

# CHLOR – UNTERSCHÄTZTE KOSTENEXPLOSION IN DER EBS-VERBRENNUNG

*Reinhard Schu*

*Jens Niestroj*

*EcoEnergy Gesellschaft für*

*Energie- und Umwelttechnik mbH*

*Walkenried am Harz*



## ZUSAMMENFASSUNG

Der Beitrag zeigt Problematik und Lösungsvorschläge für die Anlagenauslegung und Brennstoffbeschaffung für Ersatzbrennstoffkraftwerke vor dem Hintergrund eines dynamischen Brennstoffmarktes mit sich ständig ändernden Brennstoffqualitäten auf. Wesentlich für die Überwachung der Brennstoffqualität sind die Parameter Heizwert und Chlorgehalt zum Anlagenschutz und Einhaltung der Immissionsgrenzwerte. Durch die höheren Chlorgehalte im Ersatzbrennstoff steigen sowohl die Investitions- als auch die Betriebskosten. Es wird ein Überblick über die gestiegenen Gesamtkosten für den Bau und Betrieb von Ersatzbrennstoff-Anlagen gegeben. Prognostiziert wird in diesem Zusammenhang die zukünftige Entwicklung der Ersatzbrennstoffzusammensetzung mit einer Empfehlung geeigneter Abgasreinigungssysteme. Es werden Abgasreinigungssysteme vorgestellt, die für höhere Schadstoffgehalte geeignet bzw. nachrüstbar sind.

Vor dem Hintergrund steigender Chlorgehalte werden geeignete Preisanpassungsmodelle für Ersatzbrennstoffverträge dargestellt. Darüber hinaus empfiehlt es sich, ein Abgasreinigungssystem mit Nachrüstooption zu wählen. Es werden transparent die Gesamtkosten der Abgasreinigung bezogen auf die Chlorfracht bzgl. Verfügbarkeit, Wartungskosten, Betriebsmittel und Entsorgungskosten dargestellt.

## **EINLEITUNG**

Der Chlorgehalt im Abfall und Ersatzbrennstoff (EBS) ist heute der Leitparameter für die Auslegung von Kessel und Abgasreinigung und hat einen großen Einfluss auf die Betriebskosten und die Verfügbarkeit einer Verbrennungsanlage. Die Mitverbrennung von EBS aus gemischten Abfällen in der Zementindustrie und Kohlekraftwerken ist rückläufig, aufgrund erhöhter Sensibilisierung für die Brennstoffzusammensetzung und für die Verwertbarkeit der Reststoffe aus dem Kraftwerksprozess. Ersatzbrennstoffe werden heute entweder in der MVA mitverbrannt oder in Monoverbrennungsanlagen verwertet. Der Kampf um die EBS-Mengen und ein suggerierter zukünftig niedriger Verwertungspreis für EBS hat oft nicht genügend Spielraum für die Berücksichtigung von Preisrisiken zugelassen. Viele Abgasreinigungsanlagen sind nach heutiger Kenntnis für zu niedrige Chlorgehalte dimensioniert. Der Grund für die oft unterdimensionierte Abgasreinigungsanlage sind die angenommenen geringen Chlorgehalte aus der Erfahrung mit MVA in den letzten 15 Jahren. Dies liegt an der Reduzierung von PVC in kurzlebigen Produkten und Verpackungsabfällen, die früher über den Hausmüll entsorgt wurden. Auch heute noch weist Restabfall mit 0,4% - 0,7% Chlor im Vergleich zu Gewerbeabfällen mit im Mittel 2% - 2,5% Chlor sehr niedrige Chlorgehalte auf.

