalte in Abfällen Rechnung, die zu einem fertigen Brennstoff aufbereitet werden sollen, der dann die Praxiswerte bei der Brennstoffaufgabe (Ofen oder Brenner) einhalten muss.

Mit den Maximalwerten werden somit für die Mitverbrennungsanlage abfallinputbezogene Begrenzungen vorgegeben, die Abfälle der Positivliste nicht überschreiten dürfen.

Tab. I.1 Praxis- und Maximalwerte für Ersatzbrennstoffe aus Abfällen*

Parameter	Einheit	Praxiswert	Maximalwert
Cadmium Cd	mg/kg TS	4	9
Thallium Tl	mg/kg TS	1	2
Quecksilber Hg	mg/kg TS	0,6	1,2
Antimon Sb	mg/kg TS	50	120
Arsen As	mg/kg TS	5	13
Blei Pb	mg/kg TS	70 - 190	200 - 400
Chrom Cr	mg/kg TS	40 - 125	120 - 250
Kobalt Co	mg/kg TS	6	12
Kupfer Cu	mg/kg TS	120 - 350**	300 - 700**
Mangan Mn	mg/kg TS	50 - 250	100 - 500
Nickel Ni	mg/kg TS	50	100
Vanadium V	mg/kg TS	10	25
Zinn Sn	mg/kg TS	30	70

* bezogen auf einen Heizwert der Trockensubstanz von mindestens 20.000 kJ/kg (± 2.000 kJ/kg), bzw. für den Anteil der hochkalorischen Fraktion aus Siedlungsabfällen liegt der Heizwert bei 16.000 kJ/kg

** Überschreitungen aufgrund von Inhomogenitäten im Einzelfall zulässig

Im Rahmen der Überwachung der Anlagen wird die Einhaltung der Praxiswerte und der Maximalwerte anhand der Analysen der ausgewählten Rückstellproben (i. d. R. 10 Proben) bezogen auf einen Monat (4 Wochen) überprüft. Die Überwachungsbehörde bewertet die analysierten Rückstellproben.

Sofern der Praxiswert überschritten wird, werden alle Tagesmischproben des Überwachungszeitraumes hinsichtlich des kritischen Parameters analysiert und das 50 % Perzentil aller Analysen mit dem Praxiswert verglichen. Hierbei darf der Praxiswert nicht überschritten werden.

Sofern ein Maximalwert (100 % Perzentil) überschritten wird, ist hierfür das 80 % Perzentil und das 90 % Perzentil der Rückstellproben des gesamten Monats (4 Wochen) hinsichtlich

des kritischen Parameters zu ermitteln und festzustellen, ob die Überschreitung des Maximalwertes systematisch ist oder ob ein einzelner Ausreißer vorliegt. Damit kann die Relevanz der Überschreitung bewertet werden.

Für die Parameter Blei, Chrom, Kupfer und Mangan wurden Bandbreiten für die Praxis- und Maximalwerte festgelegt, da insbesondere die aus Siedlungsabfällen gewonnenen Ersatzbrennstoffe herkunftsbedingt durch eine größere Heterogenität und Schwankungsbreite einzelner Schwermetalle geprägt sind.

Der untere Wert soll in diesem Zusammenhang eher den produktionsspezifischen Abfall repräsentieren und der obere Wert die hochkalorische Fraktion aus Siedlungsabfällen. Die jeweiligen Genehmigungsbescheide sind einzelfallbezogen zu formulieren.



Diese in der Praxis eingeführten Begrenzungen der Schwermetallgehalte wurden für den Leitfaden anhand der entwickelten Stoffflussmodelle und der abgeleiteten Anforderungen an die energetische Verwertung (siehe Kapitel 7) überprüft. Es zeigte sich im Rahmen der Bilanzierungen, dass der Einsatz von Abfällen mit Schwermetallgehalten entsprechend der Praxiswerte schadlos möglich ist.

Eine Überprüfung der Schadlosigkeit der energetischen Verwertung ist in Bezug auf die Kraftwerksnebenprodukte anhand der Bilanzierungen in den Stoffflussmodellen (Szenarien) nicht möglich, da mit den Bilanzierungen im Rahmen der Erstellung des Leitfadens lediglich die Auswirkungen einer Mitverbrennung gegenüber dem Betrieb mit Regelbrennstoffen der Kraftwerke analysiert worden sind. Hierdurch können eventuell vorhandene Verlagerungen der Schwermetalle in die Kraftwerksnebenprodukte aufgezeigt werden.

Für die Beurteilung der Schadlosigkeit der Verwertung von Kraftwerksnebenprodukten sind zusätzlich jedoch die stoffspezifischen Beschränkungen für die Verwertungswege (z. B. für den untertägigen Versatz oder für Baustoffe gemäß der hierzu ergangenen Runderlasse in Nordrhein-Westfalen) in jedem Einzelfall zu beachten und im Rahmen der Genehmigung der Abfallmitverbrennung für das betreffende Kraftwerk zu beurteilen.

In den Stofffluss-Modellrechnungen wurden sowohl für Zementwerke und als auch für Kraftwerke keine wesentlichen, über die natürliche Schwankungsbreite beim Betrieb mit Regelbrennstoffen hinausgehenden Erhöhungen der Grundbelastung des Reingases und der Produkte bzw. der Abfälle der Ver-

brennungsprozesse der Kraftwerke festgestellt. Auch halten die bei der ausschließlichen Verbrennung dieser Abfälle entstehenden Reingase (Teilstrombetrachtung) die Emissionsgrenzwerte der 17. BImSchV ein. Dies gilt sowohl für Zementwerke als auch für die betrachteten Kraftwerkstypen (siehe Kapitel 6). Die erhaltenen Ergebnisse für Zementwerke lassen sich aufgrund der ähnlichen Prozessbedingungen ebenfalls auf Kalkdrehrohröfen übertragen.

Die Praxis- und Maximalwerte aus Tabelle I.1 sind deshalb als Richtwerte für die tolerierbare Schadstoffbelastung geeignet und sind in künftigen Genehmigungen zu berücksichtigen.

Diese Richtwerte bilden jedoch nicht generell den Grenzbereich der schadlosen energetischen Verwertung in einzelnen Anlagen ab. Sofern einzelne Anlagen weitergehende Maßnahmen zur Rauchgasreinigung vorgesehen haben bzw. andere Transferfaktoren vorliegen, können hiervon im Einzelfall auch abweichende Werte im Genehmigungsverfahren festgelegt werden.

1.2 Abfälle zur energetischen Verwertung in Mitverbrennungsanlagen – Positivliste

In Nordrhein-Westfalen sind zur energetischen Verwertung in Zementwerken und Kraftwerken bereits eine große Anzahl verschiedener Abfallarten genehmigt. Auch zur energetischen Verwertung in einem Kalkwerk sind bestimmte produktionsspezifische Abfälle zugelassen.

Dieses Merkblatt enthält Regelungen für den behördlichen Vollzug und Vereinfachungen für die Anlagenbetreiber für bestimmte Abfälle,

die energetisch verwertet werden. Die folgende **Positivliste** führt Abfälle auf, über die im Rahmen der energetischen Verwertung bereits umfassende Erfahrungen der Genehmigungs- und Überwachungsbehörden in Nordrhein-Westfalen vorliegen.

Die Abfälle der Positivliste sind durch Herkunftsbezeichnungen gemäß AVV gekennzeichnet.

Für die Abfälle der Positivliste wurden eindeutige Regelungen für die energetische Verwertung in Zementwerken, Kalkwerken und Kraftwerken getroffen. Diese Regelungen stellen insbesondere auf die Schadstoffgehalte der Abfälle und die behördlich vorliegenden Erfahrungen mit dem Einsatz dieser Abfälle in Zementwerken, Kalkwerken und Kraftwerken ab.

Abfallmischungen aus Aufbereitungsanlagen

Das Europäische Abfallverzeichnis wurde mit der Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis – Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV) vom 10.12.2001 in nationales Recht umgesetzt. Seit Einführung der AVV steht für Ersatzbrennstoffmischungen aus Abfallaufbereitungsanlagen die ASN 191210 „brennbare Abfälle (Brennstoffe aus Abfällen)“ zur Verfügung.

Insofern können unter der ASN 191210 (teilweise auch unter der Abfallschlüsselnummer 191212 deklariert) sowohl brennbare Abfälle aus kommunalen Siedlungsabfällen und/oder gewerblichen gemischten oder sonstigen zu Ersatzbrennstoff aufbereiteten Monoabfällen unter ASN 191210 deklariert werden.

Positivliste

Praxis- und
Maximalwerte

Im Input von Aufbereitungsanlagen ist regelmäßig auch die ASN 191210 zu finden, da Abfallmischungen anderer Aufbreitungsanlagen in den Prozess eingebracht werden. Ein Abfallerzeugerbezug ist kaum herstellbar. Eine Differenzierung nach kommunalen und gewerblichen Herkunftsbereichen ist unmöglich.

Auch bei den MBAs, die Ersatzbrennstoffe herstellen, werden nicht nur andienungspflichtige Abfälle behandelt. Über Kooperationen mit anderen Sortieranlagenbetreibern oder Direktakquisition werden Abfallstoffe eingebracht, die einen Abfallerzeugernachweis für alle Mischungskomponenten unmöglich machen. Eine genaue Unterscheidung zwischen produktionsspezifischen Abfällen und Siedlungsabfällen aus dem andienungspflichtigen Entsorgungsbereich ist nicht vollständig möglich. Auch mit Blick auf die verstärkt aus benachbarten EU-Staaten zur Verwertung angelieferten Abfallbrennstoffmischungen ist eine Differenzierung zwischen hochkalorischen Fraktionen aus Siedlungsabfällen und produktionsspezifischen Abfällen und daraus erzeugten Ersatzbrennstoffen nicht mehr praxisgerecht. Tatsächlich werden immer weniger Ersatzbrennstoffe aus einzelnen Abfallarten (z. B. Teppichreste) eingesetzt. Der Trend geht eindeutig zu fertig angemischten Ersatzbrennstoffen mit definierter, gleichbleibender Qualität.

Im Folgenden werden Regelungen für die Abfallarten der Positivliste beschrieben.

Positivliste

Die Positivliste enthält die bereits zur Mitverbrennung genehmigten Abfälle, die von den Anlagenbetreibern im Dauerbetrieb eingesetzt werden und über die ausreichende Erfahrungen aus der behördlichen Überwachung vorliegen.

Für die Aufnahme in die Positivliste müssen die Abfallarten zur energetischen Verwertung folgende Bedingungen erfüllen:

- Die Abfälle sind für den Dauerbetrieb genehmigt und werden bereits in einzelnen Anlagen in Nordrhein-Westfalen im Dauerbetrieb eingesetzt.
- Den Behörden liegen Praxiserfahrungen über den Einsatz dieser Abfälle zur energetischen Verwertung vor.
- Es müssen aussagekräftige Abfallanalysen für die einzelnen Abfälle vorliegen (Heizwert, Schwermetallgehalte, Chlorgehalt, Fluorgehalt, Schwefelgehalte).
- Die Schwermetallgehalte in den einzelnen Abfallarten (AVV-Schlüssel) müssen die in der Tabelle I.1 angegebenen Praxis- und Maximalwerte einhalten.

Diese Kriterien erfüllen die in der Tabelle I.2 aufgeführten Abfallschlüssel. Für die genannten Herkunftsbereiche zeigen die Erfahrungen der Überwachungsbehörden, dass die einzelnen Abfälle ebenso wie aus ihnen hergestellte Mischungen die Richtwerte zu den tolerierbaren Schadstoffgehalten aus Tabelle I.1 herkunftsbedingt bzw. nach speziellen Aufbereitungsschritten nachvollziehbar einhalten können.

Eine Ausnahme von den Richtwerten wurde für die Altreifen (AVV 16 01 03) beim Einsatz in Zementwerken festgelegt. Altreifen werden bereits seit vielen Jahren in Zementwerken energetisch und stofflich verwertet. Sie werden dabei in der Regel über die Sekundärfeuerung dem Drehrohrofen zugeführt. Es bestehen somit aus der Überwachung umfassende behördliche Erfahrungen über den Einsatz der Altreifen in Zementwerken, die es rechtfertigen, die Altreifen für den Einsatz in Zementwerken in

Tab. I.2 Abfälle der Positivliste zur energetischen Verwertung, Stand: Juni 2005

AVV-Schlüssel	AVV-Bezeichnung	Exemplarische Erläuterung
02 01 04	Kunststoffabfälle ohne Verpackungen	PUR-Schaum, PE-Verbundstoffe
02 01 07	Abfälle aus der Forstwirtschaft	
03 01 01	Rinden und Korkabfälle	
03 01 05	Sägemehl, Späne, Abschnitte, Holz, Spanplatten und Furniere mit Ausnahme derjenigen, die unter 03 01 04 fallen	
03 03 01	Rinden und Holzabfälle	
03 03 02	Sulfit Schlämme (aus der Rückgewinnung von Kochlaugen)	nur entwässert
03 03 07	mechanisch abgetrennte Abfälle aus der Auflösung von Papier- und Pappabfällen	Spuckstoffe
03 03 08	Abfälle aus dem Sortieren von Papier und Pappe für das Recycling	Ungeeignete Papierqualitäten, sonstige hochkalorische Störstoffe
04 02 09	Abfälle aus Verbundmaterialien (imprägnierte Textilien, Elastomer, Plastomer)	Textilien, Teppiche, Vliese und Dämmstoffe aus der Innenausstattung, Hygieneprodukte (jeweils Rohmaterial und Ausschussware)
04 02 21	Abfälle aus unbehandelten Textilfasern	Rohmaterial, Ausschussware etc. aus der Textilindustrie
04 02 22	Abfälle aus verarbeiteten Textilfasern	Teppichreste, Autotextilien, (jeweils Rohmaterial und Ausschussware, Randabschnitte), Kunststoff- und Gummiabfälle
07 02 13	Kunststoffabfälle	nur ausgehärtete Farben und Lacke
08 01 12	Farb- und Lackabfälle mit Ausnahme derjenigen, die unter 08 01 11 fallen	
08 02 01	Abfälle von Beschichtungspulver	
09 01 07	Filme und fotografische Papiere, die Silber oder Silberverbindungen enthalten	
09 01 08	Filme und fotografische Papiere, die kein Silber und keine Silberverbindungen enthalten	
12 01 05	Kunststoffspäne und Drehspäne	Automobilkunststoffe, PU-Verbunde, Spritzgussteile, Schaumstoffe
15 01 01	Verpackungen aus Papier- und Pappe	Dekor-, Verpackungs- und Etikettenpapier (Reste aus der Herstellung) auch wachsgetränktes Papier
15 01 02	Verpackungen aus Kunststoff	Verpackungsfolien (Rohmaterial und Ausschussware), Schaumstoffe, Polystyrol
15 01 03	Verpackungen aus Holz	Defekte Paletten, Kisten etc.
15 01 05	Verbundverpackungen	Kunststoff- / Papierverbunde
15 01 06	gemischte Verpackungen	Verpackungen der Gruppe 15 01
15 02 03	Aufsaug- und Filtermaterialien, Wischtücher und Schutzkleidung mit Ausnahme derjenigen, die unter 15 02 02 fallen	Aufsaug- und Filtermaterialien, Wischtücher und Schutzkleidung
17 02 01	Holz	
17 02 03	Kunststoff	
19 05 01	nicht kompostierte Fraktion von Siedlungs- und ähnlichen Abfällen	
19 12 01	Papier und Pappe	
19 12 04	Kunststoff und Gummi	
19 12 07	Holz mit Ausnahme derjenigen, das unter 19 12 06 fällt	
19 12 08	Textilien	
19 12 10	„Brennbare Abfälle (Brennstoffe aus Abfall)" ¹⁾	heizwertreiche Fraktion aus der mech. bzw. mech.- biolog. Aufbereitung von Abfällen (90 – 95 % der Brennstoffmischungsbestandteile sind aus der Positivliste und/oder aus den Abfallgruppen 20 02 und/oder 20 03 und/oder aus ASN 170904 bekannt)
	¹⁾ auch als 19 12 12 deklarierte Abfälle	
16 01 03	Altreifen	Altreifen, Reifenschnitzen
03 03 05	De-inking-Schlämme aus dem Papierrecycling	Beide Schlämme werden im Kraftwerk dauerhaft eingesetzt. Aufgrund der Besonderheiten (niedriger Heizwert, pastöse Eigenschaften) werden diese Abfälle gesondert aufgeführt.
03 03 10	Faserabfälle, Faser-, Füller- und Überzugsschlämme aus mechanischer Abtrennung	ASN 03 03 05 und/oder ASN 03 03 10 kann im Sinne eines Abfalls der Positivliste im Kraftwerk eingesetzt werden.

der Positivliste aufzuführen. Hierbei ist es durchaus möglich, dass einzelne Richtwerte von den Altreifen nicht eingehalten werden.

Die Abfälle der Positivliste wurden unter Verwendung der Stoffflussmodelle auf die Erfüllung der Anforderungen an eine schadlose energetische Verwertung überprüft. In der Untersuchung zeigte sich, dass diese Abfälle den gestellten Anforderungen gerecht werden. In Kapitel 7 und im **Anhang G** sind die Ergebnisse der Modellrechnungen für die Praxis- und Maximalwerte gemäß Tabelle I.1 dargestellt. Die Abfälle der Positivliste halten diese Werte, wie die Erfahrungen der Behörden in Nordrhein-Westfalen zeigen, in der Regel ein. Eine Übersicht über die Schwermetallgehalte der Abfallarten ist detailliert in **Anhang H** und in einer Übersicht in Kapitel 7.4 enthalten.

Anhang G

Anhang H

1.3 Vereinfachungen im Rahmen der Genehmigung und Überwachung

Die mehrjährigen Erfahrungen aus der behördlichen Überwachung für Abfälle der Positivliste bieten die Möglichkeit, Erleichterungen zu gewähren. Für den ausschließlichen Einsatz von Abfällen der Positivliste sollen in Nordrhein-Westfalen Erleichterungen (Tabelle I.3) gewährt werden.

Für Abfallarten, die die Zugangskriterien der Positivliste noch nicht erfüllen, sieht dieser Leitfaden kein grundsätzliches Einsatzverbot vor, sondern es werden besondere Maßstäbe an die Überwachung dieser Einsatzstoffe gelegt (vgl. Tab. I.3).

Der Anhang A enthält einen Genehmigungsbescheid für Zementwerke, in dem die Umsetzung der rechtlichen Anforderungen zur Mitverbrennung von Abfällen im Rahmen der Genehmigungen in Nordrhein-Westfalen dargestellt ist. Die dort aufgeführten Regelungen sind unter Berücksichtigung der anlagenspezifischen Besonderheiten auf Kalkwerke und Kraftwerke übertragbar.

Wie die mehrjährigen Erfahrungen der Behörden gezeigt haben, kann hiermit sichergestellt werden, dass nur geeignete Abfälle vom Aufbereiter oder Erzeuger in den Verwertungsweg gelangen und der Genehmigungsinhaber so in der Lage ist, seine Betreiberpflicht nachweisbar zu erfüllen.

Die in dem Leitfaden dargestellten generellen Überwachungsschritte, bilden jedoch nicht jeden Einzelfall ab. So können einzelfallbezogen weitergehende Kontrollen erforderlich sein, ebenso aber auch Erleichterungen gewährt werden, wenn klar definierte Abfallarten mit nachvollziehbarer Zuordnung zum Produktionsprozess und/oder nachvollziehbarer Qualitätssicherung entsprechend dem RAL GZ 724 oder gleichwertiger Verfahren bei der Aufbereitung in den Antragsunterlagen dargelegt werden.

Tab. I.3 Beschleunigung der Genehmigung und Vereinfachung der Überwachung bei Abfällen der Positivliste

Genehmigung des Abfalleinsatzes: Genehmigungspraxis	Beschleunigungen für die Abfälle der Positivliste
<p>Für Abfälle, die nicht auf der Positivliste stehen, wird das Verfahren nach BImSchG § 16 wie bisher angewendet.</p>	<p>Nutzung der im BImSchG gesetzlich vorgegebenen Vereinfachungsmöglichkeiten. Möglich sind beim ausschließlichen Einsatz der Abfälle von der Positivliste</p> <ul style="list-style-type: none"> • die Nutzung der bestehenden behördlichen Möglichkeiten aus § 16 (2) BImSchG und • die Zulassung der Abfälle im Anzeigeverfahren gemäß § 15 BImSchG, soweit der bereits genehmigte Anteil an Abfällen in der betreffenden Anlage nicht erhöht wird.
Überwachung des Abfalleinsatzes: Überwachungspraxis	Vereinfachungen für die Abfälle der Positivliste
<p>Probenahme bei der:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anlieferung der Abfälle und • Brennstoffaufgabe <p>Häufigkeit der Probenahme:</p> <p>Anlieferung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rückstellproben: 1 Probe pro 100 t Abfall, Beprobung jeder Anlieferung bei Anlieferung von weniger als 100 t Abfall pro Woche • Analyse: mindestens 1 Probe pro Lieferant, insgesamt mindestens 3 Proben pro Woche <p>Brennstoffaufgabe:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rückstellproben: automatische Probenahme für Tagesmischproben • Analyse: mindestens 10 Tagesmischproben pro Monat, davon maximal 3 Proben aus einer Woche 	<p>Probenahme bei der:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Brennstoffaufgabe <p>Häufigkeit der Probenahme:</p> <p>Anlieferung:</p> <p>Keine Probenahme, wenn beim Aufbereiter der Abfälle eine qualifizierte Eigen- und Fremdüberwachung der Ersatzbrennstoffqualität sichergestellt ist. Dazu gehören</p> <ul style="list-style-type: none"> • die Dokumentation der einzelnen Abfälle und zugehörigen Mengen nach AVV, • spezifische Informationen zur Herkunft und zu den chemisch-physikalischen Kenngrößen der Abfälle sowie • eine anerkannte Analytik und Probenahme der Abfälle (z. B. vergleichbar den Richtlinien der Bundesgütegemeinschaft Sekundärbrennstoffe und Recyclingholz e. V. oder in Anlehnung an nationale und internationale Normen – sobald verfügbar) <p>Brennstoffaufgabe:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rückstellproben: automatische Probenahme für Tagesmischproben • Analyse: mindestens 10 Tagesmischproben pro Monat, davon maximal 3 Proben aus einer Woche



II. Fortschreibung

Der Leitfaden zur energetischen und stofflichen Verwertung von Abfällen in industriellen Bereichen in Nordrhein-Westfalen ist als dynamisches Instrument zur Festlegung des Rahmens und zur Förderung der Verwertung von Abfällen, insbesondere für Ersatzbrennstoffe, entwickelt und von einem projektbegleitenden Arbeitskreis verabschiedet worden.

Die Erkenntnisse aus dem Leitfaden zur energetischen Verwertung von Abfällen, die im Kapitel I mit

- den Richtwerten für tolerierbare Schadstoffgehalte in den Ersatzbrennstoffen,
- der Positivliste für Ersatzbrennstoffe,
- den Verfahrenserleichterungen im Rahmen der Genehmigung und Überwachung für Abfälle der Positivliste

dargelegt sind, werden nach **zwei Jahren** überprüft.

Die Positivliste wird, soweit erforderlich, fortgeschrieben. Hierdurch ist gewährleistet, dass sowohl

- der behördliche Erkenntnisgewinn im Rahmen des Einsatzes von Ersatzbrennstoffen (fortschreitende Praxiserfahrungen der Behörden),

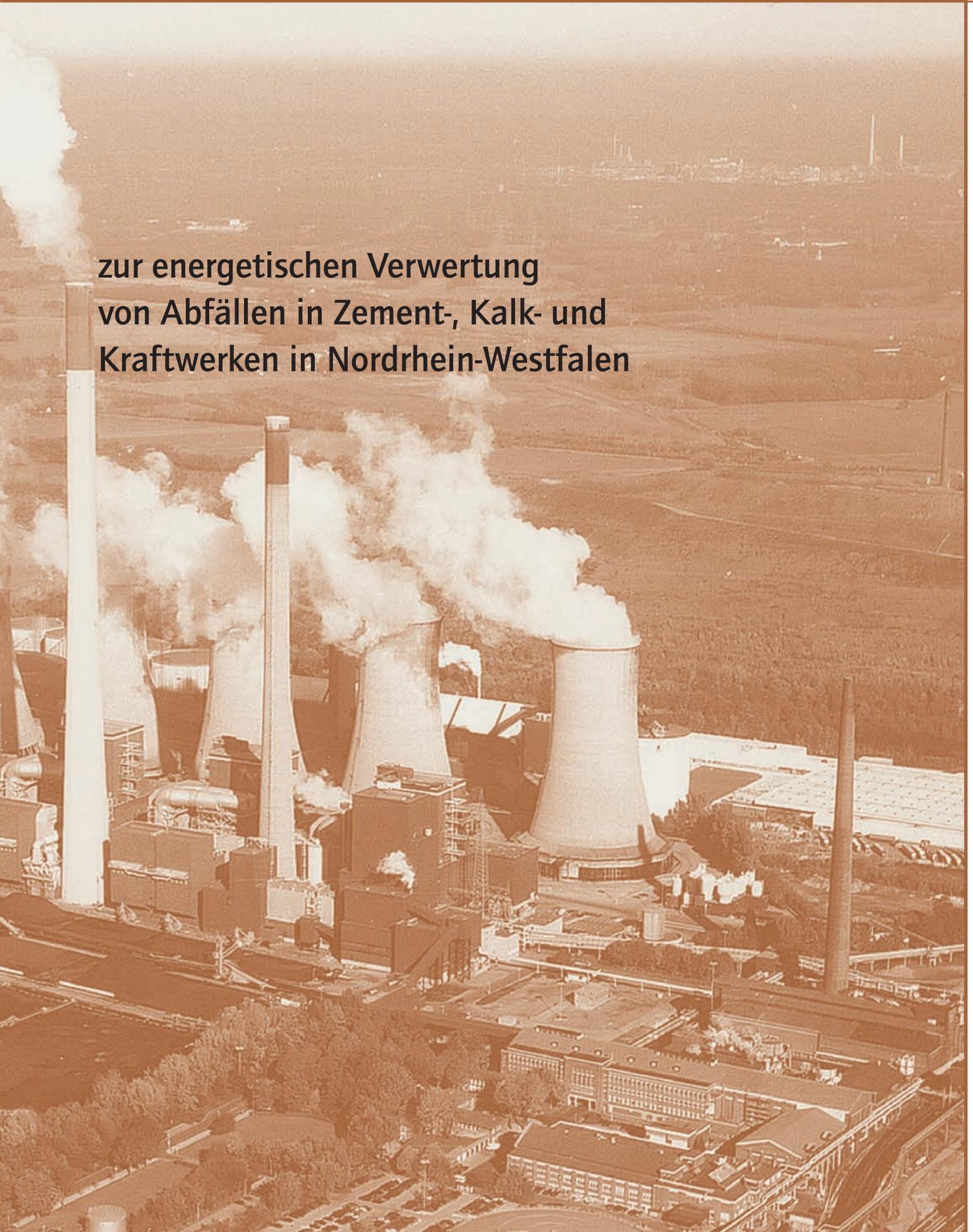
- die technischen Weiterentwicklungen bei der Erzeugung oder Aufbereitung von Ersatzbrennstoffen,
- die sich wandelnden technischen Voraussetzungen für den Einsatz von Ersatzbrennstoffen in Zementwerken, Kalkwerken und Kraftwerken sowie
- die marktseitigen Entwicklungen bzw. Erfordernisse im Land

in die Beurteilung der Möglichkeiten für eine Berücksichtigung von weiteren Ersatzbrennstoffen in den betrachteten Anwendungsbereichen einfließen können. Dieses Merkblatt bietet mit seinen Festlegungen und Regelungen Raum für eine diesbezügliche kontinuierliche Überprüfung der vorhandenen Situation zum Einsatz von Ersatzbrennstoffen in Nordrhein-Westfalen.

Leitfaden

An aerial photograph of a large industrial power plant, likely a nuclear or fossil fuel plant, featuring several prominent cooling towers and a tall, slender chimney. The plant is situated in a landscape of rolling hills, fields, and dense forests. The entire image is rendered in a monochromatic sepia or brownish-orange color scheme. The text 'Leitfaden' is overlaid in the upper right quadrant in a bold, black, sans-serif font.

**zur energetischen Verwertung
von Abfällen in Zement-, Kalk- und
Kraftwerken in Nordrhein-Westfalen**





1. Einleitung

Der Einsatz von Abfällen zur energetischen Verwertung in Industrieanlagen hat in Nordrhein-Westfalen in den letzten Jahren stark zugenommen.¹ Zur Zeit verfügen 10 Zementwerke mit Klinkererzeugung, ein Kalkwerk und ca. 10 bedeutende Feuerungsanlagen über Genehmigungen zur Mitverbrennung von Abfällen. Bei den Feuerungsanlagen dominiert der Einsatz von Tiermehl- und fetten, Klärschlämmen und Papierschlämmen.

Um landeseinheitlich angemessene Umweltstandards für die Mitverbrennung, insbesondere im Vergleich zur thermischen Behandlung in Müllverbrennungsanlagen sicher zu stellen, wurde der Leitfaden zur energetischen Verwertung von Abfällen in Zement-, Kalk- und Kraftwerken erarbeitet. Er basiert auf den Erfahrungen der Genehmigungs- und Überwachungspraxis und definiert klare **Rahmenbedingungen und eindeutige Regelungen**.

Die Erarbeitung des Leitfadens hat ein Arbeitskreis begleitet, in dem die Genehmigungs- und Überwachungsbehörden, das Landesumweltamt sowie Unternehmen der beteiligten Branchen (vor allem die private und kommunale

Entsorgungswirtschaft, die Zement- und Kalkindustrie und die Energieerzeugung) sowie die Verbände der Entsorgungswirtschaft (BDE und bvse) und die Bundesgütegemeinschaft Sekundärbrennstoffe und Recyclingholz e.V. vertreten sind. Die aktuell vorliegende fortgeschriebene 2. Auflage des Leitfadens wurde im Einvernehmen mit dem bestehenden Arbeitskreis erarbeitet und verabschiedet.

Aufgrund der abfallwirtschaftlichen Entwicklungen – insbesondere in Verbindung mit der am 31. Mai 2005 abgelaufenen Frist für die Ablagerung behandlungsbedürftiger Abfälle – ist mit einem weiterhin steigenden Einsatz von Ersatzbrennstoffen in den

- Zementwerken,
- Kalkwerken und
- Kraftwerken

von Nordrhein-Westfalen zu rechnen. Dies betrifft zukünftig vorrangig die heizwertreiche Fraktion aus Siedlungsabfällen, die in mechanischen oder mechanisch-biologischen Restabfallbehandlungsanlagen separiert und zu Ersatzbrennstoffen aufbereitet werden.

Rahmen-
bedingungen
und eindeutige
Regelungen

¹ Eine detaillierte Übersicht über die Verwertung von Abfällen in Industrieanlagen enthält die Veröffentlichung des MUNLV „Verwertung von Abfällen in Industrieanlagen“ [MUNLV, 2001].



Die Erarbeitung des Leitfadens, der erstmals im September 2003 herausgegeben wurde, hat sich in wesentlichen Teilen an der Arbeitshilfe „Stoffflussanalyse bei abfallrechtlichen Beurteilungsfragen“ orientiert, die per Erlass am 23. Oktober 2000 zur Bewertung von thermischen Entsorgungsmaßnahmen im Behördenvollzug eingeführt wurde.

Mit der Novelle der „Verordnung über die Verbrennung und die Mitverbrennung von Abfällen – 17. BImSchV“ vom 14. August 2003 wurde die Europäische Verbrennungs-Richtlinie in nationales Recht umgesetzt. In bezug auf Schwermetalle und Dioxine / Furane gelten bundesweit zukünftig für die Mitverbrennung die gleichen Emissionsanforderungen wie für Müllverbrennungsanlagen.

In Nordrhein-Westfalen erfolgt die Mitverbrennung ausschließlich in den in Betrieb befindlichen Kraft-, Zement- und Kalkwerken. Für diese sogenannten Altanlagen gelten die strengeren Emissionsgrenzwerte der novellierte 17. BImSchV erst nach dem 28.12.2005. Im Vorgriff hierauf berücksichtigen die bisher im Jahr 2005 erteilten bzw. die noch zu erwar-

tenden Änderungsgenehmigungen bereits jetzt die Anforderungen der neuen 17. BImSchV. Aufgrund der geänderten Rechtslage kann der Erlass „Arbeitshilfe Stoffflussanalyse bei abfallrechtlichen Beurteilungsfragen“ aufgehoben werden.

Die Erkenntnisse der Behörden, die Praxiserfahrungen der Entsorgungswirtschaft und der abfalleinsetzenden Industriesektoren haben dazu beigetragen, dass die Festlegungen zu den Schadstoffbegrenzungen und den zur Ersatzbrennstoffherstellung geeigneten Abfällen vereinfacht werden konnten. Die neuen Regelungen des Merkblatts sind damit für alle Beteiligten übersichtlicher geworden – eine Absenkung von Umweltstandards ist nicht erfolgt. Der gemeinsam mit der Industrie erarbeitete Rahmen für die Mitverbrennung von Abfällen in Nordrhein-Westfalen hat sich bewährt.

Im folgenden 2. Kapitel sind die inhaltlichen Änderungen der 2. Auflage gegenüber der 1. Auflage des Leitfadens dargestellt.



2. Ziele und Inhalte des Leitfadens

Dem **Leitfaden zur energetischen Verwertung von Abfällen in Zement-, Kalk- und Kraftwerken** liegt folgendes übergeordnetes Ziel zugrunde:

Der Leitfaden soll die Einhaltung von hohen Umweltstandards beim Einsatz von Abfällen zur energetischen Verwertung in den drei genannten Bereichen sichern. Hierzu werden stoffbezogene Anforderungen und Anforderungen an die Überwachungspraxis für die einzusetzenden Abfallarten formuliert.

Um den Abfallwirtschafts- und Immissionschutzbehörden sowie den Anlagenbetreibern, die Ersatzbrennstoffe einsetzen oder dieses beabsichtigen, eine konkrete **Entscheidungshilfe** für Genehmigungsverfahren und für die Überwachung zu bieten, ist der Leitfaden praxisorientiert konzipiert, wobei insbesondere die folgenden Aspekte berücksichtigt wurden:

- Der Leitfaden bezieht sich ausschließlich auf den **Einsatz von Abfällen als Ersatzbrennstoff** in Zementwerken, Kalkwerken und in Kraftwerken, da über diese industriellen Bereiche hinaus der Einsatz von Ab-

fällen zur energetischen Verwertung in Nordrhein-Westfalen nur wenig bis gar nicht von Bedeutung ist.

- Der Leitfaden berücksichtigt, da er die bisherigen Erfahrungen aus der Praxis aufnehmen soll, nur Abfälle, für die Genehmigungen zum Einsatz von Abfällen zur energetischen Verwertung in Nordrhein-Westfalen erteilt worden sind oder die bereits im Versuchsbetrieb eingesetzt worden sind.
- Für die Anwendungsbereiche „Zementherstellung“ und „Kraftwerke“ wurden mittels der Methode der Stoffflussanalyse die Auswirkungen des Einsatzes von Abfällen als Ersatzbrennstoff sowohl im Luftpfad als auch im Produktpfad betrachtet. Die für die feststoffseitigen Outputpfade ermittelten Ergebnisse haben jedoch eher orientierenden und qualitativen Charakter.
- Der Leitfaden enthält inputseitige Schadstoffbegrenzungen für die in den drei genannten Bereichen einsetzbaren Abfälle zur energetischen Verwertung.

Entscheidungshilfe

Einsatz von
Abfällen als Ersatz-
brennstoff

In die Erarbeitung des Leitfadens sind die Erfahrungen der zuständigen Behörden eingegangen, die im Rahmen der Genehmigungs- und Überwachungspraxis mit dem Einsatz von Ersatzbrennstoffen in Nordrhein-Westfalen bereits gesammelt worden sind.

Für **Abfälle**, die bereits in Mitverbrennungsanlagen im Dauerbetrieb eingesetzt werden und für die dementsprechend umfangreiche Erfahrungen aus der behördlichen Überwachung vorliegen, enthält der Leitfaden Regelungen für eine Erleichterung der Genehmigung und eine Vereinfachung der behördlichen Überwachung.

Im Rahmen der Erarbeitung des Leitfadens wurden für die Anwendungsbereiche „Zementherstellung“ und „Kraftwerke“ mittels der Stoffflussanalyse anhand von Szenarien die Änderungen untersucht, die sich durch die Substitution von Regelbrennstoffen durch Abfälle sowohl im Luftpfad als auch in den anderen Outputströmen der Anlagen (Abfälle zur Verwertung und Produkte) ergeben. Die für den Prozess der Zementherstellung ermittelten Ergebnisse sind auf den Prozess der Kalkherstellung übertragbar.

Insgesamt bestätigen die durchgeführten Stoffflussberechnungen, dass die in der Genehmigungspraxis eingeführten Schadstoffbegrenzungen sicherstellen, dass die energetische Verwertung schadlos und ordnungsgemäß erfolgt. Bei den Schwermetallbegrenzungen wurde bisher zwischen Ersatzbrennstoffen, die aus produktionsspezifischen Abfällen erzeugt werden, und der hochkalorischen Fraktion aus aufbereiteten Siedlungsabfällen unterschieden, da die aus Siedlungsabfällen gewonnenen Ersatzbrennstoffe herkunftsbedingt durch eine größere Heterogenität und Schwankungsbereiche geprägt sind. Darüber hinaus erreichen die hausmüllstämmigen Ersatzbrennstoffe einen geringeren Heizwert als Ersatzbrennstoffe, die aus hochkalorischen Gewerbeabfallfraktionen hergestellt werden.

Da auch in mechanisch-biologischen Restabfallbehandlungsanlagen, die eine Ersatzbrennstofffraktion erzeugen, nicht nur überlassungspflichtige Abfälle privater Haushalte, sondern auch gewerbliche produktionsspezifische Abfälle mitbehandelt werden, ist eine genaue Unterscheidung zwischen heizwertreichen Gewerbe- und Siedlungsabfällen in vielen Fäl-

len nicht möglich. Aus diesem Grund differenziert der überarbeitete Leitfaden im Hinblick auf die Schwermetalle **Blei, Chrom, Kupfer und Mangan** nicht mehr zwischen der sogenannten Hochkalorischen Fraktion aus Siedlungsabfällen (**HkFS**) und Ersatzbrennstoffen, die aus produktionsspezifischen Abfällen aufbereitet werden.

Um dem Aspekt Rechnung zu tragen, dass die aus Siedlungsabfällen gewonnenen Ersatzbrennstoffe herkunftsbedingt eine größere Heterogenität und Schwankungsbreite bei einzelnen Schwermetallen aufweisen, wurden im überarbeiteten Leitfaden für die genannten Schwermetalle Bandbreiten für die einzuhaltenden Praxiswerte (Mediane) und Maximalwerte festgelegt. Der untere Wert soll eher den produktionsspezifischen Abfall und der obere Wert die hochkalorische Fraktion aus Siedlungsabfällen repräsentieren.

Hochkalorischen
Fraktion aus
Siedlungsabfällen
(HkFS)

Um die vorgenommenen Änderungen transparent zu machen, sind in Tabelle 7.9 und 7.10 die bisherigen Festlegungen aus der 1. Auflage beibehalten worden. Die Tabelle I.1 enthält die neuen Festlegungen (vgl. Merkblatt).

Die bei der Erarbeitung des Leitfadens durchgeführten Stoffflussberechnungen mussten für die Fortschreibung nicht überarbeitet werden, da die im pessimistischen Szenario zugrunde gelegten höheren Werte für die hochkalorische Fraktion aus Siedlungsabfällen („Ausnahmen Praxiswerte“) dem oberen Wert der neu festgelegten Praxiswerte entsprechen (vgl. Tabelle I.1 und Tabelle 7.22 sowie Anhang G).

Eine weitere Vereinfachung, die bei der 1. Fortschreibung vorgenommen werden konnte, besteht darin, dass nunmehr die Ersatzbrennstoffe bzw. Abfälle, die umweltverträglich in Mitverbrennungsanlagen verwertet werden können, in einer Positivliste enthalten sind (vgl. Merkblatt, Tabelle I.2). Die bisherige Unterscheidung zwischen „Abfällen der Praxisliste“ (Abfallarten, die bereits im Dauerbetrieb eingesetzt werden) und „Abfällen der Scopingliste“ (Abfallarten, die zwar genehmigt und deren Eignung anhand vorliegender Abfallanalysen belegt ist, aber die nicht im Dauerbetrieb eingesetzt werden) konnte somit aufgelöst werden.



3. Rechtliche Grundlagen der energetischen Verwertung von Abfällen und deren Umsetzung in Nordrhein-Westfalen

3.1 Rechtliche Regelungen zur Mitverbrennung von Abfällen

In den folgenden Kapiteln werden die speziellen Regelungen zur Mitverbrennung von Abfällen in industriellen Anlagen beschrieben. Diese rechtlichen Rahmenbedingungen sind im Rahmen der Erarbeitung des Leitfadens berücksichtigt worden.

3.1.1 Richtlinie 2000/76/EG über die Verbrennung von Abfällen

Die Richtlinie 2000/76/EG über die Verbrennung von Abfällen – Verbrennungsrichtlinie – ist am 28. Dezember 2000 in Kraft getreten. Für bestehende Anlagen gelten die Vorschriften der Richtlinie ab dem 28.12.2005.

Das Ziel der Richtlinie ist, die Belastungen der Umwelt infolge der Verbrennung und der Mitverbrennung von Abfällen zu vermeiden oder, sofern dies nicht realisierbar ist, möglichst weitgehend zu minimieren.

Die Verbrennungsrichtlinie erstreckt sich auf nahezu sämtliche Abfallarten, ausgeschlossen sind u. a. pflanzliche Abfälle aus der Land- und Forstwirtschaft oder aus der Nahrungsmittelindustrie sowie aus Versuchsanlagen mit einer begrenzten Kapazität, die für die Erforschung und Entwicklung von Verbrennungsprozessen genutzt werden.

Einen Überblick über die Emissionsgrenzwerte der Verbrennungsrichtlinie liefert Tab. 3.1.

Die Verbrennungsrichtlinie regelt auch die Mitverbrennung von Abfällen in Industrieanlagen und grenzt diese eindeutig von Verbrennungsanlagen ab. So ist unter „Verbrennungsanlage“ jede ortsfeste oder nicht ortsfeste technische Einheit oder Anlage zu verstehen, die zur thermischen Behandlung von Abfällen mit oder ohne Wärmenutzung eingesetzt wird.

Der Begriff „Mitverbrennungsanlage“ charakterisiert dagegen jede ortsfeste oder nicht ortsfeste Anlage, in der Abfälle zur Substitution von Regelbrennstoffen eingesetzt bzw. im Hinblick auf die Beseitigung thermisch behandelt werden.

Hervorzuheben ist, dass der Hauptzweck der Mitverbrennungsanlage in der Energieerzeugung oder in der Produktion stofflicher Erzeugnisse besteht. Werden diese Anforderungen nicht erfüllt, so handelt es sich um eine Abfallverbrennungsanlage.

Beim Betreiben von Mitverbrennungsanlagen ist darauf zu achten, dass das Verbrennungsgas selbst unter den ungünstigsten Bedingungen für die Dauer von mindestens zwei Sekunden eine Temperatur von mindestens 850 °C erreicht. Sofern gefährliche Abfälle mit einem Massenanteil von mehr als ein Prozent an halogenierten organischen Stoffen eingesetzt werden, ist die Temperatur auf 1.100 °C zu erhöhen. Die im Verbrennungsprozess entstehende Wärme muss – soweit praktikabel – genutzt werden.

Tab. 3.1 Emissionsgrenzwerte für Abfallverbrennungsanlagen (gemäß Richtlinie 2000/76/EG)

Emissionsparameter	Einheit	TMW*	HMW* (100%)	HMW* (97%)	MPNZ*
Gesamtstaub	mg/m ³	10	30	10	-
TOC	mg/m ³	10	20	10	-
HCl	mg/m ³	10	60	10	-
HF	mg/m ³	1	4	2	-
SO ₂	mg/m ³	50	200	50	-
NO ₂ für bestehende Anlagen mit einer Kapazität > 6 t/h oder Neuanlagen	mg/m ³	200**	400**	200**	-
NO ₂ für bestehende Anlagen mit einer Kapazität < 6 t/h	mg/m ³	400**	-	-	-
Cd + Tl	mg/m ³	-	-	-	0,05 / 0,1 ***
Hg	mg/m ³	-	-	-	0,05 / 0,1 ***
sonstige Schwermetalle ¹⁾	mg/m ³	-	-	-	0,5 / 1 ***
PCDD/PCDF	ng TE/m ³	-	-	-	0,1

* TMW - Tagesmittelwert, HMW - Halbstundenmittelwert, MPNZ - Mittelwert über die Probenahmezeit.

** Bis 1. Januar 2007 nicht gültig für Anlagen, in denen ausschließlich gefährliche Abfälle verbrannt werden.

*** Bis 1. Januar 2007 geltende Mittelwerte für bestehende Anlagen, deren Betriebsgenehmigung vor dem 31. Dezember 1996 erteilt wurde und in denen ausschließlich gefährliche Abfälle verbrannt werden.

¹⁾ Σ Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V

Für die Mitverbrennung werden die Emissionsgrenzwerte auf der Grundlage einer Anteilsrechnung festgesetzt, sofern kein spezifischer Grenzwert in Anhang II der Richtlinie enthalten ist. Eine Anteilsrechnung entfällt insbesondere bei der Mitverbrennung in Zementwerken.

Tabelle 3.2 enthält eine Zusammenstellung der in der Richtlinie festgelegten Gesamtemissionsgrenzwerte (TMW). Für Mitverbrennungsanlagen, in denen mehr als 40 % der

freigesetzten Wärme aus bestimmten gefährlichen Abfällen erzeugt werden, gelten die Emissionsbegrenzungen für Verbrennungsanlagen (vergleiche Tabelle 3.1).

Hervorzuheben ist, dass für die Mitverbrennung von Abfällen in Zementwerken und Feuerungsanlagen dieselben Emissionsgrenzwerte für Schwermetalle sowie Dioxine und Furane gelten, wie für Verbrennungsanlagen. Die Mischungsrechnung findet hier keine Anwendung.

Tab. 3.2 Gesamtemissionsgrenzwerte (TMW) für die Mitverbrennung von Abfällen (gemäß EU-Richtlinie 2000/76/EG vom 28. Dezember 2000)

Emissionsparameter	Einheit	Zementwerke	Feuerungsanlagen	andere Industrien
Gesamtstaub	mg/m ³	30	MR *	MR
TOC	mg/m ³	10 **	MR	MR
HCl	mg/m ³	10	MR	MR
HF	mg/m ³	1	MR	MR
SO ₂	mg/m ³	50 **	MR *	MR
NO ₂	mg/m ³	500 **	MR *	MR
Cd + Tl	mg/m ³	0,05	0,05	0,05
Hg	mg/m ³	0,05	0,05	0,05
sonstige Schwermetalle ¹⁾	mg/m ³	0,5	0,5	MR
Dioxine und Furane	ng TE/m ³	0,1	0,1	0,1

* MR – durch Mischrechnung zu bestimmen, für die Berechnung der Mischwerte bei Kraftwerken sind Startwerte festgelegt und zu verwenden.

** Für diese Schadstoffe sieht die EU-Verbrennungsrichtlinie auch Ausnahmemöglichkeiten vor.

1) Σ Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V

3.1.2 Verordnung über die Verbrennung und Mitverbrennung von Abfällen – 17. BImSchV

In Deutschland wurde die Verbrennungsrichtlinie im Wesentlichen durch die „Verordnung zur Änderung der Verordnung über Verbrennungsanlagen für Abfälle und ähnliche brennbare Stoffe und weiterer Verordnungen zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes“ vom 14. August 2003 umgesetzt. Kernelement dieser Änderungsverordnung ist die Novellierung der Verordnung über Verbrennungsanlagen für Abfälle und ähnliche brennbare Stoffe – 17. BImSchV. Auch der Titel der 17. BImSchV wurde durch die Novel-

lierung abgeändert, und lautet jetzt „17. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Verbrennung und Mitverbrennung von Abfällen – 17. BImSchV).“

In Abs. 1 des § 5 der 17. BImSchV sind die Emissionsgrenzwerte angegeben, die von Anlagen einzuhalten sind, wenn ausschließlich Abfälle zur Verbrennung eingesetzt werden (vergl. Tabelle 3.3).

Entsprechend § 5a Abs. 7 gilt, dass beim Einsatz unaufbereiteter gemischter Siedlungsabfälle die Emissionsgrenzwerte des § 5 Abs. 1 der 17. BImSchV gelten.

Tab. 3.3 Emissionsgrenzwerte der 17. BImSchV bezogen auf einen Sauerstoffgehalt von 11 Vol.-%

Emissionsparameter	Einheit	TMW*	HMW*	MPNZ*
CO	mg/m ³	50	100 ¹⁾	-
Staub	mg/m ³	10	30	-
SO ₂	-	50 mg/m ³	0,20 g/m ³	-
NO ₂	g/m ³	0,20	0,40	-
HCl	mg/m ³	10	60	-
HF	mg/m ³	1	4	-
C _{ges}	mg/m ³	10	20	-
∑ Cd, Tl	mg/m ³	-	-	0,05
Hg	mg/m ³	0,03	0,05	-
sonstige Schwermetalle ²⁾	mg/m ³	-	-	0,5
PCDD/PCDF	ng TE/m ³	-	-	0,1

* TMW - Tagesmittelwert, HMW - Halbstundenmittelwert, MPNZ - Mittelwert über die Probenahmezeit.

¹⁾ Stundenmittelwert

²⁾ ∑ Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn

Die Festlegung und Ermittlung von Emissionsgrenzwerten für Mitverbrennungsanlagen ist in Anhang II, entsprechend den gemeinschaftlichen Vorgaben der Abfallverbrennungs-Richtlinie umgesetzt. Das Konzept basiert auf der Absicht, für Mitverbrennungsanlagen vergleichbare Anforderungen zu stellen, wie für Verbrennungsanlagen. Der Ansatz der Abfallverbrennungs-Richtlinie, möglichst auf die Anwendung der Mischungsrechnung zu verzichten, wurde erweitert und auf fast alle relevanten Emissionsparameter ausgedehnt.

Im speziellen Teil des Anhangs II werden drei verschiedene Kategorien von Mitverbrennungsanlagen unterschieden.

1. Anlagen zur Herstellung von Zementklinker oder Zementen sowie Anlagen zum Brennen von Kalk (Nr. II.1 des Anhangs)
2. Feuerungsanlagen (Nr. II.2 des Anhangs)
3. Sonstige Anlagen (Nr. II.3 des Anhangs)

Relevant sind vor allem die Regelungen der Nrn. II.1 und II.2 für Zementwerke und Feuerungsanlagen. Eine Mitverbrennung von Abfällen außerhalb dieser Anlagen findet praktisch nicht statt.



Zementwerke und Kalkwerke

Für Zementwerke und Kalkwerke gelten die in der folgenden Tabelle 3.4 enthaltenen Emissionsgrenzwerte für die Mitverbrennung von Abfällen.

Darüber hinaus ist für Zementwerke, Anlagen zum Brennen von Kalk sowie ebenfalls für Feuerungsanlagen ein neuer Emissionsparameter, die Summe aus Arsen, Cadmium, Kobalt, Chrom und Benzo(a)pyren, gebildet worden, der einen Emissionsgrenzwert von $0,05 \text{ mg/m}^3$ vorgibt.

Ab einem Abfallanteil von 60 % an der Feuerungswärmeleistung bzw. bereits ab 40 % beim Einsatz besonders überwachungsbedürftiger Abfälle in Zement- und Kalkwerken gelten die Emissionsgrenzwerte des § 5 Abs. 1 für Monoverbrennungsanlagen in vollem Umfang. Bei einem Überschreiten dieser Schwelle kann alternativ zur Anwendung der Emissionsgrenzwerte nach § 5 Abs. 1 auch ein Mischgrenzwert für SO_2 und Staub festgelegt werden (§ 5a Abs. 3 und 4). Die Behörden können entsprechend § 19 auch Ausnahmen von diesen Regelungen erteilen, weil die Verbrennungsrichtlinie keine diesbezüglichen Beschränkungen vorsieht und eine Ausnahme somit gemeinschaftsrechtlich nicht zu beanstanden wäre.

Tab. 3.4 Emissionsgrenzwerte der 17. BImSchV für Zement- und Kalkwerke

Emissionsparameter ^{a)}	Einheit	TMW*	HMW* ^{b)}	MPNZ*	Bemerkungen
Gesamtstaub	mg/m ³	20	-	-	EU-TMW: 30
TOC	mg/m ³	10 ^{c)}	- ^{c)}	-	-
HCl	mg/m ³	10	60	-	-
HF	mg/m ³	1	4	-	-
SO ₂	mg/m ³	50 ^{c)}	200 ^{c)}	-	-
NO ₂	mg/m ³	500 ^{d)}	-	-	-
Hg	mg/m ³	0,03 ^{e)}	0,05 ^{e)}	-	EU-TMW: 0,05
Cd + Tl	mg/m ³	-	-	0,05	-
As, Cd, Co, Cr, Benzo(a)pyren	mg/m ³	-	-	0,05	EU: keine Reg.
sonstige Schwermetalle**	mg/m ³	-	-	0,5	-
Dioxine und Furane	ng TE/m ³	-	-	0,1	-

* TMW – Tagesmittelwert, HMW – Halbstundenmittelwert, MPNZ – Mittelwert über die Probenahmezeit

** Σ Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn

a) Die Emissionen sind zur Überprüfung der Einhaltung der Emissionsgrenzwerte auf einen festen Bezugssauerstoffgehalt von 10% zu beziehen.

b) Soweit hier keine anderen Werte genannt sind, dürfen die Halbstundenmittelwerte das Zweifache der Tagesmittelwerte nicht überschreiten.

c) Die zuständigen Behörden können Ausnahmen zulassen, wenn Emissionen rohstoffbedingt sind und durch den Abfalleinsatz keine zusätzlichen Emissionen zu erwarten sind.

d) Abweichend von der Festlegung eines Mischgrenzwerts nach § 5a (4) 1 des Entwurfs kann von den zuständigen Behörden dieser Wert bis 2007 zugelassen werden.

e) Die zuständigen Behörden können TMW von 0,05 mg/m³ und HMW von 0,1 mg/m³ zulassen, wenn die Emissionen rohstoffbedingt sind.

Die Begrenzung der Feuerungswärmeleistung für besonders überwachungsbedürftige Abfälle gilt jedoch nicht für den Einsatz von flüssigen brennbaren Abfällen, wenn deren Massegehalt an polychlorierten aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK), polychlorierten Biphenylen (PCB) oder Pentachlorphenol

(PCP) bis 10 mg/kg und der untere Heizwert des brennbaren Abfalls mindestens 30 MJ/kg beträgt und soweit auf Grund der Zusammensetzung keine anderen oder höheren Emissionen als bei der Verbrennung von Heizöl EL auftreten können.

Tab. 3.5 Emissionsgrenzwerte der 17. BImSchV für Feuerungsanlagen

Emissionsparameter	Einheit	TMW*	HMW*	MPNZ*	Bemerkungen
Gesamtstaub	mg/m ³	10 ^{a)}	30 ^{b)}	-	EU-TMW: 30
TOC	mg/m ³	10	-	-	-
HCl	mg/m ³	20 ^{c)}	60 ^{c)}	-	-
HF	mg/m ³	1 ^{d)}	4 ^{d)}	-	-
SO ₂	mg/m ³	spezielle Grenzwerte, je nach Größe/Verfahren ^{e)}		-	-
NO ₂	mg/m ³	spezielle Grenzwerte, je nach Größe/Verfahren ^{e)}		-	-
Hg	mg/m ³	0,03	0,05	-	EU-TMW: 0,05
Cd + Tl	mg/m ³	-	-	0,05	-
As, Cd, Co, Cr, Benzo(a)pyren	mg/m ³	-	-	0,05	EU: keine Reg.
sonstige Schwermetalle**	mg/m ³	-	-	0,5	-
Dioxine und Furane	ng TE/m ³	-	-	0,1	-

* TMW – Tagesmittelwert, HMW – Halbstundenmittelwert, MPNZ – Mittelwert über die Probenahmezeit

** Σ Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn

a) Bis 1.1.2010 kann für bestehende Anlagen auch ein TMW von 20 mg/m³ zugelassen werden. Dieser Wert gilt generell auch für Anlagen, für die keine Rauchgasentschwefelungsanlage erforderlich ist.

b) Bis 1.1.2010 kann für bestehende Anlagen auch ein TMW von 40 mg/m³ zugelassen werden.

c) Für Wirbelschichtfeuerungsanlagen gelten TMW von 100 mg/m³ und HMW von 200 mg/m³.

d) Für bestehende Anlagen mit besonderer Verfahrenstechnik in der Rauchgasentschwefelung gelten TMW von 10 mg/m³ und HMW von 15 mg/m³.

e) Es sind im Anhang der 17. BImSchV jeweils Tagesmittelwerte für SO₂ und NO₂ für unterschiedliche Feuerungswärmeleistungen der Anlagen, Brennstoffe und Verfahren genannt.

Feuerungsanlagen

Für Feuerungsanlagen gelten die in der folgenden Tabelle 3.5 enthaltenen Emissionsgrenzwerte für die Mitverbrennung von Abfällen unterhalb eines Anteils der Abfälle an der Feuerungswärmeleistung der Anlagen von 25 Prozent. Die Bezugssauerstoffgehalte ergeben sich aus den jeweiligen Festlegungen für die einzelnen Brennstoffe.

3.1.3 Regelungen der TA Luft und der 13. BImSchV

Für nach der 4. BImSchV genehmigungsbedürftige industrielle Anlagen, die ausschließlich mit den im Anhang in Nr. 1.2 dieser Verordnung genannten Regelbrennstoffen betrieben werden, gelten insbesondere:

- die Verordnung über Großfeuerungs- und Gasturbinenanlagen – 13. BImSchV – vom 20. Juli 2004 für Anlagen mit einer Feuerungswärmeleistung von 50 Megawatt und mehr sowie

Tab. 3.6 Emissionsgrenzwerte ausgewählter Parameter der TA-Luft für Zement- und Kalkwerke¹⁾

Emissionsparameter	Einheit	Zementwerke	Kalkwerke
Gesamtstaub	mg/m ³	20	20
Ammoniak	mg/m ³	-	30
HCl	mg/m ³	30	30
HF	mg/m ³	3	3
SO ₂	g/m ³	0,35	0,35
NO ₂	g/m ³	0,50	0,50
Tl	mg/m ³	0,05	0,05
Hg	mg/m ³	0,05	0,05
Pb, Co, Ni, Se, Te	mg/m ³	0,5	0,5
Sb, Cr, Cu, Mn, V, Sn, Cyanide, Fluoride,	mg/m ³	1	1
As, Cd, Cr(VI), Benzo(a)pyren	mg/m ³	0,05	0,05
TOC	mg/m ³	-	50
Benzol	mg/m ³	1 ²⁾	1
Dioxine und Furane	ng TE/m ³	0,1	0,1

1) Die Emissionswerte beziehen sich auf einen Volumengehalt an Sauerstoff im Abgas von 10 %.

2) Für Zementwerke anzustreben; der Wert von 5 mg/m³ im Abgas darf nicht überschritten werden.

- die TA Luft für alle anderen industriellen Anlagen. Die Neufassung der TA Luft ist seit dem 1. Oktober 2002 in Kraft.

Die Novellierungen der 17. BImSchV, der TA Luft und der 13. BImSchV hatten auch das Ziel, eine Harmonisierung der Anforderungen, die jeweils an Zement-, Kalk- und Kraftwerke beim Betrieb mit oder ohne Abfällen zu stellen sind, zu erreichen.

Entsprechend § 1 Abs. 2 Nr. 11 gilt die 13. BImSchV allerdings nicht für Feuerungsanlagen, die in den Anwendungsbereich der

17. BImSchV fallen. Somit ist die 13. BImSchV bei Mitverbrennungsanlagen nicht anwendbar, es sei denn, es werden ausschließlich Abfälle mitverbrannt, die nicht in den Anwendungsbereich der 17. BImSchV fallen (z. B. unbelastetes Holz).

3.2 Umsetzung in der Genehmigungs- und Überwachungspraxis in Nordrhein-Westfalen

Die bisherigen und künftigen immissionsschutzrechtlichen und abfallrechtlichen Anforderungen zur Mitverbrennung, die im Kapitel 3.1 beschrieben worden sind, bilden den rechtlichen Rahmen sowohl für die Genehmigung des Einsatzes von Abfällen als Ersatzbrennstoff in industriellen Anlagen als auch für deren Überwachung.

Die Genehmigungsbehörden in Nordrhein-Westfalen haben in der Vergangenheit in den immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahren zur Mitverbrennung von Abfällen Schadstoffgrenzwerte für die durchschnittlichen und maximalen Schwermetallgehalte der einsetzbaren Abfälle festgelegt. Diese Schadstoffgrenzwerte sind das Resultat anlagenspezifischer Emissions- und Immissionsprognosen für den Einsatz der Abfälle auf der Basis des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG).

Gemeinsam mit diesen Schadstoffgrenzwerten wurden seit 1998 in Nordrhein-Westfalen Regelungen in den Genehmigungsbescheiden zur Überwachung des Abfalleinsatzes festgelegt.

Vereinfachungen in der Genehmigungs- und Überwachungspraxis in Nordrhein-Westfalen

Der Leitfaden ersetzt mit seinen Regelungen, die im Merkblatt (siehe Kapitel I) dargelegt sind, für die Abfallarten, die in der Positivliste (Tabelle I.2) enthalten sind, die bisher im Rahmen der Genehmigungsverfahren in Nordrhein-Westfalen zur abfallwirtschaftlichen Vorkontrolle anzuwendende Stoffflussanalyse, da die Umweltverträglichkeit für diese Abfälle im Rahmen der Erarbeitung des Leitfadens geprüft wurde.

Im Anhang A des Leitfadens ist ein **Genehmigungsbescheid** für Zementwerke enthalten, in dem die Umsetzung der rechtlichen Anforderungen zur Mitverbrennung von Abfällen im Rahmen der Genehmigungen in Nordrhein-Westfalen beispielhaft dargestellt ist. Die dort ausgeführten Regelungen sind in ihrer Grundstruktur unter Berücksichtigung der anlagenspezifischen Besonderheiten ebenfalls auf Kalkwerke und Kraftwerke übertragbar.

Der Bescheid enthält Regelungen für den Abfalleinsatz, die in den Jahren 1998 – 2004 zur Sicherung der Brennstoffqualität in NRW Ein-

Genehmigungs-
bescheid

gang in immissionsschutzrechtliche Genehmigungen für Zementwerke gefunden haben.

Wie die mehrjährigen Erfahrungen gezeigt haben, konnte mit diesen Vorgaben sichergestellt werden, dass nur geeignete Abfälle vom Aufbereiter oder Erzeuger in den Verwertungsweg gelangten und der Genehmigungsinhaber so in der Lage war, seine Betreiberpflichten nachweisbar dauerhaft zu erfüllen.

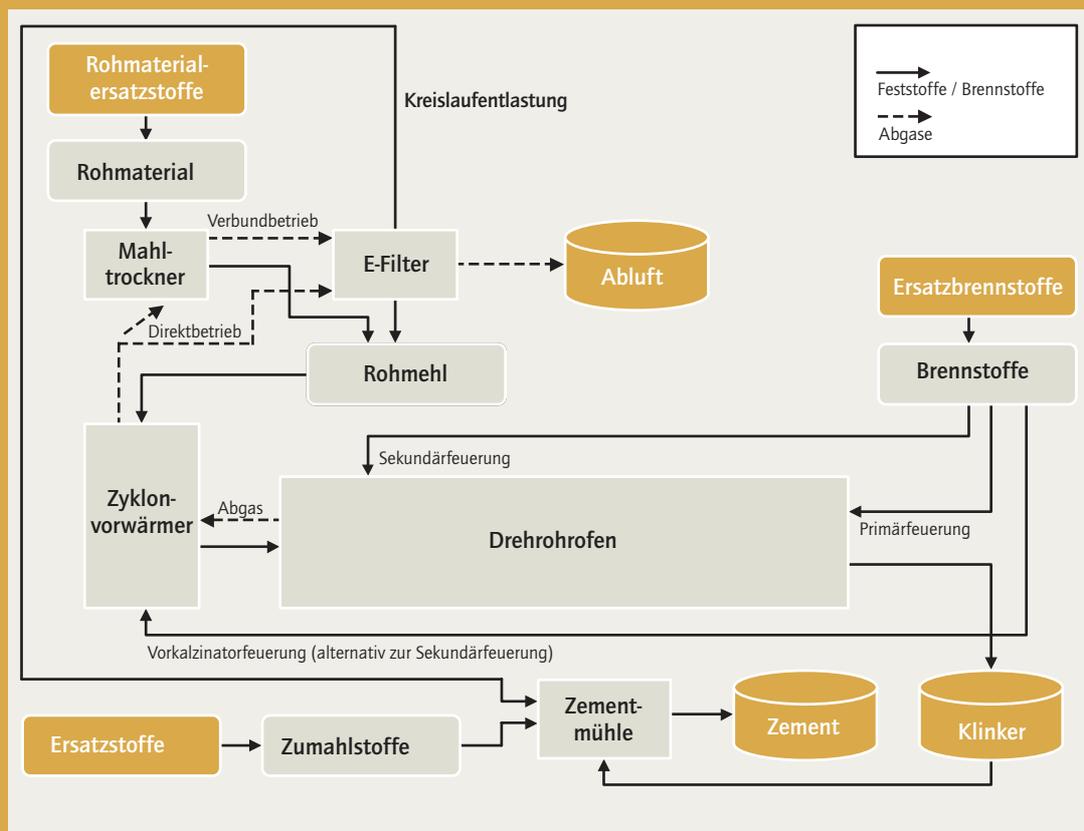
Nicht jeder Aufbereiter oder Anlagenbetreiber aus dem Inland oder insbesondere aus dem Ausland wird sich externer privatwirtschaftlicher Kontrollgremien unterwerfen wollen oder können. Insofern muss das Qualitätssicherungskonzept einer Genehmigung alle Aufbereitungs- und Anliefersituationen berücksichtigen.

Mögliche Abreicherungsmechanismen bei einzelnen Aufbereitungsanlagen, Schwankungsbreiten bei Spurenelementen (z. B. Tabelle I.2) oder weitere Abfallschlüsselnummern (z. B. über die Positivliste hinaus) können dann seitens des Antragstellers dokumentiert und im Genehmigungsverfahren oder bei der Überwachung zu Erleichterungen führen, wie sie im Leitfaden vorgesehen sind.

Ziel der Umweltbehörden des Landes ist eine einheitliche Genehmigungspraxis in Nordrhein-Westfalen. Erst im konkreten Genehmigungsverfahren oder bei der Überwachung der einzelnen Anlage (Zementwerk, Kalkwerk, Kraftwerk) kann einzelfallbezogen – nach Prüfung der konkreten Abfallbeschreibungen hinsichtlich Qualität und Herkunft – der Ermessensspielraum (z. B. im Sinne dieses Leitfadens) zu weitergehenden oder weniger Kontrollen genutzt werden; insoweit ist der Genehmigungsbescheid als beispielhaft anzusehen.

4. Verwertung von Abfällen bei der Zementherstellung

Abb. 4.1: Input- und Outputströme des Zementherstellungsprozesses mit Zyklonvorwärmer



nach [BUWAL, 1997]

Bei der Herstellung von Zement werden Abfälle sowohl stofflich als auch energetisch verwertet.

Bei der stofflichen Verwertung werden Abfälle als Ersatzstoffe für einzelne Rohmehlkomponenten vor dem Brennprozess oder als Zumahlstoffe zum gebrannten Klinker bei der Mischung

der verschiedenen Zementsorten eingesetzt. Die Beurteilung der Umweltverträglichkeit der stofflichen Verwertung von Abfällen ist jedoch nicht Bestandteil des Leitfadens.

In Nordrhein-Westfalen arbeiten die Anlagen, die über Genehmigungen zum Einsatz von Abfällen zur energetischen Verwertung verfügen,

mit Zyklonvorwärmern. Deshalb sind im Leitfaden ausschließlich diese Anlagen bei der Untersuchung des Abfalleinsatzes betrachtet worden.

Darüber hinaus könnte eine energetische Verwertung von Abfällen auch in Anlagen mit Rostvorwärmern (Lepolöfen) erfolgen. Bisher ist in Lepolöfen in Nordrhein-Westfalen jedoch nur der Einsatz von Abfällen zur stofflichen Verwertung genehmigt. Daher werden Anlagen mit Rostvorwärmern im Rahmen des Leitfadens nicht betrachtet.

4.1 Zementherstellungsprozess

Bei der Zementherstellung wird ein Gesteinsgemisch bestimmter Zusammensetzung (Rohmehl) mittels Wärme/Energie in Klinker umgewandelt und zusammen mit weiteren Zumahlstoffen gemischt und zum Produkt Zement vermahlen.

Das Brennen des Klinkers erfolgt im Drehrohrofen, in dem das Rohmaterial nach Durchlaufen der Mahltrocknung bei Temperaturen von rund 1.450 °C gesintert wird.

Die für die Beurteilung der Umweltverträglichkeit zu betrachtenden Eintrags- und Austragspfade für den Zementherstellungsprozess mit Zyklonvorwärmer sind in Abbildung 4.1 dargestellt.

In Deutschland werden vor allem Portlandzemente der Gruppen CEM I und CEM II hergestellt. Die Hauptbestandteile und die

Mischungsverhältnisse der in der europäischen Zementnorm DIN EN 197-1 genormten Zementarten sind in Tabelle 4.1 dargestellt.

Portlandzementklinker wird im Drehrohrofen aus einem Rohstoffgemisch hergestellt, das Calciumcarbonat (CaCO_3), Siliziumdioxid (SiO_2), Aluminiumoxid (Al_2O_3) und Eisenoxid (Fe_2O_3) enthält. Als Ausgangsstoffe dienen vor allem Kalkstein oder Kreide sowie Ton oder deren natürlich vorkommendes Gemisch, der Kalkmergel. Der im Drehrohrofen gebrannte Portlandzementklinker wird gemeinsam mit Calciumsulfat (CaSO_4) als Erstarrungsregler sowie mit anderen Hauptbestandteilen (natürliche Rohstoffe oder Abfälle) zu Zement gemahlen.

Tabelle 4.2 und 4.3 zeigen die chemische Zusammensetzung sowie Schwermetallgehalte der für die Herstellung von Zementklinkern eingesetzten Rohmaterialien.

Tabelle 4.4 zeigt die durchschnittlichen Schwermetallgehalte deutscher Normzemente, die z. B. aus Materialien der Tabelle 4.3 gebrannt werden. Zu beachten ist hierbei, dass die Normzemente neben dem gebrannten Klinker auch Zumahlstoffe mit entsprechenden Schwermetallgehalten enthalten (vergleiche Tabelle 4.1).