Mit steigendem Ölpreis nehmen auch Kunststoff-Recyclate an Wert zu. Je mehr daher sortenreine Kunststoffe mit der Wertstoffeffassung aus dem Abfall entnommen werden, desto höher ist der Anteil an PVC-Verbunden im verbleibenden Abfall. Zu beobachten ist dann ein starker Anstieg von Chlor im Gewerbeabfall. Die weitere Entwicklung ist vorgezeichnet. Mit steigenden CO<sub>2</sub>-Zertifikatpreisen werden Biomassen, die nach Biomasseverordnung nicht als Biomassen anerkannt sind, aber dennoch CO<sub>2</sub>-neutral sind und meistens auch geringe Chlorgehalte aufweisen, vermehrt in der Zementindustrie und in Kohlekraftwerken gefragt sein. Der Anteil an fossiler Organik und damit auch gleichzeitig an Chlor wird sich damit im EBS erhöhen. Eine weitere gravierende Veränderung auf dem EBS-Markt würde sich einstellen, wenn die Abfallverbrennung in den CO<sub>2</sub>-Handel einbezogen wird, in der Hoffnung, dass dann durch den biogenen Anteil im Abfall zusätzliche Erlöse durch CO<sub>2</sub>-Zertifikate erwirtschaftet werden können.

Die wirtschaftlichen Konsequenzen aus der Entwicklung der Abfallzusammensetzung werden im Folgenden dargestellt.

## **1 CHARAKTERISIERUNG DER ABFÄLLE**

Abfälle zur Beseitigung bestehen meist aus Hausmüll mit Anteilen an Geschäftsmüll. Dieser Abfall zeichnet sich durch einen relativ hohen Wassergehalt bei niedrigem Heizwert < 8 MJ/kg aus. Daneben enthalten die Abfälle zur Beseitigung nicht verwertbare, d. h. heizwertarme gewerbliche Abfälle, die trockener und grundsätzlich heizwertreicher als Hausmüll sind. Der Chlorgehalt im Hausmüll beträgt nur etwa 0,4% - 0,8%.

Abfälle zur energetischen Verwertung sind dagegen deutlich trockener als Hausmüll. Der Heizwert liegt zwischen 11 MJ/kg und 18 MJ/kg. Der Chlorgehalt ist in der Regel > 1%, teilweise bei Sortierresten und bestimmten Gewerbeabfallchargen >> 2%. Eine mechanische Abreicherung der Chlorgehalte ist grundsätzlich möglich, dabei sollte allerdings von Abreicherungsgraden von maximal 30% - 50% ausgegangen werden.

Zusammengefasst können die beiden Brennstoffe wie folgt charakterisiert werden:

Tabelle 1: Charakterisierung der Brennstoffe

Hausmüll	Ersatzbrennstoff / Gewerbeabfall
hoher feuchter Organikanteil, hoher Wasseranteil, niedriger Heizwert < 10 MJ/kg	geringer feuchter Organikanteil, geringer Wasseranteil, höherer Heizwert > 11 MJ/kg
niedriger Schwermetallgehalt niedriger Chlorgehalt 0,4% - 0,9%	mäßiger Schwermetallgehalt hoher Chlorgehalt > 1%, in Teilchargen >> 2%

## 1.1 Chlor im Abfall

Rund 60% des Umsatzes, den die deutsche chemische Industrie erwirtschaftet, hängt direkt oder indirekt von chlorchemischen Verfahren ab. Für viele Produkte ist Chlor ein wichtiger Baustein im Produktionsprozess. Neben den chlorhaltigen Produkten – wie PVC – wird Chlor häufig für die Herstellung von Zwischenprodukten eingesetzt. Mit Abstand mengenmäßig wichtigstes chlorhaltiges Produkt ist Polyvinylchlorid (PVC).

PVC und die anderen chlorhaltigen Kunststoffe / Kautschuke finden sich nach Ablauf ihrer Nutzungsdauer quantitativ im Abfall wieder.

Die folgende Grafik zeigt eine Abschätzung des PVC-Anfalls zur Verwertung bzw. Beseitigung, der sich nach Rückrechnung aus dem PVC-Verbrauch ergibt.