Tab. 4.1 Zementarten und deren Zusammensetzung nach DIN EN 197 - 1

Hauptzementart	Bezeichnung der 27 Produkte (Normalzementarten)	CEM	Zusammensetzung: (Massenanteile in Prozent) ^{a)}										Nebenbestandteile *		
			Hauptbestandteile												
			Portlandzementklinker	Hüttensand	Silicastaub	Puzzolane		Flugasche		gebrannter Schiefer	Kalkstein				
K	S	D ^{b)}	natürlich P	natürlich getempert Q	kiesel-säurereich V	kalkreich W	T	L	LL						
CEM II	Portlandzement	I	95-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
CEM II	Portland- hüttenzement	II/A-S II/B-S	80-94 65-79	6-20 21-35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	Portland- silicastaubzement	II/A-D	90-94	-	6-10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	Portland- puzzolanzement	II/A-P II/B-P	80-94 65-79	-	-	6-20 21-35	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		II/A-Q II/B-Q	80-94 65-79	-	-	-	6-20 21-35	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	Portland- flugaschezement	II/A-V II/B-V	80-94 65-79	-	-	-	-	6-20 21-35	-	-	-	-	-	-	0-5
		II/A-W II/B-W	80-94 65-79	-	-	-	-	-	6-20 21-35	-	-	-	-	-	0-5
	Portland- schieferzement	II/A-T II/B-T	80-94 65-79	-	-	-	-	-	-	6-20 21-35	-	-	-	-	0-5
	Portland- kalksteinzement	II/A-L II/A-LL II/B-L II/B-LL	80-94 65-79 80-94 65-79	-	-	-	-	-	-	-	6-20 21-35	-	-	6-20 21-35	0-5 0-5 0-5 0-5
	Portland- kompositzement ^{c)}	II/A-M II/B-M	80-94 65-79					6-20 21-35							0-5 0-5
CEM III	Hochofenzement	III/A III/B III/C	35-64 20-34 5-19	36-65 66-80 81-95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5 0-5 0-5
CEM IV	Puzzolanzement ^{c)}	IV/A IV/B	65-89 45-64	-				11-35 36-55							0-5 0-5
CEM V	Kompositzement ^{c)}	V/A V/B	40-64 20-38	18-30 31-50	-			18-30 31-55							0-5 0-5

a) Die Werte in der Tabelle beziehen sich auf die Summe der Haupt- und Nebenbestandteile.

b) Der Anteil von Silicastaub ist auf 10 % begrenzt.

c) In den Portlandkompositzementen CEM II/A-M und CEM II/B-M, in den Puzzolanzementen CEM IV/A und CEM IV/B und in den Kompositzementen CEM V/A und CEM V/B müssen die Hauptbestandteile außer Portlandzementklinker durch die Bezeichnung des Zementes angegeben werden.

* Nebenbestandteile können Füller sein oder Stoffe der Hauptbestandteile, soweit sie nicht Hauptbestandteile der Zementart sind.

Tab. 4.2 Chemische Zusammensetzung von Rohstoffen und Zementrohmehl zur Herstellung von Zementklinker (alle Angaben in Gewichtsprozent); [VDI, 2002]

Parameter	Kalkstein, Kalkmergel, Kreide	Tone / Tonschiefer	Sand	FE-Träger	Rohmehl
SiO ₂	0,5 - 50	37 - 78	80 - 99	4 - 11	12 - 16
Al ₂ O ₃	0,1 - 20	7 - 30	0,5 - 3	0,2 - 3	2 - 5
Fe ₂ O ₃ / Mn ₂ O ₃	0,1 - 10	2 - 15	0,5 - 2	19 - 95	< 2
CaO	5 - 55	0,5 - 25	0,1 - 3	0,1 - 34	40 - 45
MgO	0,3 - 5	< 5	< 0,5	< 1,5	0,3 - 3
K ₂ O	0,05 - < 3,5	0,5 - 5	< 1	Spuren	0,2 - 1,4
Na ₂ O	0,05 - 0,3	0,1 - 0,3	< 0,5	Spuren	< 0,3
SO ₃ *	0,04 - 0,3	< 3	< 0,5	Spuren	< 1,2
Cl	0,001 - 0,2	0,001 - 0,05	Spuren	Spuren	0,004 - 0,03
Glühverlust	2 - 44	1 - 20	< 5	0,1 - 30	32 - 36

* Gesamtschwefelgehalt angegeben als SO₃

Tab. 4.3 Schwermetallgehalte von Rohstoffen, Zementrohmehl und Brennstoffen zur Herstellung von Zementklinker [VDI, 2002]

Parameter	Einheit	Kalkstein, Kalkmergel, Kreide	Tone / Tonschiefer	Rohmehl	Stein- / Braunkohle
Cadmium Cd	mg/kg TS	0,04 - 0,7	0,02 - 0,3	0,04 - 1	< 1 - 10
Thallium Tl	mg/kg TS	0,05 - 1,6	0,7 - 1,6	0,11 - 3	0,1 - 5,5
Quecksilber Hg	mg/kg TS	< 0,01 - 0,13	0,02 - 0,15	0,01 - 0,5	0,1 - 3,3
Antimon Sb	mg/kg TS	< 1 - 3	k. A.	< 3	0,4 - 2
Arsen As	mg/kg TS	0,2 - 20	13 - 23	1 - 20	1 - 50
Blei Pb	mg/kg TS	0,3 - 21	10 - 40	4 - 25	1,5 - 273
Chrom Cr	mg/kg TS	1,2 - 21	20 - 109	10 - 40	1,5 - 81
Kobalt Co	mg/kg TS	0,5 - 5	10 - 20	3 - 10	< 1 - 40
Kupfer Cu	mg/kg TS	3 - 12	k. A.	3 - 60	1 - 100
Mangan Mn	mg/kg TS	< 250	k. A.	100 - 360	82 - 250
Nickel Ni	mg/kg TS	1,5 - 21	11 - 70	10 - 35	< 1 - 100
Vanadium V	mg/kg TS	4 - 80	98 - 170	20 - 102	1 - 200
Zinn Sn	mg/kg TS	< 1 - 5	k. A.	< 10	0,8 - 2,3
Beryllium Be	mg/kg TS	0,05 - 2	2 - 4	0,1 - 2,5	< 0,1 - 3,3
Selen Se	mg/kg TS	1 - 10	k. A.	< 10	0,6 - 2
Tellur Te	mg/kg TS	< 4	k. A.	< 4	0,2 - 1
Zink Zn	mg/kg TS	10 - 40	59 - 115	20 - 47	6 - 220

Tab. 4.4 Gesamtemissionsgrenzwerte (TMW) für die Mitverbrennung von Abfällen (gemäß EU-Richtlinie 2000/76/EG vom 28. Dezember 2000)

Parameter	Einheit TS = Trockensubstanz	Mittelwerte
Cadmium Cd	mg/kg TS	0,4
Thallium Tl	mg/kg TS	n. b.
Quecksilber Hg	mg/kg TS	0,07
Antimon Sb	mg/kg TS	6,0
Arsen As	mg/kg TS	6,8
Blei Pb	mg/kg TS	27
Chrom Cr	mg/kg TS	40
Kobalt Co	mg/kg TS	10
Kupfer Cu	mg/kg TS	25
Mangan Mn	mg/kg TS	680
Nickel Ni	mg/kg TS	24
Vanadium V	mg/kg TS	56
Zinn Sn	mg/kg TS	4,6

Tab. 4.5 Ersatzbrennstoffeinsatz an verschiedenen Standorten der Zement- und Kalkindustrie in Nordrhein-Westfalen [VDZ, 2005]

Ersatzbrennstoff	Menge 2003 [t/a]	Prognostizierte Mengen für 2005 - 2008 [t/a]
Fractionen aus Industrie- / Gewerbeabfällen (z. B. Zellstoffe, Papier, Pappe, Kunststoffe, Verpackungen, Abfälle aus der Textilindustrie, sonstige Abfälle)	158.000	250.000 bis 300.000
Aufbereitete heizwertreiche Fractionen aus Siedlungsabfällen	52.000	62.000*
Altreifen	23.000	45.000 bis 50.000
Altöl	9.000	ca. 8.000
Lösemittel	10.000	ca. 14.000*
Tiermehl und -fette	145.000	(für 2005) ca. 130.000*
Klärschlamm	0,4	ca. 9.000*

* die weitere Entwicklung ist derzeit nicht prognostizierbar

Anmerkungen:

- 1) Die für den Zeitraum 2005 - 2008 prognostizierten Werte beziehen sich auf insgesamt 11 Zementwerke (Standorte mit Klinkerproduktion sowie ein Kalkwerk in NRW).
- 2) Die für das Jahr 2003 aufgelisteten Werte enthalten nur die von den nordrhein-westfälischen Zementwerken (Werke mit Klinkerproduktion) eingesetzten Ersatzbrennstoffe, das Kalkwerk ist für das Jahr 2003 nicht berücksichtigt.
- 3) Die Abschätzungen basieren auf der Annahme, dass die jährliche Produktionsleistung der betrachteten Werke im Produktionszeitraum konstant ist. Für einzelne Ersatzbrennstoffe ist es zum gegenwärtigen Zeitpunkt praktisch nicht möglich, den tatsächlichen Mengeneinsatz über einen längeren Zeitraum vorherzusagen. Dies gilt beispielsweise für

Tiermehle und -fette sowie für Klärschlämme. Speziell bei diesen Stoffen ist ggf. eine gewisse Substitution (Tiermehle vs. Klärschlämme) zu erwarten.

- 4) Falls die Qualitäten der aufbereiteten Ersatzbrennstoffe die geforderten Anforderungen erfüllen, ist in Zukunft auch ein erhöhter Einsatz von aufbereiteten Fractionen aus Siedlungsabfällen denkbar. Diese könnten dann ggf. wegfallende Massen aus dem Bereich der industriellen Abfälle ersetzen. Insofern ist es für eine Prognose sinnvoll, die Fractionen aus Industrie- und Gewerbeabfällen und die aufbereiteten Fractionen aus Siedlungsabfällen summarisch zu betrachten. Für Nordrhein-Westfalen ergäbe sich dann für den Zeitraum 2005 bis 2008 in Zement- und Kalkwerken jährlich zu verwertende Masse von ca. 310.000 bis 360.000 t/a.

4.2 Mitverbrennung von Abfällen bei der Zementherstellung

Verfahrenstechnische Merkmale, die für den Einsatz von Abfällen im Zementherstellungsprozess von Bedeutung sind, sind insbesondere:

- Gastemperaturen im Drehrohr (Primärfeuerung) von ca. 2000 °C,
- Verweilzeiten der Gase im Drehrohr von etwa 3 bis 8 Sekunden,
- oxidierende Gasatmosphäre im Drehrohr,
- Temperatur des Brenngutes von etwa 1.450 °C im Drehrohr bzw. 850 °C in der Sekundärfeuerung,
- Verweilzeiten der Gase in der Sekundärfeuerung von mehr als 2 Sekunden bei Temperaturen von 850 °C;
- Zerstörung organischer Schadstoffe durch die hohen Temperaturen bei ausreichend langen Verweilzeiten,
- Sorption gasförmiger Komponenten wie HCl, HF oder SO₂ an alkalischen Reaktionspartnern,
- hohes Rückhaltevermögen für partikelgebundene Schwermetalle,
- chemisch-mineralogische Einbindung von Schwermetallen in den Zementklinker.

Relevante Parameter, die beim Einsatz von Abfällen berücksichtigt werden müssen, sind der Heizwert, der Schwefel- und Chlorgehalt,

die Schwermetallgehalte sowie die Stückigkeit, das Förder- und das Ausbrandverhalten. Auch der Ort der Brennstoffaufgabe (vergl. Abbildung 4.1) oder beispielsweise auch die verfahrenstechnisch maximal aufzugebende Brennstoffmenge hängen von den spezifischen Eigenschaften der eingesetzten Ersatzbrennstoffe ab.

Beim Einsatz von Abfällen zur energetischen Verwertung ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Anlagen zur Zementherstellung nicht als Abfallbehandlungsprozesse geplant und konzipiert worden sind. Aus diesem Grund werden für den Einsatz von Ersatzbrennstoffen im Zementherstellungsprozess durch die Genehmigungsbehörden in Nordrhein-Westfalen Beschränkungen für die in den Abfällen üblicherweise und maximal enthaltenen Schwermetalle festgelegt.

Nach Angaben des VDZ sind im Jahr 2003 in den nordrhein-westfälischen Zementwerken ca. 400.000 Tonnen Ersatzbrennstoffe eingesetzt worden. Die Tabelle 4.5 zeigt die im Jahr 2003 eingesetzten Ersatzbrennstoffe in Zementwerken von Nordrhein-Westfalen und eine Prognose des VDZ über den zukünftigen Ersatzbrennstoffeinsatz bis zum Jahr 2008 [VDZ, 2005].

5. Verwertung von Abfällen in Kalkwerken

Für die Herstellung von Branntkalk werden Schacht-, Schubtisch- und Drehrohröfen eingesetzt. In Nordrhein-Westfalen ist die energetische Verwertung von Abfällen bisher in einem Werk mit Drehrohröfenanlagen genehmigt. Deshalb wurde dieses Verfahren für eine detailliertere Betrachtung ausgewählt. Die in der Kalkindustrie verbreitete stoffliche Verwertung von kalkhaltigen Abfällen ist nicht Bestandteil dieses Leitfadens.

5.1 Kalkherstellungsprozess

Bei der Herstellung von Branntkalk wird ein Gemisch, das hauptsächlich aus Kalkstein oder Dolomitstein (CaCO_3) besteht, mittels Wärme/Energie in Branntkalk (CaO) umgewandelt. Das Brennen erfolgt im Drehrohröfen, in dem das Rohmaterial bei Temperaturen von rund 900 bis 1.400 °C gebrannt wird.

Der Branntkalk wird nach Durchlaufen des Brennprozesses zunächst grob zerkleinert. Er kann in dieser Form als Stückkalk vermarktet oder weiter zu Feinkalk gemahlen werden. Ein Teil der Produktion wird zunächst zu Kalkhydrat ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) weiterverarbeitet und anschließend vermarktet.

Die Herstellung verschiedener Qualitäten und die Steuerung der Produkteigenschaften des erzeugten Branntkalks erfolgt durch die verwendeten Rohmaterialgemische und Brennstoffe sowie durch die Prozesssteuerung.

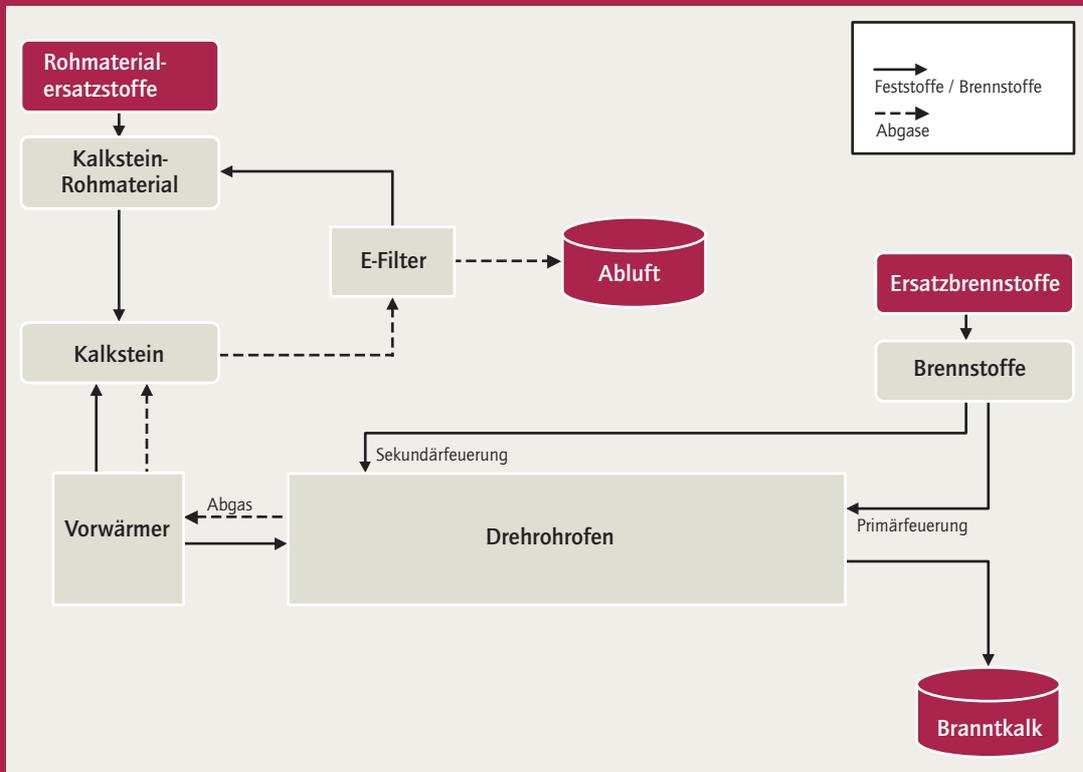
5.2 Mitverbrennung von Abfällen in Kalkwerken

Die beim Brennen von Kalk zur energetischen Verwertung einsetzbaren Abfälle müssen aufgrund der verfahrensspezifischen Anforderungen des Brennprozesses als Stoffumwandlungsprozess ausgewählt werden. Umweltrelevante Parameter, die bei der Auswahl der Abfälle berücksichtigt werden müssen, sind der Heizwert, der Schwefel- und Chlorgehalt, die Schwermetallgehalte sowie die Stückigkeit, das Förderverhalten und der Ausbrand. Auch der Ort der Brennstoffaufgabe im Brennprozess zur Kalkherstellung oder beispielsweise auch die verfahrenstechnisch maximal aufzugebende Brennstoffmenge hängen von den spezifischen Eigenschaften der eingesetzten Ersatzbrennstoffe ab.

Aufgrund des mit der Zementherstellung im Drehrohröfen (vergl. Kapitel 4.2) prinzipiell vergleichbaren verfahrenstechnischen Prozess ergeben sich aus folgenden Gründen auch hierzu Einschränkungen für die energetische Verwertung von Abfällen.

Die Anlagen zur Herstellung von Kalk sind nicht als Abfallbehandlungsprozesse geplant und konzipiert worden. Die bisher für die Anlagen mit Drehrohröfen üblichen Abgasreinigungssysteme (v. a. Elektrofilter) zur Entstaubung und Abscheidung der Schwermetalle aus dem Abluftstrom sind auf die beim Brennen von Kalk üblichen Belastungen an Staub und Schwermetallen aus den Rohmaterialien (v. a. Kalkstein) und aus den Regelbrennstoffen ausgelegt. Höhere Emissionen sollten durch die mitverbrannten Abfälle nicht entstehen. Dies gilt besonders für die in den Abfällen enthaltenen Schwermetalle.

Abb. 5.1 Input- und Outputströme des Herstellungsprozesses für Branntkalk mit Vorwärmer



Zudem ist bei der energetischen Verwertung von Abfällen die Einbindung der Schwermetalle aus der Asche der eingesetzten Ersatzbrennstoffe in den gebrannten Kalk zu berücksichtigen. Dieser weist eine für die im Prozess insgesamt eingesetzten Ausgangsmaterialien charakteristische Schwankungsbreite an Schwermetallgehalten auf. Eine über die natürliche Schwankungsbreite der Schwermetallgehalte im Branntkalk hinausgehende Anreicherung durch die in den Ersatzbrennstoffen enthaltenen Schwermetalle ist bei der Mitverbrennung zu vermeiden.

Aus diesen Gründen werden für den Einsatz von Ersatzbrennstoffen im Kalkherstellungsprozess durch die Genehmigungsbehörden in Nordrhein-Westfalen Beschränkungen für die in den Abfällen üblicherweise und maximal enthaltenen Schwermetalle festgelegt.

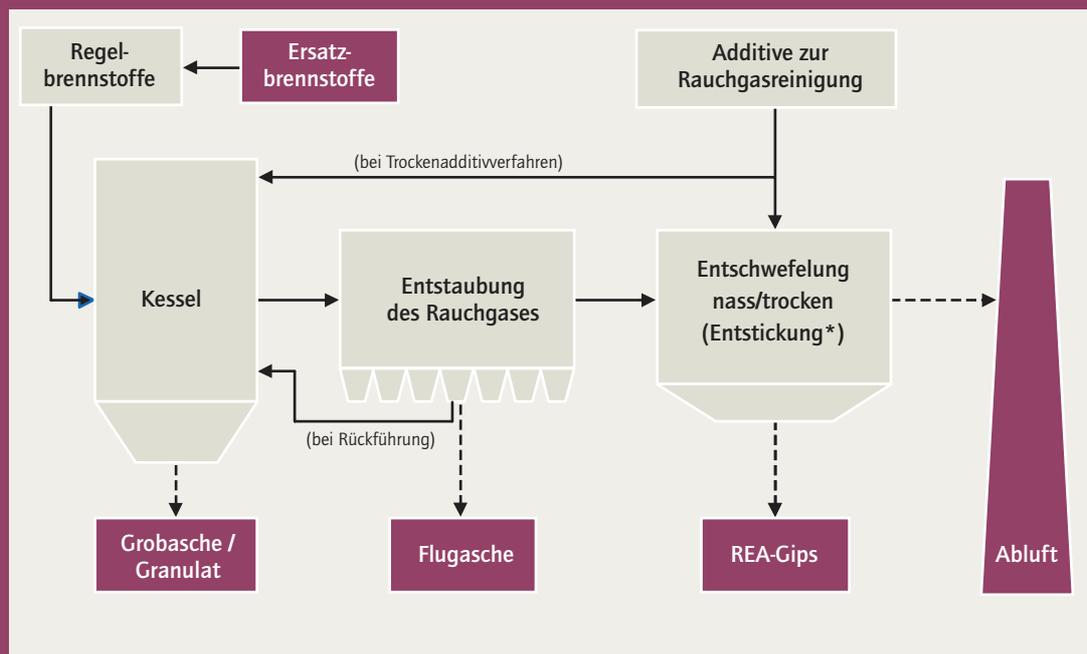
Bisher liegt für Nordrhein-Westfalen die Genehmigung für den Einsatz von Abfällen zur energetischen Verwertung für ein Kalkwerk (Anlage nach Nr. 2.4 des Anhangs der 4. BImSchV) im Bereich der Bezirksregierung Düsseldorf vor.

In der Anlage sind folgende Abfälle zur energetischen Verwertung zugelassen:

- Brennstoffe aus produktionsspezifischen Gewerbeabfällen, die aus nicht überwachungsbedürftigen Gewerbeabfällen mit überwiegendem Kunststoffanteil, deren Abfallschlüssel und Herkunft im Genehmigungsbescheid exakt festgelegt sind, hergestellt werden.

6. Verwertung von Abfällen in Kraftwerken

Abb. 6.1 Input- und Outputströme der betrachteten Feuerungsanlagen



* Die Maßnahmen zur Entstickung der Rauchgase sind, wenn nötig, an verschiedenen Stellen im Kraftwerksprozess möglich.

Im Rahmen dieses Leitfadens werden Kohlekraftwerke behandelt, die feste Ersatzbrennstoffe einsetzen und mit den Regelbrennstoffen Stein- und Braunkohle, ggf. auch mit Mischungen von Steinkohle und Petrolkoks befeuert werden.

6.1 Kraftwerksprozess und -typen

Die energetische Verwertung von Abfällen wird für folgende Kraftwerkstypen, die entweder über Dauergenehmigungen zum Einsatz von Abfällen in Nordrhein-Westfalen verfügen oder Ersatzbrennstoffe zur energetischen

Verwertung im Versuchsbetrieb (zeitlich befristet) einsetzen, betrachtet:

- Schmelzkammerfeuerung mit Steinkohle, Staubrückführung, nasse Rauchgasreinigung (Kalkstein-Waschverfahren),
- Trockenfeuerung mit Steinkohle, nasse Rauchgasreinigung (Kalkstein-Waschverfahren),
- Trockenfeuerung mit Braunkohle, nasse Rauchgasreinigung (Kalkstein-Waschverfahren),

- Zirkulierende Wirbelschicht mit Braunkohle, trockene Rauchgasreinigung (Trockenadditivverfahren) und
- Rostfeuerung mit Stein- und Braunkohle, trockene Rauchgasreinigung (Trockenadditivverfahren).

Je nach Kraftwerksprozess fallen in den Anlagen beim Verbrennungsprozess und den nachgelagerten Rauchgasreinigungsschritten (Entstaubung, nasse oder trockene Entschwefelung, Entstickung) insbesondere die folgenden Abfälle als sogenannte Kraftwerksnebenprodukte an:

- Schmelzkammergranulat,
- Grob- oder Rostasche,
- Flugasche,
- Gips aus der Rauchgasentschwefelung (REA-Gips) sowie
- ggf. weitere Rückstände aus der Rauchgasreinigung.

Diese Abfälle werden heute im großen Umfang verwertet: Als REA-Gips, als Zuschlagstoffe in der Bau- und Zementindustrie, im Straßenbau und als Versatzmaterial.

Bei der nassen Rauchgasreinigung fällt zudem Abwasser an. Abbildung 6.1 zeigt schematisch den Kraftwerksprozess.

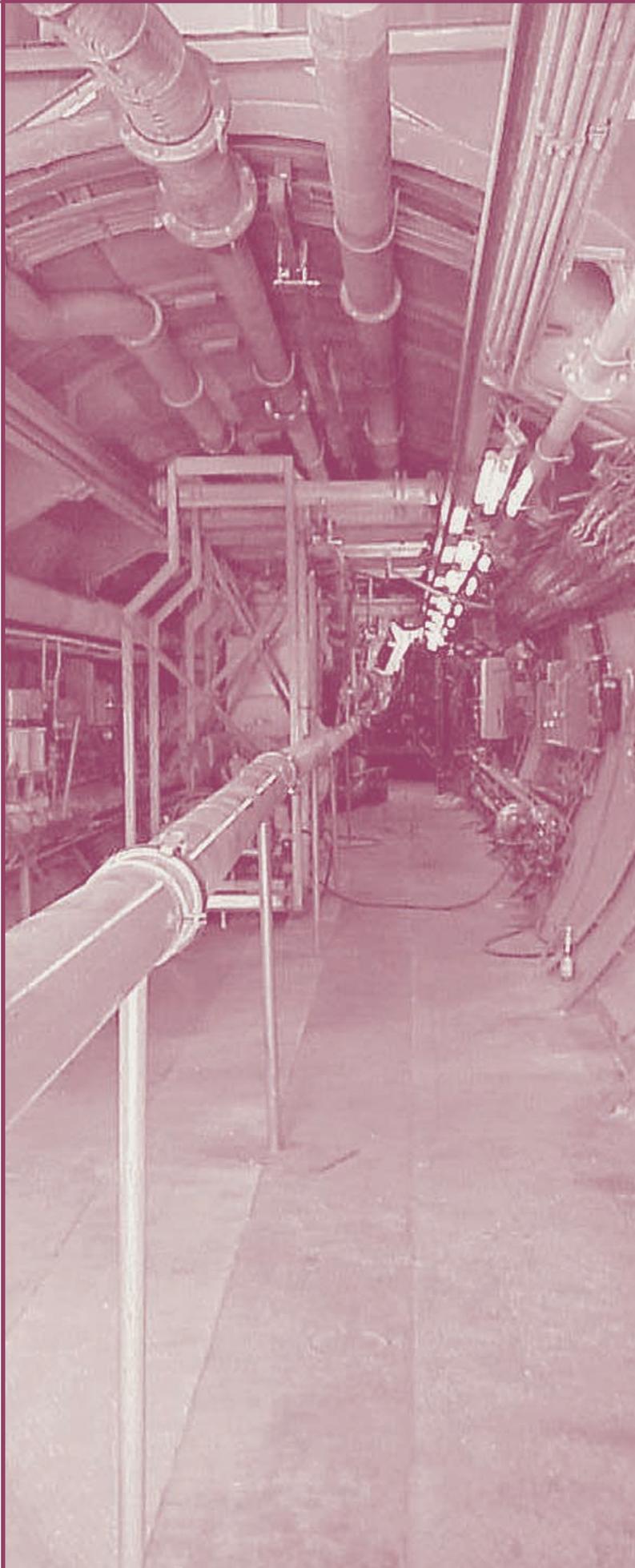
6.2 Mitverbrennung von Abfällen in Kraftwerken

Zur energetischen Verwertung sollten in Kohlekraftwerken nur solche Abfälle eingesetzt werden, die in ihren chemisch-physikalischen Eigenschaften den Regelbrennstoffen ähnlich sind. Von Bedeutung für die Verbrennungseigenschaften der Ersatzbrennstoffe im Kraftwerksprozess sind vor allem der Heizwert, die Stückigkeit des Materials, der Gehalt an Schwermetallen und anorganischen Schadstoffen sowie die Eigenschaften der Verbrennungaschen.

Schwankungen in den Eigenschaften der Regelbrennstoffe wurden bei der Konstruktion der Anlagen und der Rauchgasreinigung berücksichtigt und können über die Steuerung des Verbrennungsprozesses ausgeglichen werden.

Größere Abweichungen der Brennstoffqualität von dem für die einzelnen Anlagen definierten Brennstoffband können dagegen auch größere Auswirkungen auf den Betrieb der Anlage haben. So können u. a. Beeinträchtigungen für die Feuerungsleistung, die Standzeit der Anlage, die Qualität der Kraftwerksnebenprodukte und die luftseitigen Emissionen eintreten. Dies gilt in steigendem Maße, je höher der Anteil der Substitution des Regelbrennstoffs durch in ihren Eigenschaften abweichende Ersatzbrennstoffe aus Abfällen liegt.

Beim Einsatz von Ersatzbrennstoffen ist jedoch zu berücksichtigen, dass Kraftwerke nicht als Abfallbehandlungsprozesse ausgelegt sind.



Verfahrenstechnische Merkmale, die für eine Abfallmitverbrennung in den betrachteten Kraftwerken von Bedeutung sind, sind insbesondere:

- hohe Verbrennungstemperaturen von maximal 1.600 °C (Schmelzkammerfeuerung) bis 900 °C (Wirbelschichtfeuerung),
- oxidierende Gasatmosphäre im Kessel,
- Zerstörung organischer Schadstoffe durch die hohen Temperaturen bei ausreichend langen Verweilzeiten,
- Abscheidung gasförmiger Komponenten wie HCl, HF oder SO₂ in der Rauchgasreinigung,
- hohes Rückhaltevermögen für partikelgebundene Schwermetalle in den Entstaubungsanlagen,
- bei der Schmelzkammerfeuerung feste Einbindung von Schwermetallen in das glasartige Granulat.

Mögliche Einschränkungen in der Eignung der Kraftwerke für die Abfallmitverbrennung ergeben sich durch das im Vergleich zu Müllverbrennungsanlagen z. T. schlechtere Rückhaltevermögen für leicht flüchtige Schwermetalle wie Quecksilber und oftmals höhere Flugstaubemissionen. Über die Staubemissionen im Reingas der Kraftwerke werden auch an die Staubpartikel gebundene Schwermetalle freigesetzt.

Tab. 6.1 Ersatzbrennstoffeinsatz in den Stein- und Braunkohlenkraftwerken in Nordrhein-Westfalen [Umfarge MUNLV, 2004]

Ersatzbrennstoff	Steinkohlenkraftwerke Menge 2003 [t/a]	Braunkohlenkraftwerke Menge 2003 [t/a]
Brennbare Abfälle aus Industrie und Gewerbe	45.000	
Papier-, Faser- und De-Inkingschlämme		185.000
Tiermehl und -fette	185.000	
Klärschlamm	22.000	105.000

Weitere Einschränkungen resultieren aus der möglichen Anreicherung von Schwermetallen in den Abfällen aus Kraftwerken (Kraftwerksnebenprodukte), die dann zu erwarten sind, wenn in den Abfällen deutlich höhere Schwermetallgehalte enthalten sind als in den Regelbrennstoffen. Insbesondere bei den verwerteten Abfällen aus Kraftwerken (REA-Gipse, Granulate, Flugaschen etc.) ist ein Anstieg der Schwermetallgehalte gegenüber dem Betrieb der Kraftwerke mit Regelbrennstoffen zu vermeiden.

Aus diesen Gründen werden für den Einsatz von Ersatzbrennstoffen in Kraftwerken durch die Genehmigungsbehörden in Nordrhein-Westfalen Beschränkungen für die in den Abfällen üblicherweise und maximal enthaltenen Schwermetalle festgelegt.

Die Tabelle 6.1 gibt einen Überblick über die im Jahr 2003 eingesetzten Mengen an Ersatzbrennstoffen in den Kraftwerken von Nord-

rhein-Westfalen. Während in den Steinkohlenkraftwerken vorrangig Tiermehl und -fette eingesetzt werden, dominieren bei den Braunkohlenkraftwerken die Faser- und De-Inkingschlämme aus der Papierfabrikation.

Die Substitution von Ersatzbrennstoffen, die aus Gewerbe- und Siedlungsabfällen hergestellt werden, steht bei den Kraftwerken erst am Anfang.

7. Stoffflussmodelle

Zement-
herstellungsprozess
Kraftwerkstypen

Im Rahmen der Erarbeitung des Leitfadens zur energetischen Verwertung von Abfällen in Zementwerken, Kalkwerken und Kraftwerken sind Stoffflussmodelle

- für den **Zementherstellungsprozess** sowie
- für sechs verschiedene **Kraftwerkstypen**

erarbeitet worden. Hierdurch können die Auswirkungen des Einsatzes von Ersatzbrennstoffen sowohl auf den Luftpfad als auch auf die Erzeugnisse (Zementklinker) und Abfälle der Prozesse (Kraftwerksnebenprodukte) dargestellt werden.

Zur Darstellung der Stoffflüsse in den Prozessen wird die Methodik der Stoffflussanalyse aus der Arbeitshilfe „Stoffflussanalyse bei abfallrechtlichen Beurteilungsfragen“ (Erlass des MUNLV vom 23. Oktober 2000) in modifizierter Form angewendet. Da die novellierte 17. BImSchV keine Teilstrombetrachtung und Anteilsrechnung für die Schwermetalle mehr zulässt, sondern von festen Emissionsgrenzwerten für Zementwerke und Kalkwerke sowie für Feuerungsanlagen und Kraftwerke ausgeht (vergleiche auch Kapitel 3.1.2), ergeben sich methodische Erweiterungen gegenüber der bisherigen Anwendung der Stoffflussanalyse.

Neben der bisher ausschließlich angewendeten Teilstrombetrachtung für den Luftpfad wird in den Stoffflussmodellen auch eine Betrachtung der zu erwartenden Gesamtemissionen in die Abluft im jeweiligen Prozess, unter definierten Randbedingungen („Szenarien“) durchgeführt, und es werden die Auswirkungen auf den Zementklinker und die Kraftwerksnebenprodukte in den jeweiligen Stoffflussmodellen dargestellt (vergl. Kap. 7.4 / 7.5). Dieses Vorgehen weicht von der ursprünglichen

Anwendungsweise der Stoffflussanalyse ab. Insofern haben die mit den Stoffflussmodellen für die feststoffseitigen Outputpfade ermittelten Ergebnisse nur qualitativen und orientierenden Charakter.

Für die Prozesse der Zementherstellung sowie zum Brennen von Kalk ist im Rahmen der Erstellung des Leitfadens nur ein Stoffflussmodell „Zementherstellung“ erarbeitet worden. Dies hat zwei Gründe: Zum einen ist der betrachtete Prozess der Herstellung von Kalk im Drehrohrofen dem Zementherstellungsprozess verfahrenstechnisch sehr ähnlich und zum anderen lagen für die Kalkherstellung keine repräsentativen Transferfaktoren zur Beschreibung der Stoffflüsse im Prozess vor. Die Ergebnisse für die Zementherstellung werden daher auf den Prozess der Kalkherstellung übertragen.

Im folgenden Kapitel 7.1 sind zunächst die Anforderungen, die an die energetische Verwertung von Abfällen in Zementwerken, Kalkwerken und Kraftwerken in Nordrhein-Westfalen zu stellen sind, dargestellt.

Kapitel 7.2 geht auf die methodischen Grundlagen der Stoffflussanalyse ein, die im Rahmen der Stoffflussmodelle angewendet werden und in Kapitel 7.3 ist das Transferverhalten der betrachteten Schwermetalle in den bilanzierten Prozessen beschrieben.

Die gebildeten Szenarien für die einzelnen Anlagentypen (Zementherstellung und sieben Kraftwerkstypen) sind in Kapitel 7.4 dargestellt. Das Kapitel 7.5 zeigt die Ergebnisse der Stoffflussbilanzierungen.

Rahmenbedingungen für die energetische Verwertung von Ersatzbrennstoffen

Zementwerke und Kalkwerke	Kraftwerke
Der Einsatz von Abfällen zur energetischen Verwertung im Zementwerk oder Kalkwerk muss einen sinnvollen Zweck erfüllen, d. h. es müssen tatsächlich benötigte Brennstoffe substituiert werden.	Der Einsatz von Abfällen zur energetischen Verwertung im Kraftwerk muss einen sinnvollen Zweck erfüllen, d. h. es müssen tatsächlich Brennstoffe substituiert werden.
Es muss sichergestellt sein, dass die energetische Verwertung von Abfällen bei der Zementherstellung und bei der Herstellung von Kalk ökologisch sinnvoll durchgeführt wird.	Es muss sichergestellt sein, dass die energetische Verwertung von Abfällen in Kraftwerken ökologisch sinnvoll durchgeführt wird.
Für Zementwerke und Kalkwerke werden nur solche Abfälle in die Positivliste (vergleiche Merkblatt, Kapitel I) aufgenommen, die aufgrund ihrer Zusammensetzung dazu geeignet sind. Sie sind insbesondere dann geeignet, wenn die in Tabelle I.1 genannten Richtkonzentrationen eingehalten werden.	Für Kraftwerke wurden nur solche Abfälle in die Positivliste (vergleiche Merkblatt, Kapitel I) aufgenommen, die aufgrund ihrer Zusammensetzung dazu geeignet sind. Sie sind insbesondere dann geeignet, wenn die in Tabelle I.1 genannten Richtkonzentrationen eingehalten werden.
Die Qualität der Produkte Zementklinker und Zement sowie gebrannter Kalk darf durch den Einsatz von Abfällen zur energetischen Verwertung nicht beeinträchtigt werden.	Die bestehenden und zukünftig möglichen Verwertungswege für die Kraftwerksnebenprodukte dürfen nicht durch die Anreicherung von Schwermetallen beeinträchtigt werden.
Durch den Einsatz der Ersatzbrennstoffe, die in die Positivliste aufgenommen wurden (vergleiche Merkblatt, Kapitel I), sollen die luftseitigen Emissionen des Zementwerkes oder Kalkwerkes nicht wesentlich erhöht werden. Ein Auffüllen der Emissionen einzelner Schwermetalle im Abgas soll, wenn überhaupt, nur in einem tolerierbaren Rahmen stattfinden.	Durch den Einsatz der Ersatzbrennstoffe, die in die Positivliste aufgenommen wurden (vergleiche Merkblatt, Kapitel I), sollen die luftseitigen Emissionen des Kraftwerkes nicht wesentlich erhöht werden. Ein Auffüllen der Emissionen einzelner Schwermetalle im Abgas soll, wenn überhaupt, nur in einem tolerierbaren Rahmen stattfinden.

7.1 Anforderungen an die energetische Verwertung von Abfällen

Für eine energetische Verwertung von Abfällen müssen die in § 6 Abs. 2 KrW-/AbfG genannten Mindestvoraussetzungen erfüllt sein.

Die energetische Verwertung muss darüber hinaus in den betreffenden Anlagen ordnungsgemäß und schadlos durchgeführt werden. Eine Schadlosigkeit ist dann gegeben, wenn nach der Beschaffenheit der Abfälle, dem Ausmaß der Verunreinigungen und der Art der Verwertung keine Beeinträchtigungen für das Wohl der Allgemeinheit zu erwarten sind (§ 5 Abs. 3 KrW-/AbfG). Bei der Bewertung möglicher Beeinträchtigungen sind insbesondere

- die zu erwartenden Emissionen,
- das Ziel der Schonung der natürlichen Ressourcen,
- die einzusetzende oder zu gewinnende Energie sowie
- die Anreicherung von Schadstoffen in Erzeugnissen, Abfällen zur Verwertung oder daraus gewonnenen Erzeugnissen zu berücksichtigen (§ 5 Abs. 5 KrW-/AbfG).

Auf dieser Basis wurden die obigen Rahmenbedingungen für den Einsatz von Abfällen zur energetischen Verwertung bei den betrachteten Prozessen formuliert.

7.2 Methodik der Stoffflussanalyse

Die Stoffflussanalyse (SFA) beschreibt die Massenflüsse, wie sie in ein System ein- und austreten. Für die Stoffflussanalyse werden die Einträge in ein zu betrachtendes System und deren Austräge quantitativ erfasst, z. B. als Fracht eines Stoffes in der Einheit „Menge pro Zeiteinheit“.

Prozess

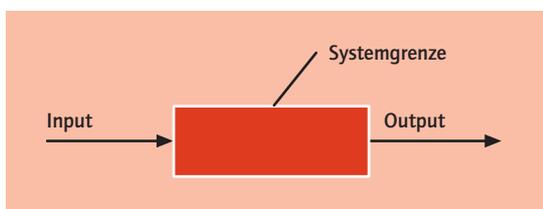
Der Vorteil der Stoffflussanalyse für die Praxis ist die Möglichkeit, die z. T. sehr komplexen Verfahrensprozesse eindeutig beschreiben zu können. Dabei muss der Anwender der Stoffflussanalyse die Massenflüsse in der einzubeziehenden Anlage oder dem Prozess bilanzieren. Wenn die Datenlage der betreffenden Anlage bzw. des Prozesses belastbar ist, führt die Stoffflussanalyse zu nachvollziehbaren Stoffbilanzen.

System

Die Stoffflussanalyse kann somit unter diesen Voraussetzungen herangezogen werden, um bei gegebenen Inputströmen unterschiedliche Outputströme eines Prozesses zu bilanzieren, so die Schadstoffverlagerung in Erzeugnisse und Abfälle zur Verwertung, in die Abluft, in den Abwasserpfad oder in den Boden.

Outputgüter

Stoff



Transferfaktor

Im Rahmen des Leitfadens zur energetischen Verwertung von Abfällen in Nordrhein-Westfalen ist die Stoffflussanalyse für die Betrachtung der Schwermetallverlagerung in die

Abluft sowie in die Erzeugnisse (v. a. Zementklinker) und die Abfälle zur Verwertung (Kraftwerksnebenprodukte) verwendet worden.

Zum besseren Verständnis der folgenden Ausführungen werden zunächst einige begriffliche Erläuterungen gegeben:

Unter einem **Prozess** wird eine konkrete verfahrenstechnische Anlage verstanden. Dies kann eine technische Produktionsanlage sein, in der Abfälle energetisch verwertet werden sollen.

Ein **System** besteht aus einer Kombination solcher technischen Verfahrensprozesse einschließlich der räumlichen und/oder zeitlichen Systemgrenzen.

Die **Inputgüter** dieser Prozesse sind Abfälle, Regelbrennstoffe, Regeleinsatzstoffe und ggf. sonstige Betriebsmittel.

Die **Outputgüter** von Prozessen sind Produkte bzw. Erzeugnisse, Emissionen (Luft, Wasser, Boden) und ggf. entstehende bzw. verbleibende Abfälle.

Ein **Stoff** im Sinne der Stoffflussanalyse ist ein Element wie z. B. Cadmium, Thallium, Quecksilber oder eine Verbindung wie z. B. HCl, HF, NO₂ oder SO₂.

Der **Transferfaktor** eines Stoffes in ein Umweltmedium (Luft, Wasser oder Boden) oder in das beabsichtigte Produkt bzw. den verbleibenden Abfall ist der Quotient aus dem Stofffluss im betreffenden Outputgut und jenem im Input, z. B. im betrachteten Abfall als Ersatzbrennstoff:

- Der **Transferfaktor Produkt / Erzeugnis** gibt den relativen Anteil des in einen Prozess eingetragenen Stoffes an, der in das Produkt des Prozesses, z. B. Zementklinker gelangt.
- Der **Transferfaktor Reingas** gibt den relativen Anteil des in einen Prozess eingetragenen Stoffes an, der über die gereinigte Abluft in die Atmosphäre abgegeben wird.
- Der **Transferfaktor Abwasser** gibt den relativen Anteil des in einen Prozess eingetragenen Stoffes an, der in das Abwasser gelangt.
- Der **Transferfaktor Abfall** gibt den relativen Anteil des in einen Prozess eingetragenen Stoffes an, der in den Abfall, z. B. in Filterstäube oder Schlacken / Aschen gelangt.

Transferfaktoren sind prozessspezifische Kenngrößen und zudem von der Betriebsweise der jeweiligen Anlage abhängig. In der Regel gelten die Transferfaktoren für statische Prozesse in einem „gegebenen Betriebsfenster“ (Druck, Temperatur, Konzentration, sonstige Betriebsbedingungen) als konstant. Diese Konstanz der Prozesse wird bei den nachfolgend beschriebenen Prozessen angenommen bzw. vorausgesetzt.

Für die Durchführung der Stoffflussanalyse im Rahmen der Erarbeitung des Leitfadens sind die Prozesse der Zementherstellung (Drehrohrofen mit Zyklonvorwärmer, siehe auch Kapitel 4.1) und der verschiedenen Kraftwerksprozesse (vergl. Kapitel 6.1) mathematisch modelliert worden. So gilt für die zu betrachtenden Stoffe in einem energetischen Verwertungsprozess folgende Beziehung

[Gleichung 1]

$$\sum F_{In} = \sum F_{Out}$$

F = Fracht; In = Input; Out = Output

Transferfaktor
Produkt / Erzeugnis

Die obige Grundgleichung kann für den Output weiter aufgelöst werden, in Abhängigkeit der jeweils gegebenen Output-Stoffflüsse:

[Gleichung 2]

$$\sum F_{In} = Tf_a \cdot F_{In} + Tf_b \cdot F_{In} + \dots Tf_x \cdot F_{In}$$

Tf = Transferfaktoren; a,b,...,x = Index für Outputpfade

Transferfaktor
Reingas

Transferfaktor
Abwasser

Als Inputdaten werden die Kenngrößen der zu betrachtenden Abfallarten (Zusammensetzung, ggf. physikalische Parameter wie der Heizwert) oder Richtwerte für die zu betrachtenden Schadstoffe benötigt. Für die Berechnung sind die Transferfaktoren für die betrachteten Prozesse zu ermitteln bzw. zu verwenden.

Transferfaktor
Abfall

Die Stoffflussanalyse wurde im Rahmen des Leitfadens für die Schwermetalle Cadmium, Thallium, Quecksilber, Antimon, Arsen, Blei, Chrom, Kobalt, Kupfer, Mangan, Nickel, Vanadium und Zinn durchgeführt. Für diese Schwermetalle liegen Transferfaktoren der betrachteten Prozesse vor (vergleiche auch das folgende Kapitel 7.3).

$$\text{Konzentration Reingas [mg/m}^3\text{]} = \frac{\text{Konzentration im Abfall [mg/Mg FS]} \times \text{Transferfaktor Reingas}}{\text{H}_u \text{ [MJ/Mg]} \times \text{energiespez. Abgasmenge [m}^3\text{/MJ]}}$$

FS = Frischsubstanz
Hu = unterer Heizwert

Die Berechnung des Outputpfades Abluft erfolgte für jeden dieser Stoffe nach obiger Formel.

Für die Berechnung der Outputpfade Zementklinker und Kraftwerksnebenprodukte wurde die Gleichung 2 angewendet. Weitere Outputpfade (Wasser, Boden) wurden nicht betrachtet.

In den betrachteten Prozessen ist davon auszugehen, dass organische Schadstoffe durch die hohen Verbrennungstemperaturen und ausreichenden Verweilzeiten im Regelbetrieb der Anlagen (vergl. auch die Ausführungen in Kapitel 4.1 und 6.1) weitgehend zerstört werden. Daher wurden organische Schadstoffe nicht betrachtet.

Für die Halogene Chlor und Fluor liegen keine ausreichenden Erfahrungen über die Transferfaktoren in den betrachteten Prozessen vor. Daher sind auch diese beiden Stoffe nicht berücksichtigt worden.

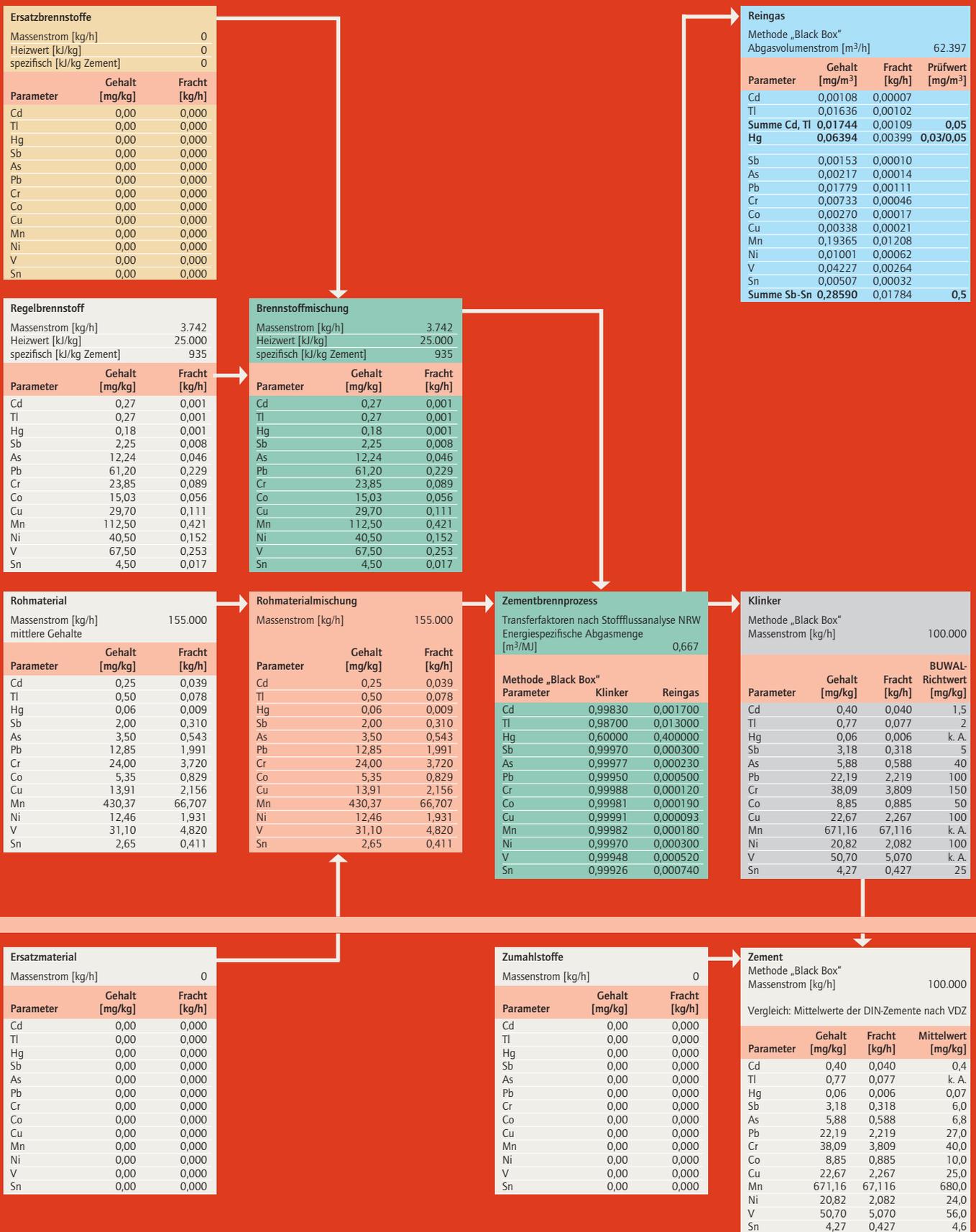
Die mathematischen Beziehungen wurden jeweils in ein Excel-Arbeitsblatt eingegeben. Daraufhin wurden die Eingabedaten gemeinsam mit dem projektbegleitenden Arbeitskreis erhoben, festgelegt und mit den mathematischen Beziehungen verknüpft.

Als Beispiel zeigt das folgende Schaubild die graphische Oberfläche des Excel-Arbeitsblattes, in dem die Stoffflüsse im Stoffflussmodell für die Zementherstellung in einer Gesamtübersicht dargestellt sind. Vergleichbare Gesamtübersichten enthalten auch die jeweiligen Excel-Arbeitsblätter für die sechs Kraftwerksmodelle.

Die so erhaltenen Rechenergebnisse für die Outputströme der betrachteten Prozesse wurden einer anschließenden Analyse und Bewertung unterzogen.

Bei der Abb. 7.1 ist zu beachten, dass als Variable ausschließlich die Regelbrennstoffe und die Ersatzbrennstoffe betrachtet wurden. **Die Rohmehlsubstitute** (Ersatzmaterial) und die **Zumahlstoffe** wurden in den Szenarien (Kap. 7.4) **nicht berücksichtigt**.

Abb. 7.1 Stoffflüsse für Schwermetalle in einem Zementwerk (Aufbau des Excel-Arbeitsblattes mit Regelbrennstoffen)



7.3 Transferverhalten der betrachteten Schwermetalle

Eine Beurteilung der Auswirkungen des Einsatzes von Ersatzbrennstoffen unter rechtlichen und ökologischen Gesichtspunkten ist nur möglich, wenn ausreichende Informationen über das Verhalten der Schadstoffe im betrachteten Prozess vorliegen. Hierfür ist es jedoch nicht notwendig, sämtliche Stoffflüsse zwischen den einzelnen Aggregaten der Anlage bzw. des Prozesses zu kennen. Wichtig ist vielmehr die Kenntnis des Transfers des Schadstoffeintrags auf die unterschiedlichen Austragspfade des Prozesses.

Für die Schwermetalle der 17. BImSchV wurden, gemäß der in Kapitel 7.2 dargestellten mathematischen Beziehungen, jeweils hierauf basierende **Stoffflussmodelle** für die betrachteten Prozesse der Zementherstellung sowie der verschiedenen Kraftwerkstypen entwickelt. Hierin wurde der Transfer der in den jeweiligen Prozess eingebrachten Schwermetalle, die aus den Regelbrennstoffen, alternativ eingesetzten Ersatzbrennstoffen und den weiteren Ausgangsmaterialien des Prozesses stammen, in die Produkte, in Feuerungsanlagen entstehende Abfälle (Kraftwerksnebenprodukte) und die Abluft als Input-Output-Bilanzen abgebildet.

Emissions- und Transferfaktoren sind im Rahmen der Arbeitshilfe „Stoffflussanalyse bei abfallrechtlichen Beurteilungsfragen“ [MUNLV, 2000] für den gesamten Zementherstellungsprozess festgelegt worden, ohne auf das Transferverhalten der Elemente in den einzelnen Anlagenbereichen differenzierter einzugehen.

Für die betrachteten Kraftwerkstypen basieren hingegen die Transferfaktoren auf den Angaben aktueller Untersuchungen verschiedener Anlagenbetreiber sowie den Einschätzungen des Gutachters.

7.3.1 Zementwerke und Kalkwerke

Alle Materialien, die in den Zement- oder Kalkherstellungsprozess eingebracht werden, verlassen diesen in verändertem Zustand als Output wieder. Die für die Stoffflussanalyse und das Stoffflussmodell im Rahmen des Leitfadens grundsätzlich relevanten Input-Materialien für den **Zementherstellungsprozess** sind:

- Rohmaterial (Rohgesteinsmischung),
- Rohmaterial-Ersatzstoffe³,
- Regelbrennstoffe (Steinkohle, Braunkohle),
- Ersatzbrennstoffe (Abfälle zur energetischen Verwertung),
- Zumahlstoffe zum Klinker³,
- Ersatzstoffe für Zumahlstoffe zum Klinker³.

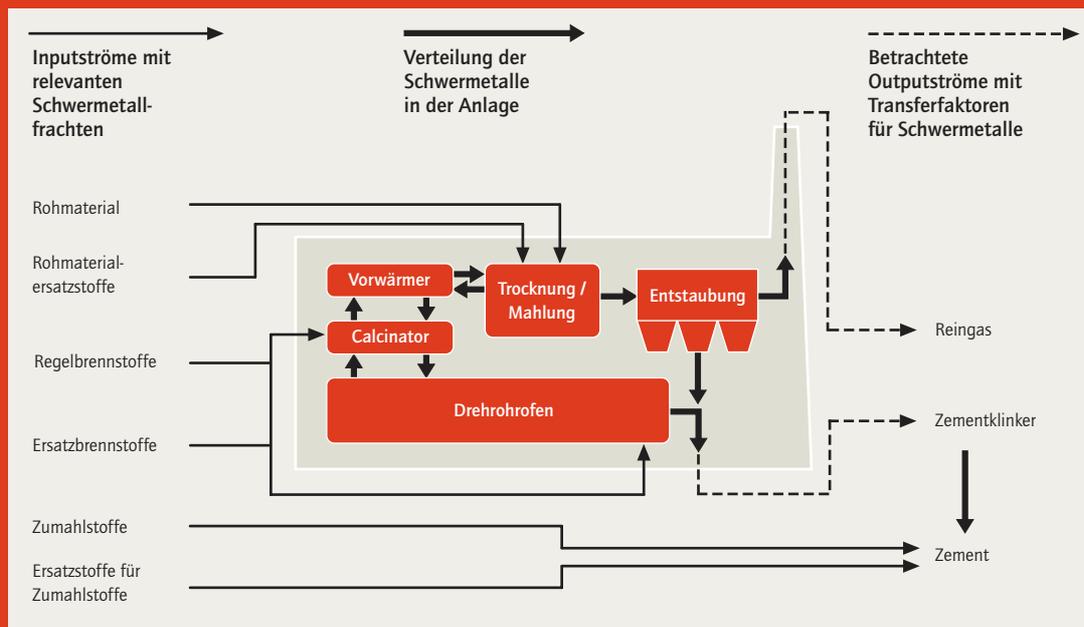
Die relevanten zu betrachtenden Output-Ströme sind:

- Zementklinker,
- Zement und
- die Abluft.

Stoffflussmodelle

³ Diese Inputmaterialien werden im ausgeführten Stoffflussmodell jedoch nicht als Eingangsgrößen betrachtet, da hier in Abstimmung mit dem projektbegleitenden Arbeitskreis nur der Einfluss der Ersatzbrennstoffe modelliert wurde.

Abb. 7.2 Schwermetallpfade im Zementwerk



Tab. 7.1 Transferfaktoren (Emissionsfaktoren) für Zementwerke [MUNLV 2000]

Parameter	Angaben in %		
	Zementklinker		Reingas
Cadmium Cd	99,83		0,17
Thallium Tl	98,7		1,3
Quecksilber Hg	60,0		40,0
Antimon Sb	99,97		0,03
Arsen As	99,977		0,023
Blei Pb	99,95		0,05
Chrom Cr	99,988		0,012
Kobalt Co	99,981		0,019
Kupfer Cu	99,9907		0,0093
Mangan Mn	99,982		0,018
Nickel Ni	99,97		0,03
Vanadium V	99,948		0,052
Zinn Sn	99,926		0,074

Zement- herstellungs- prozess

Die Zusammensetzung von Zementklinker, Zement und Abluft werden einerseits durch die Zusammensetzung der Input-Materialien bestimmt, andererseits durch deren Verhalten beim Durchlaufen des Zementherstellungsprozesses. Wie und in welcher Menge sich die Stoffe und Elemente der Input-Materialien auf Abluft, Zementklinker und Zement verteilen, ist ein Produkt komplexer Stoffflüsse und -kreisläufe innerhalb und zwischen den einzelnen Anlagenbereichen der Zementherstellung. In der Mahltrocknung, im Zementofensystem und im Elektro- / Abluftfilter werden die Materialströme in mehrere Teilströme aufgetrennt und die Zusammensetzung der einzelnen Teilströme entscheidend beeinflusst.

Für die Modellierung wurden die Emissionsfaktoren aus der Arbeitshilfe „Stoffflussanalyse bei abfallrechtlichen Beurteilungsfragen“ verwendet (vergleiche Tabelle 7.1). Auch die energiespezifische Abluftmenge des Zementherstellungsprozesses in Höhe von $0,667 \text{ m}^3/\text{MJ}$ wurde der Arbeitshilfe entnommen. Die Abbildung 7.2 gibt einen Überblick über die in den Stoffflussmodellen betrachteten Input- und Outputpfade im Zementwerk.

Dabei sind folgende Randbedingungen bei der Betrachtung des Transfers der Elemente in den Zementklinker und in den Zement zu beachten. Durch die Nutzung der Emissionsfaktoren aus der Arbeitshilfe „Stoffflussanalyse bei abfallrechtlichen Beurteilungsfragen“ wird im Stoffflussmodell der Transfer in den Zementklinker, inkl. der dem Zementklinker wieder zugeführten betriebsinternen Stoffe (v. a. Filterstaub) bilanziert. Für den Zement würden darüber hinaus innerhalb der Frachtenberechnungen dann nur noch die Einflüsse aus der Zumahlung betriebsfremder Stoffe

(Zumahlstoffe und Ersatzstoffe) betrachtet, die im Stoffflussmodell jedoch nicht berechnet worden sind. Dies ist insgesamt eine stark vereinfachende Betrachtungsweise auf der Ebene des Gesamtprozesses, der das Transferverhalten in den einzelnen Anlagenbereichen unberücksichtigt lässt.

Da die Kalkwerke erst nachträglich in die Erarbeitung des Leitfadens aufgenommen worden sind und für die bisher einzige Anlage zum Brennen von Kalk in Nordrhein-Westfalen, die eine Genehmigung zur energetischen Verwertung von Abfällen besitzt, keine Erkenntnisse zum Transferverhalten der Schwermetalle vorliegen, wurde für die Kalkwerke vom projektbegleitenden Arbeitskreis beschlossen, die Erkenntnisse zum Transferverhalten des Zementherstellungsprozesses aufgrund der Ähnlichkeit des Prozesses zum Brennen von Kalk inhaltlich zu übertragen. Daher wurde für den Kalkherstellungsprozess auch kein eigenes Stoffstrommodell mit spezifischen Transferfaktoren entwickelt.

7.3.2 Kraftwerke

Die Verteilung der in die Kraftwerke über die Inputströme eingebrachten Schwermetalle in die Luft und die Kraftwerksnebenprodukte variiert in Abhängigkeit von der Verbrennungstechnik, dem Rauchgasreinigungsverfahren und nicht zuletzt von der Prozessführung. Infolgedessen stellen die entwickelten Stoffflussmodelle für die einzelnen Kraftwerkstypen mittlere Verteilungen dar, von denen einzelne Kraftwerke durchaus nach oben oder unten abweichen können. In Stoffstrommodellen einzeln betrachtet wurden die folgenden Kraftwerkstypen, da für diese Anlagentypen

bereits die energetische Verwertung von Abfällen in Nordrhein-Westfalen im Dauer- oder Versuchsbetrieb genehmigt ist:

- Schmelzkammerfeuerung mit Steinkohle, Staubrückführung, nasse Rauchgasreinigung (Kalkstein-Waschverfahren),
- Trockenfeuerung mit Steinkohle, nasse Rauchgasreinigung (Kalkstein-Waschverfahren),
- Trockenfeuerung mit Braunkohle, nasse Rauchgasreinigung (Kalkstein-Waschverfahren),
- Zirkulierende Wirbelschicht mit Braunkohle, trockene Rauchgasreinigung (Trockenadditivverfahren) und
- Rostfeuerung mit Stein- und Braunkohle, trockene Rauchgasreinigung (Trockenadditivverfahren).

Im Rahmen der Erarbeitung des Leitfadens wurden die Transferfaktoren für die Luftemissionen der Kraftwerke aus der Arbeitshilfe „Stoffflussanalyse bei abfallrechtlichen Beurteilungsfragen“ einer kritischen Prüfung unterzogen und durch die Erkenntnisse der Genehmigungsbehörden und Anlagenbetreiber weiterentwickelt. Anlagentypen, über die keine weiteren Informationen zum Transferverhalten von einzelnen Anlagen in Nordrhein-Westfalen vorlagen (Rostfeuerung, Wirbelschichtfeuerung), wurden anhand von Literaturangaben [Rentz, 1996] modelliert. Die Aussagekraft zum Transferverhalten ist für diese Anlagentypen dementsprechend eingeschränkt, da deren Transferfaktoren nicht auf der Basis aktueller Untersuchungen an

Anlagen in Nordrhein-Westfalen überprüft werden konnten. Als Ergebnis der Arbeiten wurden mittlere Transferfaktoren für Schwermetalle sowohl für den Luftpfad als auch für die Kraftwerksnebenprodukte festgelegt.

Folgende **Inputströme**, die relevante Schwermetallfrachten in den Kraftwerksprozess einbringen, wurden betrachtet:

- Regelbrennstoff,
- Ersatzbrennstoff (Abfall zur energetischen Verwertung) und
- Additiv (Kalk) zur Rauchgasentschwefelung.

Auf die **Verteilungen innerhalb der Anlage** (interne Kreisläufe, Ablagerungen) wurde nicht eingegangen, da die Transferfaktoren eine reine Input-Output-Bilanz abbilden. Sie sind deshalb in den folgenden Abbildungen zwar angedeutet, aber nicht näher untersucht.

Die **Outputströme** der Anlagen, über die die in den Prozess eingebrachten Schwermetallfrachten die Kraftwerke wieder verlassen, reduzieren sich im Modell auf:

- die Abluft und
- die je nach Kraftwerkstyp variierenden Kraftwerksnebenprodukte.

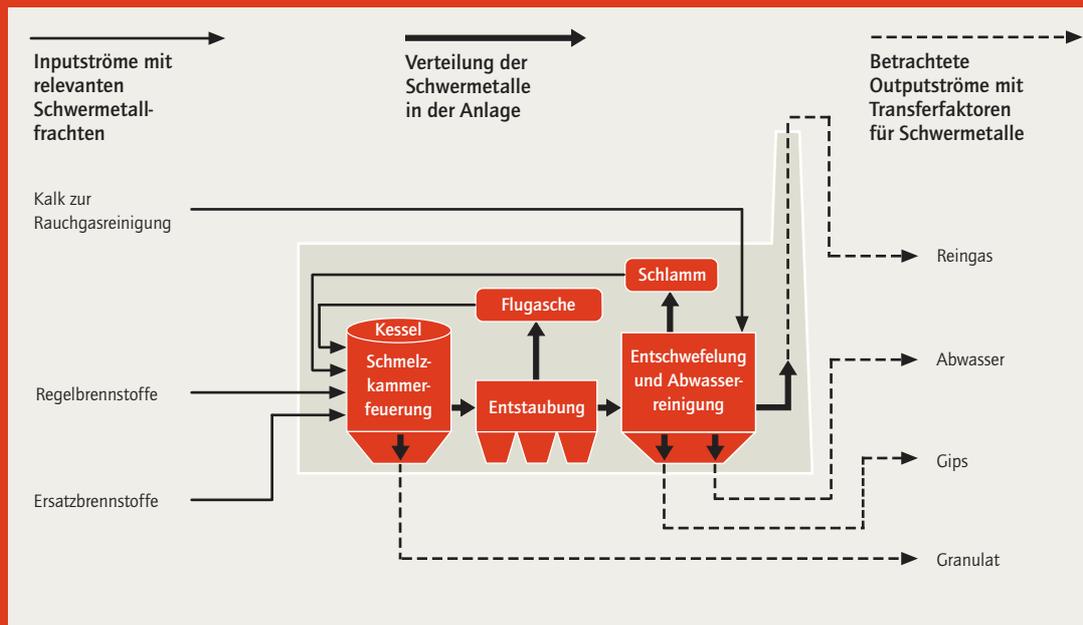
Die im Rahmen dieses Leitfadens differenziert betrachteten Kraftwerkstypen werden im Folgenden mit den zugehörigen Transferfaktoren für den Output der Schwermetallfrachten dargestellt.

Inputströme

Verteilungen
innerhalb des
Kraftwerks-
prozesses

Outputströme

Abb. 7.3 Schwermetallpfade bei der Schmelzkammerfeuerung



Tab. 7.2 Transferfaktoren für die Schmelzkammerfeuerung Steinkohle

Parameter		Angaben in %			
		Granulat	Gips	Abwasser	Reingas
Cadmium	Cd	87,8	5,0	0,2	7,0
Thallium	Tl	90,0	4,0	0,01	6,0 ¹⁾
Quecksilber	Hg	5,0	42,0	3,0	50,0
Antimon	Sb	k. A.	k. A.	k. A.	5,0 ¹⁾
Arsen	As	89,0	5,0	0,01	6,0
Blei	Pb	93,0	6,0	0,01	1,0
Chrom	Cr	99,5	0,3	0,01	0,2
Kobalt	Co	99,7	0,2	0,01	0,1 ¹⁾
Kupfer	Cu	99,5	0,2	0,01	0,3 ¹⁾
Mangan	Mn	99,6	0,2	0,01	0,2 ¹⁾
Nickel	Ni	98,8	0,7	0,01	0,5
Vanadium	V	99,6	0,2	0,01	0,2
Zinn	Sn	k. A.	k. A.	k. A.	3,0 ¹⁾

¹⁾ Diese Transferfaktoren sind, da sie nur auf der Grundlage der Ermittlung an einer oder zwei Anlagen festgelegt werden konnten (vergl. Anhang B), mit größeren Unsicherheiten behaftet.

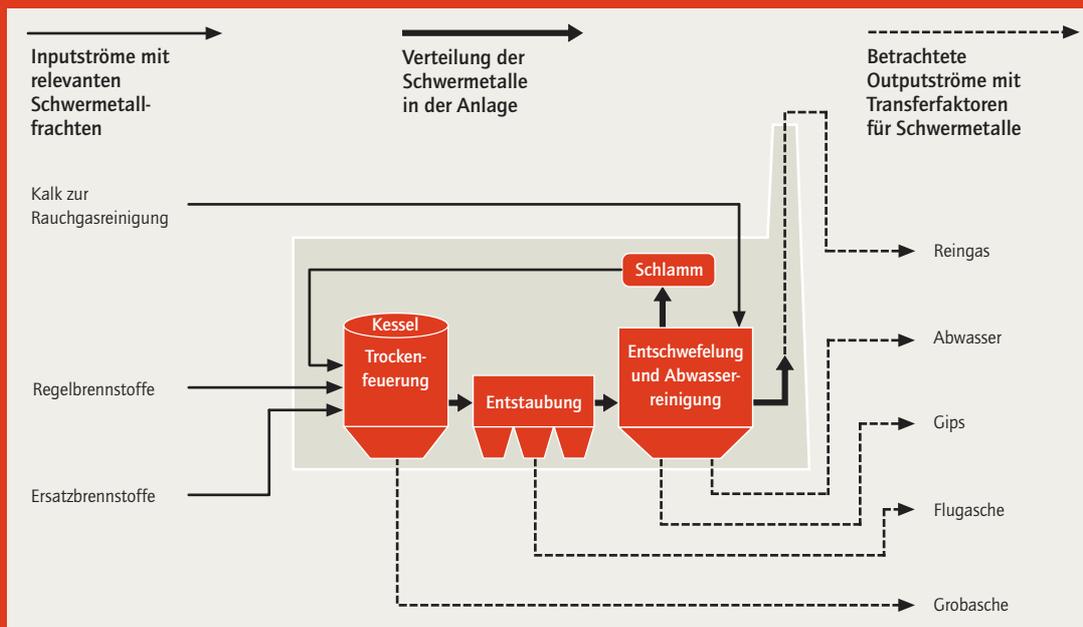
Schmelzkammerfeuerung

Bei diesen Anlagen wird die abgeschiedene Flugasche meistens vollständig in den Kessel zurückgeführt. Zur Entschwefelung der Rauchgase dient das Kalkstein-Waschverfahren, bei dem REA-Gips erzeugt wird. Der in der Abwasserreinigung anfallende Schlamm wird ebenfalls in den Kessel zurückgeführt. Die relevanten Input- und Outputströme der betrachteten Schmelzkammerfeuerung sind in der Abbildung 7.3 dargestellt.