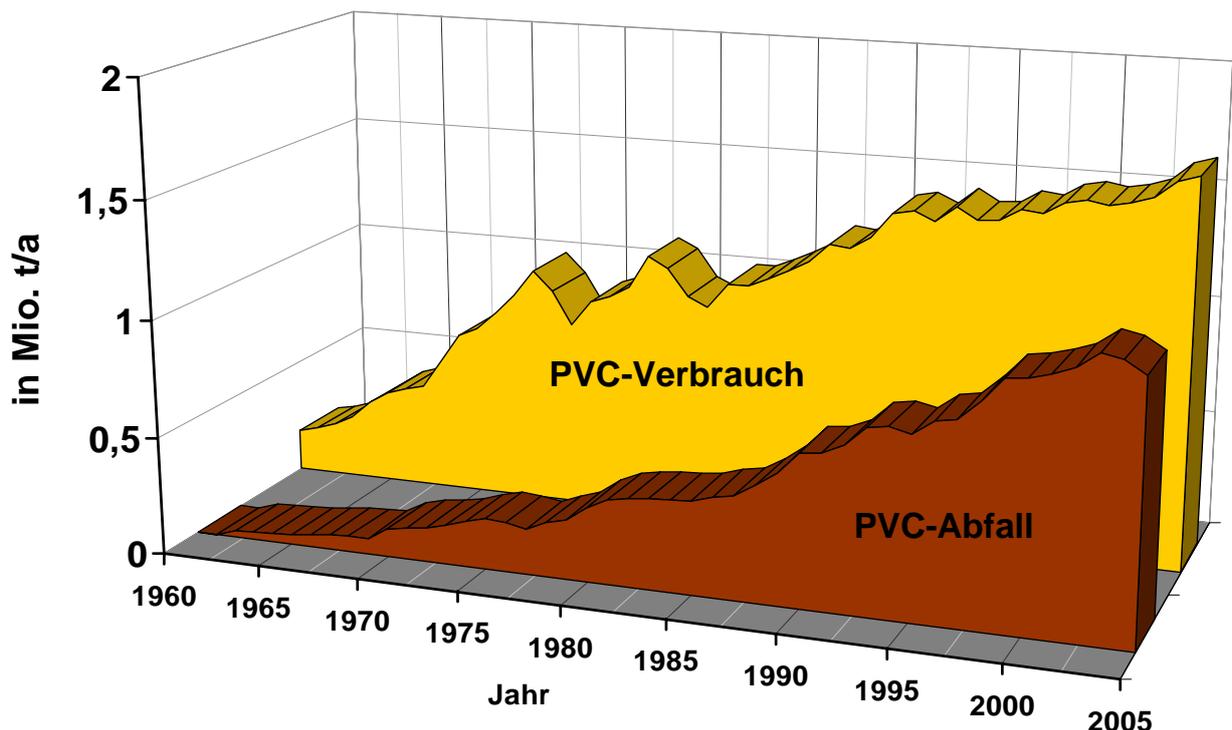


Abbildung 1: PVC-Verbrauch und Abfallaufkommen in Deutschland (verändert nach Arbeitsgemeinschaft PVC und Umwelt e.V., 2006)

Es wird angenommen, dass Abfall bzw. Ersatzbrennstoff etwa 0,3% bis 0,7% Chlor anorganischen bzw. diffusen Ursprungs enthalten, welches nicht durch (trockene) mechanische Aufbereitungstechnik abgetrennt werden kann (Grundrauschen). Beispiele sind Kochsalz, der Chlorgehalt von Papier, bereits applizierte chlorhaltige Farben und Klebstoffe. Die restliche Chlorfracht beruht größtenteils auf PVC und ande-

ren chlorierten Kunststoffen bzw. Kautschuken. Heute können die in der folgenden Tabelle abgeschätzten Chlorgehalte angenommen werden.

Tabelle 2: Chlorgehalte in verschiedenen Abfallfraktionen

Abfallart	Chlorgehalt	davon: Chlor aus PVC und andere Kunststoffe	davon: „Hintergrund-rauschen“
Sortierreste Baumischabfall	2% - 8%	1,6% - 7,5%	0,4%
Sortierreste DSD	1% - 4 %	0,6% - 3,5%	0,4%
Gewerbeabfall	1% - 5%	0,6% - 4,5%	0,4%
Haus- und Geschäftsmüll	0,4% - 0,8 %	0,1% - 0,3%	0,3% - 0,6%
hausmüllähnlicher Gewerbeabfall	0,6% - 1,5%	0,2% - 1,1%	0,4%

Der Chlorgehalt bei den Bauabfällen ist - relativ gesehen - niedrig, da Bodenbeläge und Fenster bereits heute getrennt erfasst und stofflich verwertet werden. In den anderen Abfallbereichen wird PVC praktisch nicht getrennt erfasst. Daher kann hier der Chlorgehalt nur durch automatische Sortiertechnik (NIR, Röntgen) teilweise aus dem Abfall abgetrennt werden, wobei eine Abtrennung durch die Tatsache erschwert wird, dass PVC außerhalb des Bau- und Verpackungsbereiches oft als Verbund mit anderen Kunststoffen oder mit Metallen vorliegt. Somit beträgt die Effizienz der automatischen PVC-Abtrennung selten mehr als 50% - bezogen auf den Input an PVC.

Dies bedeutet, dass gerade potenzielle Ersatzbrennstoffe stark mit Chlor befrachtet sind. Das gilt besonders für Ersatzbrennstoffe, die aus dem gewerblichen Bereich stammen. Aufgrund der Steigerung des PVC-Absatzes von mehr als 2% pro Jahr wird sich der Chlorgehalt in den (gewerblichen) Abfällen und damit in den Ersatzbrennstoffen in den nächsten Jahren noch weiter erhöhen.

Tabelle 3: Berechnung des aktuellen Chlorgehaltes in den Abfällen

PVC-Senke	Menge Abfall	darin: PVC Menge	resultierender Chlorgehalt aus PVC	Chlor – Hintergrund-rauschen	Chlorgehalt gesamt
Basis: PVC und andere chlorhaltige Kunststoffe im Abfall: 1.100.000 t (2005)					
stoffliches Recycling	-	660.000 t	-	-	-
Hausmüll und hausmüllähnlicher Gewerbeabfall	20 Mio. t	100.000 t	0,3%	0,5%	0,8%
restliche gewerbliche Abfälle	10 Mio. t	340.000 t	1,9%	0,5%	<b>2,4%</b>

In einer Feldstudie (Ketelhut, 2007) wurden für den Zeitraum 2006 bis 2007 in Schleswig-Holstein insgesamt 75 Proben von Abfallinput verschiedener EBS-Aufbereitungsanlagen untersucht. Im Durchschnitt wurde ein Chlorgehalt von ca. 2,2% ermittelt.

In Deutschland fallen jährlich ca. 48,4 Mio. t/a Siedlungsabfälle bzw. von der Kunststoffindustrie, so genannte Post-Consumer Abfälle, an. In diesen Abfällen sind ca. 3,8 Mio. t Kunststoffe (trocken und ohne anhaftenden Schmutz) enthalten mit einem Anteil von 1 Mio. t/a PVC-Abfälle.

Von den PVC-Abfällen werden ca. 40% separat erfasst. Der Gesamtabfall hat somit, inkl. Hintergrundrauschen, einen durchschnittlichen Chlorgehalt über den gesamten Abfall von 0,9% bis 1,2%.

Der Chlorgehalt des durchschnittlichen Kunststoffgemisches im Abfall beträgt theoretisch 5% bis 7%. Bei einer erhöhten werkstofflichen Kunststoffverwertung erhöht sich der Chlorgehalt der verbleibenden Kunststofffraktion entsprechend.