Für die Schmelzkammerfeuerung wurden für den Regelbetrieb mit Steinkohle die in Tabelle 7.2 dargestellten Transferfaktoren ermittelt. Die Datenbasis für diese Faktoren befindet sich im Anhang B.



Abb. 7.4 Schwermetallpfade bei der Trockenfeuerung



Tab. 7.3 Transferfaktoren für die Trockenfeuerung Steinkohle

Parameter		Grobasche	Flugasche	Angaben in %		
				Gips	Abwasser	Reingas
Cadmium	Cd	11,0	81,9	5,0	0,50	1,6
Thallium	Tl	4,0	84,0	10,0	1,00	1,0
Quecksilber	Hg	1,0	64,0	8,0	1,00	26,0
Antimon	Sb	9,7	83,0	5,0	0,30	1,3
Arsen	As	5,8	92,6	1,2	0,04	0,4
Blei	Pb	11,0	87,8	0,9	0,04	0,3
Chrom	Cr	16,0	83,5	0,4	0,01	0,1
Kobalt	Co	8,5	90,7	0,7	0,04	0,1
Kupfer	Cu	18,0	80,4	1,4	0,15	0,1
Mangan	Mn	12,6	85,6	1,5	0,18	0,1
Nickel	Ni	12,0	87,7	0,2	0,01	0,1
Vanadium	V	7,5	92,1	0,3	0,01	0,1
Zinn	Sn	15,0	74,0	8,0	0,50	2,5

Tab. 7.4 Transferfaktoren für die Trockenfeuerung Braunkohle

Parameter		Angaben in %				
		Grobasche	Flugasche	Gips	Abwasser	Reingas
Cadmium	Cd	11,0	76,5	8,0	0,50	4,0
Thallium	Tl	4,0	81,0	10,0	1,00	4,0
Quecksilber	Hg	1,0	70,0	8,0	1,00	20,0*
Antimon	Sb	9,7	84,9	5,0	0,30	0,1
Arsen	As	5,8	92,9	1,2	0,04	0,1
Blei	Pb	11,0	88,0	0,9	0,04	0,1
Chrom	Cr	16,0	83,5	0,4	0,01	0,1
Kobalt	Co	8,5	90,7	0,7	0,04	0,1
Kupfer	Cu	18,0	80,4	1,4	0,15	0,1
Mangan	Mn	12,6	85,6	1,5	0,18	0,1
Nickel	Ni	12,0	87,7	0,2	0,01	0,1
Vanadium	V	7,5	92,1	0,3	0,01	0,1
Zinn	Sn	15,0	76,4	8,0	0,50	0,1

* Insbesondere bei älteren Anlagen mit höherem Ausstoß an Reingasstaub sind höhere Transferfaktoren für das Reingas möglich und in der Literatur dokumentiert. Sehr moderne Anlagen können auch niedrigere Transferfaktoren aufweisen.

Trockenfeuerung

Die Untersuchungen wurden für die Regelbrennstoffe Steinkohle und Braunkohle durchgeführt. Für beide Kohlenarten ist die grundsätzliche Verteilung der Stoffflüsse in den betrachteten Trockenfeuerungen gleich. Auch hier wurden die Transferfaktoren für Anlagen mit Rauchgasentschwefelungsanlagen (REA) nach dem Kalkstein-Waschverfahren mit Schlammrückführung gebildet. Abbildung 7.4 zeigt den schematischen Aufbau der Anlagen.

Unterschiede bei der Verbrennung von Stein- und Braunkohle zeigen sich in den ermittelten Transferfaktoren für die Schwermetalle. Aus der Tabelle 7.3 sind die Transferfaktoren für Steinkohlekraftwerke ersichtlich, Tabelle 7.4 zeigt die Faktoren für Braunkohlekraftwerke.

Die Herleitung der Transferfaktoren für die Anlagen in Nordrhein-Westfalen ist dem **Anhang B** zu entnehmen. Dabei ist zu beachten, dass die hier verwendeten Reingas-Transferfaktoren für moderne Anlagen mit effektiver Rauchgasreinigung gelten. Ältere Anlagen, insbesondere mit höheren Staubemissionen, können höhere Transferfaktoren aufweisen, die im Bereich der Schmelzkammerfeuerungen liegen.

Über die Verteilung der Schwermetalle auf die Kraftwerksnebenprodukte von mit Braunkohle befeuerten Anlagen lagen keine detaillierten Untersuchungen vor. Die Transferfaktoren wurden deshalb in Anlehnung an steinkohlebeheizte Anlagen ermittelt und weitgehend analog übertragen.

Anhang B
Transferfaktoren

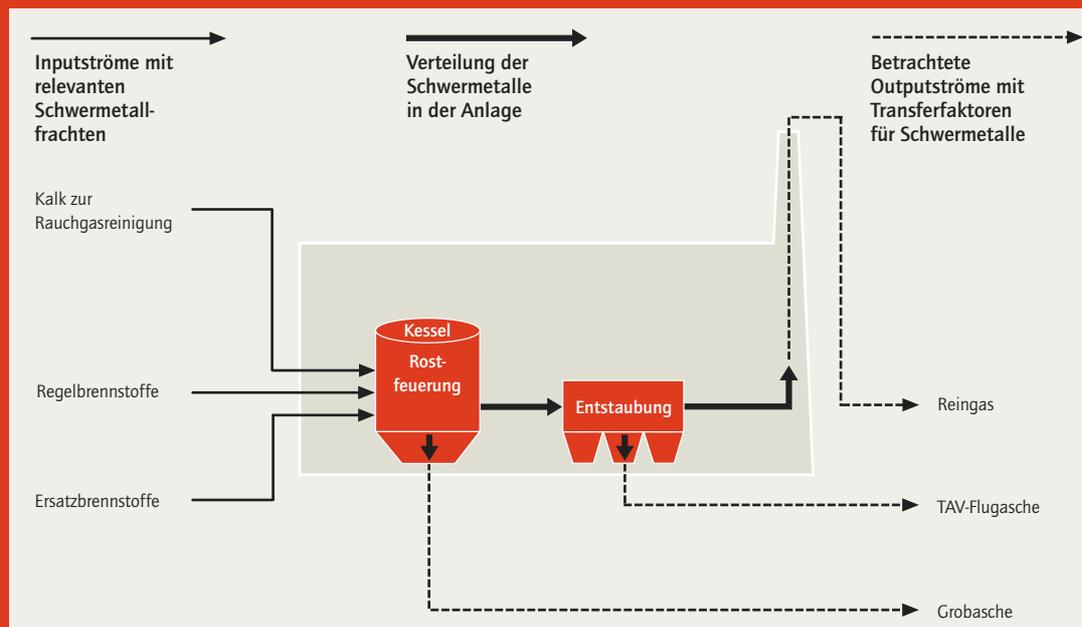


Rostfeuerung

Rostfeuerungen sind in Nordrhein-Westfalen in kleineren, mit Stein- oder Braunkohle als Regelbrennstoff befeuerten Kraftwerken installiert. Für die Untersuchung wurde eine Anlage mit Rauchgasentschwefelung nach dem Trockenadditivverfahren ausgewählt. Die relevanten Input- und Outputströme sind in der Abbildung 7.5 dargestellt.

Die Transferfaktoren für Rostfeuerungen in der Tabelle 7.5 sind der Literatur entnommen [Rentz, 1996], da keine detaillierten Angaben über diesen Kraftwerkstyp für Anlagen in Nordrhein-Westfalen verfügbar waren.

Abb. 7.5 Schwermetallpfade bei der Rostfeuerung



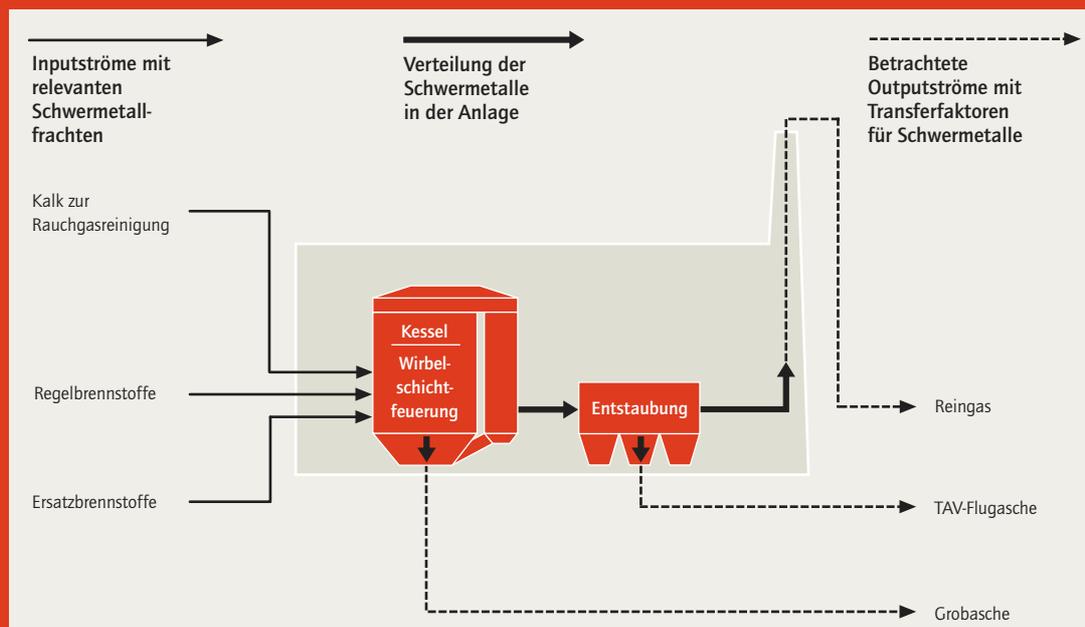
Tab. 7.5 Transferfaktoren für die Rostfeuerung

Parameter		Grobasche	Angaben in % TAV-Flugasche*	Reingas
Cadmium	Cd	15,0	83,3	1,7
Thallium	Tl	k. A.	k. A.	0,56**
Quecksilber	Hg	2,0	49,0	49,0
Antimon	Sb	k. A.	k. A.	0,41**
Arsen	As	10,0	88,2	1,8
Blei	Pb	15,0	83,3	1,7
Chrom	Cr	50,0	49,8	0,2
Kobalt	Co	k. A.	k. A.	0,05**
Kupfer	Cu	40,0	59,7	0,3
Mangan	Mn	k. A.	k. A.	0,05**
Nickel	Ni	40,0	59,7	0,3
Vanadium	V	40,0	59,7	0,3
Zinn	Sn	k. A.	k. A.	0,16**

* TAV-Flugasche = Flugasche aus dem Trockenadditivverfahren

** Für diese Schwermetalle konnten keine Transferfaktoren ins Reingas und die Kraftwerksnebenprodukte ermittelt werden. Die Faktoren für das Reingas stammen aus [MUNLV, 2000] und stellen die Mittelwerte aller dort betrachteten Kraftwerkstypen dar.

Abb. 7.6 Schwermetallpfade bei der Wirbelschichtfeuerung



Tab. 7.6 Transferfaktoren für die Wirbelschichtfeuerung

Parameter		Angaben in %		
		Grobmasche	TAV-Flugasche*	Reingas
Cadmium	Cd	15,0	80,8	4,3
Thallium	Tl	k. A.	k. A.	0,56**
Quecksilber	Hg	2,0	39,2	58,8
Antimon	Sb	k. A.	k. A.	0,41**
Arsen	As	10,0	85,5	4,5
Blei	Pb	15,0	80,8	4,3
Chrom	Cr	50,0	49,5	0,5
Kobalt	Co	k. A.	k. A.	0,05**
Kupfer	Cu	40,0	59,4	0,6
Mangan	Mn	k. A.	k. A.	0,05**
Nickel	Ni	40,0	59,4	0,6
Vanadium	V	40,0	59,4	0,6
Zinn	Sn	k. A.	k. A.	0,16**

* TAV-Flugasche = Flugasche aus dem Trockenadditivverfahren

** Für diese Schwermetalle konnten keine Transferfaktoren ins Reingas und die Kraftwerksnebenprodukte ermittelt werden. Die Faktoren für das Reingas stammen aus [MUNLV, 2000] und stellen die Mittelwerte aller dort betrachteten Kraftwerkstypen dar.

Wirbelschichtfeuerung

Die betrachteten Wirbelschichtfeuerungen für Stein- und Braunkohle arbeiten ebenfalls nach dem Trockenadditivverfahren zur Rauchgasentschwefelung. Die relevanten Input- und Outputströme sind in der Abbildung 7.6 dargestellt.

Für diese Anlagen wurden die Transferfaktoren für Schwermetalle in Tabelle 7.6 der Literatur entnommen [Rentz, 1996], da für diesen Kraftwerkstyp keine detaillierten Angaben für Anlagen in Nordrhein-Westfalen vorlagen.

Eine Weiterentwicklung der Rauchgasreinigung für Wirbelschichtverbrennungsanlagen stellt die Zugabe von Herdofenkoks in das Rohgas dar. Abbildung 7.7 zeigt die relevanten Input- und Outputströme dieser in Nordrhein-Westfalen in Anlagen eingesetzten Verfahrensvariante zur Verbrennung von Braunkohle.

Mit diesem Verfahren können die im Vergleich zu anderen Kraftwerkstypen hohen Schwermetall-Transferfaktoren für das Reingas gesenkt werden. Wie aus Tabelle 7.7 zu den Transferfaktoren ersichtlich, kann ein größerer Anteil der Schwermetallfracht in die Aschen eingebunden werden.

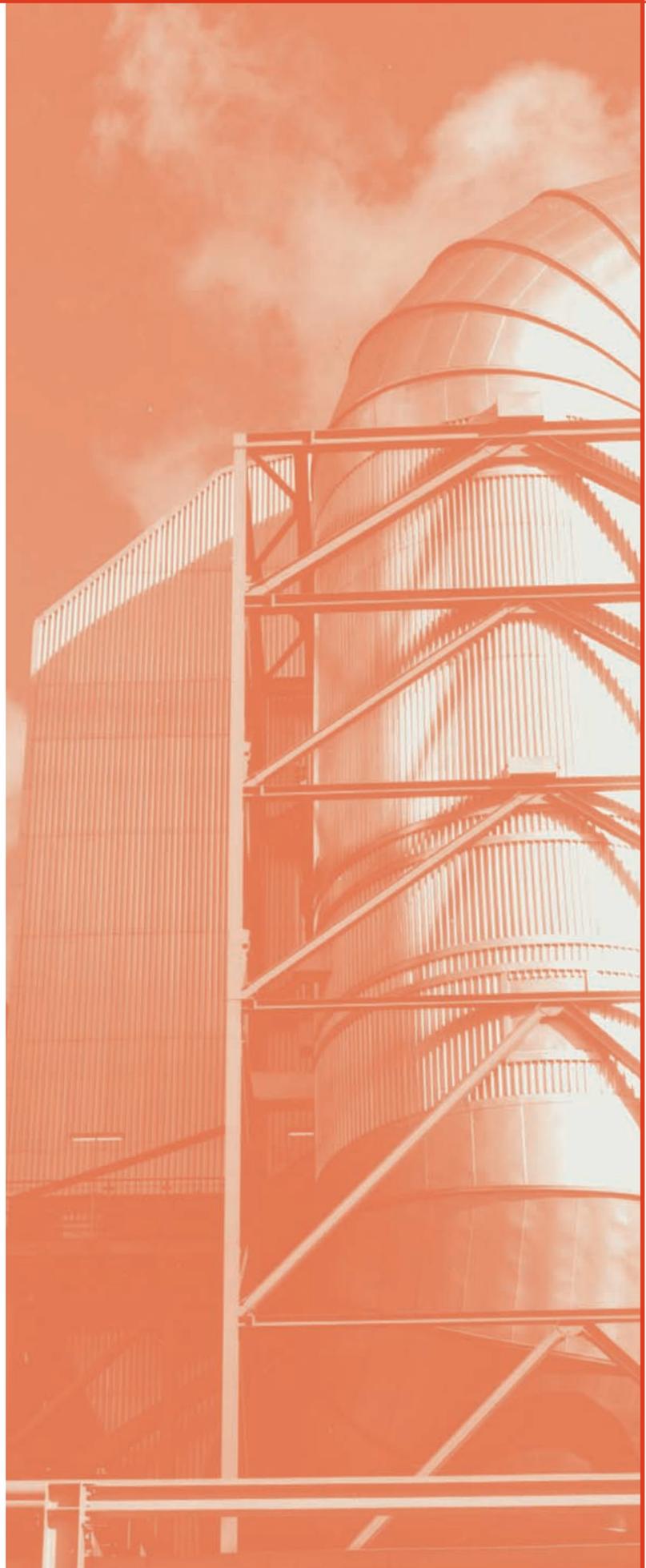
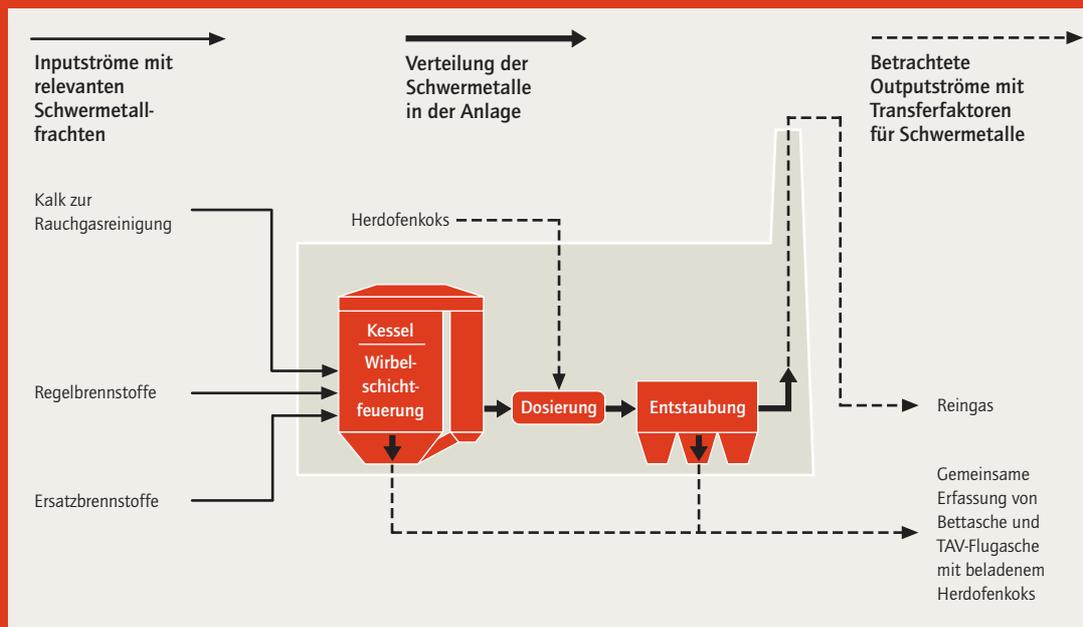


Abb. 7.7 Schwermetallpfade bei der Wirbelschichtfeuerung mit Herdofenkoksverfahren / Flugstromverfahren



Tab. 7.7 Transferfaktoren für die Wirbelschichtfeuerung Braunkohle mit Herdofenkoks-Flugstromverfahren

Parameter	Angaben in %		
	Bettasche / TAV-Flugasche*	Reingas	
Cadmium	Cd	99,98	0,02
Thallium	Tl	99,98	0,02
Quecksilber	Hg	93,50	6,50
Antimon	Sb	99,98	0,02
Arsen	As	99,98	0,02
Blei	Pb	99,98	0,02
Chrom	Cr	99,98	0,02
Kobalt	Co	99,98	0,02
Kupfer	Cu	99,98	0,02
Mangan	Mn	99,98	0,02
Nickel	Ni	99,98	0,02
Vanadium	V	99,98	0,02
Zinn	Sn	99,98	0,02

* TAV-Flugasche = Flugasche aus dem Trockenadditivverfahren

7.4 Szenarien für die betrachteten Anlagentypen

Mit der im Kapitel 7.2 beschriebenen Stoffflussanalyse und den Annahmen zum Transferverhalten der Schwermetalle in den jeweiligen Prozessen aus Kapitel 7.3 können die Betrachtungen der Auswirkungen des Einsatzes von Ersatzbrennstoffen bei der Zementherstellung und bei den einzelnen Kraftwerkstypen auf den Abluftpfad sowie auf die Erzeugnisse (Zementklinker) oder

Abfälle des jeweiligen Prozesses (Kraftwerksnebenprodukte) durchgeführt werden.

Hierfür wurden die in Tabelle 7.8 dargestellten Szenarien zur Beschreibung der Randbedingungen für die Betrachtung der Auswirkungen des Einsatzes von Ersatzbrennstoffen in den jeweiligen Prozessen definiert.

Es wurden für jeden Prozess **je zwei Bezugsszenarien** gebildet, in denen die Auswirkungen des Einsatzes von Regelbrennstoffen (Stein-

je zwei Bezugsszenarien

Tab. 7.8 Definition der betrachteten Szenarien innerhalb der Stoffflussberechnungen

Szenarienbezeichnung	Input Regelbrennstoffe	Ersatzbrennstoffe im Prozess
Bezugsszenario „Mittel“	mittlere • Steinkohlegehalte* <i>oder</i> • Braunkohlegehalte	nein
Bezugsszenario „Hoch“	hohe • Steinkohlegehalte* <i>oder</i> • Braunkohlegehalte	nein
Szenario „Praxiswerte“	mittlere • Steinkohlegehalte* <i>oder</i> • Braunkohlegehalte	Abfälle, die Praxiswerte aufweisen Anteil der Abfälle im Prozess** : • 50% bei Zementherstellung • 10% und 25% bei Kraftwerken
Szenario „Ausnahmen Praxiswerte“ (für HkFS***)	mittlere • Steinkohlegehalte* <i>oder</i> • Braunkohlegehalte	Abfälle, die Praxiswerte für HkFS*** aufweisen Anteil der Abfälle im Prozess** : • 50% bei Zementherstellung • 10% und 25% bei Kraftwerken
Szenario „Reale Gehalte der Abfälle der Praxisliste – Reale Gehalte“	mittlere • Steinkohlegehalte* <i>oder</i> • Braunkohlegehalte	Abfälle mit realen Schwermetallgehalten gemäß der vorliegenden Abfallanalysen Anteil der Abfälle im Prozess** : • 50% bei Zementherstellung

* Jeweils Mischung aus Steinkohle / Petrolkoks im Verhältnis 90:10 bei Kraftwerken *oder* ausschließlich Steinkohle bei der Zementherstellung.

** Jeweils bezogen auf die Feuerungswärmeleistung der Anlagen.

*** HkFS: Hochkalorische Fraktion aus Siedlungsabfällen

Tab. 7.9 Schwermetallbegrenzung für den Einsatz von produktionsspezifischen Abfällen in Zementwerken** (gemäß Merkblatt, 1. Auflage des Leitfadens)

Parameter	Einheit	Praxiswert	Maximalwert
Cadmium Cd	mg/kg TS	4	9
Thallium Tl	mg/kg TS	1	2
Quecksilber Hg	mg/kg TS	0,6	1,2
Antimon Sb	mg/kg TS	25***	60***
Arsen As	mg/kg TS	5	13
Blei Pb	mg/kg TS	70	200
Chrom Cr	mg/kg TS	40	120
Kobalt Co	mg/kg TS	6	12
Kupfer Cu	mg/kg TS	120*	300*
Mangan Mn	mg/kg TS	50	100
Nickel Ni	mg/kg TS	25	50
Vanadium V	mg/kg TS	10	25
Zinn Sn	mg/kg TS	30	70
Beryllium Be	mg/kg TS	0,5	2
Selen Se	mg/kg TS	3	5
Tellur Te	mg/kg TS	3	5

* Überschreitungen aufgrund von Inhomogenitäten im Einzelfall zulässig.

** Bezogen auf einen Heizwert der Trockensubstanz von mindestens 20.000 kJ/kg (± 2.000 kJ/kg).

*** O.g. Antimongehalte beziehen sich auf Salpetersäure-Druckaufschlussverfahren, bei der Verwendung des Königswasser-Druckaufschlusses ist eine Erhöhung bis zum Zweifachen notwendig.

kohle bei der Zementherstellung oder Mischung aus Steinkohle / Petrolkoks im Verhältnis 90:10 und Braunkohle bei Kraftwerken) mit mittleren und hohen Schwermetallgehalten in der Abluft sowie für die Erzeugnisse (Zementklinker) oder Abfälle (Kraftwerksnebenprodukte) bilanziert und dargestellt sind.

Weitere Randbedingungen innerhalb der Szenarien, die jeweils prozessspezifisch für die Zementherstellung und die betrachteten Kraftwerkstypen sind, sind in den Kapiteln 7.4.1 und 7.4.2 behandelt.

Praxiswerte

In den Szenarien „**Praxiswerte**“ sind Ersatzbrennstoffe, die die in Tabelle 7.9 aufgeführten

zulässigen Gehalte (Praxiswert) aufweisen, hinsichtlich der zu erwartenden Auswirkungen in der Abluft sowie für die Erzeugnisse (Zementklinker) oder Abfälle (Kraftwerksnebenprodukte) der jeweiligen Prozesse untersucht worden.

In den Szenarien ist dies für die Zementherstellung mit einem Anteil von 50 % der Ersatzbrennstoffe an der Feuerungswärmeleistung der Anlage und für die sechs Kraftwerkstypen jeweils mit einem Anteil von 10 % bzw. 25 % an der Feuerungswärmeleistung (zwei Varianten) betrachtet worden.

Tab. 7.10 Schwermetallbegrenzung für den Einsatz der Hochkalorischen Fraktion aus Siedlungsabfällen (HkFS) in Zementwerken** (gemäß Merkblatt, 1. Auflage des Leitfadens)

Parameter		Einheit	Praxiswert	Maximalwert
Blei	Pb	mg/kg TS	100 - 190	300 - 400
Chrom	Cr	mg/kg TS	60 - 125	120 - 250
Kupfer	Cu	mg/kg TS	120 - 350*	500 - 700*
Mangan	Mn	mg/kg TS	100 - 250	300 - 500
Nickel	Ni	mg/kg TS	50 - 80	100 - 160

* Überschreitungen aufgrund von Inhomogenitäten im Einzelfall zulässig

** Bezogen auf einen Heizwert der Trockensubstanz von mindestens 16.000 kJ/kg

*** o.g. Antimonergehalte beziehen sich auf Salpetersäure-Druckaufschlussverfahren, bei der Verwendung des Königswasser-Druckaufschlusses ist eine Erhöhung bis zum Zweifachen notwendig

Ein Anteil von 10 % Ersatzbrennstoffen an der Feuerungswärmeleistung wurde für ein Steinkohlekraftwerk mit Trockenfeuerung im Bereich der Bezirksregierung Arnsberg genehmigt. Für die Anlagen zur Zementherstellung in Nordrhein-Westfalen sind in der Regel bis etwa 50 % der Feuerungswärmeleistung für den Einsatz von Ersatzbrennstoffen aus produktionsspezifischen Abfällen oder aus hochkalorischen Fraktionen, die aus Siedlungsabfällen hergestellt werden, genehmigt.

Die in den Szenarien getroffenen Annahmen bilden somit eine aus der Genehmigungspraxis in Nordrhein-Westfalen abgeleitete Situation für den Einsatz von Ersatzbrennstoffen im jeweiligen Prozess ab.

Verschiedene Zement- und Kraftwerke verfügen über Genehmigungen zum Einsatz der hochkalorischen Fraktion aus Siedlungsabfällen (Leichtfraktion), die durch Aufbereitung bzw. Sortierung erzeugt wird. Die siedlungsabfallbürtigen Ersatzbrennstoffe enthalten z. T. höhere Schwermetallgehalte als

Ersatzbrennstoffe aus produktionsspezifischen Abfällen. Aus diesem Grund enthalten bestehende Genehmigungen für den Einsatz der hochkalorischen Fraktion aus Siedlungsabfällen die in Tabelle 7.10 dargestellten Ausnahmewerte.

In den Szenarien „**Ausnahmen Praxiswerte**“ wurden Ersatzbrennstoffe aus HkFS untersucht, deren Schwermetallgehalte die nach Tabelle 7.9 zulässigen Werte (Praxiswert) mit Ausnahme der Parameter Blei, Chrom, Kupfer, Mangan und Nickel aufweisen. Für diese wurden die in Tabelle 7.10 dargestellten Schwermetallgehalte (Praxis- und Maximalwert) und der dort angegebene untere Heizwert von 16.000 kJ/kg in den Berechnungen verwendet. Betrachtet wurden in den Szenarien die zu erwartenden Auswirkungen in der Abluft sowie für die Erzeugnisse (Zementklinker) oder Abfälle (Kraftwerksnebenprodukte) der jeweiligen Prozesse.

Anhand der Transferfaktoren für die einzelnen Prozesse wurde in den jeweiligen Stoff-

Ausnahmen
Praxiswerte

flussmodellen der Betrieb der einzelnen Anlagentypen unter Einsatz der Ersatzbrennstoffe in den jeweiligen Szenarien bilanziert und die Einhaltung der Grundsätze aus Kapitel 7.1 überprüft. Die Bezugsszenarien „Mittel“ / „Hoch“ dienen als Vergleichsmaßstab für die Betrachtung der Auswirkungen im Luftpfad, auf die Produkte (Zementklinker) und auf die entstehenden Abfälle (Kraftwerksnebenprodukte) der Zement- bzw. Kraftwerke.

Szenario
„Reale Gehalte“

Analysen von Abfällen, die zur energetischen Verwertung in den betrachteten industriellen Prozessen eingesetzt werden (vergleiche hierzu auch die Ergebnisse der Szenarien in Kapitel 7.5 und die Ausführungen in Kapitel I), sind im **Anhang H** wiedergegeben. Die folgenden Tabellen 7.11 bis 7.14 stellen neben den durchschnittlichen Brennstoffparametern wie Heizwert, Wasser- und Aschegehalt und den Gehalten an Chlor, Fluor und Schwefel auch die Medianwerte, die 80. Perzentile sowie die 90. Perzentile der Schwermetalle aus vorliegenden Analysen von Ersatzbrennstoffen dieser im Rahmen des Leitfadens detaillierter betrachteten Abfälle dar.

Bei dieser Zusammenstellung ist zu beachten, dass der Umfang der zugrunde liegenden Analysen sehr unterschiedlich ist (vergleiche im Detail **Anhang H**). Dies hat verschiedene Gründe: Teilweise wurden alte Abfallanalysen noch nicht den neuen AVV-Schlüsseln zugewiesen, andere Abfälle wurden bisher noch nicht für die Herstellung von Ersatzbrennstoffen eingesetzt. Deshalb wurden die in den Tabellen ausgewiesenen Auswertungen zu den einzelnen Abfällen unterschiedlich dargestellt und bewertet. Lagen für einzelne Parameter der Abfälle nur drei oder weniger Analysen vor, sind die Auswertungen in den Tabellen

Abfallanalysen
im Anhang H

kursiv dargestellt. Diese Werte wurden in der Darstellung der Bandbreite der Gehalte einzelner Parameter nicht berücksichtigt.

In Tabelle 7.11 werden neben den Medianen aus Analysen derjenigen Abfälle, die für die Positivliste vorgeschlagen wurden, auch Medianwerte für die Modellierung dieser Abfälle in den Stoffstrommodellen dargestellt. Diese Werte gingen als **Szenario „Reale Gehalte“** in die Berechnungen ein. Zur Einordnung und Verifizierung dieser Werte, die sich aus den Analysen der Abfälle der Positivliste ableiten, sind auch die Mediane aus einer umfassenden Auswertung für bundesweit eingesetzte Brennstoffe aus produktionsspezifischen Abfällen (BPG) **nachrichtlich** in die Tabelle mit aufgenommen worden (vergleiche auch Anhang H). Zu beachten ist bei den Analysenwerten für BPG jedoch, dass für die Erzeugung dieser Ersatzbrennstoffe auch andere als in der Positivliste genannte Abfallarten zulässig sind.

Für die in den Tab. 7.11 und 7.13 dargestellten Abfälle wurde auf der Basis der vorliegenden Analysen auch untersucht, ob sie in ihren Schwermetallgehalten die Praxis- und Maximalwerte für Schwermetalle der in letzter Zeit erteilten Genehmigungen für Ersatzbrennstoffe, die aus produktionsspezifischen Abfällen hergestellt werden oder für die hochkalorische Fraktion aus der Aufbereitung von Siedlungsabfällen (HkFS) überschreiten. Bei höheren Gehalten als den vorgegebenen Praxis- oder Maximalwerten wurden die entsprechenden Parameter in den Tabellen im Fettdruck dargestellt. Vergleichsmaßstab für die Praxiswerte waren hierbei die Mediane der Auswertungen; den Maximalwerten wurden die 80. und 90. Perzentile der Auswertungen gegenübergestellt.

Tab. 7.11 Mediane aus Abfallanalysen

Mediane	Einheit	02 01 04 Kunststoffabfälle	03 03 07 Spurstoffe	03 03 08 Abf. a. Papierrecycling	04 02 09 Verbundmaterialien	04 02 21 unbeh. Textilfasern	04 02 22 verarb. Textilfasern	07 02 13 Kunststoffabfälle	12 01 05 Kunststoffspäne	15 01 01 Verpackungen PPK	15 01 02 Verpack. Kunststoff	15 01 03 Verpack. Holz	15 01 05 Verpack. Verbund	15 01 06 Verpack. gemischt	15 02 03 Ablaug-/ Filtermaterial	19 12 01 Papier und Pappe	19 12 04 Kunststoffe und Gummi	Bandbreite	„Reale Gehalte“ für die Modellierung (Feuchtsubstanz)	Nachrichtlich BPC (Feuchtsubstanz)
Heizwert Hu	MJ/kg	31,5	14,0	15,7	20,9	19,1	20,9	21,7	23,4	17,4	29,1		21,9	20,3	16,5	18,6	36,48	14,0 – 31,0	20,0	21,8
Wassergehalt	%	30,0	40,0	4,01	1,61	4,45	1,70	0,60	0,90	3,65	2,80	10,4	3,9	4,80	23,8		0,5	0,60 – 40,0	10,0	9,9
Aschegehalt	%	2,10	5,88	7,63		2,48	4,30	15,9	2,80	30,3	4,20		16,2				4,2	2,48 – 16,2	10,0	8,9
Chlor ges.	%	0,18	0,76	0,05	0,11	0,04	0,05	0,2	0,06	0,09	0,10		0,05	0,08	0,06	0,20	1,00	0,04 – 0,76		0,39
Fluor ges.	mg/kg	550	36,1	26,3			600	50,0	100			500	40,0				25,00	26,3 – 600		108
Schwefel ges.	%	0,02	0,05	0,06	0,03	0,05	0,14	0,22	0,04	0,11	0,07		0,10	0,10	0,05	0,40	0,04	0,03 – 0,40	0,10	0,10
Cadmium	mg/kg	0,28	0,30	0,05	0,30	0,30	0,20	0,35	0,40	0,30	0,29	1,61	0,19	0,10	0,10	0,50	4,63	0,05 – 2,94	1,00	0,75
Thallium	mg/kg	0,38	0,21	0,12	0,49	0,10	0,70	0,65	0,99	0,91	0,97		0,24	0,95	1,00	1,00	0,12	0,12 – 1,00	0,50	0,23
Quecksilber	mg/kg	0,38	0,11	0,02	0,10	0,02	0,20	0,15	0,10	0,15	0,15	0,04	0,15	0,14	0,01	0,15	0,15	0,02 – 0,20	0,15	0,09
Antimon	mg/kg	0,73	2,60	0,96	0,98	1,67	11,8	3,98	0,99	2,31	3,99		22,4	1,48	43,5	3,00	46,77	0,96 – 22,4	18,0	18,7
Arsen	mg/kg	0,70	0,51	0,48	0,69	1,60	1,16	1,99	0,99	2,02	1,94	0,90	1,32	0,76	0,10	3,00	0,12	0,48 – 3,00	2,00	0,68
Blei	mg/kg	9,09	9,48	2,40	0,98	2,87	4,92	3,73	3,47	1,93	2,43	119	27,9	5,71	18,0	2,00	63,69	0,98 – 40,5	25,0	27,0
Chrom	mg/kg	21,3	6,09	2,50	5,61	3,40	9,54	2,49	6,94	2,88	6,32	58,2	19,2	6,19	1,00	1,00	24,38	1,00 – 19,2	19,0	19,1
Kobalt	mg/kg	4,20	1,09	0,24	0,52	2,03	1,55	1,24	0,99	1,64	1,56		2,21	5,71	1,00	1,00	1,84	0,24 – 2,21	2,00	2,53
Kupfer	mg/kg	4,55	22,5	6,28	1,79	8,70	12,3	4,45	7,93	8,36	42,8	13,0	14,4	8,09	109	5,10	109,47	1,79 – 42,8	40,0	40,9
Mangan	mg/kg	0,70	20,9	0,67	2,49	71,0	19,2	2,98	8,86	7,66	5,83		27,3	6,19	1,00	3,80	15,23	0,67 – 20,9	20,0	25,0
Nickel	mg/kg	5,60	5,21	1,92	1,33	41,3	1,97	0,99	3,47	1,93	1,94	8,96	5,58	1,90	1,00	2,00	5,37	0,99 – 5,21	5,00	5,41
Vanadium	mg/kg	0,70	1,05	0,48	0,47		1,07	3,48	0,99	0,96	1,94		5,34	1,43	1,00	2,00	1,44	0,47 – 3,48	3,00	2,17
Zinn	mg/kg	0,70	8,49	0,38	0,59		2,40	15,1	2,97	1,74	3,69			2,38	3,00	3,00	26,37	0,59 – 8,49	8,00	8,44
Beryllium	mg/kg	0,70	0,09	0,02	0,05	0,24	0,50	0,15	0,99		0,49			0,52	1,00	0,20	0,12	0,05 – 0,99	0,20	0,09
Selen	mg/kg	0,70	0,51	0,29	1,18		0,98	0,30	0,99	1,93	2,43			0,95	1,00	3,00	0,05	0,30 – 3,00	1,00	0,77
Tellur	mg/kg	0,70	0,30	0,48	0,49		1,77	0,15	0,99	1,49	1,94			0,95	1,00	2,00	0,02	0,15 – 1,94	0,50	0,50

* Für die Abfallarten „Textilien“ (AS 19 12 08) und „Holz“ (AS 19 12 07) lagen keine belastbaren Analysen vor.

Kursiv: höchstens 3 Messwerte;

Fett: bei Analysen höhere Werte als Praxiswert
(jedoch unterhalb der Maximalwerte)

Tab. 7.12 80. und 90. Perzentile aus Abfallanalysen

Mediane	Einheit																Bandbreite:	
		02 01 04 Kunststoffabfälle	03 03 07 Spuckstoffe	03 03 08 Abf. a. Papierrecycling	04 02 09 Verbundmaterialien	04 02 21 unbeh. Textilfasern	04 02 22 verarb. Textilfasern	07 02 13 Kunststoffabfälle	12 01 05 Kunststoffspäne	15 01 01 Verpackungen PPK	15 01 02 Verpack. Kunststoff	15 01 03 Verpack. Holz	15 01 05 Verpack. Verbund	15 01 06 Verpack. gemischt	15 02 03 Ablaug- / Filtermat.	19 12 01 Papier und Pappe	19 12 04 Kunststoffe und Gummi	80. / 90. Perzentile*
Cadmium	mg/kg	0,41	1,09	0,16	0,39	1,73	0,49	1,08	0,77	0,36	0,67	4,35	0,29	0,10	0,10	0,50	5,45	0,16 - 1,73
Thallium	mg/kg	0,57	0,60	0,13	0,49	0,12	0,98	1,99	0,99	0,96	1,07		0,33	0,95	1,00	1,00	0,12	0,13 - 1,99
Quecksilber	mg/kg	0,57	0,15	0,07	0,21	0,15	0,20	0,30	0,26	0,23	0,19	0,04	0,27	0,17	0,01	0,37	0,20	0,07 - 0,37
Antimon	mg/kg	1,13	6,84	1,68	2,40	2,34	27,5	17,4	2,94	4,86	21,6		36,0	2,19	43,5	3,18	55,73	1,68 - 36,0
Arsen	mg/kg	0,70	1,07	0,66	0,98	2,07	4,92	4,89	1,19	2,89	2,99	0,90	5,24	0,76	0,70	3,00	0,12	0,66 - 5,24
Blei	mg/kg	10,3	26,1	3,91	4,40	7,45	9,68	93,4	15,1	5,97	9,72	139	51,0	8,57	18,0	2,00	73,64	3,91 - 93,4
Chrom	mg/kg	29,9	16,9	5,07	5,61	10,5	25,2	32,9	16,5	7,71	9,72	65,2	21,0	7,04	1,00	1,70	27,47	1,70 - 32,9
Kobalt	mg/kg	5,88	2,88	0,70	1,87	2,53	2,63	2,78	2,77	4,82	2,14		4,69	8,57	1,00	2,00	2,13	0,70 - 4,69
Kupfer	mg/kg	5,18	72,4	20,2	41,3	9,92	27,5	57,9	22,6	13,9	119	21,9	16,9	10,7	109	10,1	218,94	10,1 - 132
Mangan	mg/kg	0,70	49,6	6,14	106	71,0	46,6	24,4	119	12,4	7,62		41,5	7,04	1,00	4,46	17,22	4,46 - 119
Nickel	mg/kg	6,44	15,5	4,21	1,38	121	8,45	14,4	7,53	5,01	6,80	11,9	8	1,90	1,00	2,00	6,11	1,38 - 15,5
Vanadium	mg/kg	0,70	1,88	0,93	0,89		1,97	5,45	0,99	1,93	2,33		5,48	1,71	1,00	2,00	1,63	0,93 - 5,48
Zinn	mg/kg	0,70	22,2	1,10	12,5		5,70	23,9	9,45	5,78	8,85			3,24	3,00	3,78	30,25	1,10 - 22,2
Beryllium	mg/kg	0,70	0,15	0,07	0,07	0,24	1,00	0,19	0,99		0,97			0,78	1,00	0,20	0,12	0,07 - 1,00
Selen	mg/kg	0,70	0,97	0,60	1,26		4,33	2,19	0,99	4,82	4,28			0,95	1,00	3,00	0,50	0,60 - 4,82
Tellur	mg/kg	0,70	1,50	0,89	0,49		3,18	1,89	5,68	3,08	3,89			0,95	1,00	2,00	0,20	0,49 - 5,68
90. Perzentile																		
Cadmium	mg/kg	0,45	3,35	0,27	0,39	2,78	0,49	5,25	0,99	0,66	0,79	5,27	0,38	0,10	0,10	0,50	8,99	0,27 - 8,99
Thallium	mg/kg	0,64	0,95	0,15	0,65	0,13	0,98	5,22	0,99	1,15	1,74		0,36	0,95	1,00	1,00	0,12	0,15 - 5,22
Quecksilber	mg/kg	0,64	0,22	0,08	0,23	0,17	0,31	0,73	0,39	0,27	0,29	0,04	0,40	0,18	0,01	0,45	0,20	0,08 - 0,73
Antimon	mg/kg	1,27	11,5	1,80	6,28	82,9	38,3	97,6	5,75	9,64	30,4		44,4	2,43	43,5	3,54	67,77	1,80 - 97,6
Arsen	mg/kg	0,70	2,4	0,88	0,98	2,23	12,0	6,15	2,35	6,94	4,24	0,90	7,91	0,76	0,70	3,00	0,12	0,88 - 12,0
Blei	mg/kg	10,8	51,6	4,23	5,00	8,98	17,9	105	27,3	7,90	18,9	146	58,6	9,52	18,0	2,00	84,79	2,00 - 105
Chrom	mg/kg	32,8	28,9	9,45	8,22	12,9	49,8	219	23,2	15,9	16,9	67,6	22,5	7,33	1,00	2,10	31,95	2,10 - 219
Kobalt	mg/kg	6,44	5,64	1,62	2,38	2,70	4,01	4,57	6,94	5,23	4,08		5,52	9,52	1,00	2,00	2,33	1,62 - 6,94
Kupfer	mg/kg	5,39	156	22,7	47,2	12,5	81,4	65,3	30,5	18,1	185	24,8	921	11,5	109	10,8	600,11	10,8 - 921
Mangan	mg/kg	0,70	69,1	16,7	131	71,0	59,2	57,2	129	18,0	15,6		46,2	7,33	1,00	1,78	20,50	1,78 - 131
Nickel	mg/kg	6,72	41,4	5,13	1,38	148	17,9	35,6	10,1	7,11	16,8	12,9	8,81	1,90	1,00	2,00	7,35	1,38 - 41,4
Vanadium	mg/kg	0,70	3,20	1,82	0,93		1,97	34,4	1,69	2,97	2,68		5,53	1,81	1,00	2,00	1,76	0,93 - 34,4
Zinn	mg/kg	0,70	55,2	1,34	15,1		7,72	26,9	19,8	9,64	27,4			3,52	3,00	5,34	31,55	5,34 - 55,2
Beryllium	mg/kg	0,70	0,3	0,30	0,36	0,24	1,00	0,22	0,99		0,97			0,87	1,00	0,20	0,12	0,20 - 1,00
Selen	mg/kg	0,70	1,50	1,50	1,28		4,92	3,88	1,52	7,71	4,86			0,95	1,00	3,00	0,50	1,28 - 7,71
Tellur	mg/kg	0,70	1,84	1,84	0,64		6,29	3,43	5,95	7,32	7,97			0,95	1,00	2,00	0,20	0,64 - 7,97

* Für die Abfallarten „Textilien“ (AS 19 12 08) und „Holz“ (AS 19 12 07) lagen keine belastbaren Analysen vor.

Kursiv: höchstens 3 Messwerte

Fett: bei Analysen höhere Werte als Maximalwert

Tab. 7.13 Mediane aus Abfallanalysen

Mediane	Einheit	03 01 05 Sägemehl, Späne etc.	03 03 02 Saurtschlämme	03 03 10 Faserabfälle / -schlämme	08 01 12 Farb- und Lackabfälle	08 02 01 Beschichtungspulver	09 01 08 Filme / Fotopapier silberfrei	17 02 03 Kunststoff	19 12 10 HkFS	19 12 10 SBS-Brennstoffe	19 12 10 Trockenstabilat	19 12 08 Textilien	Bandbreite: Mediane aus Abfallanalysen*
Heizwert Hu	MJ/kg	16,8	14,6	3,32	14,9	17,0	20,2	27,4	16,70	14,40	15,2	26,6	3,32 - 27,4
Wassergehalt	%	19,1	6,40	54,5	3,6	5,7	5,45	1,3	8,80	30,10	13,0	7,90	1,10 - 54,4
Aschegehalt	%	1,62	14,0	20,3	28,8	24,7	2,27	6,3	13,80	8,90		20,8	1,62 - 24,7
Chlor ges.	%	0,05	0,08	0,05	0,16	0,28	0,11	0,25	0,80	0,27	0,49	0,05	0,05 - 0,80
Fluor ges.	mg/kg	50,0	50,0	25,0	335	410	27,5	27,5	0,02	39,84		20,0	25,0 - 410
Schwefel ges.	%	0,05	4,64	0,05	0,37	0,60	0,05	0,05	0,10	0,10		0,11	0,10 - 0,60
Cadmium	mg/kg	0,34	0,40	0,14	0,48	1,2	0,19	0,54	2,10	0,64	1,22	1,29	0,14 - 2,10
Thallium	mg/kg	2,67	0,23	0,08	0,35	0,25	0,11	0,69	0,18	0,12	0,22	0,18	0,08 - 0,69
Quecksilber	mg/kg	0,08	0,09	0,05	0,26	0,09	0,10	0,25	0,28	0,12	0,31	0,28	0,09 - 0,31
Antimon	mg/kg		1,64	0,80	25,19	6,89	2,60	6,42	20,41	7,02	5,07	9,21	0,80 - 25,19
Arsen	mg/kg	1,66	0,80	0,38	0,96	1,30	0,78	0,69	0,48	0,24	0,45	9,21	0,38 - 1,66
Blei	mg/kg	28,3	4,68	9,34	18,65	7,59	4,21	5,98	131,60	25,02	148	8,29	4,68 - 148
Chrom	mg/kg	14,5	1,80	9,68	51,41	9,84	4,46	5,48	82,73	29,36	57,7	258	5,48 - 51,41
Kobalt	mg/kg		0,80	1,03	9,78	1,01	0,24	2,99	4,23	2,66	1,14	4,61	0,80 - 9,78
Kupfer	mg/kg	31,8	47,9	25,74	164,77	67,0	2,72	14,07	480,96	111,84	166	23,9	2,72 - 480,96
Mangan	mg/kg		280	38,08	23,66	24,52	0,66	20,25	105,00	37,05	192	17,5	0,66 - 105
Nickel	mg/kg	6,16	2,62	3,34	16,63	24,30	3,45	2,60	14,19	8,32	19,2	8,84	2,60 - 24,3
Vanadium	mg/kg	2,08	1,64	1,49	78,25	0,51	0,47	2,57	5,19	2,94	4,59	0,92	0,47 - 5,19
Zinn	mg/kg		3,28	2,47			3,05		16,64	5,04	15,7	9,21	2,47 - 16,64
Beryllium	mg/kg	0,77	0,15	0,11	0,19		0,06	0,10	0,09	0,07	0,44	0,46	0,15 - 0,44
Selen	mg/kg	0,20	0,80	0,39	4,89		0,47	5,43	0,46	0,59	2,23	9,21	0,39 - 5,43
Tellur	mg/kg	10,1	0,47	0,23	1,96		0,47	0,53	0,18	0,35		9,21	0,23 - 1,96

* Für die „Abfälle aus der Forstwirtschaft“ (AS 0 01 07), „Rinden- und Korkabfälle“ (AS 03 01 01) und „Rinden- und Holzabfälle“ (AS 03 03 01) lagen keine belastbaren Analysen vor.

Kursiv: höchstens 3 Messwerte

Fett: bei Analysen höhere Werte als Praxiswert aus Genehmigungen der BR Münster
bei 19 12 10 Analysenwerte jedoch unterhalb zulässiger Ausnahmen für HkFS beim Praxiswert

Tab. 7.14 80. und 90. Perzentile aus Abfallanalysen

Mediane	Einheit												Bandbreite: 80. / 90. Perzentile*
		03 01 05 Sägemehl, Späne etc.	03 03 02 Saurtschlämme	03 03 10 Faserabfälle / -schlämme	08 01 12 Farb- und Lackabfälle	08 02 01 Beschichtungspulver	09 01 08 Filme / Fotopapier silberfrei	17 02 03 Kunststoff	19 12 10 HKFS	19 12 10 S65-Brennstoffe	19 12 10 Trockenstaub	19 12 08 Textilien	
Cadmium	mg/kg	0,48	0,50	0,60	1,08	3,00	0,58	3,75	5,60	1,13	1,61	1,29	0,48 - 5,60
Thallium	mg/kg	3,74	0,23	0,11	2,93	0,34	0,24	0,87	0,19	0,14	0,22	0,18	0,11 - 2,93
Quecksilber	mg/kg	1,02	0,09	0,14	1,00	0,37	0,28	0,33	0,43	0,31	0,46	0,28	0,14 - 1,02
Antimon	mg/kg		1,64	1,71	36,49	20,75	83,0	17,81	66,81	10,83	13,5	9,21	1,71 - 66,81
Arsen	mg/kg	4,33	0,80	0,87	2,55	1,57	1,35	1,20	1,46	0,35	0,75	9,21	0,87 - 4,33
Blei	mg/kg	73,6	4,68	13,21	252,16	14,38	7,56	21,71	236,5	38,19	191	8,29	13,21 - 252,16
Chrom	mg/kg	34,4	2,40	16,22	67,26	43,91	27,4	32,72	208,61	39,37	78,1	258	16,22 - 208,61
Kobalt	mg/kg		0,80	1,86	9,78	6,56	0,95	15,44	6,32	5,39	3,34	4,61	1,86 - 15,44
Kupfer	mg/kg	62,2	119	61,04	289,84	241,56	12,2	27,91	2.500,4	289,95	463	23,9	27,91 - 2.500,4
Mangan	mg/kg		304	115,24	29,04	38,10	4,08	91,84	143,36	44,23	245	17,5	29,04 - 143,36
Nickel	mg/kg	12,1	3,20	6,80	22,22	57,09	10,4	8,97	27,33	11,77	24,1	8,84	6,80 - 27,33
Vanadium	mg/kg	2,29	1,64	3,37	78,25	1,91	0,95	3,49	7,63	3,47	7,60	0,92	1,91 - 7,60
Zinn	mg/kg		3,28	3,51				3,05	34,26	8,39	19,6	9,21	3,51 - 34,26
Beryllium	mg/kg	1,13	0,15	0,13	0,19		0,08	0,26	0,10	0,07	0,44	0,46	0,19 - 0,44
Selen	mg/kg	1,54	0,80	0,39	4,89		0,76	6,43	0,47	0,59	2,80	9,21	0,39 - 6,43
Tellur	mg/kg	16,2	0,47	0,23	1,89		0,76	13,03	0,19	0,68		9,21	0,19 - 13,03
90. Perzentil													
Cadmium	mg/kg	0,68	0,53	0,99	1,79	6,21	1,63	11,35	9,20	1,45	1,84	1,29	0,68 - 11,35
Thallium	mg/kg	4,09	0,23	0,23	6,13	0,41	0,31	0,99	0,19	0,14	0,22	0,18	0,19 - 6,13
Quecksilber	mg/kg	3,68	0,09	0,23	1,37	2,12	1,13	0,38	0,57	0,41	0,54	0,28	0,23 - 3,68
Antimon	mg/kg		1,64	2,57	40,25	36,73	188	41,46	138,30	18,60	18,2	9,21	2,57 - 138,3
Arsen	mg/kg	5,59	0,80	1,19	9,22	1,79	2,62	1,25	2,02	0,35	0,76	9,21	0,35 - 9,22
Blei	mg/kg	88,9	4,68	25,06	1.165,9	15,99	169	108,79	344,88	45,60	227	8,29	15,99 - 1.165,9
Chrom	mg/kg	40,1	2,61	24,74	79,49	75,63	39,7	37,67	303,27	46,39	88,4	258	24,74 - 303,27
Kobalt	mg/kg		0,80	2,63	9,78	10,35	2,36	19,59	9,10	6,98	5,12	4,61	2,63 - 19,59
Kupfer	mg/kg	72,7	143	133,92	316,43	325,84	20,3	30,28	5.537,7	513,49	748	23,9	30,28 - 5.537,7
Mangan	mg/kg		311	164,66	30,84	42,62	10,5	115,71	173,66	51,11	276	17,5	30,84 - 173,66
Nickel	mg/kg	16,8	3,40	11,44	26,63	149,14	10,9	18,34	50,82	13,85	32,3	8,84	11,44 - 149,14
Vanadium	mg/kg	2,36	1,64	4,30	78,25	2,73	3,92	4,47	9,08	4,14	8,17	0,92	4,30 - 9,08
Zinn	mg/kg		3,28	6,01				3,05	54,87	14,26	22,7	9,21	6,01 - 54,87
Beryllium	mg/kg	1,25	0,15	0,36	0,19		0,09	0,26	0,18	0,20	0,44	0,46	0,18 - 0,44
Selen	mg/kg	1,98	0,80	0,45	4,89		0,85	6,42	0,48	0,59	2,93	9,21	0,45 - 6,42
Tellur	mg/kg	18,2	0,47	0,97	1,96		0,85	13,03	0,20	1,33		9,21	0,20 - 13,03

* Für die „Abfälle aus der Forstwirtschaft“ (AS 0 01 07), „Rinden- und Korkabfälle“ (AS 03 01 01) und „Rinden- und Holzabfälle“ (AS 03 03 01) lagen keine belastbaren Analysen vor.

Kursiv: höchstens 3 Messwerte

Fett: bei Analysen höhere Werte als Maximalwert / Ausnahmen Maximalwert für HkFS

Tab. 7.15 Modellannahmen für die Schwermetallgehalte der Regelbrennstoffe im Zementherstellungsprozess

Parameter	Einheit	Steinkohle		Rheinische Braunkohle		
		mittlere Gehalte	hohe Gehalte	mittlere Gehalte	hohe Gehalte	
Cadmium	Cd	mg/kg TS	0,3	10	0,01	0,35
Thallium	Tl	mg/kg TS	0,3	1,2	0,09	0,2
Quecksilber	Hg	mg/kg TS	0,2	1,2	0,05	0,9
Antimon	Sb	mg/kg TS	2,5	9	0,24	2,4
Arsen	As	mg/kg TS	13,6	50	0,82	2,5
Blei	Pb	mg/kg TS	68	270	0,81	4
Chrom	Cr	mg/kg TS	26,5	80	5,1	15
Kobalt	Co	mg/kg TS	16,7	40	3,5	15
Kupfer	Cu	mg/kg TS	33	60	1,2	4
Mangan	Mn	mg/kg TS	125	315	116	260
Nickel	Ni	mg/kg TS	45	96	9,3	11
Vanadium	V	mg/kg TS	75	180	2	4
Zinn	Sn	mg/kg TS	5	10	1,2	2

TS Trockensubstanz

7.4.1 Zementwerke und Kalkwerke

Im Folgenden sind die weiteren Annahmen für die Modellierung des Zementherstellungsprozesses innerhalb der Szenarien sowie die Bewertungsmaßstäbe erläutert.

Schwermetallgehalte der Inputmaterialien

Die Tabelle 7.15 gibt eine Übersicht über die in den Stoffflussanalysen für den Zementherstellungsprozess verwendeten Schwermetallgehalte der Regelbrennstoffe. Auf der Grundlage vorhandener Daten zur Zusammensetzung von Steinkohlen und Braunkohlen wurden mit dem projektbegleitenden Arbeitskreis durchschnittliche und hohe Gehalte der Regelbrennstoffe für die in der 17. BImSchV geregelten Schwermetalle festgelegt. Dabei ist zu beachten,

dass die dargestellten Schwermetallgehalte in einzelnen Genehmigungen durchaus über- oder unterschritten werden können.

Es handelt sich bei den dargestellten Werten um sinnvolle Annahmen, die für die meisten Kohlen als repräsentativ angesehen werden können. Eine differenzierte Aufstellung der ermittelten Bandbreiten für Schwermetallgehalte in den Regelbrennstoffen befindet sich in den **Anhängen C bis F**.

Anhänge C bis F

Als weitere Brennstoffparameter der Regelbrennstoffe wurden der untere Heizwert (H_u), die Gehalte an Wasser, Asche und Schwefel in den Modellierungen festgelegt. Die im Stoffflussmodell für den Zementherstellungsprozess verwendeten Durchschnittswerte für diese weiteren Parameter sind in Kap 7.4.2, Tabelle 7.19 dargestellt.

Tab. 7.16 Annahmen für die mittlere Rohmehlzusammensetzung und Vergleichswerte nach [BUWAL, 1997]

Parameter	Einheit	Rohmehl Annahmen im Modell	Rohmehl BUWAL-Mittelwerte	
Cadmium	Cd	mg/kg TS	0,25	0,2
Thallium	Tl	mg/kg TS	0,50	0,5
Quecksilber	Hg	mg/kg TS	0,06	0,07
Antimon	Sb	mg/kg TS	2,00	0,08
Arsen	As	mg/kg TS	3,5	11
Blei	Pb	mg/kg TS	13	12
Chrom	Cr	mg/kg TS	24	27
Kobalt	Co	mg/kg TS	5,35	11
Kupfer	Cu	mg/kg TS	14	17
Mangan	Mn	mg/kg TS	430	k. A.
Nickel	Ni	mg/kg TS	12,5	22
Vanadium	V	mg/kg TS	31	50
Zinn	Sn	mg/kg TS	2,65	30

TS Trockensubstanz

Für die mittlere Rohmehlzusammensetzung wurden die in Tabelle 7.16 dargestellten Annahmen für die Szenarien getroffen. Die gewählte Rohmehlzusammensetzung orientiert sich zum einen an den ebenfalls aufgeführten BUWAL-Mittelwerten für das Rohmehl und zum anderen sind sie für die Szenarien im Rahmen des Leitfadens so gewählt worden, dass in der Bilanzierung des Zementherstellungsprozesses im Bezugsszenario „**Mittel**“ etwa die mittleren Gehalte an Schwermetallen im Normzement erreicht werden.

Modellierung des Schadstofftransfers

Mit diesen Ausgangswerten wurde die Verlagerung der über die Regelbrennstoffe in den Zementherstellungsprozess eingetragenen Schwermetalle in den Zementklinker bzw. in den Zement im Stoffflussmodell „Zementherstellung“ bilanziert.

Es wurden hierfür zunächst die zwei Bezugsszenarien „**Mittel**“ und „**Hoch**“ für den Betrieb mit durchschnittlich und höher belasteten Regelbrennstoffen bei gleichbleibenden Schwermetallgehalten der eingesetzten Rohmaterialien (mittlere Rohmehlgehalte) gebildet. Dies wurde sowohl für Steinkohle sowie für Braunkohle als möglicher Regelbrennstoff im Prozess durchgeführt.

In einem zweiten Schritt wurde dann der Einsatz von Ersatzbrennstoffen mit einem Anteil von 50 % an der Feuerungswärmeleistung mit dem Stoffflussmodell untersucht. Diese Betrachtung wurde mit den Praxiswerten, den Ausnahmewerten für die Praxiswerte und den realen Gehalten der Schwermetallgehalte (vergleiche Tabelle 7.9 ,7.10 und 7.11) durchgeführt.

Die Ergebnisse der Szenarien sind in Kapitel 7.5 dargestellt und zudem umfassend im **Anhang G** dokumentiert.

Beurteilungskriterien und -maßstäbe

Für den **Abluftpfad** stellen die Grenzwerte der 17. BImSchV sinnvolle Referenz- und Prüfwerte dar. D. h., es werden die Auswirkungen des Einsatzes von Ersatzbrennstoffen im Luftpfad unter Berücksichtigung eines anteiligen bzw. 100 %-igen Abfalleinsatzes in den Stoffflussmodellen simuliert und die erhaltenen Ergebnisse mit den Grenzwerten der 17. BImSchV für Schwermetalle verglichen. Hierzu wurden die Tagesmittelwerte der 17. BImSchV als Prüfwerte bei 100 %-igem Abfalleinsatz (Teilstrombetrachtung ohne Einbeziehung der Regelbrennstoffe oder des Rohmehls) herangezogen.

Darüber hinaus wurden auch die Emissionen in der Abluft bei 50 %-igem Anteil der Ersatzbrennstoffe an der Feuerungswärmeleistung und unter Berücksichtigung des Rohmehleinflusses berechnet.



Tab. 7.17 Richtwerte für die im Zementklinker enthaltenen Schadstoffe, nach [BUWAL, 1998]

Parameter	Einheit	Zementklinker Richtwerte
Cadmium Cd	mg/kg TS	1,5
Thallium Tl	mg/kg TS	kein Richtwert
Quecksilber Hg	mg/kg TS	kein Richtwert
Antimon Sb	mg/kg TS	5
Arsen As	mg/kg TS	40
Blei Pb	mg/kg TS	100
Chrom Cr	mg/kg TS	150
Kobalt Co	mg/kg TS	50
Kupfer Cu	mg/kg TS	100
Mangan Mn	mg/kg TS	kein Richtwert
Nickel Ni	mg/kg TS	100
Vanadium V	mg/kg TS	kein Richtwert
Zinn Sn	mg/kg TS	25

TS: Trockensubstanz

Zementklinker bzw. Zement

Für den **Zementklinker** bzw. den **Zement** lassen sich keine generellen Prüf- und Referenzwerte formulieren, da für das Produkt DIN-Zement (vergleiche auch Kapitel 4.1 und Tabelle 4.1) keine Normen oder andere Festlegungen zu den durchschnittlich oder maximal zulässigen Schwermetallgehalten in den Normzementen existieren.

Im Beton, der aus den Normzementen hergestellt wird, sind die enthaltenen Schwermetalle fixiert und können gemäß veröffentlichter Untersuchungen des Forschungsinstituts der Zementindustrie nur in äußerst geringen Mengen wieder freigesetzt werden. Aus dem Elutionsverhalten lässt sich die Umweltverträglichkeit der eingesetzten Baustoffe beurteilen. Aufgrund des sehr hohen Rückhaltevermögens, das Zemente für Schwermetalle aufweisen, würden die aus dem Elutionsverhalten abzuleitenden Inputwerte für Ersatzbrennstoffe deutlich über

den Gehalten liegen, die gegenwärtig in immissionsschutzrechtlichen Genehmigungen festgelegt sind.

Zur Bewertung eines ökologisch sinnvollen Abfalleinsatzes im Zementwerk hat das BUWAL im Jahr 1998 die Richtlinie „Entsorgung von Abfällen in Zementwerken“ [BUWAL, 1998] herausgegeben. Hierin sind u. a. Richtwerte für einzelne Schwermetalle im Zementklinker enthalten, die bei einem Abfalleinsatz im Zementwerk nicht überschritten werden sollen. Diese Richtwerte geben die Ist-Situation zum Zeitpunkt der Ausarbeitung der Richtlinie wieder und beziehen sich auf die in der Schweiz betriebenen Steinbrüche. Das BUWAL weist darauf hin, dass in Abhängigkeit von den geogenen Standortbedingungen diese Werte ggf. auch höher liegen können.

Für den Vergleich der im Rahmen des Leitfadens aufgestellten Szenarien werden für die

Tab. 7.18 Modellannahmen für die Schwermetallgehalte der Inputmaterialien in Kraftwerken

Parameter	Einheit	Steinkohle		Petrolkoks	Rheinische Braunkohle		Kalkstein	
		mittlere Gehalte	hohe Gehalte	mittlere Gehalte	mittlere Gehalte	hohe Gehalte	mittlere Gehalte	
Cadmium	Cd	mg/kg TS	0,3	10	1	0,01	0,35	0,16
Thallium	Tl	mg/kg TS	0,3	1,2	k. A.	0,09	0,2	0,05
Quecksilber	Hg	mg/kg TS	0,2	1,2	0,01	0,05	0,9	0,03
Antimon	Sb	mg/kg TS	2,5	9	k. A.	0,24	2,4	2
Arsen	As	mg/kg TS	13,6	50	1,7	0,82	2,5	2,5
Blei	Pb	mg/kg TS	68	270	1,5	0,81	4	5
Chrom	Cr	mg/kg TS	26,5	80	3	5,1	15	11
Kobalt	Co	mg/kg TS	16,7	40	1,5	3,5	15	2
Kupfer	Cu	mg/kg TS	33	60	1,2	1,2	4	4
Mangan	Mn	mg/kg TS	125	315	k. A.	116	260	250
Nickel	Ni	mg/kg TS	45	96	350	9,3	11	15
Vanadium	V	mg/kg TS	75	180	1.500	2	4	20
Zinn	Sn	mg/kg TS	5	10	k. A.	1,2	2	1

TS Trockensubstanz

Betrachtung der Outputpfade die BUWAL-Richtwerte herangezogen.

7.4.2 Kraftwerke

Im Folgenden sind die weiteren Annahmen für die Modellierung der einzelnen Kraftwerksprozesse innerhalb der Szenarien sowie die Bewertungsmaßstäbe erläutert.

Schwermetallgehalte der Inputmaterialien

Die Tabelle 7.18 gibt eine Übersicht über die im Modell verwendeten Schwermetallgehalte der Inputmaterialien. Auf der Grundlage vorhandener Daten zur Zusammensetzung von Steinkohlen und Braunkohlen wurden mit dem projektbegleitenden Arbeitskreis durchschnittliche und hohe Gehalte der Regel-

brennstoffe für die in der 17. BImSchV geregelten Schwermetalle festgelegt. Für Steinkohlenkraftwerke wurde vereinbart, den Regelbetrieb mit einer Brennstoffmischung aus 90 % Steinkohle und 10 % Petrolkoks zu bilanzieren.

Es handelt sich bei den dargestellten Werten um sinnvolle Annahmen, die für die meisten Kohlen als repräsentativ angesehen werden können. Eine differenzierte Aufstellung der ermittelten Bandbreiten für Schwermetallgehalte in den Regelbrennstoffen findet sich in den **Anhängen C bis F**.

Als weitere Brennstoffparameter wurden der untere Heizwert (H_{u}), die Gehalte an Wasser, Asche und Schwefel in den Modellierungen berücksichtigt. Die in den Stoffflussmodellen verwendeten Durchschnittswerte für diese Parameter zeigt Tabelle 7.19.

Anhänge C bis F

Tab. 7.19 Modellannahmen für Regelbrennstoffe der Kraftwerke

Parameter	Einheit	Steinkohle		Petrolkoks		Rheinische Braunkohle		
		roh	wasserfrei	roh	wasserfrei	roh	wasserfrei	
Heizwert	H _u	KJ/kg	25.000	27.780	32.000	34.400	9.200	19.450
Wassergehalt	%		10	-	7	-	52,7	-
Aschegehalt	%		10	11,1	0,42	0,45	2	4,2
Schwefelgehalt	S	%	1	1,1	4,2	4,5	0,2	0,4

Auch für den zur Rauchgasentschwefelung eingesetzten Kalk wurden mittlere Gehalte definiert (vergl. Tabelle 7.18). Dabei ist zu beachten, dass die dargestellten Schwermetallgehalte im Einzelfall durchaus über- oder unterschritten werden können.

Modellierung des Schadstofftransfers

Mit den in den Tabellen 7.18 und 7.19 dargestellten Werten wurde die Verlagerung der über Regelbrennstoffe und Kalk in das Kraftwerk eingetragenen Schwermetalle in die Outputströme bilanziert. Für jeden Kraftwerkstyp wurde der Schadstofftransfer ins Reingas und in die Kraftwerksnebenprodukte mithilfe der in Kapitel 7.3 beschriebenen Transferfaktoren dargestellt. Zur Ermittlung des Abgasvolumenstroms der Anlagen wurde der in der Arbeitshilfe „Stoffflussanalyse bei abfallrechtlichen Beurteilungsfragen“ [MUNLV, 2000] genannte Wert von 0,53 m³/MJ verwendet.

Es wurden für jeden Kraftwerkstyp zunächst zwei Bezugsszenarien („Mittel“ und „Hoch“) für den Betrieb mit durchschnittlich und höher belasteten Regelbrennstoffen gebildet. Aus den Bezugsszenarien lassen sich für die

einzelnen Kraftwerkstypen typische Bandbreiten der Emissionen über das Reingas und die Kraftwerksnebenprodukte ableiten.