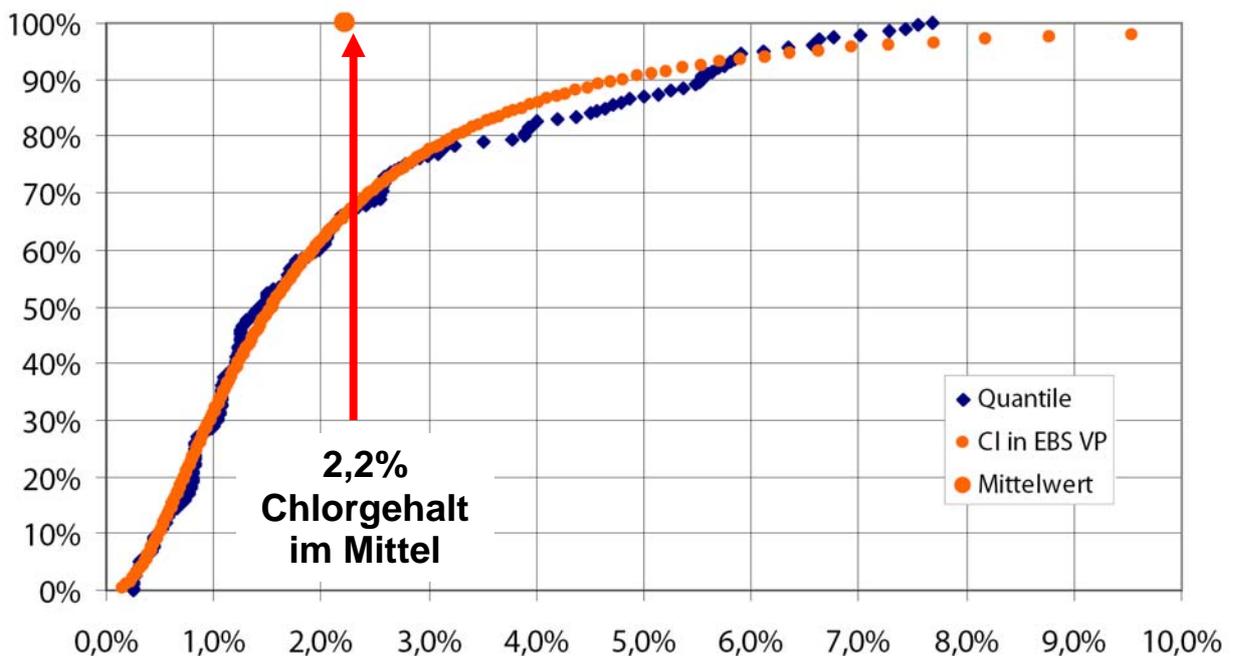


Abbildung 2: Chlorgehalte in Gewerbeabfällen zur energetischen Verwertung (nach Ketelhut, 2007)

Geht man auch zukünftig von einer konstanten Recyclingquote von 60% für PVC und von einer Steigerung der PVC-Menge im Abfall von 4% pro Jahr aus (Absatzsteigerung von PVC bis in die 80er Jahre hinein), steigt der Chloranteil in den gewerblichen Abfällen zur energetischen Verwertung im Mittel bis 2010 auf 2,6% und bis 2015 auf mehr als 3,2% (s. Abbildung 3).

Wie bereits oben erwähnt, gilt diese Abschätzung nur, falls es der PVC-Industrie tatsächlich gelingt, mindestens 60% der PVC-Abfälle gesondert zu verwerten und der Anteil biogener Abfälle im Abfallgemisch nicht abnimmt. Ansonsten muss von noch höheren Chlorgehalten in den gewerblichen Abfällen ausgegangen werden.

Die Prognosen gehen jedoch von einem weiteren Rückgang des biogenen Anteils und einer weiteren werkstofflichen Verwertung der nicht PVC-Kunststoffe aus, so dass ab 2015 über 5% Chlorgehalt in den Abfällen zur energetischen Verwertung vorliegen können.

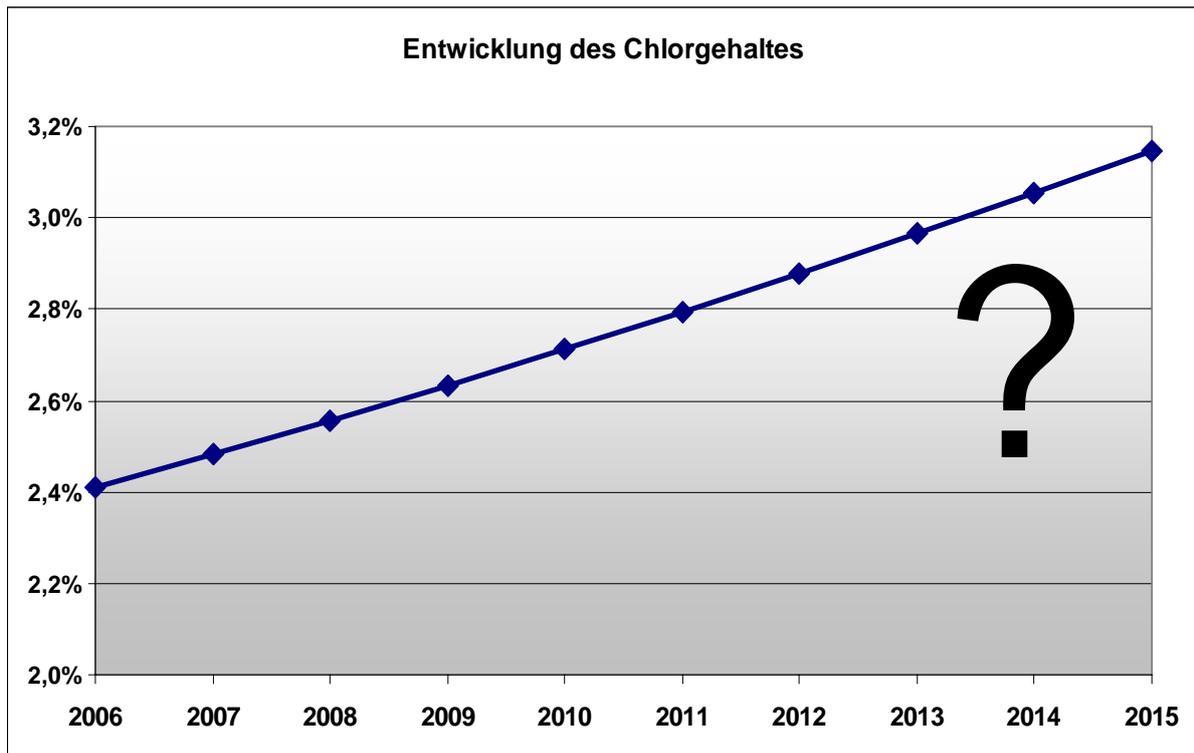


Abbildung 3: Entwicklung des Chlorgehaltes im EBS aus gewerblichen Abfällen bei konstanten Randbedingungen (Recyclingquote 60%)

## 1.2 Schlussfolgerungen für die Betreiber von EBS-Kraftwerken

Es ist in absehbarer Zeit nicht zu erwarten, dass der PVC-Gehalt gerade in Gewerbeabfällen sinken wird. Nach Kalkulation der Kosten, die durch Abgasreinigungskemikalien, erhöhte Reststoffkosten durch Rückstände aus der Abgasreinigung sowie durch reduzierte Verfügbarkeit und erhöhte Wartungskosten entstehen, ergeben sich PVC-Verwertungskosten von 400 €/t bis 700 €/t PVC.

Der EBS-Verwerter kann daher nur mit einer empfindlichen Preispolitik und durch Weitergabe der realen Kosten aufgrund des Chloreintrags sowie mit einem Qualitätssicherungssystem den EBS-Lieferanten zu einer gezielten PVC-Entfrachtung veranlassen. Die Entfrachtung setzt dabei schon am Abfallentstehungsort bei den Gewerbetreibenden durch separate Einsammlung von stark PVC-haltigen Abfällen an.

Kann der weitere Anstieg des Chlorgehaltes im Abfall nicht durch organisatorische oder technische Maßnahmen aufgehalten werden, ist neben den exponentiell steigenden Kosten durch Hochtemperatur-Chlorkorrosion in MVA und EBS-Kraftwerken auch mit einer Nachrüstung eines Wäschers in der Abgasreinigung von zur Zeit quasitrocken oder trocken ausgeführten Abgasreinigungsanlagen zu rechnen.