In einem zweiten Schritt wurde dann der Einsatz von Ersatzbrennstoffen mit den Stoffflussmodellen untersucht. Diese Betrachtung wurde mit den Praxiswerten, den Ausnahmewerten für die Praxiswerte und den realen Gehalten der Schwermetallgehalte (vergleiche Tabelle 7.9, 7.10 und 7.11) durchgeführt.

Die Ergebnisse der Szenarien sind im Kapitel 7.5 dargestellt und zudem umfassend im **Anhang G** dokumentiert.

Beurteilungskriterien und -maßstäbe

Für den **Abluftpfad** stellen die Grenzwerte der 17. BImSchV sinnvolle Referenz- und Prüfwerte dar. D. h., es werden die Auswirkungen des Einsatzes von Ersatzbrennstoffen im Luftpfad unter Berücksichtigung eines anteiligen bzw. 100 %-igen Abfalleinsatzes simuliert und mit den Grenzwerten der 17. BImSchV für Schwermetalle verglichen.

Für die Bewertung des Schadstoffübergangs aus den Ersatzbrennstoffen in den **Luftpfad**

Abluftpfad

wurden die Bilanzierungen aus den Szenarien „**Praxiswerte**“, „**Ausnahmen Praxiswerte**“ und „**Reale Gehalte**“ herangezogen.

Für die Überprüfung wurden, wie auch in der „Stoffflussanalyse“ [MUNLV, 2000] beschrieben und durchgeführt, die Tagesmittelwerte der 17. BImSchV als Prüfwerte bei 100 %-igem Abfalleinsatz (Teilstrombetrachtung ohne Einbeziehung der Regelbrennstoffe) herangezogen.

Um den neuen Anforderungen der novellierten 17. BImSchV gerecht zu werden, die nur noch feste Emissionsgrenzwerte für Schwermetalle enthält, wurden darüber hinaus die Abluftemissionen bei 10- und 25 %-igem Anteil der Ersatzbrennstoffe an der Feuerungs-wärmeleistung, d. h. unter anteiliger Berücksichtigung der Regelbrennstoffe, bilanziert.

Für die **Kraftwerksnebenprodukte** lassen sich aufgrund der großen Unterschiede zwischen den Anforderungen der verschiedenen stofflichen Verwertungsverfahren keine generellen Prüf- und Referenzwerte formulieren. Zur Bewertung eines umweltverträglichen Abfalleinsatzes im Kraftwerk ist bei der Betrachtung des Einzelfalls deshalb zu prüfen, ob sich der Schadstoffgehalt des jeweiligen verwerteten Kraftwerksnebenproduktes im Vergleich zu den Bezugsszenarien „**Mittel**“ und „**Hoch**“, die den Betrieb mit den jeweiligen Regelein-satzstoffen bilanzieren, erhöht und ob sich durch den Abfalleinsatz die Verwertungsmöglichkeiten der Kraftwerksnebenprodukte verschlechtern können.

Bei den **Kraftwerksnebenprodukten** wurde daher überprüft, ob es beim Einsatz der Abfälle bei einem für Kraftwerke betrachteten

Abfalleinsatz von 10 % bzw. 25 % Anteil an der Feuerungswärmeleistung in Mischung mit den durchschnittlich belasteten Regelbrennstoffen zu einer Schadstoffanreicherung kommt.

7.5 Ergebnisse der Stoffflussbilanzierungen

In den folgenden Unterkapiteln werden die Ergebnisse der Stoffflussanalysen und der Berechnungen innerhalb der gebildeten Szenarien für Zementwerke und die einzelnen Kraftwerkstypen dargestellt und diskutiert. Dabei werden ergänzend zu den erhaltenen Ergebnissen für Zementwerke auch für Kalkwerke Schlussfolgerungen, die sich aus diesen Ergebnissen ableiten lassen, gezogen.

7.5.1 Zementwerke und Kalkwerke

Die Bilanzierung innerhalb der **Bezugsszenarien** „**Mittel**“ und „**Hoch**“ für Stein- und Braunkohle als Regelbrennstoff im **Zementherstellungsprozess** mit jeweils mittleren und hohen Gehalten ergibt die in der folgenden Tabelle 7.20 dargestellten Reingaswerte.

Die über die Bilanzierung innerhalb der **Bezugsszenarien** „**Mittel**“ und „**Hoch**“ erhaltenen Emissionen an Schwermetallen stimmen für die Parameter Cadmium und Thallium sowie Quecksilber sehr gut mit Emissionsdaten, die für die Zementindustrie in Nordrhein-Westfalen in [MUNLV, 2001] für das Jahr 1999 dokumentiert sind, überein. Lediglich bei der Summe der sonstigen Schwermetalle ergibt sich eine größere Abweichung in Bezug zu den Emissionsdaten.

Praxiswerte, Ausnahmen Praxiswerte und Reale Gehalte

Kraftwerksnebenprodukte

Bezugsszenarien Mittel und Hoch

Tab. 7.20 Bilanzierung der Schwermetallgehalte im Reingas der Zementherstellung bei Verwendung der Regelbrennstoffe Steinkohle oder Braunkohle im Prozess sowie Vergleich mit Emissionsdaten der Zementherstellung in Nordrhein-Westfalen

Parameter	Einheit	Steinkohle		Braunkohle		Emissionsdaten aus Nordrhein-Westfalen mittlere / hohe Emissionen Quelle: [MUNLV, 2001]	
		mittlere Gehalte	hohe Gehalte	mittlere Gehalte	hohe Gehalte		
Cadmium	Cd	mg/m ³	0,0004	0,0013	0,0003	0,0004	-
Thallium	Tl	mg/m ³	0,0054	0,0061	0,0053	0,0054	-
Cd + Tl		mg/m³	0,0058	0,0073	0,0056	0,0058	0,007 / 0,03
Quecksilber	Hg	mg/m ³	0,0235	0,0451	0,0208	0,0470	0,023 / 0,06
Antimon	Sb	mg/m ³	0,0005	0,0006	0,0005	0,0005	-
Arsen	As	mg/m ³	0,0008	0,0013	0,0007	0,0007	-
Blei	Pb	mg/m ³	0,0070	0,0124	0,0052	0,0053	-
Chrom	Cr	mg/m ³	0,0025	0,0028	0,0024	0,0024	-
Kobalt	Co	mg/m ³	0,0010	0,0012	0,0009	0,0010	-
Kupfer	Cu	mg/m ³	0,0012	0,0013	0,0010	0,0011	-
Mangan	Mn	mg/m ³	0,0633	0,0651	0,0637	0,0657	-
Nickel	Ni	mg/m ³	0,0037	0,0045	0,0032	0,0032	-
Vanadium	V	mg/m ³	0,0151	0,0180	0,0130	0,0131	-
Zinn	Sn	mg/m ³	0,0018	0,0020	0,0016	0,0017	-
Summe Sb - Sn		mg/m³	0,097	0,109	0,092	0,095	0,009 / 0,04

- Keine Einzeldaten aus Emissionsmessungen verfügbar

Ergebnisse der Szenarien für die Abluft im Zementherstellungsprozess

Die Szenarien „**Praxiswerte**“, „**Ausnahmen Praxiswerte**“ und „**Reale Gehalte**“ ergeben für die Betrachtung der **Emissionen in die Abluft bei der Zementherstellung** die folgenden Ergebnisse, die in Tabelle 7.21 bis 7.23 dargestellt sind.

1. Teilstrombetrachtung gemäß „Arbeitshilfe Stoffflussanalyse“ (ohne Einfluss der Regelbrennstoffe und des Rohmehls)

Diese Betrachtungen analysieren die Emissionen, die ausschließlich aus den Ersatzbrennstoffen stammen und für den Abluftpfad der Zementherstellung zu erwarten sind:

- Die Grenzwerte der 17. BImSchV (Tagesmittelwerte) werden für Ersatzbrennstoffe mit Praxiswerten eingehalten.
 - Die Grenzwerte der 17. BImSchV (Tagesmittelwerte) werden für die hochkalorische Fraktion aus Siedlungsabfällen (HkFS) eingehalten.
 - Die Grenzwerte der 17. BImSchV (Tagesmittelwerte) werden für Abfälle der Positivliste mit den zugrunde gelegten, realen Gehalten gemäß der Abfallanalysen aus Tab. 7.11 unterschritten.
- #### 2. Betrachtung bei 50 % Anteil der Ersatzbrennstoffe im Prozess (inkl. Einfluss der Regelbrennstoffe und des Rohmehls)

Tab. 7.21 Bilanzierung für Zementwerke mit Regelbrennstoff Steinkohle (mittlere Schwermetallgehalte) und Abfällen entsprechend „Praxiswerten“

Parameter	Abfall „Praxiswert“			Auswirkungen auf das Reingas			Auswirkungen auf den Klinker		
	TS-Gehalte bei 20.000 kJ/kg H _u [mg/kg]	Vergleich mit Kohle (mittel) ^{***} Faktor	Vergleich mit Kohle (hoch) ^{***} Faktor	Abluftstrom bei 100% Abfalleinsatz*	Reingas bei 50% Abfalleinsatz**	Grenzwerte 17.BImSchV	Klinker bei 50% Abfalleinsatz	Klinker Richtwerte BUWAL	Normzemente mittlere Gehalte nach VDZ
Cd	4	13,33	0,40	0,0005	0,0006		0,69	1,5	0,4
Tl	1	3,33	0,83	0,0010	0,0058		0,85	2	nicht bestimmt
Cd + Tl				0,0015	0,0064	0,05			
Hg	0,6	3,00	0,50	0,0180	0,0304	0,03 (TMW)	0,09	0,5	0,07
Sb	25	10,00	2,78	0,0006	0,0008		5,0	5,0	6
As	5	0,37	0,10	0,0001	0,0008		6,5	40	6,8
Pb	70	1,03	0,26	0,0026	0,0074		28,5	100	27
Cr	40	1,51	0,50	0,0004	0,0026		41,5	150	40
Co	6	0,36	0,15	0,0001	0,0009		9,6	50	10
Cu	120	3,64	2,00	0,0008	0,0015		32,0	100	25
Mn	50	0,40	0,16	0,0007	0,0630		677,1	kein Richtwert	680
Ni	25	0,56	0,26	0,0006	0,0036		23,5	100	24
V	10	0,13	0,06	0,0004	0,0142		52,8	kein Richtwert	56
Sn	30	6,00	6,00	0,0017	0,0025		6,5	25	4,6
Summe Sb - Sn				0,0080	0,0970	0,5			

* Teilstrombetrachtung für Ersatzbrennstoffe nach der 17. BImSchV; die Modellierung wurde ohne den Einsatz von Rohmehl vorgenommen.

** In diese Betrachtung gehen die Schwermetallfrachten des Rohmehls und der anteilig vorhandenen Regelbrennstoffe mit ein.

*** Höhere Gehalte (Faktor > 1) oder niedrigere Gehalte (Faktor < 1) als in den Kohlen.

Es werden die Emissionen analysiert, die aus den Abfällen und den anderen im Prozess eingesetzten Regelbrennstoffen und dem Rohmehl stammen und für den Abluftpfad zu erwarten sind:

- Die Grenzwerte der 17. BImSchV (Tagesmittelwerte = TMW) werden für Ersatzbrennstoffe mit Praxiswerten eingehalten.
- Die Grenzwerte der 17. BImSchV (TMW) werden ebenfalls für die hochkalorische Fraktion aus Siedlungsabfällen (HkFS) gerade noch eingehalten.
- Die Grenzwerte der 17. BImSchV (TMW) werden für Abfälle der Positivliste mit den zugrunde gelegten, realen Gehalten gemäß der Abfallanalysen aus Tab. 7.11 eingehalten.

Tab. 7.22 Bilanzierung für Zementwerke mit Regelbrennstoff Steinkohle (mittlere Schwermetallgehalte) und Abfällen entsprechend „Ausnahmen Praxiswerte“

Parameter	Abfall „Ausnahmen Praxiswert“			Auswirkungen auf das Reingas			Auswirkungen auf den Klinker		
	TS-Gehalte bei 16.000 kJ/kg H _u [mg/kg]	Vergleich mit Kohle (mittel) ^{***} Faktor	Vergleich mit Kohle (hoch) ^{***} Faktor	Abluftstrom bei 100 % Abfalleinsatz [*] [mg/m ³]	Reingas bei 50 % Abfalleinsatz ^{**} [mg/m ³]	Grenzwerte 17.BImSchV [mg/m ³]	Klinker bei 50 % Abfalleinsatz [mg/kg]	Klinker Richtwerte BUWAL [mg/kg]	Normzemente mittlere Gehalte nach VDZ [mg/kg]
Cd	4	13,33	0,40	0,0006	0,0007		0,76	1,5	0,4
Tl	1	3,33	0,83	0,0012	0,0059		0,87	2 (für Zement)	nicht bestimmt
Cd + Tl				0,0019	0,0066	0,05			
Hg	0,6	3,00	0,50	0,0225	0,0326	0,03 (TMW)	0,09	0,5 (für Zement)	0,07
Sb	25	10,00	2,78	0,0007	0,0009		5,5	5,0	6
As	5	0,37	0,10	0,0001	0,0008		6,6	40	6,8
Pb	190	2,79	0,70	0,0089	0,0105		40,7	100	27
Cr	125	4,72	1,56	0,0014	0,0031		49,9	150	40
Co	6	0,36	0,15	0,0001	0,0010		9,7	50	10
Cu	350	10,61	5,83	0,0031	0,0026		55,0	100	25
Mn	250	2,00	0,79	0,0042	0,0648		696,1	kein Richtwert	680
Ni	80	1,78	0,83	0,0022	0,0045		28,9	100	24
V	10	0,13	0,06	0,0005	0,0143		53,0	kein Richtwert	56
Sn	30	6,00	3,00	0,0021	0,0027		7,1	25	4,6
Summe Sb - Sn				0,0200	0,1030	0,5			

* Teilstrombetrachtung für Ersatzbrennstoffe nach der 17. BImSchV; die Modellierung wurde ohne den Einsatz von Rohmehl vorgenommen.

** In diese Betrachtung gehen die Schwermetallfrachten des Rohmehls und der anteilig vorhandenen Regelbrennstoffe mit ein.

*** Höhere Gehalte (Faktor > 1) oder niedrigere Gehalte (Faktor < 1) als in den Kohlen.

Ergebnisse der Szenarien für den Zementklinker

Die Szenarien „Praxiswerte“, „Ausnahmen Praxiswerte“ und „Reale Gehalte“ ergeben für die Betrachtung der **Verlagerung der Schwermetalle in den Zementklinker bei der Zementherstellung** die folgenden Ergebnisse, die in Tabelle 7.21 bis 7.23 im Detail dargestellt sind:

- Die Gehalte der Schwermetalle im Zementklinker weichen im Szenario „Praxiswerte“

nur geringfügig von den Gehalten im Bezugsszenario „Mittel“ ab und liegen jeweils unterhalb der vom BUWAL aufgestellten Richtwerte für den Zementklinker. Darüber hinaus liegen die Schwermetallgehalte im Bereich der mittleren Gehalte deutscher Normzemente. Eine Verlagerung der Schwermetalle aus den im Prozess eingesetzten Ersatzbrennstoffen findet somit nicht statt.

- Auch im Szenario „Ausnahme Praxiswerte“ ist festzustellen, dass trotz der höheren Schwermetallgehalte für Blei, Chrom,

Tab. 7.23 Bilanzierung für Zementwerke mit Regelbrennstoff Steinkohle (mittlere Schwermetallgehalte) und Abfälle mit "Realen Gehalten"

Parameter	Abfälle mit „Realen Gehalten“			Auswirkungen auf das Reingas			Auswirkungen auf den Klinker		
	FS-Gehalte bei 20.000 kJ/kg H _u [mg/kg]	Vergleich mit Kohle (mittel)*** Faktor	Vergleich mit Kohle (hoch)*** Faktor	Abluftstrom bei 100% Abfalleinsatz* [mg/m ³]	Reingas bei 50% Abfalleinsatz** [mg/m ³]	Grenzwerte 17.BImSchV [mg/m ³]	Klinker bei 50% Abfalleinsatz [mg/kg]	Klinker Richtwerte BUWAL [mg/kg]	Normzemente mittlere Gehalte nach VDZ [mg/kg]
Cd	1	3,33	0,10	0,0001	0,0004		0,5	1,5	0,4
Tl	0,50	1,67	0,42	0,0005	0,0056		0,8	2	nicht bestimmt
Cd + Tl				0,0006	0,0060	0,05			
Hg	0,15	0,75	0,13	0,0045	0,0236	0,03 (TMW)	0,07	0,5	0,07
Sb	18,0	7,20	2,00	0,0004	0,0007		4,5	5,0	6
As	2,0	0,15	0,04	0,00003	0,0007		6,3	40	6,8
Pb	25,0	0,37	0,09	0,009	0,0066		25,5	100	27
Cr	19,0	0,72	0,24	0,0002	0,0025		40,0	150	40
Co	2,0	0,12	0,05	0,00003	0,0009		9,3	50	10
Cu	40,0	1,21	0,67	0,0003	0,0013		26,3	100	25
Mn	20,0	0,16	0,06	0,0003	0,0628		674,4	kein Richtwert	680
Ni	5,0	0,11	0,05	0,0001	0,0034		22,1	100	24
V	3,0	0,04	0,02	0,0001	0,0140		52,2	kein Richtwert	56
Sn	8,0	1,60	0,80	0,0004	0,0019		4,9	25	4,6
Summe Sb - Sn				0,0030	0,0950	0,5			

* Teilstrombetrachtung für Ersatzbrennstoffe nach der 17. BImSchV; die Modellierung wurde ohne den Einsatz von Rohmehl vorgenommen.

** In diese Betrachtung gehen die Schwermetallfrachten des Rohmehls und der anteilig vorhandenen Regelbrennstoffe mit ein.

*** Höhere Gehalte (Faktor > 1) oder niedrigere Gehalte (Faktor < 1) als in den Kohlen.

Kupfer, Mangan und Nickel die BUWAL-Richtwerte für Zementklinker auch hier deutlich unterschritten werden.

- Das Szenario „**Reale Gehalte**“ zeigt, dass die BUWAL-Richtwerte für Zementklinker auch hier deutlich unterschritten werden und die Schwermetallgehalte z. T. auch unterhalb der mittleren Gehalte deutscher Normzemente liegen.

Alle Ergebnisse der Szenarien zu den Zementherstellungsprozessen sind im **Anhang G** ent-

halten. Die Szenarien für die Zementwerke machen deutlich, dass Ersatzbrennstoffe, die die Praxiswerte, Ausnahmewerte für HkFS sowie reale Gehalte aufweisen, basierend auf dem derzeitigen Erkenntnisstand für eine schadlose energetische Verwertung in Zementwerken geeignet sind.

Kalkwerke

Die Ergebnisse für Zementwerke lassen aufgrund der verfahrenstechnischen Gegebenheiten erwarten, dass auch beim Einsatz dieser Abfälle bzw. der betrachteten Schwermetallgehalte im Drehrohrenprozess der Kalkherstellung eine schadlose energetische Verwertung der Ersatzbrennstoffe möglich ist.

7.5.2 Kraftwerke

Die berechneten Ergebnisse werden im Folgenden für das Reingas und die Kraftwerksnebenprodukte der untersuchten Kraftwerkstypen dargestellt.

Ergebnisse der Szenarien für das Reingas der Kraftwerke

Die in den Stoffflussmodellen zu den einzelnen Kraftwerkstypen durchgeführte Bilanzierung in den **Bezugsszenarien** „Mittel“ und „Hoch“ für Steinkohle / Petrolkoks (90/10) und Braunkohle als Regelbrennstoff mit jeweils mittleren und hohen Schwermetallgehalten ergibt die in den folgenden Tabellen 7.24 und 7.26 dargestellten Reingaswerte.

Die Bilanzierungen in den Stoffflussmodellen zeigen im Vergleich zu vorhandenen Emissionsdaten für Kraftwerke in Nordrhein-Westfalen (vergleiche die Daten einzelner Kraftwerke in [MUNLV, 2001]) für steinkohlenbefeuerte Anlagen (Tabelle 7.25) eine gute Übereinstimmung, wenngleich darauf hingewiesen werden muss, dass insbesondere die Emissionen für die Schwermetalle Cadmium

und Thallium sowie für den Summenparameter Antimon bis Zinn für Schmelzkammerfeuerungen im oberen Bereich der dokumentierten Emissionen einzelner Kraftwerke liegen.

Die Modellierung der mit Braunkohle befeuerten Anlagen ergab die in der Tabelle 7.26 dargestellten Reingaswerte, die bei der Rostfeuerung gute Übereinstimmungen zu den in der Tabelle 7.27 exemplarisch aufgeführten Emissionsdaten für Rostfeuerungen zeigen.

Auch für die Trocken- und die Wirbelschichtfeuerung ergeben sich vergleichsweise gute Übereinstimmungen mit jeweils einer in Nordrhein-Westfalen betriebenen braunkohlebefeuerten Anlage.

Zusammenfassend kann davon ausgegangen werden, dass trotz der bestehenden Einschränkungen hinsichtlich der Repräsentativität der gewählten Transferfaktoren (vergleiche **Anhang B**) die Bilanzierungen in den Stoffflussmodellen zu den einzelnen Kraftwerkstypen aussagekräftige Ergebnisse für die zu erwartenden Reingasemissionen liefern, da sie zum Teil mit realen Emissionsmesswerten für Kraftwerke in Nordrhein-Westfalen übereinstimmen.

Die Szenarien „**Praxiswerte**“, „**Ausnahmen Praxiswerte**“ und „**Reale Gehalte**“ ergeben für die Betrachtung der **Emissionen in die Abluft der einzelnen Kraftwerkstypen** die in den Tabellen 7.28 bis 7.30 im Detail dargestellten Ergebnisse. Zur Überprüfung der Schadlosigkeit des Abfalleinsatzes bezogen auf das Reingas werden in den Szenarien als Prüfwerte die zulässigen Tagesmittelwerte für Schwermetallemissionen aus der 17. BImSchV verwendet.

Tab. 7.24 Bilanzierung der Schwermetallgehalte des Reingases bei Kraftwerken mit Regelbrennstoff Steinkohle / Petrolkoks (90:10) (mittlere und hohe Schwermetallgehalte)

Parameter	Einheit	Schmelzkammerfeuerung		Trockenfeuerung		Rostfeuerung		
		mittlere Gehalte	hohe Gehalte	mittlere Gehalte	hohe Gehalte	mittlere Gehalte	hohe Gehalte	
Cadmium	Cd	mg/m ³	0,0018	0,0421	0,0004	0,0096	0,0004	0,0102
Thallium	Tl	mg/m ³	0,0012	0,0044	0,0002	0,0007	0,0001	0,0004
Cd + Tl			0,0030	0,0465	0,0006	0,0104	0,0005	0,0106
Quecksilber	Hg	mg/m³	0,0060	0,0358	0,0031	0,0186	0,0059	0,0350
Antimon	Sb	mg/m ³	0,0086	0,0279	0,0022	0,0073	0,0007	0,0023
Arsen	As	mg/m ³	0,0496	0,1795	0,0033	0,0120	0,0149	0,0539
Blei	Pb	mg/m ³	0,0407	0,1608	0,0122	0,0482	0,0691	0,2734
Chrom	Cr	mg/m ³	0,0033	0,0096	0,0016	0,0048	0,0033	0,0096
Kobalt	Co	mg/m ³	0,0010	0,0024	0,0010	0,0024	0,0005	0,0011
Kupfer	Cu	mg/m ³	0,0059	0,0108	0,0020	0,0036	0,0059	0,0108
Mangan	Mn	mg/m ³	0,0179	0,0405	0,0090	0,0203	0,0043	0,0096
Nickel	Ni	mg/m ³	0,0255	0,0407	0,0051	0,0081	0,0153	0,0244
Vanadium	V	mg/m ³	0,0295	0,0420	0,0148	0,0210	0,0443	0,0630
Zinn	Sn	mg/m ³	0,0100	0,0189	0,0084	0,0158	0,0005	0,0010
Summe Sb - Sn		mg/m³	0,192	0,533	0,060	0,143	0,159	0,449

Tab. 7.25 Emissionen einzelner Kraftwerke (Trockenfeuerung, Schmelzkammerfeuerung) in Nordrhein-Westfalen, die Abfälle zur energetischen Verwertung einsetzen können (Angaben aus [MUNLV, 2001])

genehmigte Abfallarten	Feuerungsart	Produktionsspezifische Abfälle (bis zu 10% FWL)		Produktionsspezifische Abfälle (bis zu 25% FWL)		Produktionsspezifische Abfälle (bis zu 25% FWL)	
		Trockenfeuerung Steinkohle		Trockenfeuerung Steinkohle		Schmelzkammerfeuerung Steinkohle	
Schadstoff	Einheit	Messwert	Art	Messwert	Art	Messwert	Art
Hg	mg/m ³	0,003	MPNZ	0,003	MPNZ	0,011	MPNZ
Cd, Tl	mg/m ³	<0,001	MPNZ	0,001	MPNZ	0,0035	MPNZ
Summe Sb - Sn	mg/m ³	0,04	MPNZ	0,027	MPNZ	0,056	MPNZ

MPNZ Mittelwert über Probenahmezeit

Tab. 7.26 Bilanzierung der Schwermetallgehalte des Reingases bei Kraftwerken mit Regelbrennstoff Braunkohle (mittlere und hohe Schwermetallgehalte)

Parameter	Einheit	Trockenfeuerung		Rostfeuerung		Wirbelschichtfeuerung		Wirbelschichtfeuerung HOK*		
		mittlere Gehalte	hohe Gehalte	mittlere Gehalte	hohe Gehalte	mittlere Gehalte	hohe Gehalte	mittlere Gehalte	hohe Gehalte	
Cadmium	Cd	mg/m ³	0,00004	0,0014	0,00002	0,0006	0,00005	0,0014	0,0000002	0,000007
Thallium	Tl	mg/m ³	0,00035	0,0008	0,00005	0,0001	0,00005	0,0001	0,0000018	0,000004
Cd + Tl			0,00039	0,0021	0,00007	0,0007	0,00010	0,0016	0,0000020	0,000011
Quecksilber	Hg	mg/m³	0,00097	0,0175	0,00239	0,0428	0,00287	0,051	0,00032	0,00568
Antimon	Sb	mg/m ³	0,00002	0,0002	0,00010	0,0009	0,00010	0,0009	0,0000050	0,000047
Arsen	As	mg/m ³	0,00008	0,0002	0,00147	0,0044	0,00367	0,0110	0,0000163	0,000049
Blei	Pb	mg/m ³	0,00008	0,0004	0,00140	0,0067	0,00350	0,0167	0,0000165	0,000078
Chrom	Cr	mg/m ³	0,00050	0,0015	0,00101	0,0029	0,00252	0,0073	0,0001006	0,000293
Kobalt	Co	mg/m ³	0,00034	0,0015	0,00016	0,0007	0,00016	0,0007	0,0000682	0,000291
Kupfer	Cu	mg/m ³	0,00012	0,0004	0,00036	0,0012	0,00072	0,0023	0,0000239	0,000078
Mangan	Mn	mg/m ³	0,01145	0,0254	0,00544	0,0121	0,00544	0,0121	0,0022890	0,005083
Nickel	Ni	mg/m ³	0,00091	0,0011	0,00274	0,0032	0,00548	0,0065	0,0001827	0,000216
Vanadium	V	mg/m ³	0,00021	0,0004	0,00063	0,0012	0,00126	0,0024	0,0000419	0,000081
Zinn	Sn	mg/m ³	0,00012	0,0002	0,00019	0,0003	0,00019	0,0003	0,0000234	0,000039
Summe Sb-Sn		mg/m³	0,014	0,031	0,013	0,034	0,023	0,060	0,003	0,006

* Wirbelschichtfeuerungen mit Herdofenkoks-Flugstromverfahren

Tab. 7.27 Emissionen einzelner Rostfeuerungsanlagen in Nordrhein-Westfalen, die Abfälle zur energetischen Verwertung einsetzen (Angaben aus [MUNLV, 2001])

genehmigte Abfallarten	Feuerungsart	Abfälle aus der Papierfabrikation (bis zu 25% FWL)		Abfälle aus der Papierfabrikation (bis zu 25% FWL)		Produktionsspezifische Abfälle (bis zu 100% FWL)	
		Rostfeuerung Braunkohle		Rostfeuerung Braunkohle		Rostfeuerung	
Schadstoff	Einheit	Messwert	Art	Messwert	Art	Messwert	Art
Hg	mg/m ³	0,008	MPNZ	0,007	MPNZ	0,003	MPNZ
Cd, Tl	mg/m ³	0,007	MPNZ	0,008	MPNZ	0,000008	MPNZ
Summe Sb - Sn	mg/m ³	0,18	MPNZ	0,10	MPNZ	0,025	MPNZ

MPNZ: Mittelwert über Probenahmezeit

Szenarien „Praxiswerte“

1. Teilstrombetrachtung gemäß „Arbeitshilfe Stoffflussanalyse“ (ohne Einfluss der Regelbrennstoffe)

Diese Betrachtungen analysieren die Emissionen, die ausschließlich aus den Ersatzbrennstoffen stammen und für den Abluftpfad der Kraftwerke zu erwarten sind. Die Grenzwerte der 17. BImSchV (Tagesmittelwerte) werden für Ersatzbrennstoffe mit Praxiswerten gemäß Tabelle 7.9 bei allen Kraftwerkstypen eingehalten. Nur Wirbelschichtfeuerungen ohne weitergehende Rauchgasreinigung zeigen bei den Quecksilberemissionen eine geringfügige Überschreitung von 0,033 mg/m³, die jedoch noch im Toleranzbereich des Grenzwertes liegt (vergleiche Tabelle 7.30). Da die Transferfaktoren für diese Anlagen nicht durch aktuelle Untersuchungen aus Nordrhein-Westfalen verifiziert werden konnten, erfordert diese geringe Überschreitung von 10 % des Grenzwertes nicht, die abfallseitigen Beschränkungen für den Quecksilbergehalt der Abfälle (Praxiswert) verändern zu müssen.

2. Betrachtung bei 10 %-igem bzw. 25 %-igem Anteil der Ersatzbrennstoffe im Prozess (inkl. Einfluss der Regelbrennstoffe)

Diese Betrachtungen analysieren die Emissionen, die anteilig aus den Ersatzbrennstoffen und den Regelbrennstoffen für den Abluftpfad der Kraftwerke zu erwarten sind (vergleiche Tabelle 7.28 bis 7.30).

Als unterer Heizwert für die Abfälle wurde in den Bilanzierungen der Szenarien „Praxiswerte“ 20.000 kJ/kg eingesetzt. Die vollständigen Berechnungen für alle Kraftwerkstypen sind in **Anhang G** enthalten. Es lässt sich zusammenfassend feststellen:

- Die Grenzwerte der 17. BImSchV (Tagesmittelwerte) werden für Ersatzbrennstoffe mit Praxiswerten bei einem Anteil von 10 % an der Feuerungswärmeleistung bei allen betrachteten Kraftwerkstypen eingehalten.
- Die Grenzwerte der 17. BImSchV (Tagesmittelwerte) werden auch für Ersatzbrennstoffe mit Praxiswerten bei einem Anteil von 25 % an der Feuerungswärmeleistung bei allen betrachteten Kraftwerkstypen eingehalten.

Tab. 7.28 Bilanzierung der Schwermetallgehalte des Reingases bei Kraftwerken mit Regelbrennstoff Steinkohle / Petrolkoks (90:10) (mittlere Schwermetallgehalte) und Abfällen, die „Praxiswerte“ gemäß Tabelle 7.9 aufweisen

Parameter	Einheit	Grenzwerte 17. BImSchV	Schmelzkammer- feuerung			Trockenfeuerung			Rostfeuerung			
			Abluftstrom bei 100% Abfalleinsatz	Abluftstrom bei 25% Abfallanteil an FWL	Abluftstrom bei 10% Abfallanteil an FWL	Abluftstrom bei 100% Abfalleinsatz	Abluftstrom bei 25% Abfallanteil an FWL	Abluftstrom bei 10% Abfallanteil an FWL	Abluftstrom bei 100% Abfalleinsatz	Abluftstrom bei 25% Abfallanteil an FWL	Abluftstrom bei 10% Abfallanteil an FWL	
Cadmium	Cd	mg/m ³		0,0264	0,0079	0,0042	0,0060	0,0018	0,0010	0,0064	0,0019	0,0010
Thallium	Tl	mg/m ³		0,0057	0,0023	0,0016	0,0009	0,0004	0,0003	0,0005	0,0002	0,0002
Cd + Tl			0,05	0,0321	0,0102	0,0059	0,0070	0,0022	0,0012	0,0069	0,0021	0,0012
Quecksilber	Hg	mg/m ³	0,03	0,0283	0,0116	0,0083	0,0147	0,0060	0,0043	0,0277	0,0114	0,0081
		TMW										
Antimon	Sb	mg/m ³		0,1182	0,0360	0,0195	0,0307	0,0094	0,0051	0,0096	0,0029	0,0016
Arsen	As	mg/m ³		0,0287	0,0444	0,0475	0,0019	0,0030	0,0032	0,0085	0,0133	0,0143
Blei	Pb	mg/m ³		0,0662	0,0471	0,0432	0,0198	0,0141	0,0130	0,1123	0,0800	0,0735
Chrom	Cr	mg/m ³		0,0076	0,0043	0,0037	0,0038	0,0022	0,0018	0,0075	0,0043	0,0037
Kobalt	Co	mg/m ³		0,0006	0,0009	0,0010	0,0006	0,0009	0,0010	0,0003	0,0004	0,0004
Kupfer	Cu	mg/m ³		0,0340	0,0130	0,0087	0,0113	0,0043	0,0029	0,0340	0,0130	0,0087
Mangan	Mn	mg/m ³		0,0109	0,0162	0,0172	0,0047	0,0081	0,0086	0,0022	0,0038	0,0041
Nickel	Ni	mg/m ³		0,0120	0,0222	0,0242	0,0024	0,0044	0,0048	0,0071	0,0133	0,0145
Vanadium	V	mg/m ³		0,0020	0,0226	0,0268	0,0009	0,0113	0,0134	0,0028	0,0340	0,0401
Zinn	Sn	mg/m ³		0,0850	0,0288	0,0175	0,0708	0,0240	0,0146	0,0046	0,0016	0,0010
Summe Sb – Sn		mg/m³	0,5	0,365	0,235	0,209	0,147	0,082	0,068	0,189	0,167	0,162

Szenarien „Ausnahmen Praxiswert“

Die Überprüfung der Ausnahmewerte für die hochkalorischen Fraktionen aus Siedlungsabfällen (HkFS) wurde anhand der Grenzwerte für die Schwermetalle aus der 17. BImSchV vorgenommen. Unterschiede zu den Ersatzbrennstoffen, die den „Praxiswerten“ aus Tab. 7.9 entsprechen, bestehen hinsichtlich des niedrigeren unteren Heizwertes von 16.000 kJ/kg und den höheren zulässigen Gehalten an den Schwermetallen Blei, Chrom, Kupfer, Mangan und Nickel (vergleiche Tab. 7.10).

1. Teilstrombetrachtung gemäß „Arbeitshilfe Stoffflussanalyse“ (ohne Einfluss der Regelbrennstoffe)

Diese Betrachtungen analysieren die Emissionen, die ausschließlich aus den Ersatzbrennstoffen stammen und für den Abluftpfad der Kraftwerke zu erwarten sind.

Die Grenzwerte der 17. BImSchV für die Summe aus Cadmium und Thallium werden für diese Ersatzbrennstoffe bei allen Kraftwerkstypen eingehalten.

Tab. 7.29 Bilanzierung der Schwermetallgehalte des Reingases bei Kraftwerken (Trocken- oder Rostfeuerung) mit Regelbrennstoff Braunkohle (mittlere Schwermetallgehalte) und Abfällen mit „Praxiswerten“

Parameter	Einheit	Grenzwerte 17. BImSchV	Trockenfeuerung			Rostfeuerung		
			Abluftstrom bei 100% Abfall- einsatz	Abluft- strom bei 25% FWL Abfall- anteil	Abluft- strom bei 10% FWL Abfall- anteil	Abluft- strom bei 100% Abfall- einsatz	Abluft- strom bei 25% FWL Abfall- anteil	Abluft- strom bei 10% FWL Abfall- anteil
Cadmium	Cd	mg/m ³	0,0151	0,0038	0,0016	0,0064	0,0016	0,0007
Thallium	Tl	mg/m ³	0,0038	0,0012	0,0007	0,0005	0,0002	0,0001
Cd + Tl		0,05	0,0189	0,0050	0,0022	0,0069	0,0018	0,0008
Quecksilber	Hg	mg/m³	0,0113	0,0036	0,0020	0,0277	0,0087	0,0049
Antimon	Sb	mg/m ³	0,0024	0,0006	0,0003	0,0096	0,0025	0,0010
Arsen	As	mg/m ³	0,0005	0,0002	0,0001	0,0085	0,0033	0,0022
Blei	Pb	mg/m ³	0,0066	0,0017	0,0007	0,1123	0,0292	0,0125
Chrom	Cr	mg/m ³	0,0038	0,0013	0,0008	0,0075	0,0027	0,0017
Kobalt	Co	mg/m ³	0,0006	0,0004	0,0004	0,0003	0,0002	0,0002
Kupfer	Cu	mg/m ³	0,0113	0,0029	0,0012	0,0340	0,0088	0,0037
Mangan	Mn	mg/m ³	0,0047	0,0099	0,0108	0,0022	0,0047	0,0052
Nickel	Ni	mg/m ³	0,0024	0,0013	0,0011	0,0071	0,0039	0,0032
Vanadium	V	mg/m ³	0,0009	0,0004	0,0003	0,0028	0,0012	0,0009
Zinn	Sn	mg/m ³	0,0028	0,0008	0,0004	0,0046	0,0013	0,0006
Summe Sb - Sn	mg/m³	0,5	0,036	0,020	0,016	0,189	0,058	0,031

Schmelzkammerfeuerungen, Trockenfeuerungen einerseits und auch Wirbelschichtfeuerungen mit weitergehender Rauchgasreinigung andererseits (Herdofenkoks-Flugstromverfahren) halten die Grenzwerte für Quecksilber (Tagesmittelwerte) der 17. BImSchV ein. Überschreitungen des Tagesmittelwerts der 17. BImSchV zeigen bei den Quecksilberemissionen Wirbelschichtfeuerungen ohne weitergehende Rauchgasreinigung (0,042 mg/m³) und auch Rostfeuerungen (0,035 mg/m³, siehe **Anhang G**). Da die Transferfaktoren für diese Anlagen jedoch nicht durch aktuelle Untersuchungen aus Nordrhein-Westfalen verifiziert werden konnten, erfordern diese Überschreitungen des Grenzwertes nicht, die abfallseitigen Beschränkungen für den Quecksilberge-

halt der Abfälle oder den unteren Heizwert (Ausnahmen Praxiswert) verändern zu müssen.

Die Bilanzierungen der Abfälle „Ausnahmen Praxiswert“ mit den Ausnahmewerten für HkFS (siehe **Anhang G**) zeigen für die Schwermetalle Antimon bis Zinn ein uneinheitliches Bild. Während Trockenfeuerungen einerseits und Wirbelschichtfeuerungen mit weitergehender Rauchgasreinigung andererseits (Herdofenkoks-Flugstromverfahren) die Grenzwerte der Schwermetalle Antimon bis Zinn der 17. BImSchV in der Abluftstrombetrachtung einhalten, überschreiten die anderen Kraftwerkstypen diesen Grenzwert für die Summe der Schwermetalle Antimon bis Zinn zum Teil deutlich.

Tab. 7.30 Bilanzierung der Schwermetallgehalte des Reingases bei Kraftwerken (Wirbelschichtfeuerung) mit Regelbrennstoff Braunkohle (mittlere Schwermetallgehalte) und Abfällen mit „Praxiswerten“

Parameter	Einheit	Grenzwerte 17. BImSchV	Wirbelschichtfeuerung			Wirbelschichtfeuerung HOK*		
			Abluftstrom bei 100% Abfalleinsatz	Abluftstrom bei 25% FWL Abfallanteil	Abluftstrom bei 10% FWL Abfallanteil	Abluftstrom bei 100% Abfalleinsatz	Abluftstrom bei 25% FWL Abfallanteil	Abluftstrom bei 10% FWL Abfallanteil
Cadmium	Cd	mg/m ³	0,0160	0,0040	0,0016	0,00008	0,00002	0,000008
Thallium	Tl	mg/m ³	0,0005	0,0002	0,0001	0,00002	0,00001	0,000003
Cd + Tl		0,05	0,0166	0,0042	0,0017	0,00009	0,00003	0,000011
Quecksilber	Hg	mg/m ³	0,0333	0,0105	0,0059	0,00368	0,00116	0,00065
Antimon	Sb	mg/m ³	0,0096	0,0025	0,0010	0,00047	0,00012	0,000052
Arsen	As	mg/m ³	0,0212	0,0081	0,0055	0,00009	0,00004	0,000024
Blei	Pb	mg/m ³	0,2807	0,0730	0,0313	0,00132	0,00034	0,000147
Chrom	Cr	mg/m ³	0,0189	0,0066	0,0042	0,00075	0,00027	0,000167
Kobalt	Co	mg/m ³	0,0003	0,0002	0,0002	0,00011	0,00008	0,000073
Kupfer	Cu	mg/m ³	0,0679	0,0175	0,0074	0,00226	0,00058	0,000248
Mangan	Mn	mg/m ³	0,0022	0,0047	0,0052	0,00094	0,00199	0,002169
Nickel	Ni	mg/m ³	0,0142	0,0077	0,0064	0,00047	0,00026	0,000213
Vanadium	V	mg/m ³	0,0057	0,0024	0,0017	0,00019	0,00008	0,000058
Zinn	Sn	mg/m ³	0,0046	0,0013	0,0006	0,00057	0,00016	0,000078
Summe Sb - Sn	mg/m³	0,5	0,425	0,124	0,063	0,007	0,004	0,003

* Wirbelschichtfeuerungen mit Herdofenkoks-Flugstromverfahren

2. Betrachtung bei 10 %-igem bzw. 25 %-igem Anteil der Ersatzbrennstoffe im Prozess (inkl. Einfluss der Regelbrennstoffe)

Diese Betrachtungen analysieren die Emissionen, die anteilig aus den Ersatzbrennstoffen und den Regelbrennstoffen für den Abluftpfad der Kraftwerke zu erwarten sind.

Bei einem realistischen Anteil der Ersatzbrennstoffe von 10 % und 25 % an der Feuerungswärmeleistung werden sämtliche Grenzwerte der 17. BImSchV für Schwermetalle auch bei den Ausnahmewerten für HkFS eingehalten (vergleiche Szenarien „Ausnahmen Praxiswerte“ in Anhang G).

Aus den Bilanzierungen des Reingases für Kraftwerke bestätigen sich die in der behördlichen Genehmigungspraxis in Nordrhein-Westfalen etablierten Beschränkungen der durchschnittlichen Schwermetallgehalte (Ausnahmen Praxiswerte).

Szenarien „Reale Gehalte“

Zusätzlich zu den Überprüfungen der Schwermetallbegrenzungen für Abfälle, die den Praxiswerten aus den Tabellen 7.9 und 7.10 entsprechen, wurde untersucht, welche Emissionen von den Abfallarten zu erwarten sind, die für die Positivliste vorgeschlagen wurden. Für die

Modellierung des Schwermetalltransfers aus diesen Abfällen wurden die „Realen Gehalte“ aus Tabelle 7.11 verwendet. Die Schwermetallgehalte, die aus den vorliegenden Analysen für diese Abfälle abgeleitet wurden, liegen bei vergleichbarem unteren Heizwert z. T. deutlich unter den Begrenzungen für produktions-spezifische Abfälle aus Tabelle 7.9 (Praxiswerte).

1. Teilstrombetrachtung gemäß „Arbeitshilfe Stoffflussanalyse“ (ohne Einfluss der Regelbrennstoffe)

Diese Betrachtungen analysieren die Emissionen, die ausschließlich aus den Ersatzbrennstoffen stammen und für den Abluftpfad der Kraftwerke zu erwarten sind. Die Grenzwerte der 17. BImSchV für sämtliche Schwermetalle werden für diese Ersatzbrennstoffe bei allen Kraftwerkstypen eingehalten (vergleiche Szenarien „**Reale Gehalte**“ in **Anhang G**).

2. Betrachtung bei 10 %-igem bzw. 25 %-igem Anteil der Ersatzbrennstoffe im Prozess (inkl. Einfluss der Regelbrennstoffe)

Diese Betrachtungen analysieren die Emissionen, die anteilig aus den Ersatzbrennstoffen und den Regelbrennstoffen für den Abluftpfad der Kraftwerke zu erwarten sind. Bei einem realistischen Anteil der Ersatzbrennstoffe von 10 % und 25 % an der Feuerungswärmeleistung werden sämtliche Grenzwerte der 17. BImSchV für Schwermetalle eingehalten (vergleiche Szenarien „**Reale Gehalte**“ in **Anhang G**).

Aufgrund der im Vergleich zu den Praxiswerten in Tabelle 7.9 niedrigeren Schwermetallgehalte sind für diese Abfälle erwartungsgemäß keine weiteren Einschränkungen abzuleiten.

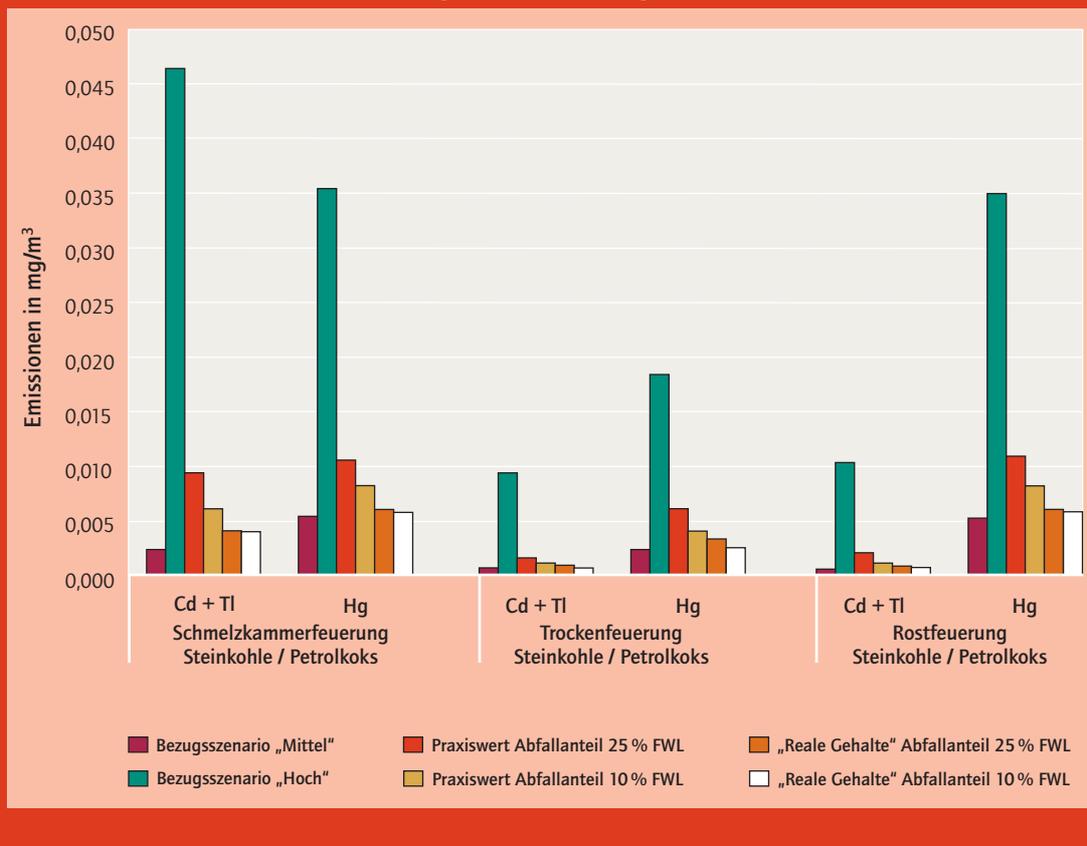
Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Ergebnisse für die Betrachtungen im Abluftpfad der Kraftwerke sind im Folgenden in einer Zusammenfassung für die Abfälle, die Praxiswerte gemäß Tabelle 7.9 und solche, die „Reale Gehalte“ gemäß Tabelle 7.11 aufweisen, graphisch dargestellt (Abbildung 7.8 bis 7.11). Da die Ersatzbrennstoffe gemäß dem im Anhang dargestellten Genehmigungsbescheid sowie weiterer in Nordrhein-Westfalen bestehender Genehmigungen die Praxiswerte an der Brennstoffaufgabe einhalten müssen, werden im Folgenden die Auswirkungen dieser Ersatzbrennstoffe im Abluftpfad detaillierter betrachtet.

In den folgenden Übersichten sind auch die Ergebnisse der Szenarien zu Abfällen mit „Realen Gehalten“ dargestellt, um die Auswirkungen des realen Einsatzes von Ersatzbrennstoffen, die aus Abfällen der Praxisliste (vergleiche Tabelle 7.11) erzeugt wurden, darzustellen.

Der Einsatz von Ersatzbrennstoffen mit „Praxiswerten“ im Prozess der steinkohle-befeuerten Kraftwerke (Schmelzkammer-, Trocken- und Rostfeuerung) in einem Anteil von 10 % bzw. 25 % an der Feuerungswärmeleistung führt zu einer Erhöhung der Emissionen an Cadmium und Thallium oder Quecksilber im Vergleich zu mittleren Gehalten in den Regelbrennstoffen (Bezugsszenario „Mittel“). Die Emissionen liegen jedoch unterhalb der potenziellen maximalen Emissionen im Bezugsszenario „Hoch“ und somit innerhalb der natürlichen Schwankungsbreite der Regelbrennstoffe.

Abb. 7.8: Emissionen an Cadmium / Thallium und Quecksilber bei steinkohlebefeuerten Kraftwerken für Abfälle, die „Praxiswerte“ gemäß Tabelle 7.9 und solche, die „Reale Gehalte“ gemäß Tabelle 7.11 aufweisen im Vergleich zu den Bezugsszenarien



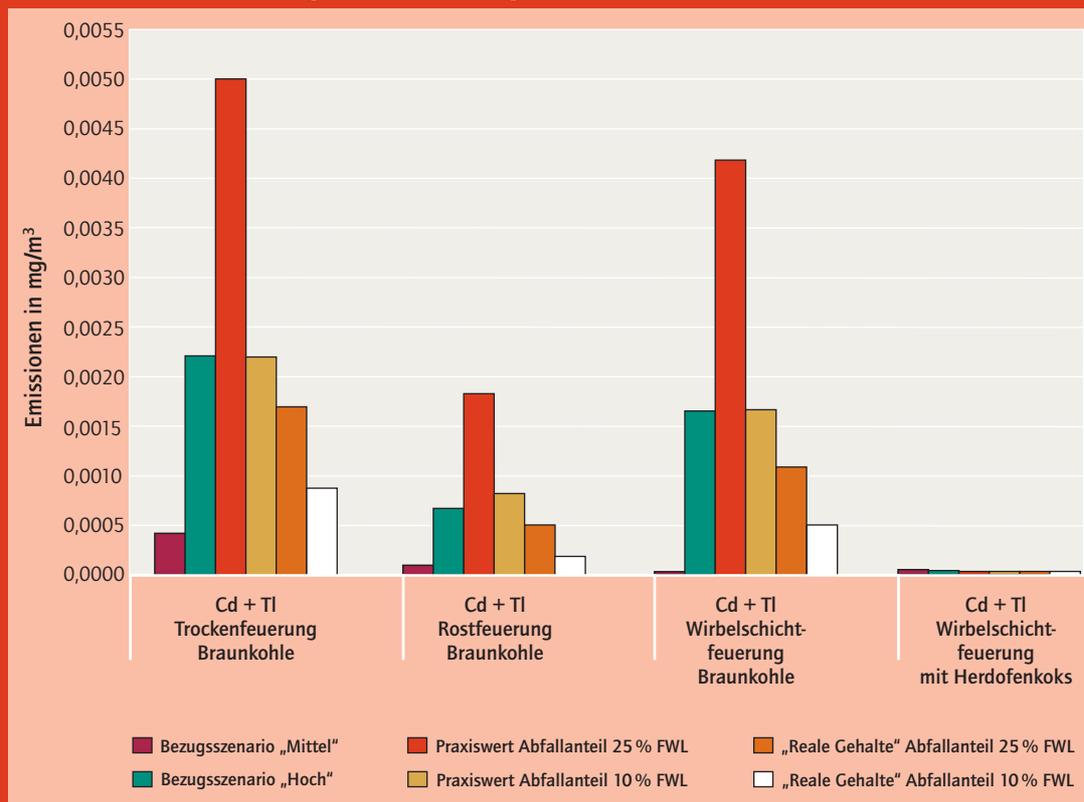
Die Grenzwerte der 17. BImSchV für diese beiden Parameter werden zudem jeweils unterschritten.

Werden Ersatzbrennstoffe mit „Realen Gehalten“ in steinkohlebefeuerten Kraftwerken in einem Anteil von 10 % bzw. 25 % an der Feuerungswärmeleistung eingesetzt, führt dies – im Vergleich zu den Szenarien „Praxiswerte“ – zu einer geringeren Erhöhung der Emissionen an Cadmium und Thallium. Die Quecksilberemissionen sind im Vergleich zum Bezugsszenario „Mittel“ nahezu unverändert.

Der Einsatz von Ersatzbrennstoffen im Prozess der braunkohlebefeuerten Kraftwerke (Trocken- und Rostfeuerung sowie Wirbelschichtfeuerung) mit einem Anteil von 10 % bzw. 25 % an der Feuerungswärmeleistung führt zu einer Erhöhung der Emissionen an Cadmium und Thallium im Vergleich zu mittleren Gehalten der Regelbrennstoffe (Bezugsszenario „Mittel“).

Die Emissionen für Cadmium / Thallium liegen beim Einsatz von Abfällen mit „Praxiswerten“ für diese Kraftwerke auch oberhalb der poten-

Abb. 7.9: Emissionen an Cadmium / Thallium bei braunkohlebefeuerten Kraftwerken für Abfälle, die „Praxiswerte“ gemäß Tabelle 7.9 und solche, die „Reale Gehalte“ gemäß Tabelle 7.11 aufweisen im Vergleich zu den Bezugsszenarien



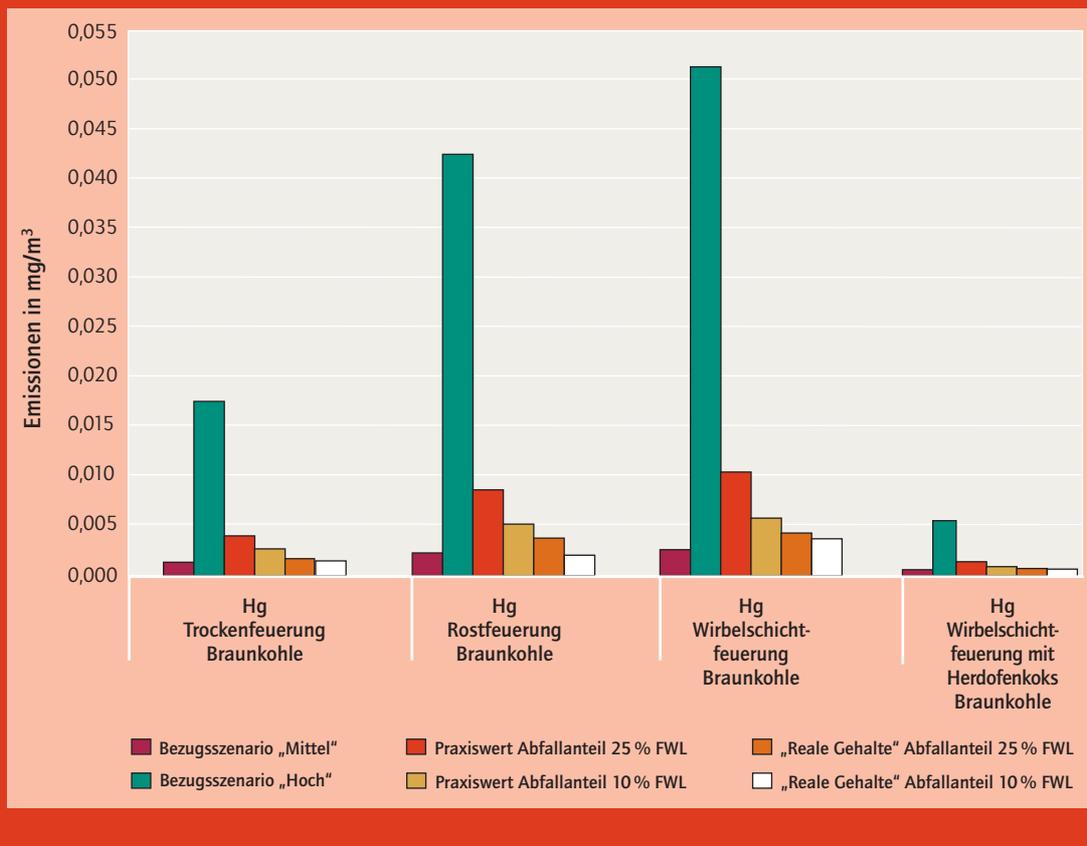
ziellen maximalen Emissionen der Anlagen im Bezugsszenario „Hoch“, da der Gehalt der Braunkohle an Cadmium und Thallium im Vergleich zu Ersatzbrennstoffen sehr niedrig ist. Der Grenzwert der 17. BImSchV für Cadmium/Thallium (TMW: 0,05 mg/m³) wird jedoch in den betrachteten Anlagentypen deutlich unterschritten.

Werden in diesen Kraftwerken Ersatzbrennstoffe aus den Abfällen der Positivliste eingesetzt, deren Schwermetallgehalte den „Realen Gehalten“ aus Tabelle 7.11 entsprechen, liegen die zu erwartenden Emissionen im Bereich

der von den Bezugsszenarien „Mittel“ und „Hoch“ dargestellten natürlichen Schwankungsbreite der Braunkohle.

Der Einsatz von Ersatzbrennstoffen in braunkohlebefeuerten Kraftwerken mit einem Anteil von 10% bzw. 25% an der Feuerungswärmeleistung führt auch zu einer Erhöhung der Quecksilberemissionen im Vergleich zu den Emissionen aus Regelbrennstoffen mit mittleren Gehalten (Bezugsszenario „Mittel“). Dies gilt sowohl für Ersatzbrennstoffe, die „Praxiswerte“ als auch für solche, die „Reale Gehalte“ aufweisen.

Abb. 7.10 Emissionen an Quecksilber bei braunkohlebefeuerten Kraftwerken für Abfälle, die „Praxiswerte“ gemäß Tabelle 7.9 und solche, die „Reale Gehalte“ gemäß Tabelle 7.11 aufweisen im Vergleich zu den Bezugsszenarien



Die Emissionen für Quecksilber liegen jedoch unterhalb der berechneten maximalen Emissionen im Bezugsszenario „Hoch“. Der Grenzwert der 17. BImSchV für Quecksilber wird zudem unterschritten.

Emissionen der Schwermetalle Antimon bis Zinn im Vergleich zu mittleren Gehalten in den Regelbrennstoffen (Bezugsszenario „Mittel“).

Die Emissionen für die Schwermetalle Antimon bis Zinn liegen bei den **steinkohlebefeuerten Kraftwerken** unterhalb der berechneten maximalen Emissionen der Anlagen im Bezugsszenario „Hoch“, während sie, aufgrund der geringeren Gehalte dieser Schwermetalle in der Braunkohle, bei **braunkohlebefeuerten**

Steinkohlebefeuerte

Kraftwerke

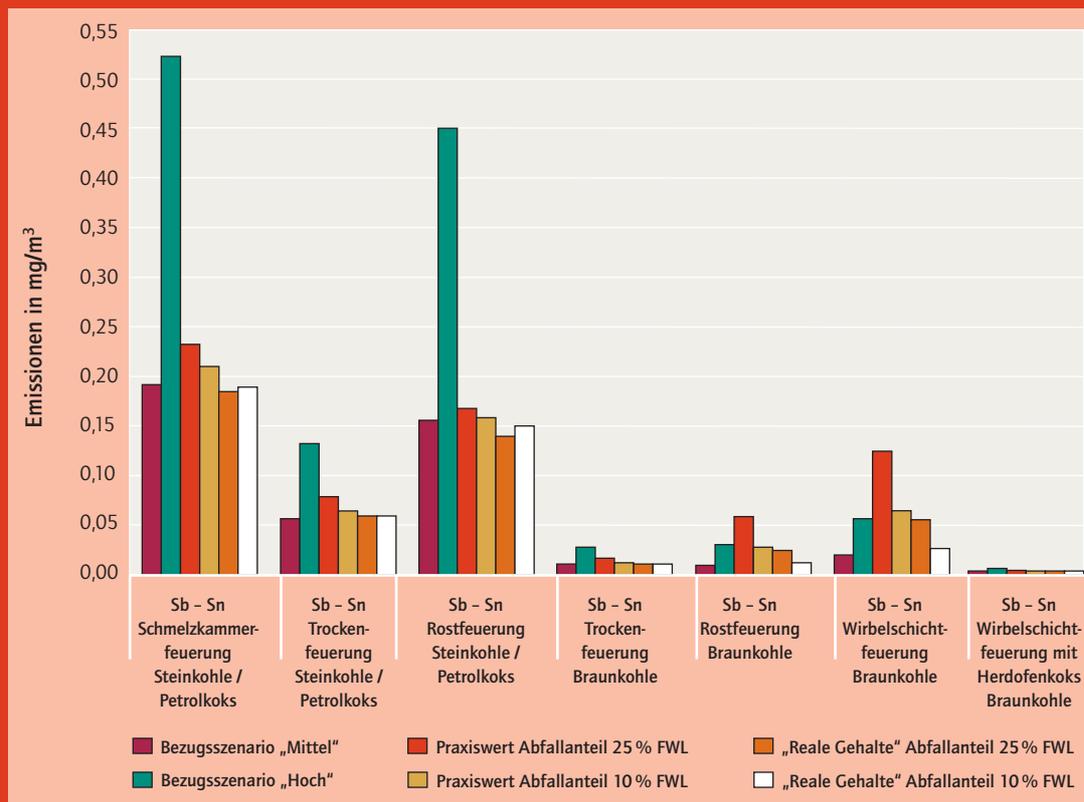
Braunkohle-

befeuerte

Kraftwerke

Der Einsatz von Ersatzbrennstoffen mit „Praxiswerten“ im Prozess der untersuchten Kraftwerke (Schmelzkammer-, Trocken-, Rostfeuerung sowie Wirbelschichtfeuerung) in einem Anteil von 10% bzw. 25% an der Feuerungsleistung führt zu einer Erhöhung der

Abb. 7.11 Emissionen der Schwermetalle Antimon bis Zinn bei stein- oder braunkohlebefeuerten Kraftwerken für Abfälle, die „Praxiswerte“ gem. Tabelle 7.9 und solche, die „Reale Gehalte“ gemäß Tabelle 7.11 aufweisen im Vergleich zu den Bezugsszenarien



Kraftwerken oberhalb der berechneten maximalen Emissionen der Anlagen im Bezugsszenario „Hoch“ liegen. Der Grenzwert der 17. BImSchV für die Schwermetalle Antimon bis Zinn wird jedoch jeweils unterschritten.

Für Abfälle, deren Schwermetallgehalte den „Realen Gehalten“ (siehe Tabelle 7.1) entsprechen, liegen die Emissionen bei Steinkohlekraftwerken etwas unterhalb der für das Bezugsszenario „Mittel“ berechneten. Bei Braunkohlekraftwerken liegen diese im

Rahmen der Bandbreite der Bezugsszenarien „Mittel“ und „Hoch“.

Der Einsatz der Ersatzbrennstoffe der Praxisliste in einem Anteil bis zu 25 % der Feuerungswärmeleistung ist somit auf der Grundlage der untersuchten Schwermetallparameter in der Abluft aller betrachteten Kraftwerke schadlos möglich.

Tab. 7.31 Schwermetallgehalte des REA-Gipses – Vergleich der Ergebnisse im Bezugsszenario „Mittel“ mit Literaturwerten

Parameter	Einheit (TS)	REA-Gips aus Steinkohlefeuerung				REA-Gips aus Braunkohlefeuerung			
		Modell*		[Beckert]		Modell*		[Beckert]	
		Schmelzkammerfeuerung mittlere Gehalte	Trockenfeuerung mittlere Gehalte	Gehalte unterer Wert n = 12	Gehalte oberer Wert n = 12	Trockenfeuerung mittlere Gehalte	Gehalte unterer Wert n = 3	Gehalte oberer Wert n = 3	
Cadmium	Cd	mg/kg	0,25	0,41	0,003	0,29	0,06	< 0,02	0,15
Thallium	Tl	mg/kg	0,16	0,41	< 0,05	0,42	0,63	k. A.	k. A.
Quecksilber	Hg	mg/kg	1,03	0,20	0,03	1,32	0,28	0,66	0,9
Antimon	Sb	mg/kg	k. A.	1,74	k. A.	k. A.	0,89	k. A.	k. A.
Arsen	As	mg/kg	8,40	2,02	0,21	2,7	0,70	2,04	2,6
Blei	Pb	mg/kg	49,57	7,44	0,27	22	0,53	< 3	11,1
Chrom	Cr	mg/kg	0,99	1,32	1,02	9,72	1,45	2,75	4,8
Kobalt	Co	mg/kg	0,41	1,43	0,04	2,2	1,72	0,49	0,53
Kupfer	Cu	mg/kg	0,80	5,63	1,2	8,56	1,20	1,1	4,65
Mangan	Mn	mg/kg	3,64	27,32	2,04	196	123,45	41,7	64,9
Nickel	Ni	mg/kg	7,26	2,07	0,3	12,9	1,31	1,63	3,2
Vanadium	V	mg/kg	5,99	8,99	1,22	7,7	0,45	3,55	5,4
Zinn	Sn	mg/kg	k. A.	5,43	k. A.	k. A.	6,74	k. A.	k. A.

* Modelliert wurde mit einem Gemisch von Steinkohle und Petrolkoks (90:10)

TS Trockensubstanz

Ergebnisse der Szenarien für die Kraftwerksnebenprodukte

REA-Gips

Die in den Stoffflussmodellen zu den einzelnen Kraftwerkstypen durchgeführte Bilanzierung in den Bezugsszenarien „Mittel“ und „Hoch“ für Steinkohle / Petrolkoks (90:10) und Braunkohle als Regelbrennstoff mit jeweils mittleren und hohen Schwermetallgehalten ergibt die im Folgenden dargestellten Ergebnisse.

1. Vergleich der Ergebnisse der Bezugsszenarien mit Literaturangaben zu Kraftwerksnebenprodukten

REA-Gips

Detaillierte Untersuchungen für Kraftwerksnebenprodukte, mit denen die durchgeführten Bilanzierungen auf Plausibilität geprüft werden können, liegen zu den Schwermetallgehalten von **REA-Gipsen** vor [Beckert]. Analysiert wurden dort die Schwermetallgehalte von 12 REA-Gipsen aus steinkohlebefeuerten Anlagen und von 3 REA-Gipsen aus braunkohlebefeuerten Anlagen. Die Tabelle 7.31 stellt die Ergebnisse der Bilanzierungen im **Bezugsszenario „Mittel“** für die Schmelzkammer- und Trockenfeuerung den Ergebnissen der Untersuchung von Beckert gegenüber.

Tab. 7.32 Schwermetallgehalte des Granulats

Parameter	Einheit	Granulat aus Schmelzkammerfeuerung Steinkohle			
		Modell*	Literaturwerte		
			Schmelzkammerfeuerung mittlere Gehalte	Gehalte unterer Wert	Gehalte oberer Wert
Cadmium	Cd	mg/kg TS	3,3	0,2	3,7
Thallium	Tl	mg/kg TS	2,7	k. A.	k. A.
Quecksilber	Hg	mg/kg TS	0,09	0,02	1,2
Antimon	Sb	mg/kg TS	k. A.	k. A.	k. A.
Arsen	As	mg/kg TS	111	4,8	147
Blei	Pb	mg/kg TS	570	37	572
Chrom	Cr	mg/kg TS	244	81	173
Kobalt	Co	mg/kg TS	151	67	190
Kupfer	Cu	mg/kg TS	297	66	231
Mangan	Mn	mg/kg TS	1.345	539	730
Nickel	Ni	mg/kg TS	760	28	326
Vanadium	V	mg/kg TS	2.214	235	440
Zinn	Sn	mg/kg TS	k. A.	154	715

* Modelliert wurde mit einem Gemisch von Steinkohle und Petrolkoks (90:10)

TS Trockensubstanz

Weitere Untersuchungen wurden für einzelne Schwermetalle in REA-Gipsen aus Schmelzkammerfeuerungen durchgeführt [Fahlke]. Diese Untersuchung ergab als abweichenden Wert ca. 32 mg/kg für den Arsengehalt im REA-Gips.

Der Vergleich der Ergebnisse der Bilanzierungen im Bezugsszenario „Mittel“ (Einsatz von Regelbrennstoffen mit mittleren Schwermetallgehalten) für die stein- und braunkohlebeheizten Anlagen mit nasser Rauchgaswäsche zeigt somit eine gute Übereinstimmung mit den Vergleichswerten der beiden zitierten Studien.

Granulate

In der Literatur sind nur wenige Untersuchungen zu den Schwermetallgehalten der anderen Kraftwerksnebenprodukte dokumentiert. Es handelt sich dabei meist um Einzeluntersuchungen an verschiedenen Anlagentypen, deren Ergebnisse auch anlagenspezifisch zu betrachten sind. Sie sind deshalb nicht unmittelbar mit den Ergebnissen der Stoffflussmodelle vergleichbar. Zur Einordnung der Ergebnisse aus dem Stoffflussmodell zeigt die obestehende Tabelle die Ergebnisse der Bilanzierungen für die **Granulate** aus Schmelzkammerfeuerungen beim Betrieb mit Steinkohle /

Granulate

Petrolkoks (90:10) im Bezugsszenario „**Mittel**“ sowie als Vergleich eine Auswertung zu Granulaten aus [Tauber, 1988], [Fahlke, 1994], [Gerhardt, 1985] und den Messungen bei einem Anlagenbetreiber in Nordrhein-Westfalen.

Systemimmanent

Die Werte zeigen für die meisten Schwermetalle eine gute Übereinstimmung zwischen Literaturwerten und den Ergebnissen im Bezugsszenario „**Mittel**“. Die im Bezugsszenario „**Mittel**“ erhaltenen Werte für Mangan, Nickel und Vanadium im Granulat liegen hier höher als die Vergleichswerte aus der Literatur.

Weitere Kraftwerksnebenprodukte

Die Schwermetallgehalte der anderen Kraftwerksnebenprodukte (Grob- und Feinaschen sowie TAV-Produkte aus Wirbelschichtfeuerungen) sind in der Literatur für einen Vergleich mit den Modellergebnissen für die Bezugsszenarien nicht ausreichend dokumentiert.