Neben einer klaren Preispolitik bei steigenden Chlorgehalten im EBS ist daher planerisch genügend Platz für eine spätere Erweiterung der Abgasreinigung vorzusehen. Moderate Dampfparameter von nicht über 400 °C sind vor diesem Szenario zur Reduzierung der erwarteten Korrosionsprobleme empfehlenswert.

### Nachkalkulation der Gesamtkosten durch gestiegene Chlorgehalte

Der Kostenverursacher Chlor ist ein Multitalent. Der Chlorgehalt als Leitparameter ist wesentlicher Auslegungsparameter des Kesselkonzeptes, der Parameter des Was-

ser-Dampfkreislaufes und der Abgasreinigungstechnik. Heute in Bau und in Betrieb befindliche EBS-Kraftwerke wurden für einen mittleren Chlorgehalt von < 1% ausgelegt und oft auch für diesen Chlorgehalt genehmigt.

Soweit es sich um hausmüllstämmigen EBS aus MBA-Anlagen handelt, ist ein Chlorgehalt um 1% auch weiterhin zu erwarten. EBS aus Gewerbeabfall für EBS-Kraftwerke enthält dem gegenüber je nach Aufbereitungstiefe 1% - 3% Chlor mit steigender Tendenz.

Zu den chlorabhängig steigenden Kostengruppen eines EBS-Kraftwerkes gehören:

- Verfügbarkeit: spezifische Kosten aufgrund korrosionsbedingter Stillstände bzw. verlängerter Revisionszeiten
- Wartungskosten durch Korrosionsschäden
- Betriebsmittelkosten Abgasreinigung

## 2 PREISANPASSUNG IN EBS-VERTRÄGEN

In Ersatzbrennstofflieferverträgen werden verschiedene Formen der Preisänderung vereinbart. Man kann grundsätzlich zwischen Preisanpassungen aufgrund geänderter EBS-Eigenschaften und Preisgleitungen aufgrund der Änderung vereinbarter Kostenindizes unterscheiden.

Eine Preisgleitklausel muss berücksichtigen, dass Energieerlöse genauso steigen wie Betriebs-, Personal- und Entsorgungskosten. Daher muss es Elemente geben, die diese Kostensteigerung realistisch in der Preisgleitklausel abbilden. Daneben ist zu berücksichtigen, dass ein fixer Kapitaldienst für die Anlageninvestition zu tätigen ist, der keiner Preisgleitung unterliegt. Steigende Erlöse aus der verkauften Energie (Strom und / oder Wärme) sollten angemessen berücksichtigt werden.

Durchsatzleistung und die Behandlungskosten pro Tonne EBS werden durch die Abfallzusammensetzung wesentlich beeinflusst. Preisanpassungen aufgrund von geändertem Heizwert, Aschegehalt und Chlorgehalt sind üblich. Der Asche- und Chlorgehalt pro Tonne wird auch über den Heizwert beeinflusst, da sich die Durchsatzmengen ändern. Maßgeblich für die Kosten oder Einsparungen durch Chlor oder Asche sind die absoluten Frachten. Erhöht sich der Heizwert, die Asche- und Chlorgehalte pro Tonne bleiben jedoch gleich, entstehen insgesamt durch die geringere Durchsatzleistung weniger Kosten für Ascheentsorgung, Korrosion und Betriebskosten Abgasreinigung.

Aufgrund der hohen Relevanz von Chlor für den Verwertungspreis ist eine exakte Berechnung der Preisanpassung aufgrund geänderter EBS-Eigenschaften erforderlich.