2. Vergleich der Ergebnisse in den Szenarien „Praxiswerte“ und „Reale Gehalte“ mit den Ergebnissen der Bezugsszenarien „Mittel“ und „Hoch“

Für die Kraftwerksnebenprodukte wird die relative Veränderung gegenüber dem Betrieb der Anlagen ausschließlich mit Regelbrennstoffen (**Bezugsszenarien** „**Mittel**“ und „**Hoch**“) dargestellt. Von besonderer Relevanz ist dabei der Vergleich des Betriebs der Anlagen ausschließlich mit Regelbrennstoffen, die hohe Schwermetallgehalte aufweisen (Bezugsszenario „**Hoch**“), da auch beim Einsatz von Ersatzbrennstoffen im Prozess diese aus der natürlichen Schwankungsbreite der Kohlen stammende obere Belastungsgrenze nicht

überschritten werden sollte. Dies würde eine Verlagerung der Schwermetalle aus den Ersatzbrennstoffen in die Kraftwerksnebenprodukte bedeuten, die gemäß den in Kapitel 7.1 dargestellten Grundsätzen zu vermeiden ist.

Systemimmanent ist bei dieser Betrachtung, dass die Festlegung der Schwermetallgehalte der Regelbrennstoffe in den **Bezugsszenarien** „**Mittel**“ und „**Hoch**“ das Ergebnis der Bilanzierungen beeinflusst. Die Festlegung hoher Gehalte in den Regelbrennstoffen (Bezugsszenario „**Hoch**“) führt zu ebenfalls hohen Gehalten in allen Kraftwerksnebenprodukten. Niedrige Gehalte der Regelbrennstoffe hingegen bewirken in der Bilanzierung auch niedrigere Vergleichswerte für den Regelbetrieb, der im Bezugsszenario „**Mittel**“ abgebildet ist.

Die Bilanzierungen zum Betrieb der einzelnen Kraftwerkstypen mit Regelbrennstoffen und Abfällen mit Schwermetallgehalten entsprechend der „Praxiswerte“ aus Tabelle 7.9 und den gewährten Ausnahmen für die „Hochkalorische Fraktion aus der Aufbereitung von Siedlungsabfällen“ aus der behördlichen Genehmigungspraxis (Tabelle 7.10) zeigen erwartungsgemäß, dass höhere Schwermetallgehalte der Kraftwerksnebenprodukte überall dort zu verzeichnen sind, wo die Schwermetallgehalte der Abfälle die Gehalte der Regelbrennstoffe mit hohen Schwermetallgehalten (Bezugsszenario „**Hoch**“) überschreiten.

Die Ergebnisse der Modellrechnungen für die einzelnen Kraftwerkstypen sind detailliert dem **Anhang G** zu entnehmen.

Wie in Kapitel 7.2 dargestellt, handelt es sich bei den in den Stoffflussmodellen verwendeten Transferfaktoren um statische Verteilungen

des Inputs einer Anlage auf die jeweiligen Outputströme. In das Kraftwerk eingebrachte Schwermetalle verlassen die Anlage in einem festen Verhältnis über den Luftpfad oder die Abfälle (Kraftwerksnebenprodukte). Deshalb finden sich die relativen Abweichungen im Schwermetallgehalt der Ersatzbrennstoffe gegenüber den üblicherweise in den Anlagen verbrannten Regelbrennstoffen – nur geringfügig über die zugegebene Kalkmenge für die Rauchgasreinigung beeinflusst – in gleicher Art in den Kraftwerksnebenprodukten wieder.

Im Gegensatz zu den Emissionen über den Luftpfad, für die eine Schadlosigkeit des Abfalleinsatzes mithilfe der Begrenzungen aus der 17. BImSchV überprüft werden kann, gelten für die Abfälle aus Kraftwerken (Kraftwerksnebenprodukte) keine einheitlichen Begrenzungen. Möglich ist hier nur die Betrachtung der relativen Auswirkungen des Abfalleinsatzes im Vergleich zum Betrieb der Anlagen mit höher belasteten Regelbrennstoffen (**Bezugsszenario „Hoch“**). So kann untersucht werden, ob es zu Anreicherungen gegenüber der üblichen Bandbreite der Schwermetallbelastung kommt.

Als Vergleichsgrößen wurden für die Betrachtungen der Auswirkungen des Einsatzes von Ersatzbrennstoffen mit Anteilen von 25 % und 10 % an der Feuerungswärmeleistung der Anlage die Ergebnisse des **Bezugsszenarios „Hoch“** verwendet. Diese sind in den folgenden Abbildungen als 100 %-Wert gesetzt. Für den Abfalleinsatz wurden einerseits Schwermetallgehalte der Ersatzbrennstoffe entsprechend der Praxiswerte aus Tabelle 7.9 in Mischung mit 75 % bzw. 90 % Regelbrennstoffen mit mittleren Schwermetallgehalten (vergleiche **Anhang G**) betrachtet (Szenario

„Praxiswerte“). Andererseits wurde untersucht, welche Auswirkungen beim Einsatz von Abfällen der Praxisliste mit den angenommenen mittleren Schwermetallgehalten aus Tabelle 7.11 zu erwarten sind (**Szenario „Reale Gehalte“**).

Für Kraftwerke, die mit den Regelbrennstoffen Steinkohle und Petrolkoks befeuert werden, stellt Abbildung 7.12 die Ergebnisse dieses Vergleichs für eine Trockenfeuerung dar. Die Ergebnisse sind auf andere Feuerungen übertragbar, da es sich unabhängig von der Größe des Transferfaktors der jeweiligen Anlage um die gleiche relative Veränderung des Inputstroms handelt.

Es ist erkennbar, dass bei einem Abfalleinsatz von 10 % an der Feuerungswärmeleistung (**Szenario „Praxiswerte“**) sowohl beim REA-Gips als auch bei den Grob- und Flugaschen keine Anreicherungen zu erwarten sind.

Bei einem 25 %-igen Anteil der Ersatzbrennstoffe an der Feuerungswärmeleistung sind im **REA-Gips** geringfügige Überschreitungen für Zinn (Faktor 1,49), Antimon (Faktor 1,26) und Kupfer (Faktor 1,18) festzustellen. Die höheren Werte für Zinn und Antimon liegen jedoch noch innerhalb der üblichen Schwankungsbreite für Steinkohlen, zumal auch in Analysen für Steinkohlen (vergleiche **Anhang C**) höhere Gehalte als in den Bilanzierungen verwendet, dokumentiert sind. Die erkennbaren Überschreitungen gegenüber den Ergebnissen des Bezugsszenarios „Hoch“ bei Kupfer liegen unter 20 %. Die Auswirkungen auf die **Grob- und Flugaschen** fallen für Zinn (Faktor 1,37), Antimon (Faktor 1,17) und Kupfer (Faktor 1,09) noch geringer aus.

Vergleich mit
Bezugsszenario
Hoch

Abb. 7.12 Auswirkungen des Einsatzes von Ersatzbrennstoffen mit „Praxiswerten“ und solchen, die „Reale Gehalte“ gemäß Tabelle 7.11 aufweisen, auf die Kraftwerksnebenprodukte einer Trockenfeuerung für Steinkohle / Petrolkoks





Zu beachten ist in dieser Betrachtung auch, dass die Parameter **Arsen, Kobalt, Mangan, Nickel und Vanadium** in den Ersatzbrennstoffen (Praxiswerte) in geringeren Mengen vorkommen als in den Regelbrennstoffen mit mittlerer Schwermetallbelastung (Bezugsszenario „Mittel“). Sowohl im REA-Gips als auch in den Grob- und Flugaschen liegen diese Parameter deshalb auch in **geringeren Konzentrationen** vor als in den Vergleichsrechnungen aus dem Bezugsszenario „Mittel“.

Bei der Betrachtung der Szenarien zu den **„Realen Gehalten“**, mit denen der Einsatz von Abfällen der Positivliste (vergleiche Tabelle 7.11) untersucht wurde, zeigen sich – mit Ausnahme von Antimon (bei 25 %-Anteil an der FWL) im REA-Gips – generell Unterschreitungen der Referenzwerte aus dem Bezugsszenario „Hoch“. Die gegenüber dem Bezugsszenario „Hoch“ um rund ein Drittel erhöhten

Antimonwerte des REA-Gipses resultieren überwiegend aus dem niedrigen Schwefelgehalt der Ersatzbrennstoffe, der eine geringe Gipsmenge und somit höhere Konzentrationen bei gleichbleibendem absoluten Schwermetallinput aus den Brennstoffen nach sich zieht.

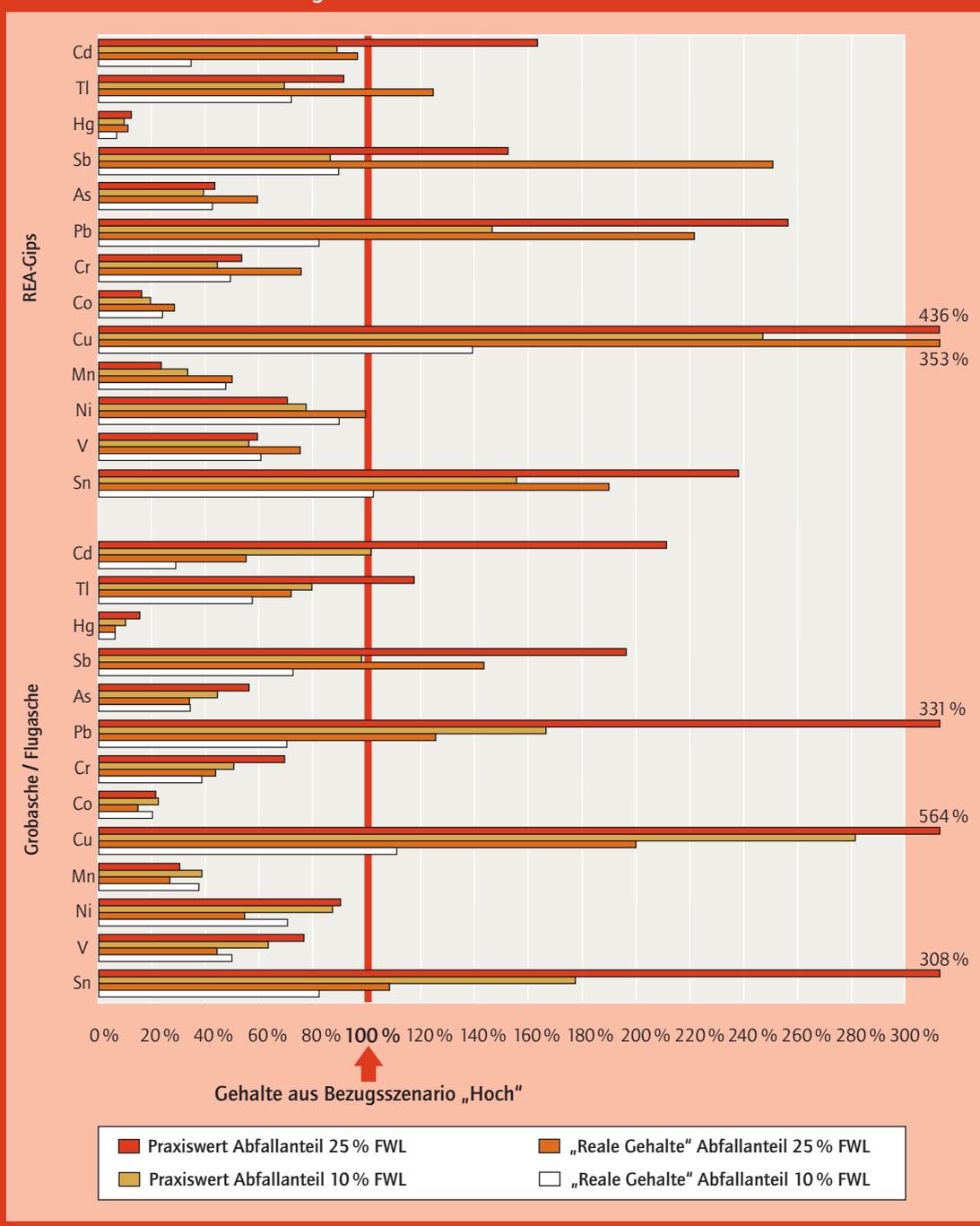
Dieser Vergleich ist auch für braunkohlebefeuerte Kraftwerke zu ziehen. Stellvertretend für die mit Braunkohle befeuerten Kraftwerke wurde ebenfalls eine **Trockenfeuerung** betrachtet. Aufgrund der generell niedrigeren Schwermetallgehalte der Braunkohlen (vergleiche **Anhang F**) führt der Einsatz der gleichen Ersatzbrennstoffe in braunkohlebefeuerten Kraftwerken – relativ zum Bezugsszenario „Hoch“ – zu stärkeren Erhöhungen der Schwermetallbelastung in den Kraftwerksnebenprodukten (vergleiche Abbildung 7.13). **Die absoluten Schwermetallgehalte der Kraftwerksnebenprodukte liegen jedoch in der Regel niedriger**

Arsen, Kobalt,
Mangan,
Nickel und
Vanadium

Trockenfeuerung

absolute Schwer-
metallgehalte der
Kraftwerksneben-
produkte

Abb. 7.13 Auswirkungen des Einsatzes von Ersatzbrennstoffen mit „Praxiswerten“ und solchen, die „Reale Gehalte“ gemäß Tabelle 7.11 auf die Kraftwerksnebenprodukte einer Trockenfeuerung für Braunkohle



als bei den steinkohlebefeuerten Kraftwerke (vergleiche Anhang G).

Die Bilanzierung des Abfalleinsatzes für braunkohlebefeuerte Anlagen wurde wie für die Anlagen für die Verbrennung von Steinkohle/ Petrolkoks vorgenommen. Auch hier wurden die Auswirkungen des Ersatzbrennstoffeinsatzes in Höhe von 25 % und 10 % der Feuerungswärmeleistung den Ergebnissen des Bezugsszenarios „Hoch“ für den alleinigen Betrieb mit höher schwermetallbelasteter Braunkohle gegenübergestellt. Die Ergebnisse der Bilanzierungen für Abfälle mit Schwermetallgehalten gemäß Tabelle 7.9 (Szenario „**Praxiswerte**“) und Tabelle 7.11 (Szenario „**Reale Gehalte**“) sind der Abbildung 7.13 zu entnehmen.

Für das Szenario „**Praxiswerte**“ ergeben sich Überschreitungen der Werte aus dem Bezugsszenario „Hoch“ für den realistischen Abfalleinsatz in Höhe von 10 % der Feuerungswärmeleistung in Braunkohlefeuerungen für die Parameter Blei, Kupfer und Zinn. Beim Ersatz von 25 % der Feuerungswärmeleistung zeigen sich zusätzlich auch Überschreitungen bei den Parametern Cadmium und Antimon. Für das Szenario „**Reale Gehalte**“ ergibt sich für den realistischen Abfalleinsatz in Höhe von 10 % lediglich eine Überschreitung der Werte aus dem Bezugsszenario „Hoch“ für den Parameter Kupfer. Beim Ersatz von 25 % der Feuerungswärmeleistung zeigen sich zusätzlich auch Überschreitungen bei den Parametern Antimon, Blei und Zinn. Im REA-Gips ergibt sich zusätzlich noch eine Überschreitung des Thalliumwertes.

Es sind demnach z. T. deutliche Erhöhungen des Schwermetallgehalts gegenüber dem Betrieb mit Braunkohle zu erwarten, die bei





Erreichen der „Praxiswerte“ entsprechend höher ausfallen.

Inwieweit dies die Verwertbarkeit der Gipse und Aschen gegenüber den vergleichbaren Abfällen aus dem Regelbetrieb der Braunkohlekraftwerke beeinträchtigt, ist im Einzelfall anhand der Anforderungen in den jeweiligen Verwertungsverfahren zu prüfen. Hier ist im Einzelfall zu klären, ob es durch die Verwertung der Abfälle aus den Kraftwerken zu relevanten Anreicherungen im Wertstoffkreislauf kommen kann. **Je nach dem Einsatzgebiet der Gipse und Aschen muss diese Frage einzelfallspezifisch entschieden werden.**

Bilanzierungen in
den Szenarien

7.6 Zusammenfassung der Ergebnisse der Stoffflussberechnungen

Im Folgenden werden die Ergebnisse für die einzelnen Prozesse noch einmal zusammenfassend dargestellt.

Zementwerke und Kalkwerke

Für die Zementherstellung zeigen die **Bilanzierungen in den Szenarien**, dass eine energetische Verwertung von Ersatzbrennstoffen, die Schwermetallgehalte entsprechend den Praxiswerten gemäß Tabelle 7.9 bzw. Tabelle 7.10 aufweisen, schadlos möglich ist:

- Die Grenzwerte für Schwermetalle gemäß der 17. BImSchV werden sowohl in der Betrachtung für den ausschließlichen Abluftstrom aus den Ersatzbrennstoffen (Teilstromberechnung gemäß „Arbeitshilfe Stoffflussanalyse“) als auch bei der Betrachtung des Gesamtprozesses (inkl. des Einflusses aus dem Rohmehl und aus den Regelbrennstoffen) eingehalten.

- Die BUWAL-Richtwerte für Zementklinker werden bei dem hier betrachteten 50 %-igen Anteil der Ersatzbrennstoffe an der Feuerungswärmeleistung eingehalten.

Die Ergebnisse für Zementwerke können aufgrund des ähnlichen Verfahrensprozesses zum Brennen von Kalk im Drehrohrofen auf diesen Prozess analog übertragen werden. D. h., auch der Einsatz von Ersatzbrennstoffen, die Gehalte unterhalb der Praxiswerte gemäß Tabelle 7.9 bzw. Tabelle 7.10 aufweisen, ist in Kalkwerken schadlos möglich.

Kraftwerke

Für die analysierten Kraftwerke zeigen die Bilanzierungen in den Szenarien, dass eine energetische Verwertung der Ersatzbrennstoffe, die Gehalte unterhalb der Praxiswerte gemäß Tabelle 7.9 bzw. Tabelle 7.10 aufweisen, schadlos möglich ist, weil

- die Grenzwerte für Schwermetalle der 17. BImSchV sowohl in der Betrachtung

für den reinen Abluftstrom aus den Ersatzbrennstoffen (Berechnung gemäß „Arbeitshilfe Stoffflussanalyse“) als auch bei der Betrachtung des Gesamtprozesses (inkl. des Einflusses aus den Regelbrennstoffen) und bei einem Anteil von 10% bzw. 25% der Abfälle an der Feuerungswärmeleistung eingehalten werden und

- eine partielle Erhöhung einzelner Schwermetalle in den Kraftwerksnebenprodukten durch die Verwendung der Ersatzbrennstoffe in einem Verhältnis bis zu 25% der Feuerungswärmeleistung im Prozess, unter Berücksichtigung der Schwankungsbreiten, die auch im ausschließlichen Betrieb mit Regelbrennstoffen in steinkohlebefeuelten Anlagen entstehen, weitgehend toleriert werden kann.

Eine abschließende Beurteilung der Verwertbarkeit der Kraftwerksnebenprodukte, die beim Einsatz von Ersatzbrennstoffen entstehen und höhere Gehalte für einzelne Schwermetalle aufweisen, ist jedoch nur im Einzelfall anhand der jeweiligen Anforderungen in den Verwertungswegen möglich.



8. Projektbegleitender Arbeitskreis

Die Erarbeitung des Leitfadens sowie die Fortschreibung wurde von einem Arbeitskreis begleitet, in dem die Genehmigungs- und Überwachungsbehörden, das Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen sowie Vertreter der Entsorgungswirtschaft, der Zement- und Kalkindustrie, der Energiewirtschaft und Verbände der Entsorgungswirtschaft vertreten waren.

Im projektbegleitenden Arbeitskreis haben mitgewirkt:

Bezirksregierung Arnsberg:

Herr Dipl.-Phys. Klaus Tillmann
(Dezernat 56)

Bezirksregierung Münster:

Herr Dipl.-Ing. Richard Bolwerk
(Dezernat 56)

Herr Dipl.-Ing. Jost Brintrup
(Dezernat 52)

Herr Dipl.-Ing. Andreas Richter
(Dezernat 56)

Staatliches Umweltamt Münster:

Herr Dipl.-Ing. Manfred Böker
(Dezernat 35)

Landesumweltamt:

Herr Dr. Michael Oberdörfer
(Dezernat 71)

Industrievertreter:

Herr Dr. Martin Arnswald,
RCN Chemie, Goch (Kalkindustrie)

Herr Dipl.-Ing. Andreas Denker,
ReTherm, Lünen

Herr Dr. Thomas Glorius
Remondis, Essen

Herr Dipl.-Ing. Matthias Grunwald
E.ON Kraftwerke, Hannover

Herr Dr. Martin Oerter
VDZ, Düsseldorf

Herr Dr. Hans-Peter Schiffer
RWE Power, Köln

Verbände / Vereine:

Herr Dr. Hubert Baier
Arbeitsgemeinschaft Stoffspezifische
Abfallbehandlung e.V. (ASA), Ennigerloh

Herr Prof. Dr. Bernhard Gallenkemper
Gütegemeinschaft Sekundärbrennstoffe
und Recyclingholz e.V. (BGS), Berlin

Herr Dipl.-Ing. Andreas Habel
Bundesverband Sekundärrohstoffe und
Entsorgung bvse e.V., Bonn

Herr Dipl.-Geol. Hans-Joachim Schulz-Ellermann
Bundesverband der Deutschen Entsorgungswirtschaft e.V. (BDE)

Gütegemeinschaft Sekundärbrennstoffe
und Recyclingholz e.V. (BGS), Berlin

9. Verwendete Quellen

- [BAT]** BREF-Dokument: BAT für die Zementindustrie, IPPC-Büro, Sevilla, 1999
- [Beckert]** Beckert, Einbrodt, Fischer: „Untersuchungen zur gesundheitlichen Beurteilung von Naturgips und REA-Gips aus Kohlekraftwerken im Hinblick auf deren Verwendung zur Herstellung von Baustoffen“ Bericht und gutachterliche Stellungnahme, VGB Forschungsprojekt 88, Laufzeit 1987 - 89
- [Berger, 1998]** Berger, Krabbe: „Simulation der Schwermetallemissionen eines Steinkohlekraftwerks“, in VGB Kraftwerkstechnik 9/1998
- [Böker]** Böker, M.; Dr. Conrady-Pigorsch, R.: Sekundärbrennstoffe in der Zementindustrie – Neue Wege in der Abfallverwertung, Staatliches Umweltamt Münster (Hrsg.), Münster, Januar 2000
- [Bolwerk]** Bolwerk, R.: Kreislaufwirtschaft aus der Sicht der Genehmigungsbehörde – Genehmigungsverfahren, Umweltverträglichkeit, Abfallverwertung in der Zementindustrie. In: Immissionsschutz, 4. Jhrg., Dezember 1999, S. 121-129
- [Braungart]** Braungart, M.; Gallenkemper, B.: Bewertung des Einsatzes von Sekundärbrennstoffen. In: EntsorgungsPraxis, 1-2/2000, S. 31 – 33
- [BUWAL, 1997]** Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL): Thesenpapier „Abfallentsorgung in Zementwerken“, Bern, 1997
- [BUWAL, 1998]** Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL): Richtlinie „Entsorgung von Abfällen in Zementwerken“, Bern, 1998
- [BZL/DPU]** BZL, DPU: Anforderungen an Ersatzbrennstoffe aus Abfällen für die Zementindustrie, Abschlußbericht im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Verkehr des Landes Baden-Württemberg, 22. September 2000
- [BZL, 2001]** BZL: Ecodumping by Energy Recovery – A Report on Distortions of Environmental Standards between Disposal and Recovery and approaches to overcome them, for European Environmental Bureau (EEB), January 2001

- [Fahlke, 1994]** Fahlke: „Schwermetallbilanzierungen bei Steinkohlefeuerungen am Beispiel einer Trocken- und einer Schmelzfeuerung unter Berücksichtigung der Rauchgasreinigungsanlagen“ VDI-Verlag, 1994
- [Gerhardt, 1996]** Gerhardt, Rebmann, Spliethoff, Hein: „Untersuchung zur Mitverbrennung von kommunalen Klärschlämmen in Kohlenstaubfeuerungen“, in VGB Kraftwerkstechnik 76/1996
- [Gerhardt, 1985]** Gerhardt, Kautz, Pickhardt, Scholz, Zimmermeyer: „Untersuchung der Spurenelementverteilung bei der Verbrennung von Steinkohle in drei Kraftwerken“, in VGB Kraftwerkstechnik 65/1985
- [Gutberlet, 1992]** Gutberlet, Spiesberger, Kastner, Tembrink: „Zum Verhalten des Spurenelements Quecksilber in Steinkohlenfeuerungen mit Rauchgasreinigungsanlagen“, in VGB Kraftwerkstechnik 72/1992
- [Hein, 2001]** Hein, Unterberger, Hocquel: „Verhalten von Quecksilberemissionen bei der Mitverbrennung von Klärschlämmen in Kohlenstaubfeuerungen unter besonderer Berücksichtigung des gasförmigen Anteils“, Schlussbericht des Forschungsvorhabens PEF 398002
- [Kautz]** Kautz, K.: VGB Kraftwerkstechnik, 1979, S. 672
- [Knobloch]** Knobloch, W.; Uckermann, B.: Energetische Verwertung in Kraftwerken, VDI-Tagung am 29.1.1997
- [Maier, 1989]** Maier, Schöngrundner, Much: „Das Verhalten von Schwermetallen in einer Braunkohlenfeuerung“, in VGB Kraftwerkstechnik 8/1989
- [Maier, 1990]** Maier: „Emissionen rauchgasflüchtiger und filtergängiger Schwermetalle aus braunkohlebefeuerten Anlagen“, in VGB Kraftwerkstechnik 70/1990
- [Maier, 1992]** Maier, Dahl, Gutberlet, Dieckmann: „Schwermetalle in kohlebefeuerten Kraftwerken“, in VGB Kraftwerkstechnik 72/1992
- [Maier, 1999]** Maier, Waldhauser, Triebel, Buck: „Auswirkungen der versuchsweisen Mitverbrennung von thermisch getrocknetem Klärschlamm in einem Steinkohlekraftwerk“, in VGB Kraftwerkstechnik 3/1999

- [Manninen, 1996]** Manninen, Perkiö, Palonen, Peltola, Ruuskanen: „Trace metal emissions from cocombustion of refuse derived an packaging derived fuels in a circulating fluidised bed boiler“, in Chemospere Vol. 32 No. 12 pp. 2457-2469
- [Merian]** Merian, E.: Metals and their Compounds in the Environment, Verlag Chemie, Weinheim, 1991
- [Meyrahn, 1997]** Meyrahn, Päßgen, Reich-Walber, Greif: „Verwertung von rheinischen Braunkohlenflugaschen“, in VGB Kraftwerkstechnik 77/1997
- [MUNLV, 2000]** Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV): Arbeitshilfe „Stoffflussanalyse bei abfallrechtlichen Beurteilungsfragen“, Düsseldorf, 23. Oktober 2000
- [MUNLV, 2001]** Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV): Verwertung von Abfällen in Industrieanlagen in Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, Oktober 2001
- [MUNLV, 2003]** Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV): Leitfaden zur energetischen Verwertung von Abfällen in Zement-, Kalk- und Kraftwerken in NRW, Düsseldorf, 1. Auflage, September 2003
- [MUNLV, 2004]** Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV): Einsatz von Abfällen in Mitverbrennungsanlagen in NRW im Jahr 2003, Umfrage des MUNLV bei den nachgeordneten Behörden
- [RAL-GZ 724]** RAL-Gütezeichen: Güte- und Prüfbestimmungen für Sekundärbrennstoffe, Bundesgütegemeinschaft für Sekundärbrennstoffe e.V. (Schlussfassung vom Juni 2001)
- [Rentz, 1996]** Rentz, Veaux, Karl: „Ermittlung der Schwermetallemissionen aus stationären Anlagen in Baden-Württemberg und im Elsaß, hier: Feuerungsanlagen“, Abschlussbericht des Forschungsvorhabens PEF494001, 1996

- [Rentz, 1998]** Rentz, Martel: „Analyse der Schwermetallströme in Steinkohlefeuerungen – Einfluss der Kohlensorte und des Lastzustandes“, Abschlussbericht des Forschungsvorhabens PEF496001, 1998
- [Schirmer, 2000]** Schirmer: „Entsorgungspotentiale in Kraftwerken der öffentlichen Energieversorgung“, VGB 2000
- [Sprung, 1994]** Sprung, S.; Rechenberg, W.: Schwermetallgehalte im Klinker und im Zement, Zement, Kalk, Gips, Nr. 5/1994, S. 258-263
- [Sprung]** Sprung, S.: Technologische Probleme beim Brennen des Zementklinkers, Ursachen und Lösungen, Schriftenreihe der Zementindustrie (VDZ), Heft 43, Beton-Verlag GmbH, Düsseldorf
- [Tauber, 1988]** Tauber: „Spurenelemente in Flugaschen“, Verlag TÜV-Rheinland 1988
- [vom Berg, 1993]** vom Berg, Puch: „Verwertung von Rückständen aus Wirbelschichtfeuerungsanlagen“, in VGB Kraftwerkstechnik 73/1993
- [Winkler, 2001]** Winkler, Wasko: „Selektive Entfernung von Quecksilber aus Schlämmen von Rauchgasentschwefelungsanlagen“, in VGB PowerTech 3/2001
- [VDI, 2001]** Verein Deutscher Ingenieure e.V.: Emissionsminderung Zementwerke, VDI-Richtlinie 2094 (Entwurf vom März 2001)
- [VDZ, 2000]** Verein Deutscher Zementwerke e.V.: Umweltdaten der deutschen Zementindustrie, Düsseldorf, September 2000
- [VDZ, 2001]** Verein Deutscher Zementwerke e.V.: Umweltdaten der deutschen Zementindustrie 1999, Düsseldorf, Mai 2001
- [VDZ, 2002]** Verein Deutscher Zementwerke e.V.: Umweltdaten der deutschen Zementindustrie 2000, Düsseldorf, Mai 2002
- [VDZ, 2003]** Verein Deutscher Zementwerke e.V.: Schriftliche Mitteilung an das MUNLV, Mai 2003
- [VDZ, 2005]** Verein Deutscher Zementwerke e.V.: Schriftliche Mitteilung an das MUNLV, Mai 2005



Anhang

Genehmigungsbescheid – Anwendungsbeispiel für die Zementindustrie (Bez.Reg. Münster)	A
Transferfaktoren für Kraftwerke	B
Schwermetallgehalte von Steinkohlen	C
Schwermetallgehalte von Petrolkoks	D
Schwermetallgehalte von Braunkohlen	E
Schwermetallgehalte in der Trocken- und Feuchtsubstanz der für das Modell festgelegten Regelbrennstoffe	F
Ergebnisse der Modellierungen für die Schadstofftoleranzwerte	G
Analysendaten für Abfälle der Positivliste	H

A Genehmigungsbescheid

Anwendungsbeispiel für die Zementindustrie (Bez. Reg. Münster)



Bezirksregierung Münster

Bezirksregierung Münster • 48128 Münster

Dienstgebäude:
Domplatz 1 - 3
Telefon: (0251)411-0
Durchwahl:
Auskunft erteilt:

Firma
Mustermann
Zementwerke

Aktenzeichen
Datum:

Betr.: Genehmigungsverfahren nach dem BImSchG;
Einsatz von Ersatzbrennstoffen in der Primärfeuerung der Drehrohrofenanlage

Bezug: Ihr Antrag vom

Genehmigungsbescheid (Musterbescheid)

I.

Hiermit wird Ihnen gemäß §§ 6 und 16 Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG – vom 14.05.1990 (BGBl. I Seite 880), zuletzt geändert durch Gesetz vom 19.10.1998 (BGBl. I Seite 3178), in Verbindung mit § 1 Abs. 1 und Ziffer 2.3 Spalte 1 des Anhangs der Neufassung der Vierten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen – 4. BImSchV) vom 14.03.1997 (BGBl. I Seite 504), zuletzt geändert durch Verordnung vom 23.02.1999 (BGBl. I Seite 186), die Genehmigung zum Einsatz von Ersatzbrennstoffen erteilt.

Diese Genehmigung bezieht sich auf das Grundstück Gemarkung, Flur, Flurstück
Diese Genehmigung wird nach Maßgabe der nachstehend aufgeführten Antragsunterlagen erteilt, soweit nicht in den Nebenbestimmungen eine abweichende Regelung getroffen ist.

II.

Antragsunterlagen:

1. Inhaltsverzeichnis
2. Anschreiben
3. Erläuterungen zum Antrag
4. Kurzbeschreibung gem. § 4 Abs. 3 der 9. BImSchV
5. Anlagen- und Betriebsbeschreibung
6. Antrag auf Genehmigung einer Änderung der Lage, der Beschaffenheit oder des Betriebes einer genehmigungsbedürftigen Anlage im Sinne des § 4 BImSchG (Änderungsgenehmigung) – vom, Formular 7 – Blatt 1 und 2
7. Gliederung der Anlage in Betriebseinheiten, Formular 2
8. Technische Daten, Formular 3 Blatt 1 und 2
9. Betriebsablauf und Emissionen, Formular 4
10. Quellenverzeichnis der gesamten Anlage, Formular 5
11. Abgasreinigung, Formular 6
12. Zustimmung des Betriebsrates und der Fachkraft für Arbeitssicherheit
13. Topographische Karte, M = 1 : 25.000
14. Deutsche Grundkarte (Flurgrenzen), M = 1 : 5.000
15. Werkslageplan
16. Fließbilder der Betriebseinheiten
17. Angaben zur Abwasserwirtschaft, zu den Reststoffen und zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen
18. Bauvorlagen
19. Gutachterliche Stellungnahme zum Einsatz von Ersatzbrennstoffen (Emissions- und Immissionsprognose/Umweltverträglichkeitsuntersuchung UVU)
20. Beurteilung des baulichen Brandschutzes
21. Auswirkungsbetrachtung für Zustände des nichtbestimmungsgemäßen Betriebes in Anlehnung an § 7 der 12. BImSchV
22. Sicherheitstechnisches Gutachten zur Untersuchung von Ersatzbrennstoffen und zur Einschätzung möglicher Brand- und Explosionsgefahren

III.**Anlagedaten:**

Parameter	Heizwert H_{UTS} [kJ/kg]	Max. möglicher Anteil Ersatzbrennstoffe [%]		
Kohlenstaub		75	40	35
Hochkalorische Fraktion aus kommunalen Siedlungsabfällen (Abfallgruppen 20 02 und/oder 20 03)	16.000	25		25
Produktionsreststoffe	20.000		60	40

Chlorgehalt im Tagesmittel:	1 %
Schwefelgehalt im Tagesmittel:	1 %
Siedlungsabfälle:	max. 6 t/h
Ersatzbrennstoff aus Abfällen gem. Nr. 3.1.2:	max. 11 t/h

IV.

Diese Genehmigung ergeht unter folgenden Nebenbestimmungen:

1. Allgemeine Festsetzungen:

- 1.1 Diese Genehmigung erlischt, wenn nicht innerhalb von 2 Jahren nach Bestandskraft der Genehmigung mit dem Einsatz der in diesem Bescheid genehmigten Ersatzbrennstoffe begonnen worden ist.

2. Bauliche Festsetzungen:

- 2.1

3. Festsetzung hinsichtlich des Immissionsschutzes:

- 3.1 Die Inbetriebnahme der geänderten Anlage ist spätestens 2 Wochen vorher und eine beabsichtigte Betriebseinstellung unverzüglich dem Staatlichen Umweltamt, schriftlich mitzuteilen.

3.1.1 Der Mitteilung über die Inbetriebnahme sind beizufügen:

- ein Eignungsnachweis des Aufbereitungsbetriebes, dass er für die Aufbereitung von Abfallstoffen als Entsorgungsfachbetrieb anerkannt ist oder
- ein Nachweis, dass die Aufbereitungsanlage für diesen Zweck der Aufbereitung genehmigt ist,
- ein Konzept zur Eigenüberwachung des Aufbereitungsbetriebes zur Verfolgung des Stoffstromes bis zur Anlieferung.

Die Nachweise sind auch bei Änderungen hinsichtlich der Abfalllieferanten zu erbringen.

3.1.2 Die Genehmigung enthält den folgenden Abfallartenkatalog:

AW-Schlüssel	AW-Bezeichnung	Exemplarische Erläuterung
02 01 04	Kunststoffabfälle ohne Verpackungen	PUR-Schaum, PE-Verbundstoffe
02 01 07	Abfälle aus der Forstwirtschaft	
03 01 01	Rinden und Korkabfälle	
03 01 05	Sägemehl, Späne, Abschnitte, Holz, Spanplatten und Furniere mit Ausnahme derjenigen, die unter 03 01 04 fallen	
03 03 01	Rinden und Holzabfälle	
03 03 02	Sulfit Schlämme (aus der Rückgewinnung von Kochlaugen)	nur entwässert
03 03 07	mechanisch abgetrennte Abfälle aus der Auflösung von Papier- und Pappabfällen	Spuckstoffe
03 03 08	Abfälle aus dem Sortieren von Papier und Pappe für das Recycling	Ungeeignete Papierqualitäten, sonstige hochkalorische Störstoffe
04 02 09	Abfälle aus Verbundmaterialien (imprägnierte Textilien, Elastomer, Plastomer)	Textilien, Teppiche, Vliese und Dämmstoffe aus der Autoinnenausstattung, Hygieneprodukte (jeweils Rohmaterial und Ausschussware)
04 02 21	Abfälle aus unbehandelten Textilfasern	Rohmaterial, Ausschussware etc. aus der Textilindustrie
04 02 22	Abfälle aus verarbeiteten Textilfasern	Teppichreste, Autotextilien, (jeweils Rohmaterial und Ausschussware, Randabschnitte),
07 02 13	Kunststoffabfälle	Kunststoff- und Gummiabfälle
08 01 12	Farb- und Lackabfälle mit Ausnahme derjenigen, die unter 08 01 11 fallen	nur ausgehärtete Farben und Lacke
08 02 01	Abfälle von Beschichtungspulver	
09 01 07	Filme und fotografische Papiere, die Silber oder Silberverbindungen enthalten	
09 01 08	Filme und fotografische Papiere, die kein Silber und keine Silberverbindungen enthalten	
12 01 05	Kunststoffspäne und Drehspäne	Automobilkunststoffe, PU-Verbunde, Spritzgussteile, Schaumstoffe
15 01 01	Verpackungen aus Papier- und Pappe	Dekor-, Verpackungs- und Etikettenpapier (Reste aus der Herstellung) auch wachstränktes Papier

Fortsetzung – Abfallartenkatalog:

AW-Schlüssel	AVV-Bezeichnung	Exemplarische Erläuterung
15 01 02	Verpackungen aus Kunststoff	Verpackungsfolien (Rohmaterial und Ausschussware), Schaumstoffe, Polystyrol
15 01 03	Verpackungen aus Holz	Defekte Paletten, Kisten etc.
15 01 05	Verbundverpackungen	Kunststoff- / Papierverbunde
15 01 06	gemischte Verpackungen	Verpackungen der Gruppe 15 01
15 02 03	Aufsaug- und Filtermaterialien, Wischtücher und Schutzkleidung mit Ausnahme derjenigen, die unter 15 02 02 fallen	Aufsaug- und Filtermaterialien, Wischtücher und Schutzkleidung
17 02 01	Holz	
17 02 03	Kunststoff	
19 05 01	nicht kompostierte Fraktion von Siedlungs- und ähnlichen Abfällen	
19 12 01	Papier und Pappe	
19 12 04	Kunststoff und Gummi	
19 12 07	Holz mit Ausnahme desjenigen, das unter 19 12 06 fällt	
19 12 08	Textilien	
19 12 10	„Brennbare Abfälle (Brennstoffe aus Abfall)“ ¹⁾ ¹⁾ auch als 19 12 12 deklarierte Abfälle	heizwertreiche Fraktion aus der mechanisch bzw. mechanisch-biologischen Aufbereitung von Abfällen (90 bis 95% der Brennstoffmischungsbestandteile sind aus der Positivliste und/oder aus den Abfallgruppen 20 02 und/oder 20 03 und/oder aus ASN 170904 bekannt)
16 01 03	Altreifen	Altreifen, Reifenschnitzel

3.2 Dokumentation/Deklaration

Die mit diesem Bescheid genehmigten festen Ersatzbrennstoffe (s. Ziffer 3.1.2) dürfen nur angenommen werden, wenn

- a) vom Erzeuger der „Abfälle zur Verwertung“ bei jeder Anlieferung Deklarationsanalysen entsprechend der Anlage 1 zur Verordnung über Verwertungs- und Beseitigungsnachweise (Nachweisverordnung – NachwV) vom 10.09.1996 (BGBl. I S. 1382) vorgelegt werden oder eine Bestätigung vorliegt, dass für den angelieferten Stoff eine Deklarationsanalyse vorliegt und der angelieferte Ersatzbrennstoff dieser entspricht (Übereinstimmungsbestätigung),
- b) eine Erklärung vorliegt, dass alle Mischungskomponenten des ofenfertigen Ersatzbrennstoffes den unter Tab. 3.1.2 genannten Abfallarten entsprechen und aufgrund der Herkunft der Abfälle nicht mit dem Vorhandensein polychlorierter Dibenzodioxine / -furane gerechnet werden muss.

Unter Ziffer 52 der Deklarationsanalyse müssen Herkunft, Produktionsprozess, ggf. Anteil von Siedlungsabfällen an der Gesamtmischung sowie evtl. Besonderheiten oder Abweichungen beschrieben sein.

Die Deklarationsanalysen müssen mindestens die folgenden Parameter enthalten:

- Heizwert gemäß Nr. 38 des Formblattes „Deklarationsanalyse“ der Anlage 1 zur Nachweisverordnung und
- Schwermetalle gem. Tabelle 3.3
- Chlor gesamt,
- Schwefel,
- Fluor gesamt und
- PCB.

3.3 Spurenelementgehalte

Folgende in den Einsatzstoffen enthaltene Spurenelemente werden als Praxiswert und als Maximalwert entsprechend nachstehender Tabelle begrenzt:

Parameter	Einheit	Praxiswert	Praxiswert	Maximalwert
Cadmium	Cd	mg/kg TS	4	9
Thallium	Tl	mg/kg TS	1	2
Quecksilber	Hg	mg/kg TS	0,6	1,2
Antimon	Sb	mg/kg TS	50	120
Arsen	As	mg/kg TS	5	13
Blei	Pb	mg/kg TS	130	300
Chrom	Cr	mg/kg TS	85	185
Kobalt	Co	mg/kg TS	6	12
Kupfer	Cu	mg/kg TS	235**	500**
Mangan	Mn	mg/kg TS	150	300
Nickel	Ni	mg/kg TS	50	100
Vanadium	V	mg/kg TS	10	25
Zinn	Sn	mg/kg TS	30	70

* bezogen auf einen Heizwert der Trockensubstanz von mindestens 20.000 kJ/kg (± 2.000 kJ/kg), bzw. für den Anteil der hochkalorischen Fraktion aus Siedlungsabfällen liegt der Heizwert bei 16.000 kJ/kg

** Überschreitungen aufgrund von Inhomogenitäten im Einzelfall zulässig

Erläuterung der Werte für Blei, Chrom, Kupfer und Mangan:

Im Rahmen dieses Musterbescheides wird exemplarisch ein Mischungsverhältnis zwischen Brennstoffen aus produktionsspezifischen und der hochkalorischen Fraktion aus Siedlungsabfällen von 50:50 im Monatsmittel angenommen.

Denn im Leitfaden (vgl. Merkblatt, Tabelle I.1) wurden für diese Parameter Bandbreiten für die Praxis- und Maximalwerte festgelegt, da insbesondere die aus Siedlungsabfällen gewonnenen Ersatzbrennstoffe herkunftsbedingt durch eine größere Heterogenität und Schwankungsbreite einzelner Schwermetalle geprägt sind. Der untere Wert soll in diesem Zusammenhang eher den produktionsspezifischen Abfall repräsentieren und der obere Wert die hochkalorische Fraktion aus Siedlungsabfällen.

3.4 Zum Nachweis jeder angelieferten Charge von Ersatzbrennstoffen ist ein Betriebstagebuch zu führen, in dem folgende Angaben enthalten sein müssen:

- Namen und Anschrift des Beförderers
- Name und Anschrift des Abfallerzeugers
- Menge der Stoffe
- Datum und Uhrzeit der Anlieferung
- Name des die Annahme durchführenden Mitarbeiters
- Datum und Nummer der Deklarationsanalysen/Übereinstimmungsbestätigungen gemäß Nebenbestimmung 3.2.

Die entsprechend der Deklarationsanalyse / Übereinstimmungsbestätigung gemäß Nebenbestimmung 3.2 zulässigerweise angenommenen festen Ersatzbrennstoffe sind einer Identitätskontrolle einschließlich Sichtkontrolle unmittelbar bei jeder Anlieferung zu unterziehen.

3.5 Probenahme¹

3.5.1 Im Bereich der Ofenaufgabe sind durch eine automatische Probenahmeeinrichtung Tagesmischproben von mind. 10 l zu nehmen. Die Tagesmischproben sind zu datieren und als Rückstellproben für die externe Überwachung bereit zu halten.

In Abstimmung mit der Überwachungsbehörde (Staatliches Umweltamt) ist eine externe Stelle zu beauftragen, unangemeldet den Ersatzbrennstoff nach einem Zufallssystem zu kontrollieren. Dabei sind mindestens 10 Tagesmischproben pro Kalendermonat – hiervon max. 3 Proben pro Woche – aus dem Ofenaufgabebereich auszuwählen.

Die ausgewählten Proben sind hinsichtlich der in Nebenbestimmung 3.3 aufgeführten Elemente zu analysieren. Jeder Analysenprobe ist eine Rückstellprobe zu entnehmen. Alle zur Analyse ausgewählten Rückstellproben sind mindestens 6 Monate, gerechnet ab Probenahmetermin, aufzubewahren.

Die externe Stelle ist zu beauftragen, mind. zweimal im Monat die Proben zur Untersuchung abzuholen.

3.5.2 Aufbereitung und Aufschluss der Proben

Grundsätzlich soll das Mikrowellen-Druckaufschlussverfahren mit Königswasser zur Anwendung kommen, soweit nicht der Nachweis erbracht ist, dass ein anderes Verfahren zu vergleichbaren Ergebnissen kommt oder für einzelne Spurenelemente das Mikrowellen-Druckaufschlussverfahren mit Salpetersäure geeigneter ist. Das Aufbereitungs- und Aufschlussverfahren der Proben ist mit der Überwachungsbehörde abzustimmen.

¹ Soweit Abfälle zum Einsatz kommen sollten, die nicht unter 3.1.2 aufgeführt sind, sollen die Anlieferungen über Rückstellproben kontrolliert und bewertet werden. Die Regelungen sind auf den Einzelfall bezogen festzustellen.

3.6 Bewertung der analysierten Proben²

3.6.1 Die Ziffer 3.3 gilt als erfüllt, wenn der Medianwert (50 % Perzentil) der analysierten Proben aus dem Ofenaufgabebereich die Praxiswerte nicht überschreitet. Sofern das 50 % Perzentil den Praxiswert überschreitet, werden alle übrigen Tagesmischproben für den entsprechenden Monat (4 Wochen) hinsichtlich des kritischen Parameters analysiert und das 50 % Perzentil aller Analysen mit dem Praxiswert verglichen. Hierbei darf der Praxiswert nicht überschritten werden.

Sofern ein Maximalwert (100 % Perzentil) überschritten wird, ist hierfür das 80 % Perzentil und das 90 % Perzentil der Rückstellproben des gesamten Monats (4 Wochen) hinsichtlich des kritischen Parameters zu ermitteln und festzustellen, ob die Überschreitung des Maximalwertes systematisch ist oder ob ein einzelner Ausreißer vorliegt.

3.6.2 Bei Nichteinhaltung ist der Abfallerzeuger / -lieferant zu unterrichten. Der Ersatzbrennstoff darf ggf. so lange nicht angenommen werden, bis die Qualität wieder sichergestellt ist.

3.7 Die Ergebnisse der obigen Analysen sind aufzubewahren und der Überwachungsbehörde / Genehmigungsbehörde jeweils nach Ablauf eines Vierteljahres unaufgefordert zuzusenden. Bei Überschreitung v. g. Kriterien gemäß Ziffer 3.6.1 und 3.6.2 ist die Überwachungsbehörde unverzüglich zu informieren.

3.8 Der Heizwert der Ersatzbrennstoffe ist zu dokumentieren; die stündlich der Verbrennung zugeführte Menge an festen Ersatzbrennstoffen ist automatisch zu ermitteln und zu registrieren. Die Aufzeichnungen sind mindestens 2 Jahre aufzubewahren. Bei Unterschreitung der Heizwerte (s. Anlagendaten unter III.) sind die zulässigen Spurenelementgehalte für Schwermetalle (s. Ziff. 3.3) entsprechend zu reduzieren. Eine Erhöhung der Schwermetallgehalte aufgrund höherer Heizwerte ist nicht zulässig.

3.9 Die Ersatzbrennstoffe dürfen nur in der dafür vorgesehenen Lagerhalle oder des dafür vorgesehenen Silos gelagert werden.

3.10 Die aus der Lagerhalle abgesaugte Luft ist der Drehrohrofenanlage als Verbrennungsluft zuzuführen.

3.11 Durch die Entladung und die Lagerung der festen Ersatzbrennstoffe dürfen an der Werks- grenze keine wahrnehmbaren Gerüche verursacht werden.

² Soweit Abfälle zum Einsatz kommen sollen, die nicht unter 3.1.2 aufgeführt sind, sollen die Anlieferungen über Rückstellproben kontrolliert werden. Die Regelungen sind auf den Einzelfall bezogen festzustellen.

3.12 Die Steuerung der Anlage muss über eine automatisierte Sicherheitskette erfolgen. Die Zufuhr von Ersatzbrennstoffen zur Primärfeuerung des Drehrohrofens darf nicht erfolgen, wenn

- die Rohmehlaufgabe 120 t/h unterschreitet,
- die Temperatur am Ofeneinlauf 850 °C unterschreitet,
- die Materialtemperatur am Ofenauslauf 1.100 °C unterschreitet,
- unzulässige Abweichungen bei der Brennstoffaufgabe registriert werden,
- der zulässige Gesamtstaubemissionsgrenzwert überschritten wird,
- der CO-Gehalt am Ofeneinlauf einen Wert von 0,5 Vol. % überschreitet,
- die Abgasventilatoren ausfallen,
- der Strom ausfällt,
- der Hauptbrenner für Regelbrennstoffe ausfällt,
- der bei der Abnahme festgelegte O₂-Wert unterschritten wird.

Die Anlage ist mit Registriereinrichtungen auszurüsten, durch die die Unterbrechungen der Brennstoffzufuhr registriert werden. Die registrierten Daten sind 2 Jahre aufzubewahren und der zuständigen Aufsichtsperson auf Verlangen vorzulegen.

3.13 Die luftverunreinigenden Emissionen im abgeführten Abgas des Drehrohrofens (Quelle.....) dürfen die nachfolgenden Emissionsbegrenzungen – jeweils angegeben im Normzustand (273 K; 1.013 mbar; trockenes Abgas) und bezogen auf einen Volumengehalt an Sauerstoff im Abgas von 10 % (Bezugssauerstoffgehalt im Sinne der 17. BImSchV) – nicht überschreiten:

3.13.1 Gesamtstaub-Massenkonzentration

Sämtliche Tagesmittelwerte: 20 mg/m³

Sämtliche Halbstundenmittelwerte: 40 mg/m³

3.13.2 Gasförmige anorganische Fluorverbindungen, angegeben als Fluorwasserstoff

Sämtliche Tagesmittelwerte: 1 mg/m³

Sämtliche Halbstundenmittelwerte: 4 mg/m³

3.13.3 Dampf- und gasförmige anorganische Chlorverbindungen, angegeben als

Chlorwasserstoff

Sämtliche Tagesmittelwerte: 10 mg/m³

Sämtliche Halbstundenmittelwerte: 60 mg/m³

- 3.13.4 Schwefeloxide (Schwefeldioxid und Schwefeltrioxid, angegeben als Schwefeldioxid)
Sämtliche Tagesmittelwerte: 400 mg/m³
Sämtliche Halbstundenmittelwerte: 800 mg/m³
- 3.13.5 Stickstoffoxide (Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid), angegeben als Stickstoffdioxid
Sämtliche Tagesmittelwerte: 500 mg/m³
- 3.13.6 Schwermetalle
- 3.13.6.1 Quecksilber und seine Verbindungen, angegeben als Hg
Sämtliche Tagesmittelwerte: 0,03 mg/m³
Sämtliche Halbstundenmittelwerte: 0,05 mg/m³
- 3.13.6.2 Cadmium und seine Verbindungen, angegeben als Cd und Thallium und seine Verbindungen, angegeben als TI insgesamt: 0,05 mg/m³
- 3.13.6.3 Antimon und seine Verbindungen, angegeben als Sb
Arsen und seine Verbindungen, angegeben als As,
Blei und seine Verbindungen, angegeben als Pb,
Chrom und seine Verbindungen, angegeben als Cr,
Kobalt und seine Verbindungen, angegeben als Co,
Kupfer und seine Verbindungen, angegeben als Cu,
Mangan und seine Verbindungen, angegeben als Mn,
Nickel und seine Verbindungen, angegeben als Ni,
Vanadium und seine Verbindungen, angegeben als V,
Zinn und seine Verbindungen, angegeben als Sn,
insgesamt: 0,5 mg/m³
- 3.13.7 Der über die jeweilige Probenahmezeit gebildete Mittelwert der Massenkonzentrationen der im Anhang der 17. BImSchV genannten Dioxine und Furane, angegeben als Summenwert nach dem im Anhang der 17. BImSchV festgelegten Verfahren, darf den folgenden Wert nicht überschreiten: 0,05 ng/m³.
- 3.13.8 Die Umrechnung der Emissionen auf den Bezugssauerstoffgehalt darf nur für die Zeiten erfolgen, in denen der gemessene Sauerstoffgehalt über dem Bezugssauerstoffgehalt liegt (§ 12 der 17. BImSchV).

- 3.14 Die Emissionsbegrenzungen der Nebenbestimmung 3.13 gelten auch für die Abgase der Zementmahlanlage (Quelle.....). Die Gesamtstaubemission ist kontinuierlich zu ermitteln und aufzuzeichnen und mittels EFÜ zu übertragen. Als Sauerstoffbezug gilt, soweit Ofenabgase zugeführt werden, 17 %; werden keine Ofenabgase zugeführt, gilt kein Sauerstoffbezug.
- 3.15 Folgende Emissionen und Betriebsdaten sind für den Drehofenbetrieb kontinuierlich zu ermitteln und aufzuzeichnen:
- Gesamtstaub
 - Quecksilber und seine Verbindungen, angegeben als Hg
 - Schwefeldioxid (SO₂)
 - Stickstoffoxide (NO_x)
 - Gesamtkohlenstoff (C-gesamt)
 - Sauerstoffgehalt (O₂)
 - Kohlenmonoxid (CO)
 - Abgasvolumenstrom (Nm³/h)
 - Abgastemperatur (°C),
 - die Rohmehlaufgabe zum Ofen.
- 3.16 Im Rahmen der Einzelmessungen sind im Ofenabgas auch die Schwermetallemissionen zu ermitteln, die über die 17. BImSchV hinaus als Spurenelemente in Ziffer 3.3 angegeben sind.
- Zusätzlich sind die Emissionen folgender Stoffe jährlich zu ermitteln:
- Chlorbenzole,
 - Chlorphenole,
 - Chlornaphtaline,
 - BTXE
 - PAK's nach EPA.
- 3.17 Die kontinuierlichen Messeinrichtungen sind insbesondere unter Beachtung folgender Richtlinien „Bundeseinheitliche Praxis bei der Überwachung der Emissionen“ einzubauen und zu betreiben.
- Der Einbauort für die Messgeräte ist unter Hinzuziehung einer gemäß § 26 Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) bekanntgegebenen Stelle unter Beachtung der vom Hersteller der Messeinrichtung mitgelieferten Einbauvorschriften und im Einvernehmen mit dem Staatlichen Umweltamt festzulegen.
- Die gemäß § 26 BImSchG bekanntgegebene Stelle ist ferner zu beauftragen, dem Staatlichen Umweltamt den ordnungsgemäßen Einbau der kontinuierlichen Messeinrichtungen zu bescheinigen.

Die gemäß § 26 BImSchG bekanntgegebene Stelle ist ferner zu beauftragen, die Kalibrierung der Messgeräte bei der genehmigten Höchstleistung innerhalb von 6 Monaten nach Inbetriebnahme vorzunehmen. Die Kalibrierung der Messeinrichtungen ist in Abständen von 3 Jahren wiederholen zu lassen.

Die gem. § 26 BImSchG bekanntgegebene Stelle ist zu beauftragen, jährlich einmal die Funktionsfähigkeit der Messeinrichtungen zu überprüfen.

Die mit der Kalibrierung bzw. Prüfung der Funktionsfähigkeit betraute Stelle ist zu beauftragen, über das Ergebnis der Kalibrierung bzw. Prüfung der Funktionsfähigkeit einen Bericht zu fertigen. Der jeweilige Bericht hat den Anforderungen der Nr. 1.3.2 und der Anlage 7 des Gemeinsamen Runderlasses „Ermittlung der Emissionen und Immissionen von luftverunreinigenden Stoffen, Geräuschen und Erschütterungen sowie Prüfung technischer Geräte und Einrichtungen“ vom 30.09.1997 (MBL. NW 1997, S. 1230) zu entsprechen. Eine Ausfertigung des Kalibrierberichts und des Berichts über die Funktionsprüfung sind dem Staatlichen Umweltamt unverzüglich direkt von der beauftragten Stelle zuzusenden.

- 3.18 Die unter Ziffer 3.15 durch kontinuierliche Messungen zu ermittelnden Massenkonzentrationen sowie die Betriebsgrößen sind durch Anschluss an das Emissionsfernüberwachungssystem (EFÜ) des Landes Nordrhein-Westfalen an das Staatliche Umweltamt zu übermitteln. Das EFÜ-System hat insbesondere den Anforderungen der Nr. 1.6 des Rundschreibens des BMU vom 08.06.1998, GMBL. 1998, S. 543, zu entsprechen.

Zur Gewährleistung eines sicheren Betriebes ist sowohl für den installierten EFÜ – Übergaberechner als auch für die zugehörige Software eine ständige Wartung sicherzustellen und mindestens:

- a) eine wöchentliche Überprüfung des EFÜ-Systems durch firmeneigenes sachkundiges Personal mit Gegenzeichnung in einem anzulegenden Prüfbuch;
- b) eine vierteljährliche Überprüfung der Funktionsfähigkeit der Software durch einen Sachkundigen der Herstellerfirma;
- c) eine jährliche Überprüfung der Funktionsfähigkeit der Hardware (EFÜ – Übergaberechner) durch ein anerkanntes Prüfinstitut vornehmen zu lassen.

Für die Wartung/Prüfung unter b) und c) ist ein entsprechender Vertrag abzuschließen. Der Wartungsvertrag ist zur Einsicht für die Überwachungsbehörde bereitzuhalten.

- 3.19 Die in den Ziffern 3.13.2, 3.13.3, 3.13.6.2 bis 3.13.7 genannten Stoffe im Abgas des Drehrohrofens sind durch Einzelmessungen bei ungestörtem Dauerbetrieb mit höchster Emission von einer gemäß § 26 BImSchG bekanntgegebenen Stelle ermitteln zu lassen; zusätzlich sind im Abgas der Zementmahlanlage II die Emissionen gemäß Ziffer 3.13.2 bis 3.13.7 durch Einzelmessungen zu ermitteln (siehe hierzu Ziffer 3.14).

Während der Einzelmessungen ist der Ersatzbrennstoff im Ofenaufgabebereich und die Kohle zu beproben und hinsichtlich der in Ziffer 3.3 genannten Parameter analysieren zu lassen.

Die Einzelheiten der Messplanung, z. B. die im Rahmen der Einzelmessungen zu berücksichtigenden Betriebszustände der Anlage, sind mit dem Staatlichen Umweltamt abzustimmen.

Die Messungen sind im Zeitraum von zwölf Monaten nach Inbetriebnahme alle zwei Monate mindestens an einem Tag und anschließend wiederkehrend spätestens alle zwölf Monate mindestens an drei Tagen durchführen zu lassen.

Für die Messungen zur Bestimmung der in den Ziffern 3.13.2 bis 3.13.3 genannten Stoffe sind mindestens 3 Halbstundenmittelwerte zu bilden.

Für die Messungen zur Bestimmung der in den Ziffern 3.13.6.1 bis 3.13.6.3 genannten Stoffe beträgt die Probenahmezeit mindestens 1/2 Stunde; sie soll 2 Stunden nicht überschreiten.

Für die Messungen zur Bestimmung der in Ziffer 3.13.7 genannten Stoffe beträgt die Probenahmezeit mindestens 6 Stunden; sie soll 8 Stunden nicht überschreiten.

Für die im Anhang der 17. BImSchV genannten Stoffe soll die Nachweisgrenze des eingesetzten Analyseverfahrens nicht über 0,005 ng/m³ liegen.

Die vorgenannte Stelle ist zu beauftragen, über die vorgenannten Messungen einschließlich der analysierten Brennstoffproben einen Bericht zu fertigen und eine Ausfertigung des Berichts dem Staatlichen Umweltamt unverzüglich direkt zuzusenden. Der Messbericht hat den Anforderungen des Gemeinsamen Runderlasses „Ermittlung der Emissionen und Immissionen von luftverunreinigenden Stoffen, Geräuschen und Erschütterungen sowie Prüfung technischer Geräte und Einrichtungen“ vom 30.09.1997 (MBl. NW 1997, S. 1230) zu entsprechen.

- 3.20 Die mittels Einzelmessungen zu überprüfenden Emissionsgrenzwerte gelten als eingehalten, wenn kein Ergebnis einer Einzelmessung einen Tagesmittelwert nach den Ziffern 3.13.2 und 3.13.3 überschreitet bzw. kein Mittelwert, der über die jeweilige Probenahmedauer gebildet wird, einen Emissionswert gemäß Ziffern 3.13.6.1 bis 3.13.7 überschreitet.
- 3.21 Spätestens 6 Monate nach der Inbetriebnahme ist der Elektrofilterstaub der Drehrohr-ofenabgasreinigung durch ein anerkanntes Institut auf Schwermetalle gemäß Nebenbestimmung 3.3 analysieren zu lassen.
Einzelheiten hierzu sind vorher mit dem Staatlichen Umweltamt abzustimmen. Die Ergebnisse sind dem Staatlichen Umweltamt auf Anforderung vorzulegen.
Die Analysen sind wiederkehrend spätestens alle 3 Jahre durchführen zu lassen.

- 3.22 CO-Abschaltungen sind zu minimieren und dem Staatlichen Umweltamt unverzüglich, z. B. telefonisch oder per Telefax, mitzuteilen.
- 3.23 Die von der Genehmigung erfassten Anlagen sind schalltechnisch so zu errichten und zu betreiben, dass die von diesen Anlagen einschließlich aller Nebeneinrichtungen (wie z. B. Fahrzeuge auf dem Betriebsgelände) verursachten Geräuschemissionen, auch in Verbindung mit dem Betrieb der bereits genehmigten Anlagen, die in den bisher erteilten Genehmigungen genannten Lärmimmissionsgrenzwerte (siehe Nebenbestimmung ... des Genehmigungsbescheids vom) nicht überschreiten.
Die Bildung der Beurteilungspegel hat anhand der TA-Lärm vom 26.08.1998 (GMBL S. 503) zu erfolgen.
- 3.24 Die Einhaltung der Nebenbestimmung 3.23 ist auf Verlangen des Staatlichen Umweltamtes durch eine nach § 26 BImSchG bekanntgegebene Stelle überprüfen zu lassen. Sie ist zu beauftragen, über die Messungen einen Bericht zu fertigen und eine Ausfertigung des Berichts dem Staatlichen Umweltamt unverzüglich direkt zuzusenden.

V.

Hinweise:

.....

VI.

Begründung:

Mit Schreiben vom 2002 wurde die Genehmigung zum Einsatz von Ersatzbrennstoff beantragt. Die erforderlichen Unterlagen sind am vorgelegt worden.

Das Vorhaben ist gemäß § 16 Abs. 1 BImSchG genehmigungspflichtig.

Das Vorhaben fällt unter Ziffer 2.3 Spalte 1 des Anhangs der 4. BImSchV.

Das Vorhaben unterliegt den Vorschriften des Gesetzes zur Umsetzung der Richtlinie des Rates vom 27. Juni 1985 über die Umweltverträglichkeitsprüfung bei bestimmten öffentlichen und privaten Projekten ((85/337/EWG)UVP) vom 12.02.1990 (BGBl. I S. 205) in der zur Zeit geltenden Fassung in Verbindung mit den Vorschriften der 9. BImSchV (Verordnung über das Genehmigungsverfahren).

Die Umweltverträglichkeitsstudie wurde mit dem Antrag auf Erteilung der Genehmigung nach dem BImSchG vorgelegt.

Die Antragsunterlagen haben nachstehenden Behörden und Stellen zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegen:

- Staatliches Amt für Arbeitsschutz
- Staatliches Umweltamt
- Landrat
- Bürgermeister der Stadt

Es wurde ein Verfahren unter Beteiligung der Öffentlichkeit durchgeführt.

Die Veröffentlichung des Vorhabens erfolgte ortsüblich in den Tageszeitungen sowie durch die Bezirksregierung Münster im Regierungsamtsblatt.

Der Genehmigungsantrag mit Umweltverträglichkeitsuntersuchung lag in der Zeit vom bis zum während der Dienststunden zur Einsichtnahme bei der Stadtverwaltung sowie bei der Bezirksregierung Münster aus. Einwendungen hierzu konnten in der Zeit vom bis vorgebracht werden. Während der Einwendungsfrist gingen Einwendungen rechtzeitig ein. Es wurde eingewendet, dass

Der Erörterungstermin fand am in statt. Die vorstehenden Einwendungen und Forderungen wurden eingehend erörtert.

Aufgrund des § 6 des BImSchG ist die Genehmigung zu erteilen, wenn

1. sichergestellt ist, dass die sich aus § 5 BImSchG und einer auf Grund des § 7 des BImSchG erlassenen Rechtsverordnung ergebenden Pflichten erfüllt werden, und
2. andere öffentlich-rechtliche Vorschriften und Belange des Arbeitsschutzes der Errichtung und dem Betrieb der Anlage nicht entgegenstehen.

Die im Genehmigungsverfahren beteiligten Stellen haben die Unterlagen geprüft und, abgesehen von Vorschlägen für verschiedene Nebenbestimmungen für die Genehmigung, keine Bedenken gegen den Betrieb der geplanten Änderung der Anlage erhoben.

Die Antragsunterlagen wurden eingehend von der Genehmigungsbehörde und den Beteiligten Behörden geprüft.

Die Prüfung hat ergeben, dass die Voraussetzungen nach § 6 BImSchG unter Berücksichtigung der in Abschnitt IV. dieses Bescheides genannten Nebenbestimmungen für die Genehmigungserteilung vorliegen, da die sich aus § 5 BImSchG ergebenden Pflichten erfüllt werden und die Belange des Arbeitsschutzes gewahrt sind und ferner auch andere öffentlich-rechtliche Vorschriften der Errichtung und dem Betrieb der Anlage nicht entgegenstehen.

Mit der Genehmigung wird sichergestellt, dass der Einsatz von Produktionsreststoffen und HFkS nur in einem mengenmäßig begrenzten Umfang und in begrenztem Anteil zum Gesamtwärmebedarf der Anlage sowie in einem definierten maximalen Mischungsverhältnis der o. g. Komponenten untereinander (siehe III.) erfolgen darf.

Die einzelnen als Brennstoff bzw. Brennstoffkomponenten genehmigten Abfallarten sind in Kapitel IV unter Nennung der Abfallschlüsselnummern mit den notwendigen Beschränkungen (Ziffer 3.1.2) beschrieben. Die zulässigen Schwermetallgehalte der Einsatzstoffe sind in Kapitel IV, Ziffer 3.3 festgelegt. Durch die Bezugnahme auf die Antragsunterlagen und durch die Festlegungen des Genehmigungsbescheides sind sowohl die Zusammensetzung und der zulässige Höchstgehalt der genehmigten Einsatzstoffe bestimmt. Zusätzlich enthält der Abschnitt IV. des Genehmigungsbescheides weitere Bestimmungen, die das Gefährdungspotential schon auf der „Eingabeseite“ begrenzen.

Durch die unter IV. des Genehmigungsbescheides geforderten Nachweise über Herkunft, Zusammensetzung und Art der Stoffe wird sichergestellt, dass nur die genehmigten Abfälle verwertet werden. Eine ausreichende Kontrolle ist gewährleistet, da zusätzlich zu den üblichen Kontrollen der Aufsichtsbehörde eine externe Stelle in Abstimmung mit der Aufsichtsbehörde von dem Antragssteller beauftragt werden muss, um die der Anlage zugeführten Stoffe und damit die Lieferanten der "Abfälle zur Verwertung" zusätzlich zu kontrollieren. Unter IV. des Bescheides ist der Einsatz von Stoffen, bei denen wegen ihrer Herkunft mit dem Vorhandensein polychlorierter Dibenzofurane bzw. polychlorierter Dibenzodioxine gerechnet werden muss, ausgeschlossen.

Des Weiteren sind durch Festlegung betrieblicher Überwachungsmaßnahmen an der Ofenanlage im Genehmigungsbescheid Maßnahmen getroffen worden, die eine Vermeidung bzw. Verminderung zusätzlicher Emissionen gewährleisten sollen.

Durch die Bestimmungen hinsichtlich der Ersatzbrennstoffe, die Festlegung einer Mindestgastemperatur und der Mindestrohmehlauflagemenge sowie die Begrenzung des Kohlenmonoxidgehaltes der Abgase und die Überwachung des Gehalts organischer Stoffe (Gesamt-Kohlenstoff) im Abgasstrom sind weitere Vorgaben für den Verbrennungs- und Sintervorgang gegeben, die bewirken sollen, dass die in den Einsatzstoffen enthaltenen organischen Verbindungen weitestgehend zerstört und anorganische Spurenelemente weitestgehend in das Endprodukt, den Zementklinker, eingebunden werden.

Zusätzliche Emissionsbelastungen durch organische und anorganische Verbindungen sind nicht zu erwarten, da das Spektrum der in den Ersatzbrennstoffen enthaltenen organischen und anorganischen Bestandteile den bisherigen Einsatzstoffen entspricht bzw. insgesamt im Rahmen bisheriger Grenzen liegt.

Dementsprechend sind relevante Auswirkungen auf das Schutzgut Luft, und damit sowohl auf den Menschen wie auch auf die Fauna und Flora durch Emissionen des Zementwerkes nicht zu erwarten.

Zusätzlich ist durch die unter IV. des Genehmigungsbescheides angeordneten Maßnahmen und kontinuierlichen Emissionsermittlungen sichergestellt, dass der Betriebsablauf und die Emission unter Kontrolle gehalten werden und die dem jeweiligen Stand der Technik entsprechenden Möglichkeiten hinsichtlich der Emissionsbegrenzung erfüllt werden.

Der Grenzwert für Quecksilber wurde über europäische Regelungen (Richtlinie 2000/76 EG zur Mitverbrennung von Abfällen in der Zementindustrie; Hg: 0.05 mg/m³ Abgas) hinaus für den Verbundbetrieb auf 0.03 mg/ m³ festgelegt. Für den Direktbetrieb der Anlage (max. 5 % der jährlichen Betriebszeit) gilt ein Tagesmittelwert im Sinne der europäischen Richtlinie zur Mitverbrennung von Abfällen in Zementwerken.

Gleichzeitig wurde die kontinuierliche Ermittlung der Quecksilberkonzentration im Abgas vorgeschrieben, um die bisherige diskontinuierliche Überwachung zu ersetzen.

Die Zwölfte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Störfallverordnung – 12. BImSchV) findet gemäß § 1 Abs. 1 Satz 2 dieser Verordnung keine Anwendung, da Stoffe nach den Anhängen II, III und IV nur in so geringen Mengen vorhanden sind oder entstehen können, dass der Eintritt eines Störfalls offensichtlich ausgeschlossen ist. Die Erstellung einer Sicherheitsanalyse ist nicht erforderlich.

Aus den Darlegungen des Antragstellers und aufgrund der Prüfung des Antrages ergibt sich, dass die Mengenschwellen der Störfall-Verordnung für chlororganische Verbindungen und für Schwermetalle weder während des bestimmungsgemäßen Betriebes noch bei einer Störung des bestimmungsgemäßen Betriebes des Zementwerkes und der Nebeneinrichtungen erreicht werden.

Unabhängig davon wurde für das Genehmigungsverfahren in Anlehnung an § 7 der 12. BImSchV für die Lagerhalle für Ersatzbrennstoffe eine Sicherheitsbetrachtung durchgeführt. Hierbei wurden insbesondere Gefahrenquellen beschrieben, Vorkehrungen zur Verminderung und Begrenzung von Störungen und Vorkehrungen zum Schutz des Bedienungspersonals dargelegt sowie eine Auswirkungsbetrachtung anhand von Brandszenarien, Ausbreitung von Brandgasen und Schadstoffbildungsraten vorgenommen. Auch der Gutachter kommt zu dem Ergebnis, dass Gefahren im Sinne der 12. BImSchV ausgeschlossen sind.

Insgesamt ergibt die Bewertung der Auswirkungen des beantragten Vorhabens auf die Umwelt unter Berücksichtigung der Festlegungen und Nebenbestimmungen dieses Bescheides, dass das Vorhaben mit nicht unzumutbaren Umweltauswirkungen verbunden ist.

Das Einvernehmen mit der Stadt gemäß § 36 Baugesetzbuch (BauGB) wurde hergestellt. Da somit durch die Änderung und den Betrieb der eingangs genannten Anlage keine erheblichen Nachteile etc. im obigen Sinne herbeigeführt werden, war die Genehmigung zu erteilen.

Behandlung der Einwendungen:

Die im Genehmigungsverfahren vorgetragenen Einwendungen bzw. die im Erörterungstermin gestellten Anträge und Forderungen, die sich auf die Errichtung und den Betrieb der Anlage beziehen, werden, soweit sie nicht durch Nebenbestimmungen berücksichtigt wurden, zurückgewiesen. Auch nach der Verwirklichung des Gesamtvorhabens ergeben sich nach eingehender Prüfung der Antragsunterlagen und aufgrund der o. g. Festsetzungen keine Gesichtspunkte, die eine andere Entscheidung erforderlich gemacht hätten.

VII.

Verwaltungsgebühren:

Die Kosten des Verfahrens trägt der Antragsteller. Sie werden aufgrund des Gebührengesetzes für das Land Nordrhein-Westfalen (GebG NRW) vom 23.11.1971 (GV. NRW Seite 354 / SGV. NRW 2011) – in der zur Zeit geltenden Fassung – in Verbindung mit der Allgemeinen Verwaltungsgebührenordnung des Landes Nordrhein-Westfalen (AVwGebO NRW) vom 05.08.1980 (GV. NRW Seite 924 / SGV. NRW 2011) – in der zur Zeit geltenden Fassung festgesetzt. Hierzu ergeht ein gesonderter Bescheid.

VIII.

Rechtsbehelfsbelehrung:

Gegen diesen Genehmigungsbescheid kann innerhalb eines Monats nach Zustellung Widerspruch erhoben werden. Der Widerspruch ist schriftlich oder zur Niederschrift bei mir, Dienststelle (siehe Briefkopf), einzulegen.

Falls die Frist durch das Verschulden eines von Ihnen Bevollmächtigten versäumt werden, so würde dessen Verschulden Ihnen zugerechnet werden.

Mit freundlichen Grüßen
Im Auftrag

(Unterschrift)



B Transferfaktoren für Kraftwerke

Schmelzkammerfeuerungen für Steinkohle

Zu den Transferfaktoren ins Reingas für Schmelzkammerfeuerungen mit vollständiger Ascherückführung lagen zum Zeitpunkt der Erstellung des Leitfadens neben den Literaturangaben Untersuchungen zu zwei weiteren Anlagen vor. Anhand dieser Daten konnten repräsentative Transferfaktoren für die Stoffflussmodelle gebildet werden.

Tabelle B. 1: Dokumentation der Transferfaktoren aus der Literatur und von Anlagen der Teilnehmer des begleitenden Arbeitskreises des Leitfadens für das Reingas der Schmelzkammerfeuerung für Steinkohle

Parameter	Rentz *	e.on Transfer	Angaben in %		Werte für Stoffflussmodell**
			Output	Elektromark Transfer	
Cadmium Cd	6,00	6,67	13,38	14,91	7,0
Thallium Tl	k. A.	6,25	k. A.	k. A.	6,0
Quecksilber Hg	54	55,56	31,89	12,44	50,0
Antimon Sb	k. A.	5,08	k. A.	k. A.	5,0
Arsen As	6,50	1,74	15,96	8,32	6,0
Blei Pb	1,24	0,85	6,77	7,06	1,0
Chrom Cr	0,60	0,06	0,10	0,23	0,2
Kobalt Co	k. A.	0,13	0,14	0,14	0,1
Kupfer Cu	0,33	0,25	0,00	0,00	0,3
Mangan Mn	k. A.	0,10	0,20	0,21	0,2
Nickel Ni	0,69	0,23	0,35	0,56	0,5
Vanadium V	0,28	0,07	0,24	0,22	0,2
Zinn Sn	k. A.	2,30 – 3,80 ***	k. A.	k. A.	3,0

* nach [Rentz, 1996]

** Insbesondere bei älteren Anlagen mit höherem Ausstoß an Reingasstaub sind höhere Transferfaktoren für das Reingas möglich und in der Literatur dokumentiert. Sehr moderne Anlagen können auch niedrigere Transferfaktoren aufweisen.

*** Ergebnis aus zwei Messreihen.

Auch für die Kraftwerksnebenprodukte ließen sich anhand von zwei detaillierten Untersuchungen und den vorhandenen Literaturangaben Transferfaktoren ableiten.

Tabelle B. 2: Dokumentation der Transferfaktoren aus der Literatur und von Anlagen der Teilnehmer des begleitenden Arbeitskreises des Leitfadens für die Verteilung auf die Kraftwerksnebenprodukte und das Reingas bei der Schmelzkammerfeuerung für Steinkohle

Parameter		Elektromark			RWE Power				Rentz*			Werte für Stoffflussmodell			
		Mittlere Verteilung Output in %			Mittlere Verteilung Output in %				Mittlere Verteilung Output in %			Mittlere Verteilung Output in %			
		Granulat	Gips	Reingas	Granulat	Gips	Abwasser	Reingas	Granulat	REA	Reingas	Granulat	Gips	Abwasser	Reingas**
Cadmium	Cd	84,49	2,13	13,38	93,40	6,40	0,20	0,001	15,00	79,00	6,00	87,8	5,0	0,2	7,0
Thallium	Tl				95,90	4,10	< 0,1	0,001				90,0	4,0	0,01	6,0
Quecksilber	Hg		68,1	31,9	25,00	20,00	5,00	50,00	2,00	44,00	54,00	5,0	42,0	3	50,0
Antimon	Sb											k. A.	k. A.	k. A.	5,0
Arsen	As	83,09	0,95	15,96	94,89	5,10	< 0,1	0,001	10,00	83,50	6,50	89,0	5,0	0,01	6,0
Blei	Pb	87,64	5,59	6,77	94,90	5,00	< 0,1	0,001	88,80	10,00	1,24	93,0	6,0	0,01*	1,0
Chrom	Cr	99,59	0,31	0,10	99,90	0,10	< 0,1	0,001	96,00	3,45	0,60	99,5	0,3	0,01	0,2
Kobalt	Co	99,86		0,14								99,7	0,2	0,01	0,1
Kupfer	Cu	99,93	0,07						97,30	2,41	0,33	99,5	0,2	0,01	0,3
Mangan	Mn	99,80		0,20								99,6	0,2	0,01	0,2
Nickel	Ni	98,95	0,70	0,35	99,20	0,80	< 0,1	0,001	95,60	3,76	0,69	98,8	0,7	0,01	0,5
Vanadium	V	99,76		0,24					97,60	1,90	0,28	99,6	0,2	0,01	0,2
Zinn	Sn											k. A.	k. A.	k. A.	3,0

* nach [Rentz, 1996]

** Insbesondere bei älteren Anlagen mit höherem Ausstoß an Reingasstaub sind höhere Transferfaktoren für das Reingas möglich und in der Literatur dokumentiert. Sehr moderne Anlagen können auch niedrigere Transferfaktoren aufweisen.

Trockenfeuerungen Steinkohle

Zu den Transferfaktoren ins Reingas für steinkohlebefeuerte Trockenfeuerungen lagen zum Zeitpunkt der Erstellung des Leitfadens neben den Literaturangaben Untersuchungen zu zwei weiteren Anlagen vor. Hinzu kamen auch hier die in der Arbeitshilfe „Stoffflussanalyse bei abfallrechtlichen Beurteilungsfragen“ [MUNLV 2000] dokumentierten Verteilungen. Anhand dieser Daten konnten repräsentative Transferfaktoren für die Stoffflussmodelle gebildet werden.

Tabelle B. 3 Dokumentation der Transferfaktoren aus der Literatur und von Anlagen der Teilnehmer des begleitenden Arbeitskreises des Leitfadens für das Reingas der Trockenfeuerung für Steinkohle

Parameter		Angaben in %			Werte für Stoffflussmodell
		Rentz *	e.on	RWE Power	
Cadmium	Cd	0,19	2,30	0,96	1,6
Thallium	Tl	k. A.	1,19	0,79	1,0
Quecksilber	Hg	32,00	9,90	26,82	26,0 **
Antimon	Sb	k. A.	2,07	0,62	1,3
Arsen	As	0,18	0,42	0,43	0,4
Blei	Pb	0,17	0,10	0,45	0,3
Chrom	Cr	0,10	0,06	0,05	0,1
Kobalt	Co	k. A.	0,06	0,10	0,1
Kupfer	Cu	0,10	0,07	0,10	0,1
Mangan	Mn	k. A.	0,04	0,07	0,1
Nickel	Ni	0,19	0,04	0,09	0,1
Vanadium	V	0,09	0,04	0,12	0,1
Zinn	Sn	k. A.	3,61	1,26	2,5

* nach [Rentz, 1996]

** Insbesondere bei älteren Anlagen mit höherem Ausstoß an Reingasstaub sind höhere Transferfaktoren für das Reingas möglich und in der Literatur dokumentiert. Sehr moderne Anlagen können auch niedrigere Transferfaktoren aufweisen.

Für die Kraftwerksnebenprodukte lag neben Literaturangaben eine weitere Untersuchung vor. Anhand dieser Daten konnten die Transferfaktoren für die Kraftwerksnebenprodukte ermittelt werden.

Tabelle B. 4 Dokumentation der Transferfaktoren aus der Literatur und einer Anlage aus Nordrhein-Westfalen für die Kraftwerksnebenprodukte und das Reingas bei der Trockenfeuerung für Steinkohle

Parameter		RWE Power Mittlere Verteilung Output in %					Rentz* Mittlere Verteilung Output in %				Werte für Stoffflussmodell Mittlere Verteilung Output in %				
		Grobasche	Flugasche	Gips	Abwasser	Reingas	Grobasche	Flugasche	REA	Reingas	Grobasche	Flugasche	Gips	Abwasser	Reingas
Cadmium	Cd	11,2	79,2	8,1	0,49	1,0	8,9	89,8	1,1	0,2	11,0	78,9	8,0	0,50	1,6
Thallium	Tl	4,0	84,2	10,0	0,96	0,8					4,0	84,0	10,0	1,00	1,0
Quecksilber	Hg	0,6	64,7	7,8	0,12	26,8	2,0	39,2	26,5	32,3	1,0	64,0	8,0	1,00	26,0**
Antimon	Sb	9,7	83,9	5,4	0,30	0,6					9,7	83,7	5,0	0,30	1,3
Arsen	As	3,7	94,4	1,4	0,04	0,4	7,6	91,2	1,1	0,2	5,8	92,6	1,2	0,04	0,4
Blei	Pb	10,7	88,1	0,7	0,04	0,5	11,3	87,5	1,0	0,2	11,0	87,8	0,9	0,04	0,3
Chrom	Cr	14,8	84,8	0,3	0,01	0,1	19,7	79,5	0,7	0,1	16,0	83,5	0,4	0,01	0,1
Kobalt	Co	8,5	90,7	0,7	0,04	0,1					8,5	90,7	0,7	0,04	0,1
Kupfer	Cu	18,0	80,4	1,4	0,15	0,1	25,5	73,7	0,7	0,1	18,0	80,4	1,4	0,15	0,1
Mangan	Mn	12,6	85,7	1,5	0,18	0,1					12,6	85,6	1,5	0,18	0,1
Nickel	Ni	12,0	87,7	0,2	0,01	0,1	19,2	79,6	1,0	0,2	12,0	87,7	0,2	0,01	0,1
Vanadium	V	7,5	92,1	0,3	0,005	0,1	26,0	73,3	0,7	0,1	7,5	92,1	0,3	0,01	0,1
Zinn	Sn	14,86	74,6	8,64	0,65	1,26					15,0	74,0	8,0	0,50	2,5

* nach [Rentz, 1996]

** Insbesondere bei älteren Anlagen mit höherem Ausstoß an Reingasstaub sind höhere Transferfaktoren für das Reingas möglich und in der Literatur dokumentiert. Sehr moderne Anlagen können auch niedrigere Transferfaktoren aufweisen.

Trockenfeuerungen Braunkohle

Für braunkohlebefeuerte Trockenfeuerungen liegen nur wenige, meist veraltete Untersuchungen vor. Deshalb konnten die Transferfaktoren für das Reingas nur anhand der aktuellen Untersuchungen an einer Anlage festgelegt werden. Für die Kraftwerksnebenprodukte wurden die für steinkohlebefeuerte Anlagen ermittelten Transferfaktoren übertragen, da keine eigenen differenzierten Untersuchungen vorlagen.

Tabelle B. 5 Dokumentation der Transferfaktoren einer Anlage aus Nordrhein-Westfalen für das Reingas und Übertragung der Verteilung auf die Kraftwerksnebenprodukte von der Trockenfeuerung für Steinkohle auf braunkohlebefeuerten Anlagen

Parameter	RWE Rheinbraun Reingas	Angaben in %					Reingas
		Grobasche*	Flugasche*	Werte für Stoffflussmodell			
				Gips*	Abwasser*		
Cadmium	Cd	4,00	11,0	76,5	8,0	0,50	4,0
Thallium	Tl	4,00	4,0	81,0	10,0	1,00	4,0
Quecksilber	Hg	14,00	1,0	70,0	8,0	1,00	20,0**
Antimon	Sb	0,10	9,7	84,9	5,0	0,30	0,1
Arsen	As	0,10	5,8	92,9	1,2	0,04	0,1
Blei	Pb	0,10	11,0	88,0	0,9	0,04	0,1
Chrom	Cr	0,10	16,0	83,5	0,4	0,01	0,1
Kobalt	Co	0,10	8,5	90,7	0,7	0,04	0,1
Kupfer	Cu	0,10	18,0	80,4	1,4	0,15	0,1
Mangan	Mn	0,10	12,6	85,6	1,5	0,18	0,1
Nickel	Ni	0,10	12,0	87,7	0,2	0,01	0,1
Vanadium	V	0,10	7,5	92,1	0,3	0,01	0,1
Zinn	Sn	0,10	15,0	76,4	8,0	0,50	0,1

* Da zum Zeitpunkt der Erstellung des Leitfadens keine aktuellen Untersuchungen zur Verteilung des Inputs auf die Kraftwerksnebenprodukte vorlagen, wurden die Verteilungen von den Trockenfeuerungen für Steinkohle auf die braunkohlebefeuerten Anlagen übertragen.

** Insbesondere bei älteren Anlagen mit höherem Ausstoß an Reingasstaub sind höhere Transferfaktoren für das Reingas möglich und in der Literatur dokumentiert. Sehr moderne Anlagen können auch niedrigere Transferfaktoren aufweisen.

C Schwermetallgehalte von Steinkohlen

Parameter	Einheit	Sprung u. a. ¹		Kautz ²		Heinrichs ³		Ruch et. al. ⁴		Swaine ⁵		NRW ⁶	Wert für Modell	
		Durchschnitt**	Spanne	Häufigster Wert	Spanne	Durchschnitt 8,7% Asche	Durchschnitt 13,9% Asche	Häufigster Wert	Spanne	Häufigster Wert	Spanne	Spanne	mittlere Gehalte	hohe Gehalte
Heizwert H _u	kJ/kg	k. A.	26-28.000	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	17 - 30.000	25.000 (roh)	
Cadmium	mg/kg TS	0,4	0,1 - 10	0,3	0,1 - 1,0	1,7	1,9	2,5	0,1 - 65	0	< 0,2	< 0,5 - 3,2	0,3	10
Thallium	mg/kg TS	0,7	0,2 - 4	0,3	0,1 - 1,2	0,51	0,72	-	-	-	-	< 0,5 - 2,1	0,3	1,2
Quecksilber	mg/kg TS	0,3	0,03 - 0,78	0,2	0,1 - 1	0,35	0,36	0,2	0,02 - 1,6	0,1	0,03 - 0,4	0,02 - 0,64	0,2	1,2
Antimon	mg/kg TS	2,5	0,05 - 5	0,9	0,4 - 2	0,9	1,3	1,3	0,2 - 8,9	-	< 20	bis 46,2	2,5	9
Arsen	mg/kg TS	30	9 - 50	13,6	2 - 36	12	13	14	0,5 - 93	3	1 - 55	2,2 - 45,9	13,6	50
Blei	mg/kg TS	141	11 - 270	68	10 - 270	25	40	34,8	4 - 218	10	1,5 - 60	7,8 - 57,5	68	270
Chrom	mg/kg TS	43	5 - 80	26,5	6 - 80	15	21	13,8	4 - 54	6	< 1,5 - 30	13 - 64,7	26,5	80
Kobalt	mg/kg TS	13	0,52 - 26	16,7	5 - 34	11	14	9,6	1 - 43	4	< 0,4 - 30	1,3 - 13	16,7	40
Kupfer	mg/kg TS	22	0,52 - 44	33	10 - 60	19	31	15,2	5 - 61	15	2,5 - 40	9 - 26	33	60
Mangan	mg/kg TS	134	5,2 - 262	125	30 - 315	55	68	49,4	6 - 101	150	2,5 - 900	43,6 - 812	125	315
Nickel	mg/kg TS	50	20 - 80	45	15 - 96	30	32	21,1	3 - 80	15	0,8 - 70	1 - 269	45	96
Vanadium	mg/kg TS	40	30 - 50	75	30 - 180	37	52	32,7	11 - 78	20	4 - 90	34 - 621	75	180
Zinn	mg/kg TS	5	1,3 - 7,8	k. A.	k. A.	3,6	3,9	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	< 5 - 39,6	5	10
Beryllium	mg/kg TS	0,9	0,2 - 1,5	1,6	0,6 - 3,4	1,7	2,2	1,6	0,2 - 4	1,5	< 0,4 - 8	0,2 - 1,2	-	-
Selen	mg/kg TS	k. A.	k. A.	1,9	0,6 - 4,3	1,6	2,3	2	0,4 - 7,7	0,8	0,2 - 2,5	2,8 - 14,1	-	-
Tellur	mg/kg TS	k. A.	k. A.	0,5	0,2 - 0,6	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	2,8 - 6,8	-	-
Zink	mg/kg TS	119	16 - 220	81	6 - 210	61	90	272,3	6 - 5.350	< 100	< 15 - 500	9,3 - 118	-	-

¹ Daten in [MUNLV2], zitiert nach

* [BZL/DPU], insbesondere auf Basis von [Sprung], in Einzelfällen auch nach [Braungart, Merian, Knobloch];

** Daten nach [Sprung 1994]

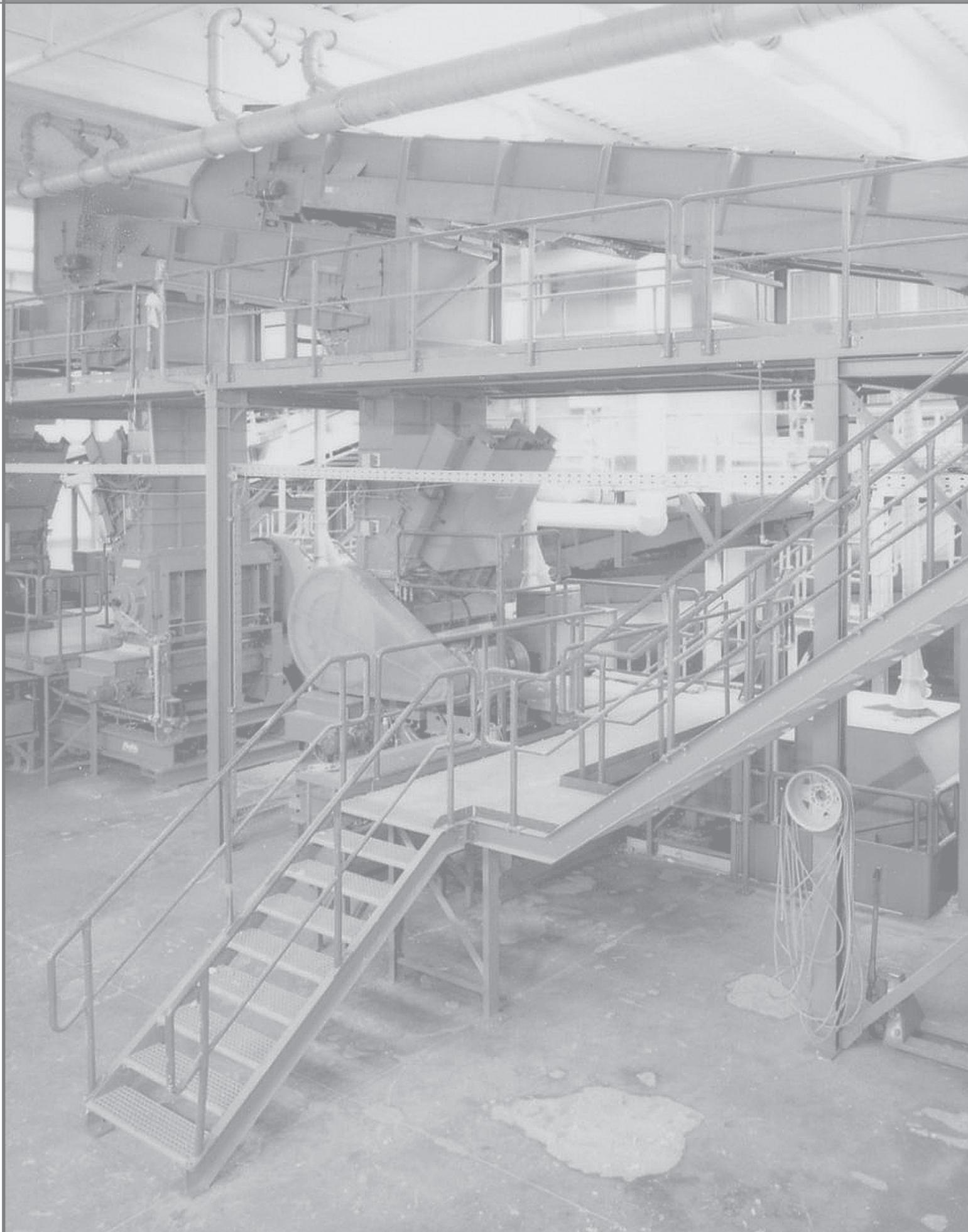
² Daten aus [Tauber] nach Kautz „Mineralogical aspects of the combustion of hard coal in power plants - from coal to fly ash“ in Fortschr. der Min. 62, 1984.

³ Daten für in westdeutschen Kraftwerken verfeuerte Kohlen nach Heinrichs, Brumsack, Lange: „Emissionen von Stein- und Braunkohlekraftwerken in Deutschland“ Fortschr. d. Min. 62.

⁴ Daten aus [Tauber] nach Ruch, Gluskoter, Shimp „Occurance and distribution of potentially volatile trace elements in coal“, NTIS Report EPA 650/2-74-054, PB 238091, 1974.

⁵ Daten aus [Tauber] nach Swaine „Trace elements in coal“ in Hemphill, „Trace substances in environmental health IX“, 107, 1977.

⁶ Auswertung von aktuellen Kohlenanalysen von Anlagenbetreibern und Überwachungsbehörden aus Nordrhein-Westfalen.



D Schwermetallgehalte von Petrolkoks

Parameter	Einheit	Probe 1	Probe 2	CITGO	CITGO	CITGO Lyondall	Motiva / Star	SHELL	PDVSA	Mobil	Wert für Modell*
Heizwert H _u	kJ/kg	31.500	k. A.	32.580	32.580	32.580	32.120	32.120	32.120	32.120	32.000
Wassergehalt	%	9,8	k. A.	6 - 8	6 - 8	6 - 8	6 - 8	6 - 8	6 - 8	6 - 8	7
Aschegehalt	%	0,22	k. A.	0,3 - 0,6	0,3 - 0,6	0,3 - 0,6	0,3 - 0,6	0,3 - 0,6	0,3 - 0,6	0,3 - 0,6	0,45
Schwefel	%	2,29	k. A.	3,9 - 4,2	4,3 - 4,9	3,9 - 4,2	6,9 - 7,3	6,3 - 6,9	4,4 - 4,8	6,1 - 6,4	4,5
Chlor	mg/kg TS	k. A.	k. A.	< 100	< 100	< 100	17	170	k. A.	k. A.	-
Cadmium	mg/kg TS	0,12	1,3	< 0,01	< 0,01	< 0,01	7	0,2	k. A.	0,1	1
Thallium	mg/kg TS	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.**
Quecksilber	mg/kg TS	k. A.	k. A.	< 0,02	< 0,01	< 0,02	< 1	< 1	k. A.	0	0,01
Antimon	mg/kg TS	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.**
Arsen	mg/kg TS	0,33	3,1	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	1,7
Blei	mg/kg TS	0,55	12	1,6	0,42	1,6	0	1,2	k. A.	0,2	1,5
Chrom	mg/kg TS	1,1	6	0,04	0,09	< 0,01	0,1	1,6	k. A.	7,6	3
Kobalt	mg/kg TS	2,2	< 1	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	1,5
Kupfer	mg/kg TS	1,2	k. A.	0,01	0,09	< 0,01	2,5	1,2	k. A.	0,1	1,2
Mangan	mg/kg TS	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.**
Nickel	mg/kg TS	330	341	380	230	350	150	400	k. A.	510	350
Vanadium	mg/kg TS	580	1.326	1.650	1.650	1.700	600	1.650	1.700	1.300	1.500
Zinn	mg/kg TS	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.**
Beryllium	mg/kg TS	k. A.	k. A.	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0	0,1	k. A.	3	-
Zink	mg/kg TS	k. A.	k. A.	0,06	0,02	< 0,01	< 1	0	k. A.	0	-

* Mit diesen Werten wurde der Einsatz von Petrolkoks in den Stoffflussmodellen berücksichtigt.

** Da für diese Parameter keine Daten vorlagen, wurde in den Stoffflussmodellen mit den mittleren Werten für Steinkohle gerechnet.



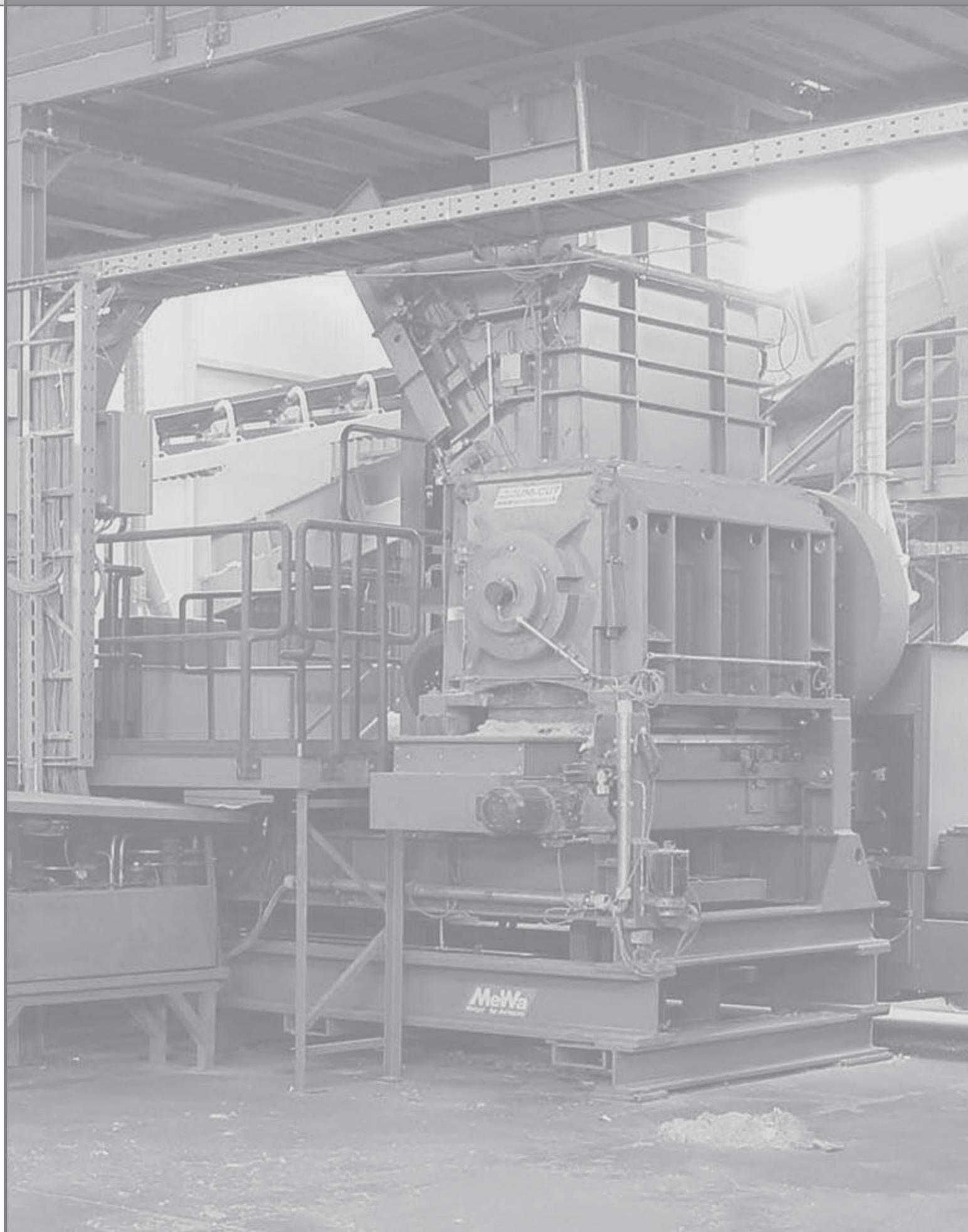
E Schwermetallgehalte von Braunkohlen

Parameter	Einheit	Sprung, Röper*		Heinrichs***	RWE**		Werte für Modell	
		Durchschnitt	Spanne	Durchschnitt	Durchschnitt	maximal	mittlere Gehalte	hohe Gehalte
Heizwert H _u	kJ/kg	8.540	-	-	9.200	10.150	9.200	9.200
Wassergehalt	%				52,7	54,4	52,7	52,7
Chlor	mg/kg	300	-	660	365	600	-	-
Schwefel	%	0,42	-	1,1	0,2 (roh)	0,5 (roh)	0,2 (roh)	0,5 (roh)
Cadmium	mg/kg TS	1,1	0,7 – 1,5	0,073	0,01	0,35	0,01	0,35
Thallium	mg/kg TS	0,2	0,1 – 0,3	0,027	0,09	0,2	0,09	0,2
Quecksilber	mg/kg TS	0,11	-	0,26	0,05	0,9	0,05	0,9
Antimon	mg/kg TS	-	-	0,15	0,24	2,4	0,24	2,4
Arsen	mg/kg TS	0,3	0,2 – 0,4	2,2	0,82	2,5	0,82	2,5
Blei	mg/kg TS	0,07	< 0,01 – 0,14	2,2	0,81	4	0,81	4
Chrom	mg/kg TS	0,08	0,06 – 0,1	6,4	5,1	15	5,1	15
Kobalt	mg/kg TS	-	-	2,2	3,5	15	3,5	15
Kupfer	mg/kg TS	1,1	-	2,1	1,2	4	1,2	4
Mangan	mg/kg TS	-	-	54	116	260	116	260
Nickel	mg/kg TS	2,8	1 – 4,6	4,8	9,3	11	9,3	11
Vanadium	mg/kg TS	13	1 – 25	8,9	2	4	2	4
Zinn	mg/kg TS	-	-	1,6	1,2	2	1,2	2
Beryllium	mg/kg TS	0,04	-	0,4	-	-	-	-
Zink	mg/kg TS	22	-	11	3,9	4,4	-	-

* Zitiert nach [Sprung, Röper].

** Daten zur Verfügung gestellt von RWE Rheinbraun, repräsentative Daten für alle Rheinischen Rohbraunkohlen.

*** Daten für in westdeutschen Kraftwerken verfeuerte Braunkohlen (wasserfrei, 18% Asche) nach Heinrichs, Brumsack, Lange: „Emissionen von Stein- und Braunkohlekraftwerken in Deutschland“ Fortschr. Mineralogie 62.



F Schwermetallgehalte in der Trocken- und Feuchtsubstanz der für das Modell festgelegten Regelbrennstoffe

Parameter	Einheit	Trockensubstanz (TS)					Feuchtsubstanz (FS)				
		Steinkohle		Petrolkoks	Rheinische Braunkohle		Steinkohle		Petrolkoks	Rheinische Braunkohle	
		mittlere Gehalte	hohe Gehalte	mittlere Gehalte	hohe Gehalte	mittlere Gehalte	hohe Gehalte	mittlere Gehalte	hohe Gehalte	mittlere Gehalte	hohe Gehalte
Heizwert H _u	kJ/kg	27.780	27.780	34.400	19.450	19.450	25.000	25.000	32.000	9.200	9.200
Wassergehalt	%	0	0	0	0	0	10	10	7	52,7	52,7
Cadmium	mg/kg	0,3	10	1	0,01	0,35	0,27	9,00	0,93	0,005	0,17
Thallium	mg/kg	0,3	1,2	0,3	0,09	0,2	0,27	1,08	0,28	0,04	0,09
Quecksilber	mg/kg	0,2	1,2	0,01	0,05	0,9	0,18	1,08	0,01	0,02	0,43
Antimon	mg/kg	2,5	9	2,5	0,24	2,4	2,25	8,10	2,33	0,11	1,14
Arsen	mg/kg	13,6	50	1,7	0,82	2,5	12,24	45,00	1,58	0,39	1,18
Blei	mg/kg	68	270	1,5	0,81	4	61,20	243,00	1,40	0,38	1,89
Chrom	mg/kg	26,5	80	3	5,1	15	23,85	72,00	2,79	2,41	7,10
Kobalt	mg/kg	16,7	40	1,5	3,5	15	15,03	36,00	1,40	1,66	7,10
Kupfer	mg/kg	33	60	1,2	1,2	4	29,70	54,00	1,12	0,57	1,89
Mangan	mg/kg	125	315	125	116	260	112,50	283,50	116,25	54,87	122,98
Nickel	mg/kg	45	96	350	9,3	11	40,50	86,40	325,5	4,40	5,20
Vanadium	mg/kg	75	180	1.500	2	4	67,50	162,00	1.395	0,95	1,89
Zinn	mg/kg	5	10	5	1,2	2	4,50	9,00	4,65	0,57	0,95



G Ergebnisse der Modellierungen für die Schadstofftoleranzwerte

Modellierungen Zementwerke

Bezugsszenarien:

Bezugsszenarien „Mittel“ und „Hoch“ für Zementwerke mit den Regelbrennstoffen Steinkohle und Braunkohle jeweils für mittlere und hohe Schwermetallgehalte der Kohlen und mittleren Annahmen für die Schwermetallgehalte des Rohmehls.

Parameter	Steinkohle mit mittleren Schwermetallgehalten					Steinkohle mit hohen Schwermetallgehalten					Braunkohle mit mittleren Schwermetallgehalten					Braunkohle mit hohen Schwermetallgehalten				
	Kohle (mittel) [mg/kg]	Basis Faktor	Reingas [mg/m ³]	Klinker (mittel) [mg/kg]	Basis Faktor	Kohle (hoch) [mg/kg]	Basis %	Reingas [mg/m ³]	Klinker (hoch) [mg/kg]	Basis Faktor	Kohle (mittel) [mg/kg]	Basis Faktor	Reingas [mg/m ³]	Klinker (mittel) [mg/kg]	Basis Faktor	Kohle (hoch) [mg/kg]	Basis Faktor	Reingas [mg/m ³]	Klinker (hoch) [mg/kg]	Basis Faktor
Cd	0,3	1	0,0004	0,4	1	10,0	100	0,0013	1,4	1	0,01	1	0,0003	0,4	1	0,35	1	0,0004	0,4	1
Tl	0,3	1	0,0054	0,8	1	1,2	100	0,0061	0,9	1	0,09	1	0,0053	0,8	1	0,2	1	0,0054	0,8	1
Cd + Tl			0,0058					0,0073					0,0056					0,0058		
Hg	0,2	1	0,0235	0,07	1	1,2	100	0,0451	0,13	1	0,05	1	0,0208	0,06	1	0,9	1	0,0470	0,14	1
Sb	2,5	1	0,0005	3,4	1	9,0	100	0,0006	4,0	1	0,24	1	0,0005	3,1	1	2,4	1	0,0005	3,5	1
As	13,6	1	0,0008	6,8	1	50,0	100	0,0013	10,6	1	0,82	1	0,0007	5,5	1	2,5	1	0,0007	5,8	1
Pb	68,0	1	0,0070	27,0	1	270,0	100	0,0124	48,1	1	0,81	1	0,0052	20,0	1	4,0	1	0,0053	20,5	1
Cr	26,5	1	0,0025	40,0	1	80,0	100	0,0028	45,5	1	5,1	1	0,0024	38,0	1	15,0	1	0,0024	39,4	1
Co	16,7	1	0,0010	10,0	1	40,0	100	0,0012	12,5	1	3,5	1	0,0009	8,8	1	15,0	1	0,0010	10,5	1
Cu	33,0	1	0,0012	25,0	1	60,0	100	0,0013	27,8	1	1,2	1	0,0010	21,7	1	4,0	1	0,0011	22,2	1
Mn	125,0	1	0,0633	680,0	1	315,0	100	0,0651	699,8	1	116,0	1	0,0637	684,2	1	260,0	1	0,0657	705,7	1
Ni	45	1	0,0037	24,0	1	96,0	100	0,0045	29,3	1	9,3	1	0,0032	20,7	1	11,0	1	0,0032	20,9	1
V	75	1	0,0151	56,0	1	180,0	100	0,0180	67,0	1	2,0	1	0,0130	48,5	1	4,0	1	0,0131	48,8	1
Sn	5,0	1	0,0018	4,6	1	10,0	100	0,0020	5,1	1	1,2	1	0,0016	4,3	1	2,0	1	0,0017	4,4	1
Summe Sb – Sn			0,097					0,109					0,092					0,095		

Zementwerk Steinkohle

Szenarien „Praxiswert“ und „Ausnahmen Praxiswert“:

Zementwerk mit Regelbrennstoff Steinkohle mit mittleren Gehalten und Einsatz von Abfällen mit Schwermetallgehalten entsprechend den Praxiswerten (Tabelle 7.9) und den Ausnahmen bei den Praxiswerten für HkFS gemäß Tabelle 7.10.

Parameter	Abfall „Praxiswert“			Auswirkungen auf das Reingas		Auswirkungen auf den Klinker			Abfall „Ausnahmen Praxiswert“			Auswirkungen auf das Reingas		Auswirkungen auf den Klinker		
	TS-Gehalte bei 20.000 kJ/kg H _u [mg/kg]	Vergleich mit Kohle (mittel) Faktor	Vergleich mit Kohle (hoch) Faktor	Abluftstrom bei 100% Abfalleinsatz* [mg/m ³]	Abluftstrom bei 50% Abfalleinsatz** [mg/m ³]	Klinker bei 50% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Klinker (mittel) Faktor	Vergleich mit Klinker (hoch) Faktor	TS-Gehalte bei 16.000 kJ/kg H _u [mg/kg]	Vergleich mit Kohle (mittel) Faktor	Vergleich mit Kohle (hoch) Faktor	Abluftstrom bei 100% Abfalleinsatz* [mg/m ³]	Abluftstrom bei 50% Abfalleinsatz** [mg/m ³]	Klinker bei 50% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Klinker (mittel) Faktor	Vergleich mit Klinker (hoch) Faktor
Cd	4	13,33	0,40	0,0005	0,0006	0,69	1,66	0,48	4	13,33	0,40	0,0006	0,0007	0,76	1,83	0,53
Tl	1	3,33	0,83	0,0010	0,0058	0,85	1,07	0,96	1	3,33	0,83	0,0012	0,0059	0,87	1,09	0,98
Cd + Tl				0,0015	0,0064							0,0019	0,0066			
Hg	0,6	3,00	0,50	0,0180	0,0304	0,09	1,29	0,67	0,6	3,00	0,50	0,0225	0,0326	0,09	1,39	0,72
Sb	25	10,00	2,78	0,0006	0,0008	5,0	1,50	1,25	25	10,00	2,78	0,0007	0,0009	5,5	1,64	1,36
As	5	0,37	0,10	0,0001	0,0008	6,5	0,95	0,61	5	0,37	0,10	0,0001	0,0008	6,6	0,96	0,62
Pb	70	1,03	0,26	0,0026	0,0074	28,5	1,06	0,59	190	2,79	0,70	0,0089	0,0105	40,7	1,51	0,85
Cr	40	1,51	0,50	0,0004	0,0026	41,5	1,04	0,91	125	4,72	1,56	0,0014	0,0031	49,9	1,25	1,10
Co	6	0,36	0,15	0,0001	0,0009	9,6	0,96	0,77	6	0,36	0,15	0,0001	0,0010	9,7	0,97	0,78
Cu	120	3,64	2,00	0,0008	0,0015	32,0	1,28	1,15	350	10,61	5,83	0,0031	0,0026	55,0	2,20	1,98
Mn	50	0,40	0,16	0,0007	0,0630	677,1	1,00	0,97	250	2,00	0,79	0,0042	0,0648	696,1	1,02	0,99
Ni	25	0,56	0,26	0,0006	0,0036	23,5	0,98	0,80	80	1,78	0,83	0,0022	0,0045	28,9	1,20	0,99
V	10	0,13	0,06	0,0004	0,0142	52,8	0,94	0,79	10	0,13	0,06	0,0005	0,0143	53,0	0,95	0,79
Sn	30	6,00	3,00	0,0017	0,0025	6,5	1,41	1,27	30	6,00	3,00	0,0021	0,0027	7,1	1,53	1,38
Summe Sb – Sn				0,008	0,097							0,020	0,103			

* Teilstrombetrachtung für Ersatzbrennstoffe nach 17. BImSchV; die Modellierung wurde ohne den Einsatz von Rohmehl vorgenommen.

** In diese Betrachtung gehen die Schwermetallfrachten des Rohmehls mit ein.

Zementwerk Steinkohle

Szenario „Reale Gehalte“:

Zementwerk mit Regelbrennstoff Steinkohle mit mittleren Gehalten und Einsatz von Abfällen mit Schwermetallgehalten entsprechend den durchgeführten Analysen für die eingesetzten Abfälle gemäß Tabelle 7.11.

Parameter	Abfall „Reale Gehalte“			Auswirkungen auf das Reingas		Auswirkungen auf den Klinker		
	FS-Gehalte bei 20.000 kJ/kg H _u [mg/kg]	Vergleich mit Kohle (mittel) Faktor	Vergleich mit Kohle (hoch) Faktor	Abluftstrom bei 100% Abfalleinsatz* [mg/m ³]	Abluftstrom bei 50% Abfalleinsatz** [mg/m ³]	Klinker bei 50% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Klinker (mittel) Faktor	Vergleich mit Klinker (hoch) Faktor
Cd	1,0	3,33	0,10	0,0001	0,0004	0,5	1,14	0,33
Tl	0,50	1,67	0,42	0,0005	0,0056	0,8	1,03	0,92
Cd + Tl				0,0006	0,0060			
Hg	0,15	0,75	0,13	0,0045	0,0236	0,07	1,00	0,52
Sb	18,0	7,20	2,00	0,0004	0,0007	4,5	1,35	1,12
As	2,0	0,15	0,04	0,00003	0,0007	6,3	0,92	0,59
Pb	25,0	0,37	0,09	0,0009	0,0066	25,5	0,94	0,53
Cr	19,0	0,72	0,24	0,0002	0,0025	40,0	1,00	0,88
Co	2,0	0,12	0,05	0,00003	0,0009	9,3	0,93	0,75
Cu	40,0	1,21	0,67	0,0003	0,0013	26,3	1,05	0,95
Mn	20,0	0,16	0,06	0,0003	0,0628	674,4	0,99	0,96
Ni	5,0	0,11	0,05	0,0001	0,0034	22,1	0,92	0,75
V	3,0	0,04	0,02	0,0001	0,0140	52,2	0,93	0,78
Sn	8,0	1,60	0,80	0,0004	0,0019	4,9	1,07	0,96
Summe Sb – Sn				0,003	0,095			

* Teilstrombetrachtung für Ersatzbrennstoffe nach 17. BImSchV; die Modellierung wurde ohne den Einsatz von Rohmehl vorgenommen.

** In diese Betrachtung gehen die Schwermetallfrachten des Rohmeihls mit ein.

Zementwerk Braunkohle

Szenarien „Praxiswert“ und „Ausnahmen Praxiswert“:

Zementwerk mit Regelbrennstoff Braunkohle mit mittleren Gehalten und Einsatz von Abfällen mit Schwermetallgehalten entsprechend den Praxiswerten (Tabelle 7.9) und den Ausnahmen bei den Praxiswerten für HkFS gemäß Tabelle 7.10.

Parameter	Abfall „Praxiswert“			Auswirkungen auf das Reingas		Auswirkungen auf den Klinker			Abfall „Ausnahmen Praxiswert“			Auswirkungen auf das Reingas		Auswirkungen auf den Klinker		
	TS-Gehalte bei 20.000 kJ/kg H _u [mg/kg]	Vergleich mit Kohle (mittel) Faktor	Vergleich mit Kohle (hoch) Faktor	Abluftstrom bei 100% Abfalleinsatz* [mg/m ³]	Abluftstrom bei 50% Abfalleinsatz** [mg/m ³]	Klinker bei 50% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Klinker (mittel) Faktor	Vergleich mit Klinker (hoch) Faktor	TS-Gehalte bei 16.000 kJ/kg H _u [mg/kg]	Vergleich mit Kohle (mittel) Faktor	Vergleich mit Kohle (hoch) Faktor	Abluftstrom bei 100% Abfalleinsatz* [mg/m ³]	Abluftstrom bei 50% Abfalleinsatz** [mg/m ³]	Klinker bei 50% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Klinker (mittel) Faktor	Vergleich mit Klinker (hoch) Faktor
Cd	4	400,00	11,43	0,0005	0,0006	0,7	1,74	1,54	4	400,00	11,43	0,0006	0,0007	0,7	1,93	1,71
Tl	1	11,11	5,00	0,0010	0,0057	0,8	1,08	1,06	1	11,11	5,00	0,0012	0,0059	0,9	1,11	1,08
Cd + Tl				0,0015	0,0063							0,0019	0,0065			
Hg	0,6	12,00	0,67	0,0180	0,0290	0,08	1,40	0,62	0,6	12,00	0,67	0,0225	0,0312	0,09	1,50	0,67
Sb	25	104,17	10,42	0,0006	0,0008	4,9	1,57	1,43	25	104,17	10,42	0,0007	0,0008	5,4	1,72	1,56
As	5	6,10	2,00	0,0001	0,0007	5,8	1,05	1,01	5	6,10	2,00	0,0001	0,0007	5,9	1,07	1,02
Pb	70	86,42	17,50	0,0026	0,0065	25,0	1,25	1,22	190	234,57	47,50	0,0089	0,0096	37,2	1,86	1,81
Cr	40	7,84	2,67	0,0004	0,0025	40,5	1,07	1,03	125	24,51	8,33	0,0014	0,0030	48,9	1,29	1,24
Co	6	1,71	0,40	0,0001	0,0009	9,0	1,02	0,85	6	1,71	0,40	0,0001	0,0009	9,1	1,03	0,86
Cu	120	100,00	30,00	0,0008	0,0015	30,3	1,40	1,37	350	291,67	87,50	0,0031	0,0026	53,4	2,46	2,41
Mn	50	0,43	0,19	0,0007	0,0632	679,2	0,99	0,96	250	2,16	0,96	0,0042	0,0650	698,3	1,02	0,99
Ni	25	2,69	2,27	0,0006	0,0034	21,8	1,05	1,04	80	8,60	7,27	0,0022	0,0042	27,2	1,32	1,30
V	10	5,00	2,50	0,0004	0,0132	49,0	1,01	1,01	10	5,00	2,50	0,0005	0,0132	49,2	1,02	1,01
Sn	30	25,00	15,00	0,0017	0,0024	6,4	1,49	1,45	30	25,00	15,00	0,0021	0,0026	6,9	1,61	1,57
Summe Sb - Sn				0,008	0,095							0,023	0,103			

* Teilstrombetrachtung für Ersatzbrennstoffe nach 17. BImSchV; die Modellierung wurde ohne den Einsatz von Rohmehl vorgenommen.

** In diese Betrachtung gehen die Schwermetallfrachten des Rohmehls mit ein.

Zementwerk Braunkohle

Szenario „Reale Gehalte“:

Zementwerk mit Regelbrennstoff Braunkohle mit mittleren Gehalten und Einsatz von Abfällen mit Schwermetallgehalten entsprechend den durchgeführten Analysen für die eingesetzten Abfälle gemäß Tabelle 7.11.

Parameter	Abfall „Reale Gehalte“			Auswirkungen auf das Reingas		Auswirkungen auf den Klinker		
	FS-Gehalte bei 20.000 kJ/kg H _u [mg/kg]	Vergleich mit Kohle (mittel) Faktor	Vergleich mit Kohle (hoch) Faktor	Abluftstrom bei 100% Abfalleinsatz* [mg/m ³]	Abluftstrom bei 50% Abfalleinsatz** [mg/m ³]	Klinker bei 50% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Klinker (mittel) Faktor	Vergleich mit Klinker (hoch) Faktor
Cd	1,0	100,00	2,86	0,0001	0,0004	0,5	1,18	1,05
Tl	0,50	5,56	2,50	0,0005	0,0055	0,8	1,04	1,02
Cd + Tl				0,0006	0,0059			
Hg	0,15	3,00	0,17	0,0045	0,0223	0,06	1,07	0,47
Sb	18,0	75,00	7,50	0,0004	0,0007	4,4	1,41	1,28
As	2,0	2,44	0,80	0,00003	0,0007	5,6	1,02	0,97
Pb	25,0	30,86	6,25	0,0009	0,0057	22,0	1,10	1,07
Cr	19,0	3,73	1,27	0,0002	0,0024	39,0	1,03	0,99
Co	2,0	0,57	0,13	0,00003	0,0009	8,7	0,99	0,83
Cu	40,0	33,33	10,00	0,0003	0,0012	24,7	1,14	1,11
Mn	20,0	0,17	0,08	0,0003	0,0630	676,5	0,99	0,96
Ni	5,0	0,54	0,45	0,0001	0,0032	20,4	0,99	0,98
V	3,0	1,50	0,75	0,0001	0,0130	48,4	1,00	0,99
Sn	8,0	6,67	4,00	0,0004	0,0018	4,8	1,11	1,08
Summe Sb – Sn				0,003	0,092			

* Teilstrombetrachtung für Ersatzbrennstoffe nach 17. BImSchV; die Modellierung wurde ohne den Einsatz von Rohmehl vorgenommen.

** In diese Betrachtung gehen die Schwermetallfrachten des Rohmehls mit ein.

Modellierungen Kraftwerke

Schmelzkammerfeuerung Steinkohle / Petrolkoks

Bezugsszenarien „Mittel“ und „Hoch“:

Bezugsszenarien für die Schmelzkammerfeuerung für Steinkohle und Petrolkoks
(Verhältnis 90:10) für mittlere und hohe Schwermetallgehalte der Steinkohlen.

Parameter	Steinkohle / Petrolkoks mit mittleren Schwermetallgehalten							Steinkohle / Petrolkoks mit hohen Schwermetallgehalten						
	Kohle (mittel) [mg/kg]	Basis Faktor	Reingas [mg/m ³]	Gips (mittel) [mg/kg]	Basis Faktor	Granulat (mittel) [mg/kg]	Basis Faktor	Kohle (hoch) [mg/kg]	Basis Faktor	Reingas [mg/m ³]	Gips (hoch) [mg/kg]	Basis Faktor	Granulat (hoch) [mg/kg]	Basis Faktor
Cd	0,37	1	0,0018	0,25	1	3,3	1	9,1	1	0,0421	6,1	1	79,6	1
Tl	0,3	1	0,0012	0,16	1	2,7	1	1,1	1	0,0044	0,6	1	10,0	1
Cd + Tl			0,0030							0,0465				
Hg	0,18	1	0,0060	1,03	1	0,09	1	1,1	1	0,0358	6,1	1	0,54	1
Sb	2,5	1	0,0086	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	8,4	1	0,0279	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
As	12,4	1	0,0496	8,40	1	111	1	45,2	1	0,1795	30,4	1	401	1
Pb	61,4	1	0,0407	49,57	1	570	1	243,2	1	0,1608	195,9	1	2.253	1
Cr	24,2	1	0,0033	0,99	1	244	1	72,3	1	0,0096	2,9	1	721	1
Co	15,2	1	0,0010	0,41	1	151	1	36,2	1	0,0024	1,0	1	360	1
Cu	29,8	1	0,0059	0,80	1	297	1	54,1	1	0,0108	1,5	1	538	1
Mn	125,0	1	0,0179	3,64	1	1.345	1	296,0	1	0,0405	8,2	1	3.041	1
Ni	75,5	1	0,0255	7,26	1	760	1	121,4	1	0,0407	11,6	1	1.211	1
V	217,5	1	0,0295	5,99	1	2.214	1	312,0	1	0,0420	8,5	1	3.151	1
Sn	5,0	1	0,0100	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	9,5	1	0,0189	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Summe Sb – Sn			0,192							0,533				

Schmelzkammerfeuerung Steinkohle / Petrolkoks

Szenario „Praxiswert“

Schmelzkammerfeuerung für Steinkohle und Petrolkoks (Verhältnis 90:10) mit mittleren Gehalten und Einsatz von Abfällen mit Schwermetallgehalten entsprechend den Praxiswerten gemäß Tabelle 7.9.

Parameter	Abfall „Praxiswert“			Auswirkungen auf das Reingas			Auswirkungen auf den Gips						Auswirkungen auf das Granulat					
	TS-Gehalte bei 20.000 kJ/kg H _u [mg/kg]	Vergleich mit Kohle (mittel) Faktor	Vergleich mit Kohle (hoch) Faktor	Abluftstrom bei 100% Abfalleinsatz* [mg/m ³]	Abluftstrom bei 25% Abfalleinsatz** [mg/m ³]	Abluftstrom bei 10% Abfalleinsatz [mg/m ³]	Gips bei 25% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Gips (mittel) Faktor	Vergleich mit Gips (hoch) Faktor	Gips bei 10% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Gips (mittel) Faktor	Vergleich mit Gips (hoch) Faktor	Granulat bei 25% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Granulat (mittel) Faktor	Vergleich mit Granulat (hoch) Faktor	Granulat bei 10% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Granulat (mittel) Faktor	Vergleich mit Granulat (hoch) Faktor
Cd	4	10,81	0,44	0,0264	0,0079	0,0042	1,13	4,41	0,18	0,61	2,38	0,10	14	4,08	0,17	7,7	2,31	0,10
Tl	1	3,33	0,90	0,0057	0,0023	0,0016	0,31	1,89	0,51	0,22	1,36	0,37	4,7	1,75	0,48	3,6	1,32	0,36
Cd + Tl				0,0321	0,0102	0,0059												
Hg	0,6	3,31	0,56	0,0283	0,0116	0,0083	1,94	1,88	0,32	1,40	1,36	0,23	0,16	1,74	0,29	0,12	1,32	0,22
Sb	25	10,00	2,99	0,1182	0,0360	0,0195	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
As	5	0,40	0,11	0,0287	0,0444	0,0475	7,35	0,88	0,24	7,98	0,95	0,26	90	0,81	0,22	102	0,92	0,25
Pb	70	1,14	0,29	0,0662	0,0471	0,0432	56,09	1,13	0,29	52,21	1,05	0,27	596	1,05	0,26	581	1,02	0,26
Cr	40	1,66	0,55	0,0076	0,0043	0,0037	1,29	1,31	0,44	1,11	1,12	0,38	294	1,21	0,41	265	1,09	0,37
Co	6	0,40	0,17	0,0006	0,0009	0,0010	0,36	0,87	0,37	0,39	0,95	0,40	122	0,81	0,34	139	0,92	0,39
Cu	120	4,02	2,22	0,0340	0,0130	0,0087	1,72	2,13	1,18	1,17	1,46	0,81	586	1,97	1,09	419	1,41	0,78
Mn	50	0,40	0,17	0,0109	0,0162	0,0172	3,21	0,88	0,39	3,47	0,95	0,42	1.098	0,82	0,36	1.241	0,92	0,41
Ni	25	0,33	0,21	0,0120	0,0222	0,0242	6,16	0,85	0,53	6,81	0,94	0,59	597	0,78	0,49	691	0,91	0,57
V	10	0,05	0,03	0,0020	0,0226	0,0268	4,50	0,75	0,53	5,39	0,90	0,63	1.536	0,69	0,49	1.926	0,87	0,61
Sn	30	6,00	316	0,0850	0,0288	0,0175	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Summe Sb – Sn				0,365	0,235	0,209												

* Teilstrombetrachtung für Ersatzbrennstoffe nach 17. BImSchV.

Schmelzkammerfeuerung Steinkohle / Petrolkoks

Szenario „Ausnahmen Praxiswert“:

Schmelzkammerfeuerung für Steinkohle und Petrolkoks (Verhältnis 90:10) mit mittleren Gehalten und Einsatz von Abfällen mit Schwermetallgehalten entsprechend den Ausnahmen für die Praxiswerte für HkFS (oberer Wert) gemäß Tabelle 7.10.

Parameter	Abfall „Ausnahmen Praxiswert“			Auswirkungen auf das Reingas			Auswirkungen auf den Gips						Auswirkungen auf das Granulat					
	TS-Gehalte bei 16.000 kJ/kg H _u [mg/kg]	Vergleich mit Kohle (mittel) Faktor	Vergleich mit Kohle (hoch) Faktor	Abluftstrom bei 100% Abfalleinsatz* [mg/m ³]	Abluftstrom bei 25% Abfalleinsatz** [mg/m ³]	Abluftstrom bei 10% Abfalleinsatz [mg/m ³]	Gips bei 25% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Gips (mittel) Faktor	Vergleich mit Gips (hoch) Faktor	Gips bei 10% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Gips (mittel) Faktor	Vergleich mit Gips (hoch) Faktor	Granulat bei 25% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Granulat (mittel) Faktor	Vergleich mit Granulat (hoch) Faktor	Granulat bei 10% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Granulat (mittel) Faktor	Vergleich mit Granulat (hoch) Faktor
Cd	4	10,81	0,44	0,0331	0,0096	0,0049	1,27	4,97	0,21	0,68	2,68	0,11	15,2	4,57	0,19	8,6	2,58	0,11
Tl	1	3,33	0,90	0,0071	0,0027	0,0018	0,33	2,03	0,55	0,23	1,43	0,39	5,1	1,86	0,51	3,8	1,38	0,38
Cd + Tl				0,0401	0,0123	0,0067												
Hg	0,6	3,31	0,56	0,0354	0,0134	0,0090	2,08	2,02	0,34	1,47	1,43	0,24	0,17	1,86	0,31	0,13	1,38	0,23
Sb	25	10,00	2,99	0,1478	0,0434	0,0225	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
As	5	0,40	0,11	0,0359	0,0462	0,0483	7,12	0,85	0,23	7,86	0,94	0,26	86	0,78	0,22	100	0,90	0,25
Pb	190	3,10	0,78	0,2242	0,0866	0,0590	96,08	1,94	0,49	69,22	1,40	0,35	1.016	1,78	0,45	767	1,35	0,34
Cr	125	5,18	1,73	0,0296	0,0098	0,0059	2,73	2,75	0,93	1,72	1,74	0,59	617	2,53	0,86	409	1,68	0,57
Co	6	0,40	0,17	0,0007	0,0009	0,0010	0,35	0,84	0,36	0,38	0,93	0,39	118	0,78	0,33	136	0,90	0,38
Cu	350	11,74	6,47	0,1239	0,0354	0,0177	4,37	5,43	3,00	2,31	2,87	1,59	1.482	4,99	2,76	822	2,77	1,53
Mn	250	2,00	0,84	0,0609	0,0287	0,0222	5,30	1,46	0,64	4,34	1,19	0,53	1.801	1,34	0,59	1.547	1,15	0,51
Ni	80	1,06	0,66	0,0475	0,0310	0,0277	8,03	1,11	0,69	7,59	1,04	0,66	773	1,02	0,64	766	1,01	0,63
V	10	0,05	0,03	0,0025	0,0228	0,0268	4,21	0,70	0,49	5,24	0,87	0,61	1.430	0,65	0,45	1.866	0,84	0,59
Sn	30	6,00	316	0,1062	0,0341	0,0196	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Summe Sb - Sn				0,779	0,339	0,251												

* Teilstrombetrachtung für Ersatzbrennstoffe nach 17. BImSchV.

Schmelzkammerfeuerung Steinkohle / Petrolkoks

Szenario „Reale Gehalte“:

Schmelzkammerfeuerung für Steinkohle und Petrolkoks (Verhältnis 90:10) mit mittleren Gehalten und Einsatz von Abfällen mit Schwermetallgehalten entsprechend den durchgeführten Analysen für die eingesetzten Abfälle gemäß Tabelle 7.11.

Parameter	Abfall „Reale Gehalte“			Auswirkungen auf das Reingas			Auswirkungen auf den Gips						Auswirkungen auf das Granulat					
	FS-Gehalte bei 20.000 kJ/kg H _u [mg/kg]	Vergleich mit Kohle (mittel) Faktor	Vergleich mit Kohle (hoch) Faktor	Abluftstrom bei 100% Abfalleinsatz* [mg/m ³]	Abluftstrom bei 25% Abfalleinsatz [mg/m ³]	Abluftstrom bei 10% Abfalleinsatz [mg/m ³]	Gips bei 25% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Gips (mittel) Faktor	Vergleich mit Gips (hoch) Faktor	Gips bei 10% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Gips (mittel) Faktor	Vergleich mit Gips (hoch) Faktor	Granulat bei 25% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Granulat (mittel) Faktor	Vergleich mit Granulat (hoch) Faktor	Granulat bei 10% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Granulat (mittel) Faktor	Vergleich mit Granulat (hoch) Faktor
Cd	1,0	2,70	0,11	0,0066	0,0030	0,0022	0,57	2,25	0,09	0,36	1,42	0,06	5,1	1,53	0,06	4,1	1,22	0,05
Tl	0,50	1,67	0,45	0,0028	0,0016	0,0014	0,29	1,79	0,49	0,21	1,26	0,34	3,3	1,21	0,33	3,0	1,09	0,30
Cd + Tl				0,0094	0,0046	0,0036												
Hg	0,15	0,83	0,14	0,0071	0,0063	0,0061	1,43	1,39	0,23	1,16	1,13	0,19	0,09	0,94	0,16	0,09	0,98	0,16
Sb	18,0	7,20	2,16	0,0849	0,0276	0,0162	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
As	2,0	0,16	0,04	0,0113	0,0401	0,0458	9,04	1,08	0,30	8,61	1,03	0,28	81	0,73	0,20	98	0,89	0,24
Pb	25,0	0,41	0,10	0,0236	0,0364	0,0390	59,17	1,19	0,30	52,77	1,06	0,27	461	0,81	0,20	524	0,92	0,23
Cr	19,0	0,79	0,26	0,0036	0,0033	0,0033	1,36	1,37	0,46	1,11	1,12	0,38	226	0,93	0,31	236	0,97	0,33
Co	2,0	0,13	0,06	0,0002	0,0008	0,0009	0,44	1,06	0,45	0,42	1,02	0,43	109	0,72	0,30	134	0,88	0,37
Cu	40,0	1,34	0,74	0,0113	0,0073	0,0065	1,32	1,64	0,90	0,98	1,21	0,67	329	1,11	0,61	311	1,05	0,58
Mn	20,0	0,16	0,07	0,0038	0,0144	0,0165	3,90	1,07	0,47	3,73	1,02	0,45	977	0,73	0,32	1.189	0,88	0,39
Ni	5,0	0,07	0,04	0,0024	0,0197	0,0232	7,49	1,03	0,65	7,34	1,01	0,63	532	0,70	0,44	663	0,87	0,55
V	3,0	0,01	0,01	0,0006	0,0223	0,0266	6,03	1,01	0,71	6,01	1,00	0,70	1.512	0,68	0,48	1.916	0,87	0,61
Sn	8,0	1,60	0,84	0,0226	0,0132	0,0113	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Summe Sb – Sn				0,164	0,185	0,189												

* Teilstrombetrachtung für Ersatzbrennstoffe nach 17. BImSchV.

Trockenfeuerung Steinkohle / Petrolkoks

Bezugsszenarien „Mittel“ und „Hoch“:

Bezugsszenarien für die Trockenfeuerung für Steinkohle und Petrolkoks (Verhältnis 90:10) für mittlere und hohe Schwermetallgehalte der Steinkohlen.

Parameter	Steinkohle / Petrolkoks mit mittleren Schwermetallgehalten									Steinkohle / Petrolkoks mit hohen Schwermetallgehalten								
	Kohle (mittel) [mg/kg]	Basis Faktor	Reingas [mg/m ³]	Gips (mittel) [mg/kg]	Basis Faktor	Grobasche (mittel) [mg/kg]	Basis Faktor	Flugasche (mittel) [mg/kg]	Basis Faktor	Kohle (hoch) [mg/kg]	Basis Faktor	Reingas [mg/m ³]	Gips (hoch) [mg/kg]	Basis Faktor	Grobasche (hoch) [mg/kg]	Basis Faktor	Flugasche (hoch) [mg/kg]	Basis Faktor
Cd	0,37	1	0,0004	0,41	1	4,2	1	3,3	1	9,1	1	0,0096	9,78	1	99,7	1	79,5	1
Tl	0,3	1	0,0002	0,41	1	1,2	1	2,8	1	1,1	1	0,0007	1,49	1	4,4	1	10,3	1
Cd + Tl			0,0006									0,0104						
Hg	0,18	1	0,0031	0,20	1	0,18	1	1,29	1	1,1	1	0,0186	1,16	1	1,08	1	7,66	1
Sb	2,5	1	0,0022	1,74	1	25,01	1	23,98	1	8,4	1	0,0073	5,66	1	81	1	78,13	1
As	12,4	1	0,0033	2,02	1	72	1	128	1	45,2	1	0,0120	7,29	1	261	1	464	1
Pb	61,4	1	0,0122	7,44	1	674	1	598	1	243,2	1	0,0482	29,39	1	2.665	1	2.362	1
Cr	24,2	1	0,0016	1,32	1	392	1	227	1	72,3	1	0,0048	3,91	1	1.159	1	672	1
Co	15,2	1	0,0010	1,43	1	129	1	153	1	36,2	1	0,0024	3,40	1	307	1	363	1
Cu	29,8	1	0,0020	5,63	1	537	1	266	1	54,1	1	0,0036	10,20	1	973	1	482	1
Mn	125	1	0,0090	27,32	1	1.702	1	1.285	1	296,0	1	0,0203	61,74	1	3.847	1	2.904	1
Ni	75,5	1	0,0051	2,07	1	923	1	750	1	121,4	1	0,0081	3,31	1	1.471	1	1.195	1
V	217,5	1	0,0148	8,99	1	1.667	1	2.274	1	312,0	1	0,0210	12,80	1	2.373	1	3.237	1
Sn	5,0	1	0,0084	5,43	1	76	1	41	1	9,5	1	0,0158	10,26	1	143	1	78	1
Summe Sb – Sn			0,060									0,143						

Trockenfeuerung Steinkohle / Petrolkoks

Szenario „Praxiswert“:

Trockenfeuerung für Steinkohle und Petrolkoks (Verhältnis 90:10) mit mittleren Gehalten und Einsatz von Abfällen mit Schwermetallgehalten entsprechend den Praxiswerten gemäß Tabelle 7.9.

Parameter	Abfall „Praxiswert“			Auswirkungen auf das Reingas			Auswirkungen auf den Gips						Auswirkungen auf die Grobasche						Auswirkungen auf die Flugasche					
	TS-Gehalte bei 20.000 kJ/kg H _u [mg/kg]	Vergleich mit Kohle (mittel) Faktor	Vergleich mit Kohle (hoch) Faktor	Abluftstrom* bei 100% Abfalleinsatz [mg/m ³]	Abluftstrom bei 25% Abfalleinsatz [mg/m ³]	Abluftstrom bei 10% Abfalleinsatz [mg/m ³]	Gips bei 25% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Gips (mittel) Faktor	Vergleich mit Gips (hoch) Faktor	Gips bei 10% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Gips (mittel) Faktor	Vergleich mit Gips (hoch) Faktor	Grobasche bei 25% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Grobasche (mittel) Faktor	Vergleich mit Grobasche (hoch) Faktor	Grobasche bei 10% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Grobasche (mittel) Faktor	Vergleich mit Grobasche (hoch) Faktor	Flugasche bei 25% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Flugasche (mittel) Faktor	Vergleich mit Flugasche (hoch) Faktor	Flugasche bei 10% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Flugasche (mittel) Faktor	Vergleich mit Flugasche (hoch) Faktor
Cd	4	10,81	0,44	0,0060	0,0018	0,0010	1,80	4,41	0,18	0,97	2,38	0,10	17,0	4,08	0,17	9,6	2,31	0,10	13,5	4,08	0,17	7,7	2,31	0,10
Tl	1	3,33	0,90	0,0009	0,0004	0,0003	0,77	1,89	0,51	0,55	1,36	0,37	2,1	1,75	0,48	1,6	1,32	0,36	4,9	1,75	0,48	3,7	1,32	0,36
Cd + Tl				0,0070	0,0022	0,0012																		
Hg	0,6	3,31	0,56	0,0147	0,0060	0,0043	0,37	1,88	0,32	0,27	1,36	0,23	0,32	1,74	0,29	0,24	1,32	0,22	2,25	1,74	0,29	1,70	1,32	0,22
Sb	25	10,00	2,99	0,0307	0,0094	0,0051	7,15	4,11	1,26	3,93	2,26	0,69	95	3,80	1,17	55	2,19	0,67	91	3,80	1,17	52	2,19	0,67
As	5	0,40	0,11	0,0019	0,0030	0,0032	1,76	0,88	0,24	1,91	0,95	0,26	59	0,81	0,22	66	0,92	0,25	104	0,81	0,22	118	0,92	0,25
Pb	70	1,14	0,29	0,0198	0,0141	0,0130	8,41	1,13	0,29	7,83	1,05	0,27	705	1,05	0,26	687	1,02	0,26	625	1,05	0,26	609	1,02	0,26
Cr	40	1,66	0,55	0,0038	0,0022	0,0018	1,73	1,31	0,44	1,49	1,12	0,38	473	1,21	0,41	427	1,09	0,37	275	1,21	0,41	247	1,09	0,37
Co	6	0,40	0,17	0,0006	0,0009	0,0010	1,25	0,87	0,37	1,36	0,95	0,40	104	0,81	0,34	119	0,92	0,39	124	0,81	0,34	141	0,92	0,39
Cu	120	4,02	2,22	0,0113	0,0043	0,0029	12,01	2,13	1,18	8,22	1,46	0,81	1.060	1,97	1,09	759	1,41	0,78	526	1,97	1,09	376	1,41	0,78
Mn	50	0,40	0,17	0,0047	0,0081	0,0086	24,11	0,88	0,39	26,02	0,95	0,42	1.389	0,82	0,36	1.570	0,92	0,41	1.049	0,82	0,36	1.185	0,92	0,41
Ni	25	0,33	0,21	0,0024	0,0044	0,0048	1,76	0,85	0,53	1,95	0,94	0,59	725	0,78	0,49	839	0,91	0,57	588	0,78	0,49	681	0,91	0,57
V	10	0,05	0,03	0,0009	0,0113	0,0134	6,75	0,75	0,53	8,08	0,90	0,63	1.157	0,69	0,49	1.451	0,87	0,61	1.578	0,69	0,49	1.979	0,87	0,61
Sn	30	6,00	3,16	0,0708	0,0240	0,0146	15,24	2,81	1,49	9,41	1,73	0,92	196	2,60	1,37	127	1,68	0,89	107	2,60	1,37	69	1,68	0,89
Summe Sb - Sn				0,147	0,082	0,068																		

* Teilstrombetrachtung für Ersatzbrennstoffe nach 17. BImSchV.

Trockenfeuerung Steinkohle / Petrolkoks

Szenario „Ausnahmen Praxiswert“:

Trockenfeuerung für Steinkohle und Petrolkoks (Verhältnis 90:10) mit mittleren Gehalten und Einsatz von Abfällen mit Schwermetallgehalten entsprechend den Praxiswerten (Tabelle 7.9) und den Ausnahmen bei den Praxiswerten für HkFS (oberer Wert) gemäß Tabelle 7.10.

Parameter	Abfall „Ausnahmen Praxiswert“			Auswirkungen auf das Reingas			Auswirkungen auf den Gips						Auswirkungen auf die Grobasche						Auswirkungen auf die Flugasche					
	TSGehalte bei 16.000 kJ/kg H _u [mg/kg]	Vergleich mit Kohle (mittel) Faktor	Vergleich mit Kohle (hoch) Faktor	Abluftstrom* bei 100% Abfalleinsatz [mg/m ³]	Abluftstrom bei 25% Abfalleinsatz [mg/m ³]	Abluftstrom bei 10% Abfalleinsatz [mg/m ³]	Gips bei 25% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Gips (mittel) Faktor	Vergleich mit Gips (hoch) Faktor	Gips bei 10% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Gips (mittel) Faktor	Vergleich mit Gips (hoch) Faktor	Grobasche bei 25% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Grobasche (mittel) Faktor	Vergleich mit Grobasche (hoch) Faktor	Grobasche bei 10% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Grobasche (mittel) Faktor	Vergleich mit Grobasche (hoch) Faktor	Flugasche bei 25% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Flugasche (mittel) Faktor	Vergleich mit Flugasche (hoch) Faktor	Flugasche bei 10% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Flugasche (mittel) Faktor	Vergleich mit Flugasche (hoch) Faktor
Cd	4	10,81	0,44	0,0075	0,0022	0,0011	2,03	4,97	0,21	1,09	2,68	0,11	19,0	4,57	0,19	10,7	2,58	0,11	15,1	4,57	0,19	8,6	2,58	0,11
Tl	1	3,33	0,90	0,0012	0,0004	0,0003	0,82	2,03	0,55	0,58	1,43	0,39	2,2	1,86	0,51	1,7	1,38	0,38	5,2	1,86	0,51	3,9	1,38	0,38
Cd + Tl				0,0087	0,0026	0,0014																		
Hg	0,6	3,31	0,56	0,0184	0,0070	0,0047	0,40	2,02	0,34	0,28	1,43	0,24	0,34	1,86	0,31	0,25	1,38	0,23	2,40	1,86	0,31	1,78	1,38	0,23
Sb	25	10,00	2,99	0,0383	0,0113	0,0058	8,02	4,61	1,42	4,39	2,53	0,78	106	4,24	1,30	61	2,44	0,75	102	4,24	1,30	58	2,44	0,75
As	5	0,40	0,11	0,0024	0,0031	0,0032	1,71	0,85	0,23	1,89	0,94	0,26	56	0,78	0,22	65	0,90	0,25	100	0,78	0,22	116	0,90	0,25
Pb	190	3,10	0,78	0,0672	0,0260	0,0177	14,41	1,94	0,49	10,38	1,40	0,35	1.201	1,78	0,45	908	1,35	0,34	1.065	1,78	0,45	805	1,35	0,34
Cr	125	5,18	1,73	0,0147	0,0049	0,0029	3,64	2,75	0,93	2,30	1,74	0,59	992	2,53	0,86	658	1,68	0,57	575	2,53	0,86	381	1,68	0,57
Co	6	0,40	0,17	0,0007	0,0009	0,0010	1,21	0,84	0,36	1,34	0,93	0,39	100	0,78	0,33	116	0,90	0,38	119	0,78	0,33	138	0,90	0,38
Cu	350	11,74	6,47	0,0413	0,0118	0,0059	30,58	5,43	3,00	16,18	2,87	1,59	2.681	4,99	2,76	1.488	2,77	1,53	1.330	4,99	2,76	738	2,77	1,53
Mn	250	2,00	0,84	0,0295	0,0143	0,0111	39,77	1,46	0,64	32,58	1,19	0,53	2.278	1,34	0,59	1.958	1,15	0,51	1.720	1,34	0,59	1.478	1,15	0,51
Ni	80	1,06	0,66	0,0094	0,0062	0,0055	2,29	1,11	0,69	2,17	1,04	0,66	939	1,02	0,64	930	1,01	0,63	762	1,02	0,64	755	1,01	0,63
V	10	0,05	0,03	0,0012	0,0114	0,0134	6,32	0,70	0,49	7,86	0,87	0,61	1.077	0,65	0,45	1.405	0,84	0,59	1.469	0,65	0,45	1.918	0,84	0,59
Sn	30	6,00	3,16	0,0884	0,0284	0,0164	16,81	3,10	1,64	10,24	1,89	1,00	215	2,85	1,51	137	1,82	0,96	118	2,85	1,51	75	1,82	0,96
Summe Sb – Sn				0,293	0,118	0,083																		

* Teilstrombetrachtung für Ersatzbrennstoffe nach 17. BImSchV.

Trockenfeuerung Steinkohle / Petrolkoks

Szenario „Reale Gehalte“:

Trockenfeuerung für Steinkohle und Petrolkoks (Verhältnis 90:10) mit mittleren Gehalten und Einsatz von Abfällen mit Schwermetallgehalten entsprechend den durchgeführten Analysen für die eingesetzten Abfälle gemäß Tabelle 7.11.

Parameter	Abfall „Reale Gehalte“			Auswirkungen auf das Reingas			Auswirkungen auf den Gips						Auswirkungen auf die Grobasche						Auswirkungen auf die Flugasche					
	FS-Gehalte bei 20.000 kJ/kg H _u			Abluftstrom* bei 100% Abfalleinsatz			Gips bei 25% Abfalleinsatz			Gips bei 10% Abfalleinsatz			Grobasche bei 25% Abfalleinsatz			Grobasche bei 10% Abfalleinsatz			Flugasche bei 25% Abfalleinsatz			Flugasche bei 10% Abfalleinsatz		
	[mg/kg]	Faktor	Faktor	[mg/m ³]	[mg/m ³]	[mg/m ³]	[mg/kg]	Faktor	Faktor	[mg/kg]	Faktor	Faktor	[mg/kg]	Faktor	Faktor	[mg/kg]	Faktor	Faktor	[mg/kg]	Faktor	Faktor	[mg/kg]	Faktor	Faktor
Cd	1,0	2,70	0,11	0,0015	0,0007	0,0005	0,92	2,25	0,09	0,58	1,42	0,06	6,4	1,53	0,06	5,1	1,22	0,05	5,1	1,53	0,06	4,1	1,22	0,05
Tl	0,50	1,67	0,45	0,0005	0,0003	0,0002	0,73	1,79	0,49	0,51	1,26	0,34	1,5	1,21	0,33	1,3	1,09	0,30	3,4	1,21	0,33	3,1	1,09	0,30
Cd + Tl				0,0020	0,0009	0,0007																		
Hg	0,15	0,83	0,14	0,0037	0,0033	0,0032	0,27	1,39	0,23	0,22	1,13	0,19	0,17	0,94	0,16	0,18	0,98	0,16	1,22	0,94	0,16	1,26	0,98	0,16
Sb	18,0	7,20	2,16	0,0221	0,0072	0,0042	7,49	4,31	1,32	3,65	2,10	0,65	73	2,92	0,90	45	1,82	0,56	70	2,92	0,90	44	1,82	0,56
As	2,0	0,16	0,04	0,0008	0,0027	0,0031	2,17	1,08	0,30	2,07	1,03	0,28	53	0,73	0,20	64	0,89	0,24	94	0,73	0,20	113	0,89	0,24
Pb	25,0	0,41	0,10	0,0071	0,0109	0,0117	8,87	1,19	0,30	7,91	1,06	0,27	546	0,81	0,20	620	0,92	0,23	484	0,81	0,20	549	0,92	0,23
Cr	19,0	0,79	0,26	0,0018	0,0017	0,0016	1,81	1,37	0,46	1,48	1,12	0,38	364	0,93	0,31	380	0,97	0,33	211	0,93	0,31	220	0,97	0,33
Co	2,0	0,13	0,06	0,0002	0,0008	0,0009	1,52	1,06	0,45	1,46	1,02	0,43	93	0,72	0,30	114	0,88	0,37	110	0,72	0,30	135	0,88	0,37
Cu	40,0	1,34	0,74	0,0038	0,0024	0,0022	9,21	1,64	0,90	6,83	1,21	0,67	596	1,11	0,61	562	1,05	0,58	296	1,11	0,61	279	1,05	0,58
Mn	20,0	0,16	0,07	0,0019	0,0072	0,0083	29,25	1,07	0,47	27,96	1,02	0,45	1.236	0,73	0,32	1.504	0,88	0,39	933	0,73	0,32	1.136	0,88	0,39
Ni	5,0	0,07	0,04	0,0005	0,0039	0,0046	2,14	1,03	0,65	2,10	1,01	0,63	646	0,70	0,44	805	0,87	0,55	524	0,70	0,44	654	0,87	0,55
V	3,0	0,01	0,01	0,0003	0,0111	0,0133	9,05	1,01	0,71	9,01	1,00	0,70	1.138	0,68	0,48	1.443	0,87	0,61	1.553	0,68	0,48	1.969	0,87	0,61
Sn	8,0	1,60	0,84	0,0189	0,0110	0,0094	9,52	1,75	0,93	6,79	1,25	0,66	90	1,19	0,63	82	1,08	0,57	49	1,19	0,63	45	1,08	0,57
Summe Sb - Sn				0,057	0,059	0,059																		

* Teilstrombetrachtung für Ersatzbrennstoffe nach 17. BImSchV.

Trockenfeuerung Braunkohle

Bezugsszenarien „Mittel“ und „Hoch“:

Bezugsszenarien für die Trockenfeuerung für Braunkohle für mittlere und hohe Schwermetallgehalte der Braunkohlen.

Parameter	Braunkohle mit mittleren Schwermetallgehalten									Braunkohle mit hohen Schwermetallgehalten								
	Kohle (mittel) [mg/kg]	Basis Faktor	Reingas [mg/m ³]	Gips (mittel) [mg/kg]	Basis Faktor	Grobasche (mittel) [mg/kg]	Basis Faktor	Flugasche (mittel) [mg/kg]	Basis Faktor	Kohle (hoch) [mg/kg]	Basis Faktor	Reingas [mg/m ³]	Gips (hoch) [mg/kg]	Basis Faktor	Grobasche (hoch) [mg/kg]	Basis Faktor	Flugasche (hoch) [mg/kg]	Basis Faktor
Cd	0,01	1	0,00004	0,06	1	0,3	1	0,2	1	0,35	1	0,0014	1,96	1	9,1	1	7,1	1
Tl	0,09	1	0,00035	0,63	1	0,9	1	1,9	1	0,2	1	0,0008	1,40	1	1,9	1	4,3	1
Cd + Tl			0,00039									0,0021						
Hg	0,05	1	0,00097	0,28	1	0,12	1	0,92	1	0,9	1	0,0175	5,02	1	2,13	1	16,56	1
Sb	0,24	1	0,00002	0,89	1	5,87	1	5,71	1	2,4	1	0,0002	8,43	1	55	1	53,90	1
As	0,82	1	0,00008	0,70	1	12	1	20	1	2,5	1	0,0002	2,11	1	35	1	61	1
Pb	0,81	1	0,00008	0,53	1	22	1	20	1	4,0	1	0,0004	2,54	1	105	1	93	1
Cr	5,1	1	0,00050	1,45	1	196	1	114	1	15,0	1	0,0015	4,21	1	571	1	331	1
Co	3,5	1	0,00034	1,72	1	71	1	84	1	15,0	1	0,0015	7,33	1	302	1	358	1
Cu	1,2	1	0,00012	1,20	1	52	1	26	1	4,0	1	0,0004	3,94	1	172	1	85	1
Mn	116,0	1	0,01145	123,45	1	3.516	1	2.655	1	260,0	1	0,0254	274,13	1	7.807	1	5.894	1
Ni	9,3	1	0,00091	1,31	1	267	1	217	1	11,0	1	0,0011	1,55	1	316	1	256	1
V	2,0	1	0,00021	0,45	1	38	1	52	1	4,0	1	0,0004	0,87	1	74	1	101	1
Sn	1,2	1	0,00012	6,74	1	43	1	24	1	2,0	1	0,0002	11,21	1	71	1	40	1
Summe Sb – Sn			0,014									0,031						

Trockenfeuerung Braunkohle

Szenario „Praxiswert“:

Trockenfeuerung für Braunkohle mit mittleren Gehalten und Einsatz von Abfällen mit Schwermetallgehalten entsprechend den Praxiswerten gemäß Tabelle 7.9.

Parameter	Abfall „Praxiswert“			Auswirkungen auf das Reingas			Auswirkungen auf den Gips						Auswirkungen auf die Grobasche						Auswirkungen auf die Flugasche					
	TSGehalte bei 20.000 kJ/kg H _u			Abflutstrom* bei 100% Abfalleinsatz			Gips bei 25% Abfalleinsatz			Gips bei 10% Abfalleinsatz			Grobasche bei 25% Abfalleinsatz			Grobasche bei 10% Abfalleinsatz			Flugasche bei 25% Abfalleinsatz			Flugasche bei 10% Abfalleinsatz		
	[mg/kg]	Faktor	Faktor	[mg/m ³]	[mg/m ³]	[mg/m ³]	[mg/kg]	Faktor	Faktor	[mg/kg]	Faktor	Faktor	[mg/kg]	Faktor	Faktor	[mg/kg]	Faktor	Faktor	[mg/kg]	Faktor	Faktor	[mg/kg]	Faktor	Faktor
Cd	4	400,00	11,43	0,0151	0,0038	0,0016	3,20	50,85	1,63	1,73	27,58	0,88	19,3	65,78	2,11	9,2	31,38	1,01	14,9	65,78	2,11	7,1	31,38	1,01
Tl	1	11,11	5,00	0,0038	0,0012	0,0007	1,27	2,01	0,91	0,97	1,54	0,69	2,2	2,60	1,17	1,5	1,75	0,79	5,0	2,60	1,17	3,4	1,75	0,79
Cd + Tl				0,0189	0,0050	0,0022																		
Hg	0,6	12,00	0,67	0,0113	0,0036	0,0020	0,60	2,13	0,12	0,45	1,60	0,09	0,33	2,76	0,15	0,22	1,83	0,10	2,55	2,76	0,15	1,69	1,83	0,10
Sb	25	104,17	10,42	0,0024	0,0006	0,0003	12,79	14,33	1,52	7,24	8,11	0,86	109	18,54	1,96	54	9,23	0,98	106	18,54	1,96	53	9,23	0,98
As	5	6,10	2,00	0,0005	0,0002	0,0001	0,91	1,30	0,43	0,81	1,16	0,39	19	1,68	0,56	15	1,32	0,44	34	1,68	0,56	27	1,32	0,44
Pb	70	86,42	17,50	0,0066	0,0017	0,0007	6,48	12,15	2,56	3,71	6,95	1,46	347	15,72	3,31	175	7,90	1,66	309	15,72	3,31	155	7,90	1,66
Cr	40	7,84	2,67	0,0038	0,0013	0,0008	2,23	1,54	0,53	1,86	1,29	0,44	391	1,99	0,69	288	1,47	0,50	227	1,99	0,69	167	1,47	0,50
Co	6	1,71	0,40	0,0006	0,0004	0,0004	1,17	0,68	0,16	1,43	0,83	0,19	62	0,88	0,21	67	0,94	0,22	74	0,88	0,21	79	0,94	0,22
Cu	120	100,00	30,00	0,0113	0,0029	0,0012	17,17	14,27	4,36	9,72	8,08	2,47	968	18,46	5,64	482	9,19	2,81	480	18,46	5,64	239	9,19	2,81
Mn	50	0,43	0,19	0,0047	0,0099	0,0108	62,61	0,51	0,23	91,00	0,74	0,33	2.306	0,66	0,30	2.949	0,84	0,38	1.741	0,66	0,30	2.226	0,84	0,38
Ni	25	2,69	2,27	0,0024	0,0013	0,0011	1,08	0,82	0,70	1,19	0,90	0,77	284	1,06	0,90	275	1,03	0,87	231	1,06	0,90	223	1,03	0,87
V	10	5,00	2,50	0,0009	0,0004	0,0003	0,51	1,14	0,59	0,48	1,07	0,56	56	1,47	0,76	47	1,22	0,63	77	1,47	0,76	64	1,22	0,63
Sn	30	25,00	15,00	0,0028	0,0008	0,0004	26,72	3,96	2,38	17,40	2,58	1,55	220	5,13	3,08	126	2,94	1,77	124	5,13	3,08	71	2,94	1,77
Summe Sb - Sn				0,036	0,020	0,016																		

* Teilstrombetrachtung für Ersatzbrennstoffe nach 17. BlmSchV.

Trockenfeuerung Braunkohle

Szenario „Ausnahmen Praxiswert“:

Trockenfeuerung für Braunkohle mit mittleren Gehalten und Einsatz von Abfällen mit Schwermetallgehalten entsprechend den Praxiswerten (Tabelle 7.9) und den Ausnahmen für die Praxiswerte für HkFS (oberer Wert) gemäß Tabelle 7.10.

Parameter	Abfall „Ausnahmen Praxiswert“			Auswirkungen auf das Reingas			Auswirkungen auf den Gips						Auswirkungen auf die Grobasche						Auswirkungen auf die Flugasche					
	TSGehalte bei 16.000 kJ/kg H _u [mg/kg]	Vergleich mit Kohle (mittel) Faktor	Vergleich mit Kohle (hoch) Faktor	Abluftstrom* bei 100% Abfalleinsatz [mg/m ³]	Abluftstrom bei 25% Abfalleinsatz [mg/m ³]	Abluftstrom bei 10% Abfalleinsatz [mg/m ³]	Gips bei 25% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Gips (mittel) Faktor	Vergleich mit Gips (hoch) Faktor	Gips bei 10% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Gips (mittel) Faktor	Vergleich mit Gips (hoch) Faktor	Grobasche bei 25% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Grobasche (mittel) Faktor	Vergleich mit Grobasche (hoch) Faktor	Grobasche bei 10% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Grobasche (mittel) Faktor	Vergleich mit Grobasche (hoch) Faktor	Flugasche bei 25% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Flugasche (mittel) Faktor	Vergleich mit Flugasche (hoch) Faktor	Flugasche bei 10% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Flugasche (mittel) Faktor	Vergleich mit Flugasche (hoch) Faktor
Cd	4	400,00	11,43	0,0189	0,0048	0,002	3,45	54,87	1,76	1,99	31,67	1,02	21,7	74,05	2,38	10,9	37,14	1,19	16,8	74,05	2,38	8,4	37,14	1,19
Tl	1	11,11	5,00	0,0047	0,0014	0,0008	1,31	2,08	0,94	1,02	1,61	0,73	2,4	2,80	1,26	1,6	1,89	0,85	5,4	2,80	1,26	3,6	1,89	0,85
Cd + Tl				0,0236	0,0062	0,0027																		
Hg	0,6	12,00	0,67	0,0142	0,0043	0,002	0,62	2,21	0,12	0,47	1,69	0,09	0,35	2,99	0,17	0,24	1,98	0,11	2,76	2,99	0,17	1,83	1,98	0,11
Sb	25	104,17	10,42	0,0029	0,0008	0,0003	13,74	15,40	1,63	8,21	9,20	0,97	122	20,78	2,20	63	10,79	1,14	119	20,78	2,20	62	10,79	1,14
As	5	6,10	2,00	0,0006	0,0002	0,0001	0,92	1,31	0,44	0,83	1,17	0,39	20	1,76	0,59	16	1,38	0,46	36	1,76	0,59	28	1,38	0,46
Pb	190	234,57	47,50	0,0224	0,0057	0,0023	18,51	34,70	7,30	10,76	20,18	4,24	1.035	46,82	9,85	523	23,67	4,98	920	46,82	9,85	465	23,67	4,98
Cr	125	24,51	8,33	0,0147	0,0041	0,0019	5,91	4,08	1,40	3,99	2,76	0,95	1.082	5,51	1,89	634	3,23	1,11	627	5,51	1,89	368	3,23	1,11
Co	6	1,71	0,40	0,0007	0,0004	0,0004	1,10	0,64	0,15	1,37	0,80	0,19	61	0,87	0,20	66	0,93	0,22	73	0,87	0,20	78	0,93	0,22
Cu	350	291,67	87,50	0,0413	0,0104	0,0042	52,88	43,96	13,43	30,62	25,46	7,78	3.111	59,33	18,13	1.566	29,86	9,12	1.543	59,33	18,13	777	29,86	9,12
Mn	250	2,16	0,96	0,0295	0,0162	0,0133	88,11	0,71	0,32	103,3	0,84	0,38	3.386	0,96	0,43	3.452	0,98	0,44	2.557	0,96	0,43	2.606	0,98	0,44
Ni	80	8,60	7,27	0,0094	0,0031	0,0018	2,22	1,69	1,43	1,83	1,39	1,18	609	2,28	1,93	436	1,63	1,38	495	2,28	1,93	354	1,63	1,38
V	10	5,00	2,50	0,0012	0,0005	0,0003	0,51	1,13	0,59	0,49	1,08	0,56	59	1,53	0,79	48	1,26	0,66	80	1,53	0,79	66	1,26	0,66
Sn	30	25,00	15,00	0,0035	0,0010	0,0005	28,25	4,19	2,52	18,98	2,82	1,69	242	5,66	3,40	142	3,30	1,99	137	5,66	3,40	80	3,30	1,99
Summe Sb - Sn				0,126	0,042	0,025																		

* Teilstrombetrachtung für Ersatzbrennstoffe nach 17. BImSchV.

Trockenfeuerung Braunkohle

Szenario „Reale Gehalte“:

Trockenfeuerung für Braunkohle mit mittleren Gehalten und Einsatz von Abfällen mit Schwermetallgehalten entsprechend den durchgeführten Analysen für die eingesetzten Abfälle gemäß Tabelle 7.11.

Parameter	Abfall „Reale Gehalte“			Auswirkungen auf das Reingas			Auswirkungen auf den Gips						Auswirkungen auf die Grobasche						Auswirkungen auf die Flugasche					
	FS-Gehalte bei 20.000 kJ/kg H _u [mg/kg]	Vergleich mit Kohle (mittel) Faktor	Vergleich mit Kohle (hoch) Faktor	Abluftstrom* bei 100% Abfalleinsatz [mg/m ³]	Abluftstrom bei 25% Abfalleinsatz [mg/m ³]	Abluftstrom bei 10% Abfalleinsatz [mg/m ³]	Gips bei 25% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Gips (mittel) Faktor	Vergleich mit Gips (hoch) Faktor	Gips bei 10% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Gips (mittel) Faktor	Vergleich mit Gips (hoch) Faktor	Grobasche bei 25% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Grobasche (mittel) Faktor	Vergleich mit Grobasche (hoch) Faktor	Grobasche bei 10% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Grobasche (mittel) Faktor	Vergleich mit Grobasche (hoch) Faktor	Flugasche bei 25% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Flugasche (mittel) Faktor	Vergleich mit Flugasche (hoch) Faktor	Flugasche bei 10% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Flugasche (mittel) Faktor	Vergleich mit Flugasche (hoch) Faktor
Cd	1,0	100,00	2,86	0,0038	0,0010	0,0004	1,87	29,80	0,96	0,67	10,59	0,34	4,9	16,85	0,54	2,5	8,43	0,27	3,8	16,85	0,54	1,9	8,43	0,27
Tl	0,50	5,56	2,50	0,0019	0,0007	0,0005	1,76	2,80	1,26	1,01	1,60	0,72	1,4	1,58	0,71	1,1	1,27	0,57	3,0	1,58	0,71	2,4	1,27	0,57
Cd + Tl				0,0057	0,0017	0,0009																		
Hg	0,15	3,00	0,17	0,0028	0,0014	0,0012	0,55	1,97	0,11	0,37	1,32	0,07	0,13	1,11	0,06	0,13	1,05	0,06	1,03	1,11	0,06	0,97	1,05	0,06
Sb	18,0	75,00	7,50	0,0017	0,0004	0,0002	21,27	23,83	2,52	7,68	8,61	0,91	79	13,47	1,43	40	6,85	0,73	77	13,47	1,43	39	6,85	0,73
As	2,0	2,44	0,80	0,0002	0,0001	0,0001	1,25	1,77	0,59	0,88	1,26	0,42	12	1,00	0,33	12	1,00	0,33	21	1,00	0,33	21	1,00	0,33
Pb	25,0	30,86	6,25	0,0024	0,0007	0,0003	5,63	10,55	2,22	2,23	4,18	0,88	132	5,96	1,25	74	3,33	0,70	117	5,96	1,25	65	3,33	0,70
Cr	19,0	3,73	1,27	0,0018	0,0008	0,0006	3,17	2,19	0,75	2,02	1,40	0,48	243	1,24	0,43	218	1,11	0,38	141	1,24	0,43	127	1,11	0,38
Co	2,0	0,57	0,13	0,0002	0,0003	0,0003	2,04	1,19	0,28	1,82	1,06	0,25	47	0,67	0,16	60	0,85	0,20	56	0,67	0,16	71	0,85	0,20
Cu	40,0	33,33	10,00	0,0038	0,0010	0,0005	13,88	11,54	3,53	5,43	4,51	1,38	342	6,52	1,99	188	3,59	1,10	170	6,52	1,99	93	3,59	1,10
Mn	20,0	0,17	0,08	0,0019	0,0091	0,0105	130,4	1,06	0,48	125,8	1,02	0,46	2.099	0,60	0,27	2.851	0,81	0,37	1.585	0,60	0,27	2.153	0,81	0,37
Ni	5,0	0,54	0,45	0,0005	0,0008	0,0009	1,54	1,17	0,99	1,39	1,06	0,90	177	0,66	0,56	225	0,84	0,71	144	0,66	0,56	183	0,84	0,71
V	3,0	1,50	0,75	0,0003	0,0002	0,0002	0,66	1,45	0,75	0,52	1,15	0,60	31	0,82	0,43	35	0,92	0,48	43	0,82	0,43	48	0,92	0,48
Sn	8,0	6,67	4,00	0,0008	0,0003	0,0002	21,24	3,15	1,90	11,57	1,72	1,03	76	1,78	1,07	59	1,37	0,82	43	1,78	1,07	33	1,37	0,82
Summe Sb - Sn				0,013	0,014	0,014																		

* Teilstrombetrachtung für Ersatzbrennstoffe nach 17. BImSchV.

Rostfeuerung Braunkohle

Bezugsszenarien „Mittel“ und „Hoch“:

Bezugsszenarien für die Rostfeuerung für Braunkohle für mittlere und hohe Schwermetallgehalte der Braunkohlen.

Parameter	Braunkohle mit mittleren Schwermetallgehalten							Braunkohle mit hohen Schwermetallgehalten						
	Kohle (mitte) [mg/kg]	Basis Faktor	Reingas [mg/m ³]	Grobasche (mitte) [mg/kg]	Basis Faktor	REA-Produkt (mitte) [mg/kg]	Basis Faktor	Kohle (hoch) [mg/kg]	Basis Faktor	Reingas [mg/m ³]	Grobasche (hoch) [mg/kg]	Basis Faktor	REA-Produkt (hoch) [mg/kg]	Basis Faktor
Cd	0,01	1	0,00002	0,34	1	0,2	1	0,35	1	0,0006	10,5	1	6,5	1
Tl	0,09	1	0,00005	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	0,20	1	0,0001	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Cd + Tl			0,00007							0,0007				
Hg	0,05	1	0,00239	0,20	1	0,54	1	0,90	1	0,0428	3,6	1	9,76	1
Sb	0,24	1	0,00010	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	2,4	1	0,0009	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
As	0,82	1	0,00147	17	1	16	1	2,5	1	0,0044	50	1	49	1
Pb	0,81	1	0,00140	25	1	16	1	4,0	1	0,0067	121	1	74	1
Cr	5,1	1	0,00101	516	1	57	1	15,0	1	0,0029	1.502	1	166	1
Co	3,5	1	0,00016	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	15,0	1	0,0007	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Cu	1,2	1	0,00036	98	1	16	1	4,0	1	0,0012	321	1	53	1
Mn	116,0	1	0,00544	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	260,0	1	0,0121	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Ni	9,3	1	0,00274	750	1	124	1	11,0	1	0,0032	886	1	147	1
V	2,0	1	0,00063	172	1	29	1	4,0	1	0,0012	331	1	55	1
Sn	1,2	1	0,00019	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	2,0	1	0,0003	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Summe Sb – Sn			0,013							0,034				

Rostfeuerung Braunkohle

Szenario „Praxiswert“:

Rostfeuerung für Braunkohle mit mittleren Gehalten und Einsatz von Abfällen mit Schwermetallgehalten entsprechend den Praxiswerten gemäß Tabelle 7.9.

Parameter	Abfall „Praxiswert“			Auswirkungen auf das Reingas			Auswirkungen auf die Grobmasche						Auswirkungen auf das REA-Produkt					
	TS-Gehalte bei 20.000 kJ/kg H _u [mg/kg]	Vergleich mit Kohle (mittel) Faktor	Vergleich mit Kohle (hoch) Faktor	Abluftstrom bei 100% Abfalleinsatz* [mg/m ³]	Abluftstrom bei 25% Abfalleinsatz [mg/m ³]	Abluftstrom bei 10% Abfalleinsatz [mg/m ³]	Grobmasche bei 25% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Grobmasche (mittel) Faktor	Vergleich mit Grobmasche (hoch) Faktor	Grobmasche bei 10% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Grobmasche (mittel) Faktor	Vergleich mit Grobmasche (hoch) Faktor	REA-Produkt bei 25% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit REA-Produkt (mittel) Faktor	Vergleich mit REA-Produkt (hoch) Faktor	REA-Produkt bei 10% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit REA-Produkt (mittel) Faktor	Vergleich mit REA-Produkt (hoch) Faktor
Cd	4	400,00	11,43	0,0064	0,0016	0,0007	21,2	62,86	2,02	10,3	30,71	0,99	13	62,86	2,02	6,4	30,71	0,99
Tl	1	11,11	5,00	0,0005	0,0002	0,0001	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Cd + Tl				0,0069	0,0018	0,0008												
Hg	0,6	12,00	0,67	0,0277	0,0087	0,0049	0,53	2,64	0,15	0,36	1,79	0,10	1,44	2,64	15	0,97	1,79	0,10
Sb	25	104,17	10,42	0,0096	0,0025	0,0010	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
As	5	6,10	2,00	0,0085	0,0033	0,0022	27	1,60	0,53	22	1,29	0,43	26	1,60	0,53	21	1,29	0,43
Pb	70	86,42	17,50	0,1123	0,0292	0,0125	381	15,02	3,16	196	7,73	1,63	235	15,02	3,16	121	7,73	1,63
Cr	40	7,84	2,67	0,0075	0,0027	0,0017	984	1,90	0,65	741	1,43	0,49	109	1,90	0,65	82	1,43	0,49
Co	6	1,71	0,40	0,0003	0,0002	0,0002	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Cu	120	100,00	30,00	0,0340	0,0088	0,0037	1.731	17,64	5,39	882	8,99	2,75	287	17,64	5,39	146	8,99	2,75
Mn	50	0,43	0,19	0,0022	0,0047	0,0052	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Ni	25	2,69	2,27	0,0071	0,0039	0,0032	762	1,02	0,86	756	1,01	0,85	126	1,02	0,86	125	1,01	0,85
V	10	5,00	2,50	0,0028	0,0012	0,0009	241	1,40	0,73	205	1,19	0,62	40	1,40	0,73	34	1,19	0,62
Sn	30	25,00	15,00	0,0046	0,0013	0,0006	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Summe Sb – Sn				0,189	0,058	0,031												

* Teilstrombetrachtung für Ersatzbrennstoffe nach 17. BImSchV.

Rostfeuerung Braunkohle

Szenario „Ausnahmen Praxiswert“:

Rostfeuerung für Braunkohle mit mittleren Gehalten und Einsatz von Abfällen mit Schwermetallgehalten entsprechend den Praxiswerten (Tabelle 7.9) und den Ausnahmen für die Praxiswerte für HkFS (oberer Wert) gemäß Tabelle 7.10.

Parameter	Abfall „Ausnahmen Praxiswert“			Auswirkungen auf das Reingas			Auswirkungen auf die Grobmasche						Auswirkungen auf das REA-Produkt					
	TS-Gehalte bei 16.000 kJ/kg H _u [mg/kg]	Vergleich mit Kohle (mittel) Faktor	Vergleich mit Kohle (hoch) Faktor	Abluftstrom bei 100% Abfalleinsatz* [mg/m ³]	Abluftstrom bei 25% Abfalleinsatz [mg/m ³]	Abluftstrom bei 10% Abfalleinsatz [mg/m ³]	Grobmasche bei 25% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Grobmasche (mittel) Faktor	Vergleich mit Grobmasche (hoch) Faktor	Grobmasche bei 10% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Grobmasche (mittel) Faktor	Vergleich mit Grobmasche (hoch) Faktor	REA-Produkt bei 25% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit REA-Produkt (mittel) Faktor	Vergleich mit REA-Produkt (hoch) Faktor	REA-Produkt bei 10% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit REA-Produkt (mittel) Faktor	Vergleich mit REA-Produkt (hoch) Faktor
Cd	4	400,00	11,43	0,0080	0,0020	0,0008	23,6	70,17	2,25	12,2	36,15	1,16	15	70,17	2,25	7,5	36,15	1,16
Tl	1	11,11	5,00	0,0007	0,0002	0,0001	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Cd + Tl				0,0087	0,0022	0,0009												
Hg	0,6	12,00	0,67	0,0347	0,0105	0,0056	0,57	2,83	0,16	0,39	1,93	0,11	1,54	2,83	0,16	1,05	1,93	0,11
Sb	25	104,17	10,42	0,0119	0,0031	0,0013	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
As	5	6,10	2,00	0,0106	0,0038	0,0024	28	1,67	0,56	22	1,34	0,45	27	1,67	0,56	22	1,34	0,45
Pb	190	234,57	47,50	0,3809	0,0964	0,0394	1.126	44,37	9,33	585	23,04	4,85	695	44,37	9,33	361	23,04	4,85
Cr	125	24,51	8,33	0,0295	0,0081	0,0039	2.697	5,22	1,80	1.625	3,15	1,08	299	5,22	1,80	180	3,15	1,08
Co	6	1,71	0,40	0,0003	0,0002	0,0002	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Cu	350	291,67	87,50	0,1238	0,0312	0,0127	5.516	56,22	17,18	2.852	29,06	8,88	915	56,22	17,18	473	29,06	8,88
Mn	250	2,16	0,96	0,0140	0,0077	0,0063	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Ni	80	8,60	7,27	0,0283	0,0092	0,0053	1.620	2,16	1,83	1.192	1,59	1,35	269	2,16	1,83	198	1,59	1,35
V	10	5,00	2,50	0,0035	0,0014	0,0009	249	1,45	0,75	211	1,23	0,64	41	1,45	0,75	35	1,23	0,64
Sn	30	25,00	15,00	0,0058	0,0016	0,0008	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Summe Sb - Sn				0,609	0,163	0,073												

* Teilstrombetrachtung für Ersatzbrennstoffe nach 17. BImSchV.

Rostfeuerung Braunkohle

Szenario „Reale Gehalte“:

Rostfeuerung für Braunkohle mit mittleren Gehalten und Einsatz von Abfällen mit Schwermetallgehalten entsprechend den durchgeführten Analysen für die eingesetzten Abfälle gemäß Tabelle 7.11.

Parameter	Abfall „Reale Gehalte“			Auswirkungen auf das Reingas			Auswirkungen auf die Grobmasche						Auswirkungen auf das REA-Produkt					
	FS-Gehalte bei 20.000 kJ/kg H _u [mg/kg]	Vergleich mit Kohle (mittel) Faktor	Vergleich mit Kohle (hoch) Faktor	Abluftstrom bei 100% Abfalleinsatz* [mg/m ³]	Abluftstrom bei 25% Abfalleinsatz [mg/m ³]	Abluftstrom bei 10% Abfalleinsatz [mg/m ³]	Grobmasche bei 25% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Grobmasche (mittel) Faktor	Vergleich mit Grobmasche (hoch) Faktor	Grobmasche bei 10% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Grobmasche (mittel) Faktor	Vergleich mit Grobmasche (hoch) Faktor	REA-Produkt bei 25% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit REA-Produkt (mittel) Faktor	Vergleich mit REA-Produkt (hoch) Faktor	REA-Produkt bei 10% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit REA-Produkt (mittel) Faktor	Vergleich mit REA-Produkt (hoch) Faktor
Cd	1,0	100,00	2,86	0,0016	0,0004	0,0002	6,1	18,09	0,58	2,9	8,71	0,28	3,8	18,09	0,58	1,8	8,71	0,28
Tl	0,50	5,56	2,50	0,0003	0,0001	0,0001	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Cd + Tl				0,0019	0,0005	0,0002												
Hg	0,15	3,00	0,17	0,0069	0,0035	0,0028	0,24	1,20	0,07	0,22	1,09	0,06	0,65	1,20	0,07	0,59	1,09	0,06
Sb	18,0	75,00	7,50	0,0069	0,0018	0,0008	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
As	2,0	2,44	0,80	0,0034	0,0019	0,0017	18	1,08	0,36	17	1,03	0,34	18	1,08	0,36	17	1,03	0,34
Pb	25,0	30,86	6,25	0,0401	0,0111	0,0053	163	6,40	1,35	87	3,44	0,72	100	6,40	1,35	54	3,44	0,72
Cr	19,0	3,73	1,27	0,0036	0,0017	0,0013	687	1,33	0,46	593	1,15	0,39	76	1,33	0,46	66	1,15	0,39
Co	2,0	0,57	0,13	0,0001	0,0001	0,0002	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Cu	40,0	33,33	10,00	0,0113	0,0031	0,0015	687	7,01	2,14	364	3,71	1,13	114	7,01	2,14	60	3,71	1,13
Mn	20,0	0,17	0,08	0,0009	0,0043	0,0050	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Ni	5,0	0,54	0,45	0,0014	0,0024	0,0026	534	0,71	0,60	653	0,87	0,74	89	0,71	0,60	108	0,87	0,74
V	3,0	1,50	0,75	0,0008	0,0007	0,0007	152	0,88	0,46	163	0,95	0,49	25	0,88	0,46	27	0,95	0,49
Sn	8,0	6,67	4,00	0,0012	0,0005	0,0003	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Summe Sb – Sn				0,070	0,028	0,019												

* Teilstrombetrachtung für Ersatzbrennstoffe nach 17. BImSchV.

Rostfeuerung Steinkohle / Petrolkoks

Bezugsszenarien „Mittel“ und „Hoch“:

Bezugsszenarien für die Rostfeuerung für Steinkohle und Petrolkoks (Verhältnis 90:10) für mittlere und hohe Schwermetallgehalte der Steinkohlen.

Parameter	Steinkohle / Petrolkoks mit mittleren Schwermetallgehalten							Steinkohle / Petrolkoks mit hohen Schwermetallgehalten						
	Kohle (mittel) [mg/kg]	Basis Faktor	Reingas [mg/m ³]	Grobasche (mittel) [mg/kg]	Basis Faktor	REA-Produkt (mittel) [mg/kg]	Basis Faktor	Kohle (hoch) [mg/kg]	Basis Faktor	Reingas [mg/m ³]	Grobasche (hoch) [mg/kg]	Basis Faktor	REA-Produkt (hoch) [mg/kg]	Basis Faktor
Cd	0,37	1	0,0004	4,02	1	2,5	1	9,1	1	0,0102	96,4	1	59,5	1
Tl	0,3	1	0,0001	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	1,1	1	0,0004	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Cd + Tl			0,0005							0,0106				
Hg	0,18	1	0,0059	0,26	1	0,70	1	1,1	1	0,0350	1,5	1	4,16	1
Sb	2,5	1	0,0007	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	8,4	1	0,0023	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
As	12,4	1	0,0149	88	1	87	1	45,2	1	0,0539	320	1	313	1
Pb	61,4	1	0,0691	652	1	402	1	243,2	1	0,2734	2.576	1	1.590	1
Cr	24,2	1	0,0033	868	1	96	1	72,3	1	0,0096	2.567	1	284	1
Co	15,2	1	0,0005	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	36,2	1	0,0011	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Cu	29,8	1	0,0059	847	1	140	1	54,1	1	0,0108	1.532	1	254	1
Mn	125	1	0,0043	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	296,0	1	0,0096	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Ni	75,5	1	0,0153	2.182	1	362	1	121,4	1	0,0244	3.477	1	577	1
V	217,5	1	0,0443	6.304	1	1.045	1	312,0	1	0,0630	8.971	1	1.488	1
Sn	5,0	1	0,0005	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	9,5	1	0,0010	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Summe Sb – Sn			0,159							0,449				

Rostfeuerung Steinkohle / Petrolkoks

Szenario „Praxiswert“:

Rostfeuerung für Steinkohle und Petrolkoks (Verhältnis 90:10) mit mittleren Gehalten und Einsatz von Abfällen mit Schwermetallgehalten entsprechend den Praxiswerten gemäß Tabelle 7.9.

Parameter	Abfall „Praxiswert“			Auswirkungen auf das Reingas			Auswirkungen auf die Grobmasche						Auswirkungen auf das REA-Produkt					
	TS-Gehalte bei 20.000 kJ/kg H _u [mg/kg]	Vergleich mit Kohle (mittel) Faktor	Vergleich mit Kohle (hoch) Faktor	Abluftstrom bei 100% Abfalleinsatz* [mg/m ³]	Abluftstrom bei 25% Abfalleinsatz [mg/m ³]	Abluftstrom bei 10% Abfalleinsatz [mg/m ³]	Grobmasche bei 25% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Grobmasche (mittel) Faktor	Vergleich mit Grobmasche (hoch) Faktor	Grobmasche bei 10% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Grobmasche (mittel) Faktor	Vergleich mit Grobmasche (hoch) Faktor	REA-Produkt bei 25% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit REA-Produkt (mittel) Faktor	Vergleich mit REA-Produkt (hoch) Faktor	REA-Produkt bei 10% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit REA-Produkt (mittel) Faktor	Vergleich mit REA-Produkt (hoch) Faktor
Cd	4	10,81	0,44	0,0064	0,0019	0,0010	16,8	4,17	0,17	9,4	2,33	0,10	10	4,17	0,17	5,8	2,33	0,10
Tl	1	3,33	0,90	0,0005	0,0002	0,0002	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Cd + Tl				0,0069	0,0021	0,0012												
Hg	0,6	3,31	0,56	0,0277	0,0114	0,0081	0,46	1,78	0,30	0,34	1,33	0,22	1,25	1,78	0,30	0,93	1,33	0,22
Sb	25	10,00	2,99	0,0096	0,0029	0,0016	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
As	5	0,40	0,11	0,0085	0,0133	0,0143	73	0,83	0,23	82	0,93	0,26	72	0,83	0,23	80	0,93	0,26
Pb	70	1,14	0,29	0,1123	0,0800	0,0735	697	1,07	0,27	671	1,03	0,26	430	1,07	0,27	414	1,03	0,26
Cr	40	1,66	0,55	0,0075	0,0043	0,0037	1.072	1,23	0,42	954	1,10	0,37	119	1,23	0,42	106	1,10	0,37
Co	6	0,40	0,17	0,0003	0,0004	0,0004	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Cu	120	4,02	2,22	0,0340	0,0130	0,0087	1.707	2,02	1,11	1.207	1,43	0,79	283	2,02	1,11	200	1,43	0,79
Mn	50	0,40	0,17	0,0022	0,0038	0,0041	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Ni	25	0,33	0,21	0,0071	0,0133	0,0145	1.751	0,80	0,50	2.001	0,92	0,58	290	0,80	0,50	332	0,92	0,58
V	10	0,05	0,03	0,0028	0,0340	0,0401	4.472	0,71	0,50	5.537	0,88	0,62	742	0,71	0,50	918	0,88	0,62
Sn	30	6,00	3,16	0,0046	0,0016	0,0010	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Summe Sb – Sn				0,189	0,167	0,162												

* Teilstrombetrachtung für Ersatzbrennstoffe nach 17. BImSchV.

Rostfeuerung Steinkohle / Petrolkoks

Szenario „Ausnahmen Praxiswert“:

Rostfeuerung für Steinkohle und Petrolkoks (Verhältnis 90:10) mit mittleren Gehalten und Einsatz von Abfällen mit Schwermetallgehalten entsprechend den Praxiswerten (Tabelle 7.9) und den Ausnahmen für die Praxiswerte für HkFS (oberer Wert) gemäß Tabelle 7.10.

Parameter	Abfall „Ausnahmen Praxiswert“			Auswirkungen auf das Reingas			Auswirkungen auf die Grobmasche						Auswirkungen auf das REA-Produkt					
	TS-Gehalte bei 16.000 kJ/kg H _u [mg/kg]	Vergleich mit Kohle (mittel) Faktor	Vergleich mit Kohle (hoch) Faktor	Abluftstrom bei 100% Abfalleinsatz* [mg/m ³]	Abluftstrom bei 25% Abfalleinsatz [mg/m ³]	Abluftstrom bei 10% Abfalleinsatz [mg/m ³]	Grobmasche bei 25% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Grobmasche (mittel) Faktor	Vergleich mit Grobmasche (hoch) Faktor	Grobmasche bei 10% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Grobmasche (mittel) Faktor	Vergleich mit Grobmasche (hoch) Faktor	REA-Produkt bei 25% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit REA-Produkt (mittel) Faktor	Vergleich mit REA-Produkt (hoch) Faktor	REA-Produkt bei 10% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit REA-Produkt (mittel) Faktor	Vergleich mit REA-Produkt (hoch) Faktor
Cd	4	10,81	0,44	0,0080	0,0023	0,0012	18,8	4,68	0,20	10,5	2,61	0,11	11,6	4,68	0,20	6,5	2,61	0,11
Tl	1	3,33	0,90	0,0007	0,0002	0,0002	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Cd + Tl				0,0087	0,0026	0,0014												
Hg	0,6	3,31	0,56	0,0347	0,0131	0,0088	0,5	1,90	0,32	0,36	1,40	0,24	1,33	1,90	0,32	0,98	1,40	0,24
Sb	25	10,00	2,99	0,0119	0,0035	0,0018	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
As	5	0,40	0,11	0,0106	0,0139	0,0145	70,5	0,80	0,22	81	0,91	0,25	69	0,80	0,22	79	0,91	0,25
Pb	190	3,10	0,78	0,3809	0,1472	0,1004	1189	1,83	0,46	887	1,36	0,34	734	1,83	0,46	547	1,36	0,34
Cr	125	5,18	1,73	0,0295	0,0098	0,0059	2251	2,59	0,88	1.473	1,70	0,57	249	2,59	0,88	163	1,70	0,57
Co	6	0,40	0,17	0,0003	0,0004	0,0005	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Cu	350	11,74	6,47	0,1238	0,0354	0,0177	4326	5,11	2,82	2.368	2,80	1,55	717	5,11	2,82	393	2,80	1,55
Mn	250	2,00	0,84	0,0140	0,0068	0,0053	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Ni	80	1,06	0,66	0,0283	0,0186	0,0166	2.272	1,04	0,65	2.221	1,02	0,64	377	1,04	0,65	368	1,02	0,64
V	10	0,05	0,03	0,0035	0,0341	0,0402	4.169	0,66	0,46	5.370	0,85	0,60	691	0,66	0,46	891	0,85	0,60
Sn	30	6,00	3,16	0,0058	0,0019	0,0011	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Summe Sb - Sn				0,609	0,272	0,204												

* Teilstrombetrachtung für Ersatzbrennstoffe nach 17. BImSchV.

Rostfeuerung Steinkohle / Petrolkoks

Szenario „Reale Gehalte“:

Rostfeuerung für Steinkohle und Petrolkoks mit mittleren Gehalten und Einsatz von Abfällen mit Schwermetallgehalten entsprechend den durchgeführten Analysen für die eingesetzten Abfälle gemäß Tabelle 7.11.

Parameter	Abfall „Reale Gehalte“			Auswirkungen auf das Reingas			Auswirkungen auf die Grobasche						Auswirkungen auf das REA-Produkt					
	FS-Gehalte bei 20.000 kJ/kg H _u [mg/kg]	Vergleich mit Kohle (mittel) Faktor	Vergleich mit Kohle (hoch) Faktor	Abluftstrom bei 100% Abfalleinsatz* [mg/m ³]	Abluftstrom bei 25% Abfalleinsatz [mg/m ³]	Abluftstrom bei 10% Abfalleinsatz [mg/m ³]	Grobasche bei 25% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Grobasche (mittel) Faktor	Vergleich mit Grobasche (hoch) Faktor	Grobasche bei 10% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Grobasche (mittel) Faktor	Vergleich mit Grobasche (hoch) Faktor	REA-Produkt bei 25% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit REA-Produkt (mittel) Faktor	Vergleich mit REA-Produkt (hoch) Faktor	REA-Produkt bei 10% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit REA-Produkt (mittel) Faktor	Vergleich mit REA-Produkt (hoch) Faktor
Cd	1,0	2,70	0,11	0,0016	0,0007	0,0005	6,8	1,69	0,07	5,1	1,27	0,05	4,2	1,69	0,07	3,2	1,27	0,05
Tl	0,50	1,67	0,45	0,0003	0,0001	0,0001	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Cd + Tl				0,0019	0,0009	0,0007												
Hg	0,15	0,83	0,14	0,0069	0,0062	0,0060	0,27	1,04	0,18	0,26	1,02	0,17	0,73	1,04	0,18	0,71	1,02	0,17
Sb	18,0	7,20	2,16	0,0069	0,0022	0,0013	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
As	2,0	0,16	0,04	0,0034	0,0120	0,0137	71	0,81	0,22	81	0,92	0,25	70	0,81	0,22	80	0,92	0,25
Pb	25,0	0,41	0,10	0,0401	0,0619	0,0662	582	0,89	0,23	624	0,96	0,24	359	0,89	0,23	385	0,96	0,24
Cr	19,0	0,79	0,26	0,0036	0,0033	0,0033	889	1,02	0,35	877	1,01	0,34	98	1,02	0,35	97	1,01	0,34
Co	2,0	0,13	0,06	0,0001	0,0004	0,0004	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Cu	40,0	1,34	0,74	0,0113	0,0073	0,0065	1.036	1,22	0,68	922	1,09	0,60	172	1,22	0,68	153	1,09	0,60
Mn	20,0	0,16	0,07	0,0009	0,0034	0,0039	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Ni	5,0	0,07	0,04	0,0014	0,0118	0,0139	1.683	0,77	0,48	1.982	0,91	0,57	279	0,77	0,48	329	0,91	0,57
V	3,0	0,01	0,01	0,0008	0,0334	0,0399	4.749	0,75	0,53	5.681	0,90	0,63	788	0,75	0,53	942	0,90	0,63
Sn	8,0	1,60	0,84	0,0012	0,0007	0,0006	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Summe Sb – Sn				0,070	0,137	0,150												

* Teilstrombetrachtung für Ersatzbrennstoffe nach 17. BImSchV.

Wirbelschichtfeuerung Braunkohle

Bezugsszenarien „Mittel“ und „Hoch“:

Bezugsszenarien für die Wirbelschichtfeuerung für Braunkohle für mittlere und hohe Schwermetallgehalte der Braunkohlen.

Parameter	Braunkohle mit mittleren Schwermetallgehalten							Braunkohle mit hohen Schwermetallgehalten						
	Kohle (mittel) [mg/kg]	Basis Faktor	Reingas [mg/m ³]	Grobasche (mittel) [mg/kg]	Basis Faktor	REA-Produkt (mittel) [mg/kg]	Basis Faktor	Kohle (hoch) [mg/kg]	Basis Faktor	Reingas [mg/m ³]	Grobasche (hoch) [mg/kg]	Basis Faktor	REA-Produkt (hoch) [mg/kg]	Basis Faktor
Cd	0,01	1	0,00005	0,34	1	0,2	1	0,35	1	0,0014	10,5	1	6,3	1
Tl	0,09	1	0,00005	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	0,2	1	0,0001	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Cd + Tl			0,00010							0,0016				
Hg	0,05	1	0,00287	0,20	1	0,44	1	0,9	1	0,0513	3,6	1	7,81	1
Sb	0,24	1	0,00010	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	2,4	1	0,0009	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
As	0,82	1	0,00367	16,7	1	16	1	2,5	1	0,0110	50,2	1	48	1
Pb	0,81	1	0,00350	25,4	1	15	1	4,0	1	0,0167	120,7	1	72	1
Cr	5,1	1	0,00252	516,5	1	57	1	15,0	1	0,0073	1502,2	1	165	1
Co	3,5	1	0,00016	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	15,0	1	0,0007	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Cu	1,2	1	0,00072	98,1	1	16	1	4,0	1	0,0023	321,1	1	53	1
Mn	116,0	1	0,00544	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	260,0	1	0,0121	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Ni	9,3	1	0,00548	750,3	1	124	1	11,0	1	0,0065	885,7	1	146	1
V	2,0	1	0,00126	171,9	1	28	1	4,0	1	0,0024	331,3	1	55	1
Sn	1,2	1	0,00019	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	2,0	1	0,0003	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Summe Sb – Sn			0,023							0,060				

Wirbelschichtfeuerung Braunkohle

Szenario „Praxiswert“:

Wirbelschichtfeuerung für Braunkohle mit mittleren Gehalten und Einsatz von Abfällen mit Schwermetallgehalten entsprechend der Praxiswerte gemäß Tabelle 7.9.

Parameter	Abfall „Praxiswert“			Auswirkungen auf das Reingas			Auswirkungen auf die Bettasche						Auswirkungen auf das REA-Produkt					
	TS-Gehalte bei 20.000 kJ/kg H _u [mg/kg]	Vergleich mit Kohle (mittel) Faktor	Vergleich mit Kohle (hoch) Faktor	Abluftstrom bei 100% Abfalleinsatz* [mg/m ³]	Abluftstrom bei 25% Abfalleinsatz [mg/m ³]	Abluftstrom bei 10% Abfalleinsatz [mg/m ³]	Bettasche bei 25% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Bettasche (mittel) Faktor	Vergleich mit Bettasche (hoch) Faktor	Bettasche bei 10% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Bettasche (mittel) Faktor	Vergleich mit Bettasche (hoch) Faktor	REA-Produkt bei 25% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit REA-Produkt (mittel) Faktor	Vergleich mit REA-Produkt (hoch) Faktor	REA-Produkt bei 10% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit REA-Produkt (mittel) Faktor	Vergleich mit REA-Produkt (hoch) Faktor
Cd	4	400,00	11,43	0,0160	0,0040	0,0016	21,2	62,86	2,02	10,3	30,71	0,99	13	62,86	2,02	6,2	30,71	0,99
Tl	1	11,11	5,00	0,0005	0,0002	0,0001	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Cd + Tl				0,0166	0,0042	0,0017												
Hg	0,6	12,00	0,67	0,0333	0,0105	0,0059	0,53	2,64	0,15	0,36	1,79	0,10	1,15	2,64	0,15	0,78	1,79	0,10
Sb	25	104,17	10,42	0,0096	0,0025	0,0010	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
As	5	6,10	2,00	0,0212	0,0081	0,0055	27	1,60	0,53	22	1,29	0,43	25	1,60	0,53	20	1,29	0,43
Pb	70	86,42	17,50	0,2807	0,0730	0,0313	381	15,02	3,16	196	7,73	1,63	228	15,02	3,16	117	7,73	1,63
Cr	40	7,84	2,67	0,0189	0,0066	0,0042	984	1,90	0,65	741	1,43	0,49	108	1,90	0,65	82	1,43	0,49
Co	6	1,71	0,40	0,0003	0,0002	0,0002	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Cu	120	100,00	30,00	0,0679	0,0175	0,0074	1.731	17,64	5,39	882	8,99	2,75	286	17,64	5,39	146	8,99	2,75
Mn	50	0,43	0,19	0,0022	0,0047	0,0052	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Ni	25	2,69	2,27	0,0142	0,0077	0,0064	762	1,02	0,86	756	1,01	0,85	126	1,02	0,86	125	1,01	0,85
V	10	5,00	2,50	0,0057	0,0024	0,0017	241	1,40	0,73	205	1,19	0,62	40	1,40	0,73	34	1,19	0,62
Sn	30	25,00	15,00	0,0046	0,0013	0,0006	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Summe Sb – Sn				0,425	0,124	0,063												

* Teilstrombetrachtung für Ersatzbrennstoffe nach 17. BImSchV.

Wirbelschichtfeuerung Braunkohle

Szenario „Ausnahmen Praxiswert“:

Wirbelschichtfeuerung für Braunkohle mit mittleren Gehalten und Einsatz von Abfällen mit Schwermetallgehalten entsprechend den Praxiswerten (Tabelle 7.9) und den Ausnahmen für die Praxiswerte für HkFS (oberer Wert) gemäß Tabelle 7.10.

Parameter	Abfall „Ausnahmen Praxiswert“			Auswirkungen auf das Reingas			Auswirkungen auf die Bettasche						Auswirkungen auf das REA-Produkt					
	TS-Gehalte bei 16.000 kJ/kg H _u [mg/kg]	Vergleich mit Kohle (mittel) Faktor	Vergleich mit Kohle (hoch) Faktor	Abluftstrom bei 100% Abfalleinsatz* [mg/m ³]	Abluftstrom bei 25% Abfalleinsatz [mg/m ³]	Abluftstrom bei 10% Abfalleinsatz [mg/m ³]	Bettasche bei 25% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Bettasche (mittel) Faktor	Vergleich mit Bettasche (hoch) Faktor	Bettasche bei 10% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Bettasche (mittel) Faktor	Vergleich mit Bettasche (hoch) Faktor	REA-Produkt bei 25% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit REA-Produkt (mittel) Faktor	Vergleich mit REA-Produkt (hoch) Faktor	REA-Produkt bei 10% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit REA-Produkt (mittel) Faktor	Vergleich mit REA-Produkt (hoch) Faktor
Cd	4	400,00	11,43	0,0200	0,0051	0,0020	23,6	70,17	2,25	12,2	36,15	1,16	14	70,17	2,25	7,3	36,15	1,16
Tl	1	11,11	5,00	0,0007	0,0002	0,0001	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Cd + Tl				0,0207	0,0053	0,0022												
Hg	0,6	12,00	0,67	0,0416	0,0126	0,0067	0,57	2,83	0,16	0,39	1,93	0,11	1,23	2,83	0,16	0,84	1,93	0,11
Sb	25	104,17	10,42	0,0119	0,0031	0,0013	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
As	5	6,10	2,00	0,0265	0,0095	0,0060	28	1,67	0,56	22	1,34	0,45	27	1,67	0,56	21	1,34	0,45
Pb	190	234,57	47,50	0,9522	0,2409	0,0985	1.126	44,37	9,33	585	23,04	4,85	674	44,37	9,33	350	23,04	4,85
Cr	125	24,51	8,33	0,0737	0,0204	0,0097	2.697	5,22	1,80	1.625	3,15	1,08	297	5,22	1,80	179	3,15	1,08
Co	6	1,71	0,40	0,0003	0,0002	0,0002	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Cu	350	291,67	87,50	0,2476	0,0625	0,0254	5.516	56,22	17,18	2.852	29,06	8,88	910	56,22	17,18	471	29,06	8,88
Mn	250	2,16	0,96	0,0140	0,0077	0,0063	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Ni	80	8,60	7,27	0,0566	0,0183	0,0106	1.620	2,16	1,83	1.192	1,59	1,35	267	2,16	1,83	197	1,59	1,35
V	10	5,00	2,50	0,0071	0,0028	0,0019	249	1,45	0,75	211	1,23	0,64	41	1,45	0,75	35	1,23	0,64
Sn	30	25,00	15,00	0,0058	0,0016	0,0008	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Summe Sb - Sn				1,396	0,367	0,161												

* Teilstrombetrachtung für Ersatzbrennstoffe nach 17. BImSchV.

Wirbelschichtfeuerung Braunkohle

Szenario „Reale Gehalte“:

Wirbelschichtfeuerung für Braunkohle mit mittleren Gehalten und Einsatz von Abfällen mit Schwermetallgehalten entsprechend den durchgeführten Analysen für die eingesetzten Abfälle gemäß Tabelle 7.11.

Parameter	Abfall „Reale Gehalte“			Auswirkungen auf das Reingas			Auswirkungen auf die Bettasche						Auswirkungen auf das REA-Produkt					
	FS-Gehalte bei 20.000 kJ/kg H _u [mg/kg]	Vergleich mit Kohle (mittel) Faktor	Vergleich mit Kohle (hoch) Faktor	Abluftstrom bei 100% Abfalleinsatz* [mg/m ³]	Abluftstrom bei 25% Abfalleinsatz [mg/m ³]	Abluftstrom bei 10% Abfalleinsatz [mg/m ³]	Bettasche bei 25% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Bettasche (mittel) Faktor	Vergleich mit Bettasche (hoch) Faktor	Bettasche bei 10% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit Bettasche (mittel) Faktor	Vergleich mit Bettasche (hoch) Faktor	REA-Produkt bei 25% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit REA-Produkt (mittel) Faktor	Vergleich mit REA-Produkt (hoch) Faktor	REA-Produkt bei 10% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit REA-Produkt (mittel) Faktor	Vergleich mit REA-Produkt (hoch) Faktor
Cd	1,0	100,00	2,86	0,0040	0,0010	0,0004	6,1	18,09	0,58	2,9	8,71	0,28	3,6	18,09	0,58	1,8	8,71	0,28
Tl	0,50	5,56	2,50	0,0003	0,0001	0,0001	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Cd + Tl				0,0043	0,0011	0,0005												
Hg	0,15	3,00	0,17	0,0083	0,0042	0,0034	0,24	1,20	0,07	0,22	1,09	0,06	0,52	1,20	0,07	0,47	1,09	0,06
Sb	18,0	75,00	7,50	0,0069	0,0018	0,0008	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
As	2,0	2,44	0,80	0,0085	0,0049	0,0041	18	1,08	0,36	17	1,03	0,34	17	1,08	0,36	16	1,03	0,34
Pb	25,0	30,86	6,25	0,1002	0,0277	0,0132	163	6,40	1,35	87	3,44	0,72	97	6,40	1,35	52	3,44	0,72
Cr	19,0	3,73	1,27	0,0090	0,0041	0,0032	687	1,33	0,46	593	1,15	0,39	76	1,33	0,46	65	1,15	0,39
Co	2,0	0,57	0,13	0,0001	0,0001	0,0002	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Cu	40,0	33,33	10,00	0,0226	0,0062	0,0029	687	7,01	2,14	364	3,71	1,13	113	7,01	2,14	60	3,71	1,13
Mn	20,0	0,17	0,08	0,0009	0,0043	0,0050	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Ni	5,0	0,54	0,45	0,0028	0,0048	0,0052	534	0,71	0,60	653	0,87	0,74	88	0,71	0,60	108	0,87	0,74
V	3,0	1,50	0,75	0,0017	0,0014	0,0013	152	0,88	0,46	163	0,95	0,49	25	0,88	0,46	27	0,95	0,49
Sn	8,0	6,67	4,00	0,0012	0,0005	0,0003	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
Summe Sb – Sn				0,154	0,056	0,036												

* Teilstrombetrachtung für Ersatzbrennstoffe nach 17. BImSchV.

Wirbelschichtfeuerung Braunkohle nach dem Herdofenkoks-Flugstromverfahren

Bezugsszenarien „Mittel“ und „Hoch“:

Bezugsszenarien für die Wirbelschichtfeuerung nach dem Herdofenkoks-Flugstromverfahren für Braunkohle für mittlere und hohe Schwermetallgehalte der Braunkohlen.

Parameter	Braunkohle mit mittleren Schwermetallgehalten					Braunkohle mit hohen Schwermetallgehalten				
	Kohle (mitte) [mg/kg]	Basis Faktor	Reingas [mg/m ³]	REA-Produkt (mitte) [mg/kg]	Basis Faktor	Kohle (hoch) [mg/kg]	Basis Faktor	Reingas [mg/m ³]	REA-Produkt (hoch) [mg/kg]	Basis Faktor
Cd	0,01	1	0,0000002	0,2	1	0,35	1	0,000007	7,0	1
Tl	0,09	1	0,0000018	1,8	1	0,2	1	0,000004	4,0	1
Cd + Tl			0,0000020					0,000011		
Hg	0,05	1	0,00032	0,94	1	0,9	1	0,00568	16,76	1
Sb	0,24	1	0,0000050	5,09	1	2,4	1	0,000047	48	1
As	0,82	1	0,0000163	17	1	2,5	1	0,000049	50	1
Pb	0,81	1	0,0000165	17	1	4,0	1	0,000078	80	1
Cr	5,1	1	0,0001006	103	1	15,0	1	0,000293	300	1
Co	3,5	1	0,0000682	70	1	15,0	1	0,000291	299	1
Cu	1,2	1	0,0000239	25	1	4,0	1	0,000078	80	1
Mn	116,0	1	0,0022890	2.349	1	260,0	1	0,005083	5.216	1
Ni	9,3	1	0,0001827	188	1	11,0	1	0,000216	221	1
V	2,0	1	0,0000419	43	1	4,0	1	0,000081	83	1
Sn	1,2	1	0,0000234	24	1	2,0	1	0,000039	40	1
Summe Sb - Sn			0,0028					0,0063		

Wirbelschichtfeuerung Braunkohle nach dem Herdofenkoks-Flugstromverfahren

Szenario „Praxiswert“:

Wirbelschichtfeuerung nach dem Herdofenkoks-Flugstromverfahren für Braunkohle mit mittleren Gehalten und Einsatz von Abfällen mit Schwermetallgehalten entsprechend den Praxiswerten gemäß Tabelle 7.9.

Parameter	Abfall „Praxiswerte“			Auswirkungen auf das Reingas			Auswirkungen auf das REA-Produkt					
	TS-Gehalte bei 20.000 kJ/kg H _u [mg/kg]	Vergleich mit Kohle (mittel) Faktor	Vergleich mit Kohle (hoch) Faktor	Abluftstrom bei 100% Abfalleinsatz* [mg/m ³]	Abluftstrom bei 25% Abfalleinsatz [mg/m ³]	Abluftstrom bei 10% Abfalleinsatz [mg/m ³]	REA-Produkt bei 25% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit REA-Produkt (mitte) Faktor	Vergleich mit REA-Produkt (hoch) Faktor	REA-Produkt bei 10% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit REA-Produkt (mitte) Faktor	Vergleich mit REA-Produkt (hoch) Faktor
Cd	4	400,00	11,43	0,00008	0,00002	0,000008	14	62,86	2,02	6,9	30,71	0,99
Tl	1	11,11	5,00	0,00002	0,00001	0,000003	4,5	2,48	1,12	3,1	1,71	0,77
Cd + Tl				0,00009	0,00003	0,000011						
Hg	0,6	12,00	0,67	0,00368	0,00116	0,00065	2,47	2,64	0,15	1,67	1,79	0,10
Sb	25	104,17	10,42	0,00047	0,00012	0,000052	90	17,72	1,88	46	9,03	0,96
As	5	6,10	2,00	0,00009	0,00004	0,000024	27	1,60	0,53	22	1,29	0,43
Pb	70	86,42	17,50	0,00132	0,00034	0,000147	254	15,02	3,16	131	7,73	1,63
Cr	40	7,84	2,67	0,00075	0,00027	0,000167	197	1,90	0,65	148	1,43	0,49
Co	6	1,71	0,40	0,00011	0,00008	0,000073	59	0,84	0,20	65	0,92	0,22
Cu	120	100,00	30,00	0,00226	0,00058	0,000248	433	17,64	5,39	221	8,99	2,75
Mn	50	0,43	0,19	0,00094	0,00199	0,002169	1.473	0,63	0,28	1.928	0,82	0,37
Ni	25	2,69	2,27	0,00047	0,00026	0,000213	190	1,02	0,86	189	1,01	0,85
V	10	5,00	2,50	0,00019	0,00008	0,000058	60	1,40	0,73	51	1,19	0,62
Sn	30	25,00	15,00	0,00057	0,00016	0,000078	118	4,90	2,95	69	2,87	1,73
Summe Sb – Sn				0,0072	0,0039	0,0032						

* Teilstrombetrachtung für Ersatzbrennstoffe nach 17. BImSchV.

Wirbelschichtfeuerung Braunkohle nach dem Herdofenkoks-Flugstromverfahren

Szenario „Ausnahmen Praxiswert“:

Wirbelschichtfeuerung nach dem Herdofenkoks-Flugstromverfahren für Braunkohle mit mittleren Gehalten und Einsatz von Abfällen mit Schwermetallgehalten entsprechend den Praxiswerten (Tabelle 7.9) und den Ausnahmen für die Maximalwerte für HkFS (oberer Wert) gemäß Tabelle 7.10.

Parameter	Abfall „Ausnahmen Praxiswerte“			Auswirkungen auf das Reingas			Auswirkungen auf das REA-Produkt					
	TS-Gehalte bei 16.000 kJ/kg H _u [mg/kg]	Vergleich mit Kohle (mitte) Faktor	Vergleich mit Kohle (hoch) Faktor	Abluftstrom bei 100% Abfalleinsatz* [mg/m ³]	Abluftstrom bei 25% Abfalleinsatz [mg/m ³]	Abluftstrom bei 10% Abfalleinsatz [mg/m ³]	REA-Produkt bei 25% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit REA-Produkt (mitte) Faktor	Vergleich mit REA-Produkt (hoch) Faktor	REA-Produkt bei 10% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit REA-Produkt (mitte) Faktor	Vergleich mit REA-Produkt (hoch) Faktor
Cd	4	400,00	11,43	0,00009	0,00002	0,000010	16	70,17	2,25	8,1	36,15	1,16
Tl	1	11,11	5,00	0,00002	0,00001	0,000004	4,8	2,66	1,20	3,3	1,84	0,83
Cd + Tl				0,00012	0,00003	0,000014						
Hg	0,6	12,00	0,67	0,00460	0,00139	0,00075	2,65	2,83	0,16	1,81	1,93	0,11
Sb	25	104,17	10,42	0,00059	0,00015	0,00006	100	19,69	2,09	53	10,50	1,11
As	5	6,10	2,00	0,00012	0,00004	0,00003	28	1,67	0,56	22	1,34	0,45
Pb	190	234,57	47,50	0,00448	0,00113	0,00046	751	44,37	9,33	390	23,04	4,85
Cr	125	24,51	8,33	0,00295	0,00081	0,00039	539	5,22	1,80	325	3,15	1,08
Co	6	1,71	0,40	0,00014	0,00009	0,00008	58	0,82	0,19	64	0,91	0,21
Cu	350	291,67	87,50	0,00825	0,00208	0,00085	1.379	56,22	17,18	713	29,06	8,88
Mn	250	2,16	0,96	0,00590	0,00324	0,00267	2.144	0,91	0,41	2.245	0,96	0,43
Ni	80	8,60	7,27	0,00189	0,00061	0,00035	405	2,16	1,83	298	1,59	1,35
V	10	5,00	2,50	0,00024	0,00009	0,00006	62	1,45	0,75	53	1,23	0,64
Sn	30	25,00	15,00	0,00071	0,00019	0,00009	129	5,36	3,22	77	3,22	1,93
Summe Sb – Sn				0,0253	0,0084	0,0050						

* Teilstrombetrachtung für Ersatzbrennstoffe nach 17. BImSchV.

Wirbelschichtfeuerung Braunkohle nach dem Herdofenkoks-Flugstromverfahren

Szenario „Reale Gehalte“:

Wirbelschichtfeuerung nach dem Herdofenkoks-Flugstromverfahren für Braunkohle mit mittleren Gehalten und Einsatz von Abfällen mit Schwermetallgehalten entsprechend den durchgeführten Analysen für die eingesetzten Abfälle gemäß Tabelle 7.11.

Parameter	Abfall „Reale Gehalte“			Auswirkungen auf das Reingas			Auswirkungen auf das REA-Produkt					
	FS-Gehalte bei 20.000 kJ/kg H _u [mg/kg]	Vergleich mit Kohle (mittel) Faktor	Vergleich mit Kohle (hoch) Faktor	Abluftstrom bei 100% Abfalleinsatz* [mg/m ³]	Abluftstrom bei 25% Abfalleinsatz [mg/m ³]	Abluftstrom bei 10% Abfalleinsatz [mg/m ³]	REA-Produkt bei 25% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit REA-Produkt (mitte) Faktor	Vergleich mit REA-Produkt (hoch) Faktor	REA-Produkt bei 10% Abfalleinsatz [mg/kg]	Vergleich mit REA-Produkt (mitte) Faktor	Vergleich mit REA-Produkt (hoch) Faktor
Cd	1,0	100,00	2,86	0,000019	0,000005	0,000002	4,1	18,09	0,58	2,0	8,71	0,28
Tl	0,50	5,56	2,50	0,000009	0,000004	0,000003	3,1	1,70	0,77	2,4	1,31	0,59
Cd + Tl				0,000028	0,000009	0,000005						
Hg	0,15	3,00	0,17	0,00092	0,00047	0,00038	1,12	1,20	0,07	1,02	1,09	0,06
Sb	18,0	75,00	7,50	0,000340	0,000089	0,000038	74	14,47	1,53	36	7,08	0,75
As	2,0	2,44	0,80	0,000038	0,000022	0,000018	18	1,08	0,36	17	1,03	0,34
Pb	25,0	30,86	6,25	0,000472	0,000130	0,000062	108	6,40	1,35	58	3,44	0,72
Cr	19,0	3,73	1,27	0,000358	0,000165	0,000126	137	1,33	0,46	119	1,15	0,39
Co	2,0	0,57	0,13	0,000038	0,000061	0,000065	50	0,72	0,17	61	0,87	0,20
Cu	40,0	33,33	10,00	0,000755	0,000207	0,000097	172	7,01	2,14	91	3,71	1,13
Mn	20,0	0,17	0,08	0,000377	0,001811	0,002098	1.506	0,64	0,29	1.969	0,84	0,38
Ni	5,0	0,54	0,45	0,000094	0,000161	0,000174	134	0,71	0,60	163	0,87	0,74
V	3,0	1,50	0,75	0,000057	0,000046	0,000043	38	0,88	0,46	41	0,95	0,49
Sn	8,0	6,67	4,00	0,000151	0,000055	0,000036	46	1,91	1,15	34	1,41	0,85
Summe Sb – Sn				0,0027	0,0027	0,0028						

* Teilstrombetrachtung für Ersatzbrennstoffe nach 17. BImSchV.

H Analysendaten für Abfälle der Positivliste

In den folgenden Tabellen sind Analysen von Abfällen der Positivliste wiedergegeben, die Auswertungen nach den folgenden Kriterien enthalten:

- Datenanzahl,
- Minimumwert,
- Medianwert,
- Mittelwert,
- 80. Perzentil,
- 90. Perzentil,
- Maximumwert,
- Daten kleiner als die Nachweisgrenze (bei einzelnen Abfallarten).

Die Schwermetallgehalte der Abfälle sind in den folgenden Tabellen in mg/kg Feuchtsubstanz angegeben. Bei der Umrechnung von Werten in mg/kg TS wurde dabei jeweils mit den mittleren Wassergehalten (Median- oder Mittelwert) gerechnet.

Die nachfolgend dokumentierten Abfälle können jedoch nur unter der Voraussetzung eingesetzt werden, dass die in Tab. I.1 des Merkblattes vorgegebenen Schwermetallgehalte eingehalten werden.

Positivliste

Abfallschlüssel: 02 01 04
Kunststoffabfälle ohne Verpackungen

Parameter	Einheit	Minimum	Median	Mittelwert	80. Perzentil	90. Perzentil	Maximum	Datenzahl	davon < NWG
Heizwert H _u	kJ/kg	20.900	31.500	31.500	37.860	39.980	42.100	2	-
Wassergehalt	%	0,10	30,05	30,05	48,02	54,01	60,00	2	-
Aschegehalt	%	0,70	2,10	2,10	2,94	3,22	3,50	2	-
Chlor gesamt	%	0,06	0,18	0,18	0,25	0,28	0,30	2	-
Fluor gesamt	mg/kg	100,00	550,00	550,00	820,00	910,00	1.000,00	2	1
Schwefel gesamt	%	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	3	-
Cadmium	mg/kg	0,07	0,28	0,28	0,41	0,45	0,49	2	-
Thallium	mg/kg	0,07	0,38	0,38	0,57	0,64	0,70	2	-
Quecksilber	mg/kg	0,07	0,38	0,38	0,57	0,64	0,70	2	-
Antimon	mg/kg	0,07	0,73	0,73	1,13	1,27	1,40	2	-
Arsen	mg/kg	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	2	-
Blei	mg/kg	7,00	9,09	9,09	10,35	10,77	11,19	2	-
Chrom	mg/kg	7,00	21,33	21,33	29,94	32,81	35,67	2	-
Kobalt	mg/kg	1,40	4,20	4,20	5,88	6,44	7,00	2	-
Kupfer	mg/kg	3,50	4,55	4,55	5,18	5,39	5,60	2	-
Mangan	mg/kg	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	2	-
Nickel	mg/kg	4,20	5,60	5,60	6,44	6,72	7,00	2	-
Vanadium	mg/kg	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	2	-
Zinn	mg/kg	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	2	-
Beryllium	mg/kg	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	2	-
Selen	mg/kg	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	2	-
Tellur	mg/kg	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	2	-

Alle Angaben für die Abfälle beziehen sich auf die Feuchsubstanz.

Positivliste

Abfallschlüssel: 03 01 05

Sägemehl, Abschnitte, Späne, Holz, Spanplatten und Furniere

Parameter	Einheit	Minimum	Median	Mittelwert	80. Perzentil	90. Perzentil	Maximum	Datenzahl	davon < NWG
Heizwert H _u	kJ/kg	13.900	16.800	19.533	25.700	27.850	30.000	6	-
Wassergehalt	%	4,30	19,15	23,02	40,30	45,45	60,20	16	-
Aschegehalt	%	0,89	1,62	2,50	3,68	4,73	5,78	5	3
Chlor gesamt	%	0,00	0,05	0,06	0,08	0,11	0,27	13	7
Fluor gesamt	mg/kg	0,30	50,00	184,61	117,40	472,60	1.000,00	7	2
Schwefel gesamt	%	0,05	0,05	0,06	0,06	0,09	0,11	5	4
Cadmium	mg/kg	0,16	0,34	0,42	0,48	0,68	1,13	8	2
Thallium	mg/kg	0,89	2,67	2,67	3,74	4,09	4,45	2	2
Quecksilber	mg/kg	0,004	0,08	0,86	1,02	3,68	4,04	10	6
Antimon	mg/kg	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	-	-
Arsen	mg/kg	0,04	1,66	2,28	4,33	5,59	6,47	10	4
Blei	mg/kg	3,40	28,30	54,33	73,57	88,94	218,30	11	1
Chrom	mg/kg	0,01	14,51	19,31	34,39	40,10	53,77	12	0
Kobalt	mg/kg	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	-	-
Kupfer	mg/kg	0,01	31,77	45,46	62,25	72,68	226,38	12	0
Mangan	mg/kg	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	-	-
Nickel	mg/kg	0,74	6,16	8,61	12,14	16,82	22,64	7	-
Vanadium	mg/kg	1,74	2,08	2,08	2,29	2,36	2,43	2	1
Zinn	mg/kg	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	-	-
Beryllium	mg/kg	0,16	0,77	0,77	1,13	1,25	1,37	2	1
Selen	mg/kg	0,00	0,20	0,88	1,54	1,98	2,43	3	2
Tellur	mg/kg	0,08	10,15	10,15	16,19	18,20	20,21	2	2

Alle Angaben für die Abfälle beziehen sich auf die Feuchsubstanz.

Positivliste

Abfallschlüssel: 03 03 02

Sulfitschlämme (aus der Rückgewinnung von Kochlaugen)

Parameter	Einheit	Minimum	Median	Mittelwert	80. Perzentil	90. Perzentil	Maximum	Datenzahl	davon < NWG
Heizwert H _u	kJ/kg	14.300	14.600	15.300	16.040	16.520	17.000	3	-
Wassergehalt	%	4,50	6,40	6,40	7,54	7,92	8,30	2	-
Aschegehalt	%	12,07	14,04	13,88	14,94	15,24	15,54	3	-
Chlor gesamt	%	0,04	0,08	0,07	0,08	0,08	0,08	3	1
Fluor gesamt	mg/kg	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	2	2
Schwefel gesamt	%	3,09	4,64	4,74	5,76	6,13	6,50	3	-
Cadmium	mg/kg	0,19	0,40	0,38	0,50	0,53	0,56	3	1
Thallium	mg/kg	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	2	2
Quecksilber	mg/kg	0,01	0,09	0,07	0,09	0,09	0,09	3	2
Antimon	mg/kg	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	2	2
Arsen	mg/kg	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	2	2
Blei	mg/kg	0,94	4,68	3,43	4,68	4,68	4,68	3	2
Chrom	mg/kg	0,80	1,80	1,80	2,40	2,61	2,81	3	1
Kobalt	mg/kg	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	2	2
Kupfer	mg/kg	3,74	47,92	73,07	119,70	143,62	167,54	3	-
Mangan	mg/kg	267,70	280,80	289,22	303,83	311,50	319,18	3	-
Nickel	mg/kg	1,64	2,62	2,62	3,20	3,40	3,59	2	1
Vanadium	mg/kg	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	2	2
Zinn	mg/kg	3,28	3,28	3,28	3,28	3,28	3,28	2	2
Beryllium	mg/kg	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	2	2
Selen	mg/kg	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	2	2
Tellur	mg/kg	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	2	2

Alle Angaben für die Abfälle beziehen sich auf die Feuchsubstanz.

Positivliste

Abfallschlüssel: 03 03 05
De-Inkingschlamm

Parameter	Einheit	Minimum	Median	Mittelwert	80. Perzentil	90. Perzentil	Maximum	Datenzahl	davon < NWG
Heizwert (Hu)	kJ/kg	2.680	4.095	5.463	7.416	10.701	13.834	12	0
Wassergehalt	%	35,3	41,0	41,8	46,7	49,0	57,1	20	0
Aschegehalt	%	12,4	27,8	26,6	32,0	34,5	37,9	14	2
Chlorgehalt	%	0,002	0,02	0,16	0,28	0,37	0,45	3	1
Fluor gesamt	mg/kg	1,00	52,85	140,15	219,96	336,93	453,90	4	0
Schwefel gesamt	%	0,04	0,05	0,13	0,19	0,30	0,40	4	0
Cadmium	mg/kg	0,03	0,12	0,17	0,18	0,30	0,59	20	17
Thallium	mg/kg	0,10	0,13	0,15	0,18	0,30	0,30	10	10
Quecksilber	mg/kg	0,01	0,06	0,12	0,06	0,17	1,24	21	14
Antimon	mg/kg	0,30	0,96	1,95	1,03	2,12	11,86	10	9
Arsen	mg/kg	0,21	0,89	1,36	1,36	2,89	7,08	20	8
Blei	mg/kg	3,84	19,00	18,92	25,68	29,74	53,10	20	0
Chrom	mg/kg	1,24	13,57	15,60	19,66	27,88	57,82	17	0
Kobalt	mg/kg	0,30	1,09	1,01	1,53	1,63	1,91	14	4
Kupfer	mg/kg	21,24	138,36	126,20	155,17	166,32	267,86	20	0
Mangan	mg/kg	16,52	49,50	45,11	53,42	55,31	57,05	9	0
Nickel	mg/kg	0,71	4,31	4,65	5,28	7,30	14,75	20	1
Vanadium	mg/kg	0,30	4,15	2,97	4,51	4,60	4,80	11	3
Zinn	mg/kg	0,59	0,97	1,16	1,37	1,97	2,66	12	8
Beryllium	mg/kg	0,09	0,09	0,14	0,17	0,23	0,30	4	4
Selen	mg/kg	0,30	0,89	0,74	0,89	0,89	0,89	4	4
Tellur	mg/kg	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	1	1

Alle Angaben für die Abfälle beziehen sich auf die Feuchsubstanz.

Positivliste

Abfallschlüssel: 03 03 07

Mechanisch abgetrennte Abfälle aus der Auflösung von Papier- und Pappeabfällen

Parameter	Einheit	Minimum	Median	Mittelwert	80. Perzentil	90. Perzentil	Maximum	Datenzahl	davon < NWG
Heizwert H _u	kJ/kg	2.500	14.000	14.808	19.716	22.340	32.900	285	-
Wassergehalt	%	1,80	40,00	40,62	52,50	58,93	84,00	341	1
Aschegehalt	%	1,80	5,88	7,65	9,89	13,94	34,32	115	1
Chlor gesamt	%	0,00	0,76	1,15	1,73	2,69	16,00	326	19
Fluor gesamt	mg/kg	0,20	36,10	71,49	50,00	57,17	1.100,00	40	30
Schwefel gesamt	%	0,01	0,05	0,13	0,11	0,23	2,20	65	22
Cadmium	mg/kg	0,002	0,30	1,78	1,09	3,35	52,38	112	47
Thallium	mg/kg	0,02	0,21	0,46	0,60	0,95	2,92	76	57
Quecksilber	mg/kg	0,001	0,11	0,12	0,15	0,22	0,85	98	66
Antimon	mg/kg	0,03	2,60	8,16	6,84	11,52	111,60	59	16
Arsen	mg/kg	0,02	0,51	1,08	1,07	2,40	13,68	87	59
Blei	mg/kg	0,03	9,48	24,59	26,10	51,60	322,20	101	24
Chrom	mg/kg	0,03	6,09	19,66	16,88	28,95	523,80	100	4
Kobalt	mg/kg	0,06	1,09	3,78	2,88	5,64	105,00	63	12
Kupfer	mg/kg	0,12	22,53	70,91	72,36	155,82	918,00	112	-
Mangan	mg/kg	2,85	20,88	37,86	49,64	69,13	384,60	43	-
Nickel	mg/kg	0,06	5,21	22,00	15,48	41,40	641,40	85	5
Vanadium	mg/kg	0,21	1,05	1,75	1,88	3,20	22,20	70	26
Zinn	mg/kg	0,90	8,49	24,80	22,19	55,22	144,60	22	4
Beryllium	mg/kg	0,003	0,09	1,21	0,15	0,30	46,20	57	47
Selen	mg/kg	0,01	0,51	0,93	0,97	1,50	10,80	63	41
Tellur	mg/kg	0,06	0,30	1,03	1,50	1,84	10,20	60	47

Alle Angaben für die Abfälle beziehen sich auf die Feuchsubstanz.

Positivliste

Abfallschlüssel: 03 03 08

Abfälle aus dem Sortieren von Papier und Pappe für das Recycling

Parameter	Einheit	Minimum	Median	Mittelwert	80. Perzentil	90. Perzentil	Maximum	Datenzahl	davon < NWG
Heizwert H _u	kJ/kg	5.806	15.700	16.881	21.580	22.493	35.000	30	-
Wassergehalt	%	0,00	4,01	6,69	7,10	9,50	60,00	28	-
Aschegehalt	%	0,38	7,63	9,14	15,58	16,37	22,27	24	-
Chlor gesamt	%	0,01	0,05	1,19	0,36	0,74	22,28	28	8
Fluor gesamt	mg/kg	2,50	26,25	26,25	50,00	50,00	50,00	4	4
Schwefel gesamt	%	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	4	-
Cadmium	mg/kg	0,01	0,05	0,10	0,16	0,27	0,38	7	7
Thallium	mg/kg	0,02	0,12	0,09	0,13	0,15	0,17	5	5
Quecksilber	mg/kg	0,01	0,02	0,04	0,07	0,08	0,10	5	4
Antimon	mg/kg	0,29	0,96	1,02	1,68	1,80	1,92	6	5
Arsen	mg/kg	0,34	0,48	0,57	0,66	0,88	1,10	6	4
Blei	mg/kg	0,14	2,40	2,20	3,91	4,23	4,56	5	2
Chrom	mg/kg	0,03	2,50	3,85	5,07	9,45	13,82	5	2
Kobalt	mg/kg	0,03	0,24	0,62	0,70	1,62	2,54	5	4
Kupfer	mg/kg	0,03	6,28	9,49	20,16	22,73	23,59	8	3
Mangan	mg/kg	0,003	0,67	5,76	6,14	16,70	27,26	5	2
Nickel	mg/kg	0,07	1,92	2,37	4,21	5,13	6,06	5	2
Vanadium	mg/kg	0,03	0,48	0,75	0,93	1,82	2,72	5	4
Zinn	mg/kg	0,38	0,38	0,78	1,10	1,34	1,58	3	3
Beryllium	mg/kg	0,02	0,02	0,04	0,07	0,08	0,10	3	3
Selen	mg/kg	0,29	0,29	0,46	0,60	0,71	0,82	3	3
Tellur	mg/kg	0,12	0,48	0,59	0,89	1,03	1,16	3	2

Alle Angaben für die Abfälle beziehen sich auf die Feuchsubstanz.

Positivliste

Abfallschlüssel: 03 03 10

Faserabfälle, Faser-, Füller- und Überzugsschlämme aus der mechanischen Abtrennung

Parameter	Einheit	Minimum	Median	Mittelwert	80. Perzentil	90. Perzentil	Maximum	Datenzahl	davon < NWG
Heizwert (Hu)	kJ/kg	475	3.320	4.118	6.516	7.811	12.600	44	0
Wassergehalt	%	4,8	54,5	54,7	63,8	69,9	78,2	80	0
Aschegehalt	%	2,0	20,3	19,0	23,9	25,9	36,2	65	1
Chlorgehalt	%	0,003	0,05	0,10	0,11	0,15	1,18	37	16
Fluor gesamt	mg/kg	0,02	25,00	26,52	33,90	47,50	62,00	16	11
Schwefel gesamt	%	0,01	0,05	0,06	0,09	0,13	0,17	17	3
Cadmium	mg/kg	0,00	0,14	0,35	0,60	0,99	1,91	73	34
Thallium	mg/kg	0,07	0,08	0,33	0,11	0,23	8,29	39	37
Quecksilber	mg/kg	0,005	0,05	0,21	0,14	0,23	4,42	81	42
Antimon	mg/kg	0,11	0,80	3,15	1,71	2,57	73,34	34	21
Arsen	mg/kg	0,02	0,38	0,56	0,87	1,19	2,28	46	27
Blei	mg/kg	0,01	9,34	13,12	13,21	25,06	112,51	69	4
Chrom	mg/kg	2,28	9,68	16,39	16,22	24,74	152,59	68	1
Kobalt	mg/kg	0,16	1,03	1,34	1,86	2,63	5,56	35	7
Kupfer	mg/kg	0,54	25,74	62,70	61,04	133,92	1.389,28	72	0
Mangan	mg/kg	0,23	38,08	71,14	115,24	164,66	291,98	36	1
Nickel	mg/kg	0,23	3,34	6,25	6,80	11,44	65,59	68	6
Vanadium	mg/kg	0,23	1,49	2,33	3,37	4,30	14,99	37	9
Zinn	mg/kg	0,34	2,47	3,51	3,51	6,01	35,16	33	12
Beryllium	mg/kg	0,05	0,11	0,19	0,13	0,36	0,89	8	4
Selen	mg/kg	0,11	0,39	0,41	0,39	0,45	1,13	12	11
Tellur	mg/kg	0,11	0,23	0,51	0,23	0,97	2,69	8	7

Alle Angaben für die Abfälle beziehen sich auf die Feuchsubstanz.

Positivliste

Abfallschlüssel: 04 02 09
Abfälle aus Verbundmaterialien

Parameter	Einheit	Minimum	Median	Mittelwert	80. Perzentil	90. Perzentil	Maximum	Datenzahl	davon < NWG
Heizwert H _u	kJ/kg	19.850	20.940	21.750	23.020	23.940	24.860	6	k. A.
Wassergehalt	%	1,19	1,61	2,25	3,70	3,75	3,80	6	k. A.
Aschegehalt	%	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	-	-
Chlor gesamt	%	0,02	0,11	0,30	0,64	0,69	0,69	7	k. A.
Fluor gesamt	mg/kg	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	-	-
Schwefel gesamt	%	0,02	0,03	0,10	0,21	0,27	0,32	6	k. A.
Cadmium	mg/kg	0,14	0,30	0,29	0,39	0,39	0,39	6	k. A.
Thallium	mg/kg	0,49	0,49	0,55	0,49	0,65	0,90	7	k. A.
Quecksilber	mg/kg	0,10	0,10	0,14	0,21	0,23	0,26	6	k. A.
Antimon	mg/kg	0,98	0,98	2,75	2,40	6,28	10,16	6	k. A.
Arsen	mg/kg	0,10	0,69	0,62	0,98	0,98	0,98	6	k. A.
Blei	mg/kg	0,98	0,98	2,32	4,40	5,00	5,61	6	k. A.
Chrom	mg/kg	1,61	5,61	5,53	5,61	8,22	10,82	6	k. A.
Kobalt	mg/kg	0,16	0,52	1,02	1,87	2,38	2,88	6	k. A.
Kupfer	mg/kg	1,67	1,79	16,90	41,32	47,23	53,13	6	k. A.
Mangan	mg/kg	1,38	2,49	45,21	106,06	131,74	157,42	6	k. A.
Nickel	mg/kg	1,03	1,33	1,27	1,38	1,38	1,38	6	k. A.
Vanadium	mg/kg	0,10	0,47	0,50	0,89	0,93	0,98	6	k. A.
Zinn	mg/kg	0,10	0,59	5,26	12,47	15,09	17,71	6	k. A.
Beryllium	mg/kg	0,01	0,05	0,15	0,07	0,36	0,81	7	k. A.
Selen	mg/kg	0,10	1,18	1,00	1,26	1,28	1,28	7	k. A.
Tellur	mg/kg	0,05	0,49	0,35	0,49	0,64	0,86	7	k. A.

Alle Angaben für die Abfälle beziehen sich auf die Feuchsubstanz.

Positivliste

Abfallschlüssel: 04 02 21

Abfälle aus unbehandelten Textilfasern

Parameter	Einheit	Minimum	Median	Mittelwert	80. Perzentil	90. Perzentil	Maximum	Datenzahl	davon < NWG
Heizwert H _u	kJ/kg	12.677	19.058	19.186	22.820	26.836	33.350	19	-
Wassergehalt	%	0,00	4,45	5,90	10,42	12,53	22,00	22	-
Aschegehalt	%	0,10	2,48	6,46	13,36	15,33	22,46	17	-
Chlor gesamt	%	0,01	0,04	0,07	0,10	0,11	0,32	14	7
Fluor gesamt	mg/kg	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	-	-
Schwefel gesamt	%	0,01	0,05	0,49	1,20	1,20	1,20	5	1
Cadmium	mg/kg	0,01	0,30	1,11	1,73	2,78	3,82	4	3
Thallium	mg/kg	0,05	0,10	0,10	0,12	0,13	0,14	2	2
Quecksilber	mg/kg	0,005	0,02	0,08	0,15	0,17	0,19	5	4
Antimon	mg/kg	0,10	1,67	28,42	2,34	82,87	163,40	6	4
Arsen	mg/kg	0,81	1,60	1,60	2,07	2,23	2,39	2	2
Blei	mg/kg	2,39	2,87	5,26	7,45	8,98	10,51	3	1
Chrom	mg/kg	2,39	3,40	7,03	10,53	12,91	15,29	3	1
Kobalt	mg/kg	1,19	2,03	2,03	2,53	2,70	2,87	2	1
Kupfer	mg/kg	3,40	8,70	8,17	9,92	12,46	16,91	8	0
Mangan	mg/kg	71,00	71,00	71,00	71,00	71,00	71,00	1	0
Nickel	mg/kg	2,39	41,28	72,84	121,43	148,15	174,87	3	1
Vanadium	mg/kg	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	-	-
Zinn	mg/kg	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	-	-
Beryllium	mg/kg	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	1	1
Selen	mg/kg	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	-	-
Tellur	mg/kg	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	-	-

Alle Angaben für die Abfälle beziehen sich auf die Feuchsubstanz.

Positivliste Abfallschlüssel: 04 02 22
Abfälle aus verarbeiteten Textilfasern

Parameter	Einheit	Minimum	Median	Mittelwert	80. Perzentil	90. Perzentil	Maximum	Datenzahl	davon < NWG
Heizwert H _u	kJ/kg	12.500	20.870	19.680	22.370	22.780	23.700	19	k. A.
Wassergehalt	%	0,00	1,70	3,12	4,8	7,675	13,00	16	k. A.
Aschegehalt	%	0,60	4,30	11,43	17,48	26,99	36,50	4	k. A.
Chlor gesamt	%	0,01	0,05	0,10	0,15	0,21	0,32	15	k. A.
Fluor gesamt	mg/kg	30,00	630,00	1.047,50	1.760,00	2.330,00	2.900,00	4	k. A.
Schwefel gesamt	%	0,02	0,14	0,17	0,19	0,39	0,46	16	k. A.
Cadmium	mg/kg	0,10	0,20	0,33	0,49	0,49	1,77	24	k. A.
Thallium	mg/kg	0,20	0,70	0,65	0,98	0,98	1,16	17	k. A.
Quecksilber	mg/kg	0,05	0,20	0,18	0,20	0,31	0,48	19	k. A.
Antimon	mg/kg	0,10	11,80	42,09	27,52	38,34	570,14	21	k. A.
Arsen	mg/kg	0,10	1,16	8,67	4,92	11,99	98,30	18	k. A.
Blei	mg/kg	0,98	4,92	10,59	9,68	17,89	83,56	22	k. A.
Chrom	mg/kg	1,97	9,54	20,08	25,16	49,84	131,72	22	k. A.
Kobalt	mg/kg	0,29	1,55	2,76	2,63	4,01	18,97	18	k. A.
Kupfer	mg/kg	1,97	12,29	44,45	27,52	81,40	530,82	24	k. A.
Mangan	mg/kg	0,98	19,17	60,13	46,59	59,18	651,73	18	k. A.
Nickel	mg/kg	0,98	1,97	7,41	8,45	17,89	63,99	22	k. A.
Vanadium	mg/kg	0,20	1,07	5,66	1,97	1,97	79,62	18	k. A.
Zinn	mg/kg	0,98	2,40	3,71	5,70	7,72	9,83	17	k. A.
Beryllium	mg/kg	0,10	0,49	0,59	0,983	0,983	1,16	16	k. A.
Selen	mg/kg	0,98	0,98	2,21	4,33	4,92	7,86	17	k. A.
Tellur	mg/kg	0,49	1,77	2,86	3,18	6,29	14,75	17	k. A.

Alle Angaben für die Abfälle beziehen sich auf die Feuchsubstanz.

Positivliste Abfallschlüssel: 07 02 13
Kunststoffabfälle

Parameter	Einheit	Minimum	Median	Mittelwert	80. Perzentil	90. Perzentil	Maximum	Datenzahl	davon < NWG
Heizwert H _u	kJ/kg	9.450	21.665	23.361	30.100	32.050	43.090	48	-
Wassergehalt	%	0,1	0,6	2,9	3,4	5,9	39,0	43	14
Aschegehalt	%	0,05	15,9	19,8	35,2	46,4	73,3	27	1
Chlor gesamt	%	0,0	0,2	3,1	3,2	10,4	41,0	37	10
Fluor gesamt	mg/kg	5,00	50,00	184,79	416,00	540,00	600,00	7	5
Schwefel gesamt	%	0,00	0,22	0,70	1,10	1,48	5,07	25	5
Cadmium	mg/kg	0,01	0,35	1,50	1,08	5,25	10,24	25	19
Thallium	mg/kg	0,10	0,65	1,88	1,99	5,22	9,94	11	11
Quecksilber	mg/kg	0,01	0,15	0,41	0,30	0,73	2,78	10	8
Antimon	mg/kg	0,50	3,98	25,29	17,39	97,61	157,05	13	6
Arsen	mg/kg	0,35	1,99	2,68	4,89	6,15	6,91	9	5
Blei	mg/kg	0,15	3,73	36,00	93,44	105,46	142,14	10	6
Chrom	mg/kg	0,03	2,49	113,02	32,94	219,28	921,44	9	4
Kobalt	mg/kg	0,03	1,24	2,17	2,78	4,57	6,96	7	5
Kupfer	mg/kg	0,35	4,45	32,78	57,95	65,31	163,02	13	1
Mangan	mg/kg	0,003	2,98	20,87	24,45	57,25	101,39	7	2
Nickel	mg/kg	0,07	0,99	16,38	14,43	35,59	106,36	9	5
Vanadium	mg/kg	0,03	3,48	15,11	5,45	34,45	101,39	8	4
Zinn	mg/kg	0,40	15,11	15,11	23,94	26,88	29,82	2	1
Beryllium	mg/kg	0,02	0,15	0,14	0,19	0,22	0,25	7	7
Selen	mg/kg	0,01	0,30	1,44	2,19	3,88	5,96	7	7
Tellur	mg/kg	0,10	0,15	1,29	1,89	3,43	4,97	5	4

Alle Angaben für die Abfälle beziehen sich auf die Feuchsubstanz.

Positivliste

Abfallschlüssel: 08 01 12

Farb- und Lackabfälle mit Ausnahme derjenigen, die unter 08 01 11 fallen

Parameter	Einheit	Minimum	Median	Mittelwert	80. Perzentil	90. Perzentil	Maximum	Datenzahl	davon < NWG
Heizwert (Hu)	kJ/kg	3.100	14.900	14.404	16.700	17.600	33.400	11	0
Wassergehalt	%	0,3	3,6	16,0	25,9	43,2	69,0	8	0
Aschegehalt	%	3,2	28,8	24,1	35,3	35,5	35,6	4	0
Chlorgehalt	%	0,01	0,16	0,29	0,41	0,41	1,43	11	4
Fluor gesamt	mg/kg	170,00	335,00	335,00	434,00	467,00	500,00	2	1
Schwefel gesamt	%	0,01	0,37	0,46	0,56	0,96	1,54	7	1
Cadmium	mg/kg	0,19	0,48	0,93	1,08	1,79	3,91	10	5
Thallium	mg/kg	0,05	0,35	2,21	2,93	6,13	9,32	6	5
Quecksilber	mg/kg	0,00	0,26	0,54	1,00	1,37	1,47	9	7
Antimon	mg/kg	6,37	25,19	25,19	36,49	40,25	44,01	2	0
Arsen	mg/kg	0,05	0,96	3,60	2,55	9,22	18,65	7	4
Blei	mg/kg	0,14	18,65	557,45	252,16	1.165,90	4.268,53	9	4
Chrom	mg/kg	1,56	51,41	51,89	67,26	79,49	107,59	8	1
Kobalt	mg/kg	9,78	9,78	9,78	9,78	9,78	9,78	1	1
Kupfer	mg/kg	1,56	164,77	147,07	289,84	316,43	322,78	7	1
Mangan	mg/kg	14,67	23,66	23,66	29,04	30,84	32,64	2	0
Nickel	mg/kg	0,14	16,63	15,25	22,22	26,63	32,76	7	2
Vanadium	mg/kg	78,25	78,25	78,25	78,25	78,25	78,25	1	1
Zinn	mg/kg	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	-	-
Beryllium	mg/kg	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	1	0
Selen	mg/kg	4,89	4,89	4,89	4,89	4,89	4,89	1	0
Tellur	mg/kg	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1,96	1	0

Alle Angaben für die Abfälle beziehen sich auf die Feuchsubstanz.

Positivliste

Abfallschlüssel: 08 02 01

Abfälle von Beschichtungspulver

Parameter	Einheit	Minimum	Median	Mittelwert	80. Perzentil	90. Perzentil	Maximum	Datenzahl	davon < NWG
Heizwert (Hu)	kJ/kg	14.940	17.000	18.117	20.008	21.474	23.000	13	0
Wassergehalt	%	0,2	5,7	6,2	8,2	10,1	23,0	11	1
Aschegehalt	%	21,6	24,7	28,3	36,1	38,5	40,9	6	0
Chlorgehalt	%	0,01	0,28	0,39	0,85	0,85	0,90	11	3
Fluor gesamt	mg/kg	5,00	410,00	538,33	884,00	1.042,00	1.200,00	3	1
Schwefel gesamt	%	0,05	0,60	0,62	1,04	1,26	1,26	9	3
Cadmium	mg/kg	0,07	1,20	2,50	3,00	6,21	9,43	6	3
Thallium	mg/kg	0,09	0,25	0,27	0,34	0,41	0,47	4	4
Quecksilber	mg/kg	0,00	0,09	0,80	0,37	2,12	4,72	7	4
Antimon	mg/kg	1,42	6,89	14,50	20,75	36,73	56,46	7	3
Arsen	mg/kg	0,50	1,30	1,20	1,57	1,79	2,00	6	5
Blei	mg/kg	0,50	7,59	8,33	14,38	15,99	24,12	10	3
Chrom	mg/kg	1,23	9,84	24,95	43,91	75,63	94,30	10	1
Kobalt	mg/kg	0,50	1,01	4,17	6,56	10,35	14,15	4	3
Kupfer	mg/kg	9,43	67,00	129,02	241,56	325,84	458,39	9	1
Mangan	mg/kg	1,90	24,52	24,52	38,10	42,62	47,15	2	1
Nickel	mg/kg	1,75	24,30	47,35	57,09	149,14	188,60	10	1
Vanadium	mg/kg	0,50	0,51	1,28	1,91	2,37	2,84	3	2
Zinn	mg/kg	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	-	-
Beryllium	mg/kg	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	-	-
Selen	mg/kg	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	-	-
Tellur	mg/kg	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	-	-

Alle Angaben für die Abfälle beziehen sich auf die Feuchsubstanz.

Positivliste

Abfallschlüssel: 09 01 07

Filme und fotografische Papiere, die Silber oder Silberverbindungen enthalten

Parameter	Einheit	Minimum	Median	Mittelwert	80. Perzentil	90. Perzentil	Maximum	Datenzahl	davon < NWG
Heizwert (Hu)	kJ/kg	15.680	19.245	18.803	20.518	20.779	21.040	4	0
Wassergehalt	%	4,5	5,4	7,6	9,3	12,2	15,1	4	0
Aschegehalt	%	2,3	2,5	2,4	2,5	2,5	2,6	3	0
Chlorgehalt	%	0,14	0,36	0,36	0,49	0,54	0,58	2	0
Fluor gesamt	mg/kg	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	-	-
Schwefel gesamt	%	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	-	-
Cadmium	mg/kg	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	2	2
Thallium	mg/kg	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	2	2
Quecksilber	mg/kg	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	2	2
Antimon	mg/kg	1,66	1,66	32,46	50,94	87,91	124,87	4	3
Arsen	mg/kg	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	2	2
Blei	mg/kg	4,73	8,28	8,28	10,41	11,12	11,83	2	1
Chrom	mg/kg	0,80	1,74	5,77	9,55	12,15	14,76	3	1
Kobalt	mg/kg	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	2	2
Kupfer	mg/kg	1,66	1,66	262,52	471,20	627,72	784,23	3	2
Mangan	mg/kg	0,80	3,43	3,43	5,01	5,54	6,06	2	1
Nickel	mg/kg	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66	2	2
Vanadium	mg/kg	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	2	2
Zinn	mg/kg	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	2	2
Beryllium	mg/kg	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	2	2
Selen	mg/kg	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	2	2
Tellur	mg/kg	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	2	2

Alle Angaben für die Abfälle beziehen sich auf die Feuchsubstanz.

Positivliste

Abfallschlüssel: 09 01 08

Filme und fotografische Papiere, silberfrei

Parameter	Einheit	Minimum	Median	Mittelwert	80. Perzentil	90. Perzentil	Maximum	Datenzahl	davon < NWG
Heizwert H _u	kJ/kg	6.600	20.200	20.126	22.142	26.324	39.110	17	-
Wassergehalt	%	0,60	5,45	10,07	14,20	15,40	51,60	16	-
Aschegehalt	%	0,47	2,27	3,84	5,20	7,00	15,51	11	-
Chlor gesamt	%	0,04	0,11	0,24	0,29	0,48	1,66	17	5
Fluor gesamt	mg/kg	0,00	27,50	2595,00	380,00	6.350,00	20.000,00	8	8
Schwefel gesamt	%	0,03	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	5	2
Cadmium	mg/kg	0,01	0,19	0,76	0,58	1,63	4,92	9	6
Thallium	mg/kg	0,02	0,11	0,15	0,24	0,31	0,38	6	6
Quecksilber	mg/kg	0,005	0,10	0,42	0,28	1,13	1,99	6	2
Antimon	mg/kg	0,24	2,60	51,86	83,01	188,06	255,29	10	3
Arsen	mg/kg	0,47	0,78	1,28	1,35	2,62	4,73	8	5
Blei	mg/kg	0,14	4,21	71,04	7,56	169,43	542,72	8	4
Chrom	mg/kg	0,03	4,46	17,34	27,42	39,71	82,64	11	2
Kobalt	mg/kg	0,03	0,24	0,91	0,95	2,36	3,78	6	5
Kupfer	mg/kg	0,24	2,72	8,33	12,18	20,27	36,69	8	3
Mangan	mg/kg	0,003	0,66	3,80	4,08	10,55	17,02	5	1
Nickel	mg/kg	0,07	3,45	5,10	10,40	10,87	11,35	6	1
Vanadium	mg/kg	0,03	0,47	1,55	0,95	3,92	6,90	6	5
Zinn	mg/kg	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	1	0
Beryllium	mg/kg	0,02	0,06	0,06	0,08	0,09	0,09	2	2
Selen	mg/kg	0,28	0,47	0,57	0,76	0,85	0,95	3	3
Tellur	mg/kg	0,11	0,47	0,51	0,76	0,85	0,95	3	3

Alle Angaben für die Abfälle beziehen sich auf die Feuchsubstanz.

Positivliste

Abfallschlüssel: 12 01 05
Kunststoffspäne und Drehspäne

Parameter	Einheit	Minimum	Median	Mittelwert	80. Perzentil	90. Perzentil	Maximum	Datenzahl	davon < NWG
Heizwert H _u	kJ/kg	17.920	23.430	27.710	38.100	39.000	42.100	16	k. A.
Wassergehalt	%	0,10	0,90	6,18	2,35	5,03	70,00	32	k. A.
Aschegehalt	%	0,70	2,80	2,33	3,22	3,36	3,50	3	k. A.
Chlor gesamt	%	0,01	0,06	0,15	0,19	0,30	0,94	14	k. A.
Fluor gesamt	mg/kg	10,00	100,00	1.036,67	1.840,00	2.420,00	3.000,00	3	k. A.
Schwefel gesamt	%	0,001	0,04	0,05	0,08	0,08	0,18	13	k. A.
Cadmium	mg/kg	0,05	0,40	0,54	0,77	0,99	2,60	17	k. A.
Thallium	mg/kg	0,10	0,99	0,87	0,99	0,99	1,34	16	k. A.
Quecksilber	mg/kg	0,00	0,10	0,20	0,26	0,39	0,99	18	k. A.
Antimon	mg/kg	0,10	0,99	2,47	2,94	5,75	9,91	17	k. A.
Arsen	mg/kg	0,10	0,99	1,45	1,19	2,35	9,91	17	k. A.
Blei	mg/kg	0,99	3,47	11,52	15,10	27,30	81,93	20	k. A.
Chrom	mg/kg	0,99	6,94	11,11	16,48	23,19	50,54	17	k. A.
Kobalt	mg/kg	0,30	0,99	2,56	2,77	6,94	11,89	17	k. A.
Kupfer	mg/kg	1,98	7,93	12,39	22,59	30,49	39,64	19	k. A.
Mangan	mg/kg	0,99	8,86	40,31	119,47	128,83	128,83	18	k. A.
Nickel	mg/kg	0,99	3,47	7,29	7,53	10,07	66,41	20	k. A.
Vanadium	mg/kg	0,30	0,99	1,06	0,99	1,69	1,98	18	k. A.
Zinn	mg/kg	0,99	2,97	93,34	9,45	19,82	1.587,64	18	k. A.
Beryllium	mg/kg	0,30	0,99	0,89	0,99	0,99	0,99	15	k. A.
Selen	mg/kg	0,99	0,99	1,61	0,99	1,52	9,91	16	k. A.
Tellur	mg/kg	0,50	0,99	2,48	5,68	5,95	9,91	16	k. A.

Alle Angaben für die Abfälle beziehen sich auf die Feuchsubstanz.

Positivliste

Abfallschlüssel: 15 01 01
Verpackungen aus Papier und Pappe

Parameter	Einheit	Minimum	Median	Mittelwert	80. Perzentil	90. Perzentil	Maximum	Datenzahl	davon < NWG
Heizwert H _u	kJ/kg	12.500	17.400	18.260	20.520	23.480	27.600	15	k. A.
Wassergehalt	%	1,20	3,65	3,86	4,91	6,82	8,10	15	k. A.
Aschegehalt	%	9,00	30,25	30,25	43,00	47,25	51,50	2	k. A.
Chlor gesamt	%	0,01	0,09	0,71	0,25	0,45	8,29	14	k. A.
Fluor gesamt	mg/kg	10,00	20,00	36,67	56,00	68,00	80,00	3	k. A.
Schwefel gesamt	%	0,01	0,11	0,17	0,28	0,37	0,40	14	k. A.
Cadmium	mg/kg	0,10	0,30	0,32	0,36	0,66	0,77	15	k. A.
Thallium	mg/kg	0,19	0,91	0,79	0,96	1,15	1,45	14	k. A.
Quecksilber	mg/kg	0,04	0,15	0,16	0,23	0,27	0,29	15	k. A.
Antimon	mg/kg	0,67	2,31	3,91	4,86	9,64	13,49	15	k. A.
Arsen	mg/kg	0,10	2,02	2,71	2,89	6,94	9,64	15	k. A.
Blei	mg/kg	0,96	1,93	3,33	5,97	7,90	8,67	15	k. A.
Chrom	mg/kg	1,16	2,88	5,57	7,71	15,90	18,31	16	k. A.
Kobalt	mg/kg	0,96	1,64	2,40	4,82	5,23	5,78	15	k. A.
Kupfer	mg/kg	1,35	8,36	10,39	13,86	18,07	41,43	16	k. A.
Mangan	mg/kg	0,81	7,66	10,35	12,36	17,99	50,10	16	k. A.
Nickel	mg/kg	1,20	1,93	3,81	5,01	7,11	17,34	15	k. A.
Vanadium	mg/kg	0,65	0,96	1,67	1,93	2,97	4,82	15	k. A.
Zinn	mg/kg	0,96	1,74	4,65	5,78	9,64	27,94	15	k. A.
Beryllium	mg/kg	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	-	-
Selen	mg/kg	0,96	1,93	3,13	4,82	7,71	9,64	15	k. A.
Tellur	mg/kg	0,94	1,49	2,67	3,08	7,32	9,64	15	k. A.

Alle Angaben für die Abfälle beziehen sich auf die Feuchtsubstanz.

Positivliste

Abfallschlüssel: 15 01 02
Verpackungen aus Kunststoff

Parameter	Einheit	Minimum	Median	Mittelwert	80. Perzentil	90. Perzentil	Maximum	Datenzahl	davon < NWG
Heizwert H _u	kJ/kg	19.300	29.070	29.510	32.030	33.830	42.600	16	k. A.
Wassergehalt	%	0,00	2,80	2,58	4,36	4,96	5,70	14	k. A.
Aschegehalt	%	1,70	4,20	5,97	8,88	10,44	12,00	3	k. A.
Chlor gesamt	%	0,01	0,10	0,26	0,22	0,57	1,71	15	k. A.
Fluor gesamt	mg/kg	20,00	510,00	510,00	804,00	902,00	1.000,00	2	k. A.
Schwefel gesamt	%	0,01	0,07	0,13	0,21	0,35	0,40	14	k. A.
Cadmium	mg/kg	0,10	0,29	0,45	0,67	0,79	2,24	17	k. A.
Thallium	mg/kg	0,19	0,97	0,98	1,07	1,74	1,94	15	k. A.
Quecksilber	mg/kg	0,02	0,15	0,16	0,19	0,29	0,39	17	k. A.
Antimon	mg/kg	0,10	3,99	10,93	21,58	30,42	33,05	18	k. A.
Arsen	mg/kg	0,08	1,94	2,46	2,99	4,24	9,72	15	k. A.
Blei	mg/kg	0,97	2,43	7,77	9,72	18,95	45,68	16	k. A.
Chrom	mg/kg	0,49	6,32	7,30	9,72	16,92	20,41	18	k. A.
Kobalt	mg/kg	0,29	1,56	2,84	2,14	4,08	19,44	15	k. A.
Kupfer	mg/kg	1,94	42,77	77,74	118,84	184,68	495,72	21	k. A.
Mangan	mg/kg	0,97	5,83	12,05	7,62	15,55	97,20	15	k. A.
Nickel	mg/kg	0,97	1,94	12,12	6,80	16,82	106,92	20	k. A.
Vanadium	mg/kg	0,19	1,94	1,81	2,33	2,68	5,15	15	k. A.
Zinn	mg/kg	0,97	3,69	8,34	8,85	27,41	42,77	17	k. A.
Beryllium	mg/kg	0,04	0,49	0,54	0,97	0,97	0,97	13	k. A.
Selen	mg/kg	0,97	2,43	2,95	4,28	4,86	9,72	14	k. A.
Tellur	mg/kg	0,49	1,94	3,23	3,89	7,97	13,61	14	k. A.

Alle Angaben für die Abfälle beziehen sich auf die Feuchsubstanz.

Positivliste Abfallschlüssel: 15 01 03
Verpackungen aus Holz

Parameter	Einheit	Minimum	Median	Mittelwert	80. Perzentil	90. Perzentil	Maximum	Datenzahl	davon < NWG
Heizwert H _u	kJ/kg	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	-	-
Wassergehalt	%	8,30	10,40	9,87	10,70	10,80	10,90	3	k. A.
Aschegehalt	%	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	-	-
Chlor gesamt	%	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	-	-
Fluor gesamt	mg/kg	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	-	-
Schwefel gesamt	%	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	-	-
Cadmium	mg/kg	1,25	1,61	3,02	4,35	5,27	6,18	3	k. A.
Thallium	mg/kg	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	-	-
Quecksilber	mg/kg	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	3	k. A.
Antimon	mg/kg	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	-	-
Arsen	mg/kg	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	3	k. A.
Blei	mg/kg	72,58	119,17	114,69	139,06	145,69	152,32	3	k. A.
Chrom	mg/kg	30,46	58,24	52,86	65,23	67,56	69,89	3	k. A.
Kobalt	mg/kg	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	-	-
Kupfer	mg/kg	6,63	12,99	15,80	21,86	24,82	27,78	3	k. A.
Mangan	mg/kg	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	-	-
Nickel	mg/kg	8,42	8,96	10,42	11,92	12,90	13,89	3	k. A.
Vanadium	mg/kg	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	-	-
Zinn	mg/kg	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	-	-
Beryllium	mg/kg	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	-	-
Selen	mg/kg	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	-	-
Tellur	mg/kg	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	-	-

Alle Angaben für die Abfälle beziehen sich auf die Feuchsubstanz.

Positivliste Abfallschlüssel: 15 01 05
Verbundverpackungen

Parameter	Einheit	Minimum	Median	Mittelwert	80. Perzentil	90. Perzentil	Maximum	Datenzahl	davon < NWG
Heizwert H _u	kJ/kg	7.600	21.872	22.284	27.060	29.183	37.500	19	-
Wassergehalt	%	0,0	3,9	7,6	8,5	13,7	54,9	16	2
Aschegehalt	%	1,8	7,6	10,2	14,9	17,7	22,3	9	-
Chlor gesamt	%	0,01	0,05	0,16	0,31	0,45	0,50	16	4
Fluor gesamt	mg/kg	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	1	-
Schwefel gesamt	%	0,08	0,10	0,10	0,12	0,12	0,13	2	-
Cadmium	mg/kg	0,02	0,19	0,21	0,29	0,38	0,48	5	4
Thallium	mg/kg	0,08	0,24	0,23	0,33	0,36	0,38	3	3
Quecksilber	mg/kg	0,01	0,15	0,19	0,27	0,40	0,53	6	4
Antimon	mg/kg	3,95	22,40	23,67	35,96	44,42	52,88	5	-
Arsen	mg/kg	0,08	1,32	3,32	5,24	7,91	10,58	4	-
Blei	mg/kg	4,71	27,88	32,98	50,96	58,65	66,34	3	-
Chrom	mg/kg	1,15	19,23	13,19	20,96	22,50	24,04	5	-
Kobalt	mg/kg	0,38	2,21	2,98	4,69	5,52	6,35	3	1
Kupfer	mg/kg	1,92	14,42	313,46	16,88	921,82	1.826,76	6	-
Mangan	mg/kg	3,56	27,26	27,26	41,48	46,22	50,96	2	-
Nickel	mg/kg	1,54	5,58	5,58	8,00	8,81	9,61	2	1
Vanadium	mg/kg	5,10	5,34	5,34	5,48	5,53	5,58	2	-
Zinn	mg/kg	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	-	-
Beryllium	mg/kg	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	-	-
Selen	mg/kg	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	-	-
Tellur	mg/kg	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	-	-

Alle Angaben für die Abfälle beziehen sich auf die Feuchsubstanz.

Positivliste

Abfallschlüssel: 15 01 06
Gemischte Verpackungen

Parameter	Einheit	Minimum	Median	Mittelwert	80. Perzentil	90. Perzentil	Maximum	Datenzahl	davon < NWG
Heizwert H _u	kJ/kg	15.883	20.274	22.952	27.730	30.215	32.700	3	k. A.
Wassergehalt	%	3,30	4,80	4,80	5,70	6,00	6,30	2	k. A.
Aschegehalt	%	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	-	-
Chlor gesamt	%	0,04	0,08	0,08	0,11	0,12	0,13	k. A.	k. A.
Fluor gesamt	mg/kg	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	-	-
Schwefel gesamt	%	0,06	0,10	0,10	0,12	0,12	0,13	k. A.	k. A.
Cadmium	mg/kg	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	2	k. A.
Thallium	mg/kg	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	2	k. A.
Quecksilber	mg/kg	0,10	0,14	0,14	0,17	0,18	0,19	2	k. A.
Antimon	mg/kg	0,29	1,48	1,48	2,19	2,43	2,67	2	k. A.
Arsen	mg/kg	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	2	k. A.
Blei	mg/kg	0,95	5,71	5,71	8,57	9,52	10,47	2	k. A.
Chrom	mg/kg	4,76	6,19	6,19	7,04	7,33	7,62	2	k. A.
Kobalt	mg/kg	0,95	5,71	5,71	8,57	9,52	10,47	2	k. A.
Kupfer	mg/kg	3,81	8,09	8,09	10,66	11,52	12,38	2	k. A.
Mangan	mg/kg	4,76	6,19	6,19	7,04	7,33	7,62	2	k. A.
Nickel	mg/kg	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	2	k. A.
Vanadium	mg/kg	0,95	1,43	1,43	1,71	1,81	1,90	2	k. A.
Zinn	mg/kg	0,95	2,38	2,38	3,24	3,52	3,81	2	k. A.
Beryllium	mg/kg	0,10	0,52	0,52	0,78	0,87	0,95	2	k. A.
Selen	mg/kg	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	2	k. A.
Tellur	mg/kg	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	2	k. A.

Alle Angaben für die Abfälle beziehen sich auf die Feuchsubstanz.

Positivliste

Abfallschlüssel: 15 02 03

Aufsug- und Filtermaterialien, Wischtücher und Schutzkleidung

Parameter	Einheit	Minimum	Median	Mittelwert	80. Perzentil	90. Perzentil	Maximum	Datenzahl	davon < NWG
Heizwert H _u	kJ/kg	16.500	16.500	16.500	16.500	16.500	16.500	1	k. A.
Wassergehalt	%	23,80	23,80	23,80	23,80	23,80	23,80	1	k. A.
Aschegehalt	%	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	1	k. A.
Chlor gesamt	%	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	1	k. A.
Fluor gesamt	mg/kg	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	1	k. A.
Schwefel gesamt	%	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	1	k. A.
Cadmium	mg/kg	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	1	k. A.
Thallium	mg/kg	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1	k. A.
Quecksilber	mg/kg	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	1	k. A.
Antimon	mg/kg	43,50	43,50	43,50	43,50	43,50	43,50	1	k. A.
Arsen	mg/kg	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	1	k. A.
Blei	mg/kg	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	1	k. A.
Chrom	mg/kg	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1	k. A.
Kobalt	mg/kg	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1	k. A.
Kupfer	mg/kg	109,00	109,00	109,00	109,00	109,00	109,00	1	k. A.
Mangan	mg/kg	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1	k. A.
Nickel	mg/kg	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1	k. A.
Vanadium	mg/kg	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1	k. A.
Zinn	mg/kg	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	1	k. A.
Beryllium	mg/kg	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1	k. A.
Selen	mg/kg	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1	k. A.
Tellur	mg/kg	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1	k. A.

Alle Angaben für die Abfälle beziehen sich auf die Feuchsubstanz.

Positivliste Abfallschlüssel: 17 02 03
Kunststoff

Parameter	Einheit	Minimum	Median	Mittelwert	80. Perzentil	90. Perzentil	Maximum	Datenzahl	davon < NWG
Heizwert (Hu)	kJ/kg	17.700	27.400	27.713	34.160	37.740	46.400	25	0
Wassergehalt	%	0,1	1,3	4,8	11,6	14,7	20,7	26	2
Aschegehalt	%	0,05	6,3	8,9	13,9	23,7	37,1	22	2
Chlorgehalt	%	0,04	0,25	2,98	4,50	5,35	28,10	26	10
Fluor gesamt	mg/kg	7,98	27,50	136,62	278,00	451,00	500,00	8	7
Schwefel gesamt	%	0,05	0,05	0,08	0,05	0,13	0,20	6	5
Cadmium	mg/kg	0,05	0,54	4,25	3,75	11,35	31,58	14	7
Thallium	mg/kg	0,25	0,69	0,61	0,87	0,99	0,99	9	9
Quecksilber	mg/kg	0,01	0,25	0,22	0,33	0,38	0,64	14	9
Antimon	mg/kg	0,49	6,42	43,17	17,81	41,46	650,19	20	9
Arsen	mg/kg	0,49	0,69	0,82	1,20	1,25	1,33	9	9
Blei	mg/kg	0,05	5,98	29,44	21,71	108,79	162,36	11	6
Chrom	mg/kg	0,05	5,48	16,96	32,72	37,67	79,35	10	2
Kobalt	mg/kg	1,07	2,99	9,27	15,44	19,59	23,74	3	0
Kupfer	mg/kg	0,05	14,07	15,11	27,91	30,28	32,64	6	1
Mangan	mg/kg	1,97	20,25	53,93	91,84	115,71	139,57	3	0
Nickel	mg/kg	0,05	2,60	7,24	8,97	18,34	27,70	6	2
Vanadium	mg/kg	0,49	2,57	2,82	3,49	4,47	6,42	9	1
Zinn	mg/kg	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	-	-
Beryllium	mg/kg	0,05	0,10	0,15	0,26	0,29	0,32	5	4
Selen	mg/kg	0,49	5,43	3,81	6,42	6,71	7,90	9	9
Tellur	mg/kg	0,10	0,53	7,21	13,03	15,59	24,68	9	9

Alle Angaben für die Abfälle beziehen sich auf die Feuchsubstanz.

Positivliste Abfallschlüssel: 19 12 01
Papier und Pappe

Parameter	Einheit	Minimum	Median	Mittelwert	80. Perzentil	90. Perzentil	Maximum	Datenzahl	davon < NWG
Heizwert H _u	kJ/kg	17.400	18.600	23.960	31.340	33.620	35.900	5	k. A.
Wassergehalt	%	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	-	-
Aschegehalt	%	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	-	-
Chlor gesamt	%	0,10	0,20	0,20	0,30	0,30	0,30	5	k. A.
Fluor gesamt	mg/kg	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	-	-
Schwefel gesamt	%	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	5	k. A.
Cadmium	mg/kg	0,20	0,50	0,38	0,50	0,50	0,50	5	k. A.
Thallium	mg/kg	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	5	k. A.
Quecksilber	mg/kg	0,10	0,15	0,24	0,37	0,45	0,53	5	k. A.
Antimon	mg/kg	2,00	3,00	2,78	3,18	3,54	3,90	5	k. A.
Arsen	mg/kg	2,00	3,00	2,60	3,00	3,00	3,00	5	k. A.
Blei	mg/kg	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	5	k. A.
Chrom	mg/kg	1,00	1,00	1,40	1,70	2,10	2,50	5	k. A.
Kobalt	mg/kg	1,00	1,00	1,40	2,00	2,00	2,00	5	k. A.
Kupfer	mg/kg	1,40	5,10	6,36	10,14	10,82	11,50	5	k. A.
Mangan	mg/kg	1,50	3,80	3,30	4,46	4,78	5,10	5	k. A.
Nickel	mg/kg	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	5	k. A.
Vanadium	mg/kg	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	5	k. A.
Zinn	mg/kg	2,00	3,00	3,38	3,78	5,34	6,90	5	k. A.
Beryllium	mg/kg	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	5	k. A.
Selen	mg/kg	2,00	3,00	2,60	3,00	3,00	3,00	5	k. A.
Tellur	mg/kg	1,00	2,00	1,80	2,00	2,00	2,00	5	k. A.

Alle Angaben für die Abfälle beziehen sich auf die Feuchsubstanz.

Positivliste

Abfallschlüssel: 19 12 04
Kunststoff und Gummi

Parameter	Einheit	Minimum	Median	Mittelwert	80. Perzentil	90. Perzentil	Maximum	Datenzahl	davon < NWG
Heizwert (Hu)	kJ/kg	34.400	36.480	36.589	37.800	38.185	38.830	14	0
Wassergehalt	%	0,3	0,5	0,5	0,7	0,7	0,8	14	0
Aschegehalt	%	3,8	4,2	4,4	5,0	5,3	5,8	14	0
Chlorgehalt	%	0,69	1,00	0,98	1,12	1,19	1,20	14	0
Fluor gesamt	mg/kg	23,00	25,00	25,88	26,60	28,80	33,00	8	0
Schwefel gesamt	%	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	13	0
Cadmium	mg/kg	3,09	4,63	5,56	5,45	8,99	12,44	14	0
Thallium	mg/kg	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	14	14
Quecksilber	mg/kg	0,09	0,15	0,17	0,20	0,20	0,50	14	0
Antimon	mg/kg	31,85	46,77	50,19	55,73	67,77	89,57	14	0
Arsen	mg/kg	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	14	14
Blei	mg/kg	34,83	63,69	62,34	73,64	84,79	109,47	14	0
Chrom	mg/kg	17,91	24,38	24,52	27,47	31,95	35,83	14	0
Kobalt	mg/kg	1,39	1,84	1,88	2,13	2,33	2,59	14	0
Kupfer	mg/kg	31,85	109,47	241,62	218,94	600,11	1.293,76	14	0
Mangan	mg/kg	12,84	15,23	17,40	17,22	20,50	32,84	9	0
Nickel	mg/kg	4,38	5,37	5,87	6,11	7,35	10,45	14	0
Vanadium	mg/kg	1,19	1,44	1,46	1,63	1,76	1,79	14	0
Zinn	mg/kg	15,92	26,37	24,74	30,25	31,55	34,83	14	0
Beryllium	mg/kg	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	14	14
Selen	mg/kg	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	14	14
Tellur	mg/kg	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	1	1

Alle Angaben für die Abfälle beziehen sich auf die Feuchsubstanz.

Positivliste

Abfallschlüssel: 19 12 10

Brennbare Abfälle (Brennstoffe aus der hochkalorischen Fraktion von Abfällen aus Haushalten und Gewerbe)

Parameter	Einheit	Minimum	Median	Mittelwert	80. Perzentil	90. Perzentil	Maximum	Datenzahl	davon < NWG
Heizwert (Hu)	kJ/kg	4.400	16.700	16.178	19.100	20.500	25.700	503	0
Wassergehalt	%	1,5	8,8	14,0	27,9	33,4	41,3	503	0
Aschegehalt	%	6,6	13,8	14,4	17,4	19,4	46,7	486	0
Chlorgehalt	%	0,20	0,80	0,92	1,30	1,50	4,30	394	0
Fluor gesamt	%	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,09	216	213
Schwefel gesamt	%	0,05	0,10	0,13	0,20	0,20	1,00	216	6
Cadmium	mg/kg	0,10	2,10	4,11	5,60	9,20	55,00	341	66
Thallium	mg/kg	0,01	0,18	0,20	0,19	0,19	5,90	277	276
Quecksilber	mg/kg	0,06	0,28	0,35	0,43	0,57	3,39	341	77
Antimon	mg/kg	1,12	20,41	53,18	66,81	138,30	818,80	341	0
Arsen	mg/kg	0,31	0,48	1,00	1,46	2,02	7,33	341	197
Blei	mg/kg	0,93	131,60	263,71	236,50	344,88	30.176,00	341	0
Chrom	mg/kg	3,35	82,73	144,57	208,61	303,27	3.029,40	341	0
Kobalt	mg/kg	0,47	4,23	5,92	6,32	9,10	127,68	341	2
Kupfer	mg/kg	10,03	480,96	1.978,93	2.500,40	5.537,70	24.174,00	341	0
Mangan	mg/kg	11,76	105,00	115,26	143,36	173,66	464,28	341	0
Nickel	mg/kg	0,47	14,19	43,41	27,33	50,82	3.658,20	341	1
Vanadium	mg/kg	1,02	5,19	6,42	7,63	9,08	134,95	340	0
Zinn	mg/kg	2,46	16,64	31,86	34,26	54,87	1.450,50	341	0
Beryllium	mg/kg	0,06	0,09	0,11	0,10	0,18	0,63	226	202
Selen	mg/kg	0,04	0,46	0,45	0,47	0,48	1,29	226	225
Tellur	mg/kg	0,01	0,18	0,23	0,19	0,20	3,39	226	206

Alle Angaben für die Abfälle beziehen sich auf die Feuchsubstanz.

Positivliste

Abfallschlüssel: 19 12 10

Brennbare Abfälle (Brennstoffe aus der hochkalorischen Fraktion überwiegend aus Haushalten nach positiver automatischer Sortierung)

Parameter	Einheit	Minimum	Median	Mittelwert	80. Perzentil	90. Perzentil	Maximum	Datenzahl	davon < NWG
Heizwert (Hu)	kJ/kg	11.600	14.400	14.816	15.900	16.642	24.300	72	0
Wassergehalt	%	12,4	30,1	29,5	32,0	32,9	38,6	124	0
Aschegehalt	%	5,9	8,9	9,1	10,1	10,6	13,4	71	0
Chlorgehalt	%	0,07	0,27	0,29	0,36	0,46	0,66	123	0
Fluor gesamt	mg/kg	17,48	39,84	39,98	49,49	56,97	73,40	37	7
Schwefel gesamt	%	0,05	0,10	0,10	0,12	0,12	0,18	38	0
Cadmium	mg/kg	0,07	0,64	0,78	1,13	1,45	4,32	60	6
Thallium	mg/kg	0,12	0,12	0,13	0,14	0,14	0,14	56	56
Quecksilber	mg/kg	0,03	0,12	0,19	0,31	0,41	1,28	109	20
Antimon	mg/kg	3,50	7,02	11,59	10,83	18,60	129,32	60	0
Arsen	mg/kg	0,24	0,24	0,34	0,35	0,35	2,73	56	54
Blei	mg/kg	0,35	25,02	50,26	38,19	45,60	1.034,52	62	1
Chrom	mg/kg	4,61	29,36	39,99	39,37	46,39	861,87	107	0
Kobalt	mg/kg	1,33	2,66	3,73	5,39	6,98	12,86	56	0
Kupfer	mg/kg	21,32	111,84	230,34	289,95	513,49	1.677,60	109	0
Mangan	mg/kg	16,78	37,05	38,98	44,23	51,11	63,47	57	0
Nickel	mg/kg	2,24	8,32	10,33	11,77	13,85	42,57	60	0
Vanadium	mg/kg	1,95	2,94	3,07	3,47	4,14	6,57	59	0
Zinn	mg/kg	1,15	5,04	8,30	8,39	14,26	54,10	56	7
Beryllium	mg/kg	0,07	0,07	0,10	0,07	0,20	0,30	55	45
Selen	mg/kg	0,35	0,59	0,55	0,59	0,59	1,38	55	53
Tellur	mg/kg	0,14	0,35	0,57	0,68	1,33	2,78	55	40

Alle Angaben für die Abfälle beziehen sich auf die Feuchtsubstanz.

Positivliste

Abfallschlüssel: 19 12 10

Brennstoff aus produktionsspezifischen Abfällen (BPG)

Parameter	Einheit	Minimum	Median	Mittelwert	80. Perzentil	90. Perzentil	Maximum	Datenzahl	davon < NWG
Heizwert H _u	kJ/kg	11.600	21.800	22.016	23.900	25.401	32.200	781	-
Wassergehalt	%	0,2	9,9	10,5	15,3	17,4	36,5	890	-
Aschegehalt	%	2,6	8,9	9,0	10,7	11,6	38,9	725	-
Chlor gesamt	%	0,02	0,39	0,44	0,58	0,73	2,20	768	5
Fluor gesamt	mg/kg	5,0	108,5	200,7	278,0	542,4	1.700,0	128	48
Schwefel gesamt	%	0,02	0,10	0,11	0,12	0,20	0,80	198	39
Cadmium	mg/kg	0,05	0,75	1,84	1,62	2,91	162,19	308	57
Thallium	mg/kg	0,02	0,23	0,33	0,55	0,68	1,96	309	245
Quecksilber	mg/kg	0,02	0,09	0,15	0,12	0,21	1,62	304	234
Antimon	mg/kg	0,45	18,65	27,79	40,76	53,22	567,66	389	10
Arsen	mg/kg	0,11	0,68	0,85	0,90	1,35	15,32	274	175
Blei	mg/kg	0,45	27,03	62,22	54,06	97,31	4.406,13	296	16
Chrom	mg/kg	0,68	19,10	27,26	37,30	53,16	186,52	311	6
Kobalt	mg/kg	0,23	2,53	3,33	4,49	6,29	69,38	289	53
Kupfer	mg/kg	2,79	40,86	122,74	111,73	242,02	3.604,20	338	-
Mangan	mg/kg	3,60	24,96	30,36	39,65	52,08	126,15	283	-
Nickel	mg/kg	0,44	5,41	16,08	11,71	22,59	1.621,89	290	13
Vanadium	mg/kg	0,36	2,17	3,61	4,51	4,51	163,99	225	67
Zinn	mg/kg	0,45	8,44	10,59	15,14	20,09	79,56	181	17
Beryllium	mg/kg	0,01	0,77	0,77	1,13	1,13	2,93	173	141
Selen	mg/kg	0,01	0,45	1,18	2,25	2,25	5,29	176	140
Tellur	mg/kg	0,05	0,09	0,14	0,15	0,18	2,61	218	189

Alle Angaben für die Abfälle beziehen sich auf die Feuchsubstanz.



NRW.



Ministerium für
Umwelt und
Naturschutz,
Landwirtschaft und
Verbraucherschutz
des Landes
Nordrhein-Westfalen