### Zusammenfassung der Preisgleitformeln

$$P - Cl = \left[ CG' - \frac{Hu'}{Hu} CG \right] \bullet 1.100 \text{€} / t \quad (1a) \quad \text{Korrektur Mehrpreis Chlormenge}$$

$$P - Cl = \left[ CG' - \frac{Hu'}{Hu} CG \right] \bullet 900 \text{€} / t \quad (1b) \quad \text{Korrektur Minderpreis Chlormenge}$$

$$P - S = \left[ SG' - \frac{Hu'}{Hu} SG \right] \bullet 180 \text{€} / t \quad (2a) \quad \text{Korrektur Mehrpreis Schwefelmenge}$$

$$P - S = \left[ SG' - \frac{Hu'}{Hu} SG \right] \cdot 120 \text{ €/t} \quad (2b) \quad \text{Korrektur Minderpreis Schwefelmenge}$$

$$P' = P \frac{Hu'}{Hu} \text{ €/t} \quad (3) \quad \text{Preisanpassung Heizwert}$$

$$P - FA = FA \cdot \left[ 1 - \frac{Hu'}{Hu} \right] \cdot 100 \text{ €/t} \quad (4a) \quad \text{Preisanpassung Flugasche}$$

$$P - RA = \frac{1}{65\%} \left[ (AG' - 1,7\%) - \frac{Hu'}{Hu} (AG - 1,7\%) \right] \cdot 36 \text{ €/t} \quad (4b) \quad \text{Preisanpassung Rostschlacke}$$

$$P\text{-aktuell} = P' + (P - CI) + (P - S) + (P - FA) + (P - RA)$$

Die o. g. Formeln enthalten teilweise Konstanten, die sich aus Anlagentechnik, Verwertungspreisen für Schlacke und Filterstaub, projektabhängigen Betriebsmittelkosten etc. ergeben. In der folgenden Tabelle ist ein Berechnungsbeispiel enthalten.

Tabelle 4: Berechnungsbeispiel EBS-Preis

#### EBS-Qualität neu

Heizwert	Hu'	16	MJ/kg
Chlorgehalt aktuell	CG'	2,00%	%
Schwefelgehalt aktuell	SG'	0,20%	%
Aschegehalt aktuell	AG'	20%	%

#### Rahmenbedingungen EBS-Vertrag

Verwertungspreis EBS	Po	80	€/t
Heizwert	Hu	14	MJ/kg
Chlorgehalt Basis	CG	0,9%	%
Schwefelgehalt Basis	SG	0,2%	%
Aschegehalt Basis	AG	15,0%	%
Flugaschemenge von Aschegehalt	FAG	1,70%	%
Wassergehalt Rostschlacke	WG-RA	35%	%
Behandlungskosten Flugasche	FA	100	€/t
Behandlungskosten Rostschlacke	RA	35	€/t

#### Ergebnis

Korrekturpreis Chlormenge	P-CI	11,66	€/t
Korrekturpreis Schwefelmenge	P-S	-0,03	€/t
Korrekturpreis Flugasche	P-FA	-0,24	€/t
Korrekturpreis Rostschlacke	P-RA	1,67	€/t
Preis heizwertangepasst	P'	91,43	€/t
<b>Summe Preisänderung</b>	<b>P-aktuell</b>	<b>104,48</b>	<b>€/t</b>

Durch eine Steigerung des Chlorgehaltes um 1,1%-Punkte und des Heizwertes um 2 MJ/kg und des Aschegehaltes um 5%-Punkte erhöhen sich die Kosten der EBS-Verwertung um über 30%.

### 3 NACHRÜSTOPTIONEN FÜR DIE ABGASREINIGUNG

Für die Problematik der erhöhten HCl-Werte im Rohgas gibt es bereits industriell umgesetzte Konzepte und Lösungen. Die folgende Abbildung bietet einen Wirtschaftlichkeitsvergleich unterschiedlicher Abgasreinigungskonzepte in Abhängigkeit von der HCl-Konzentration im Rohgas und den Kosten für die Entsorgung der Reststoffe. Zum Vergleich sind die Deponiekosten in Frankreich und Deutschland dargestellt.

HCl-Konzentrationen von 2.000 mg/Nm<sup>3</sup> im Rohgas werden bereits bei Chlorgehalten von 1,3% (FS) erreicht. Selbst bei den bisherigen niedrigen Reststoff-Entsorgungskosten in Deutschland lohnt sich hier schon die Nachrüstung mit einem Wäscher.

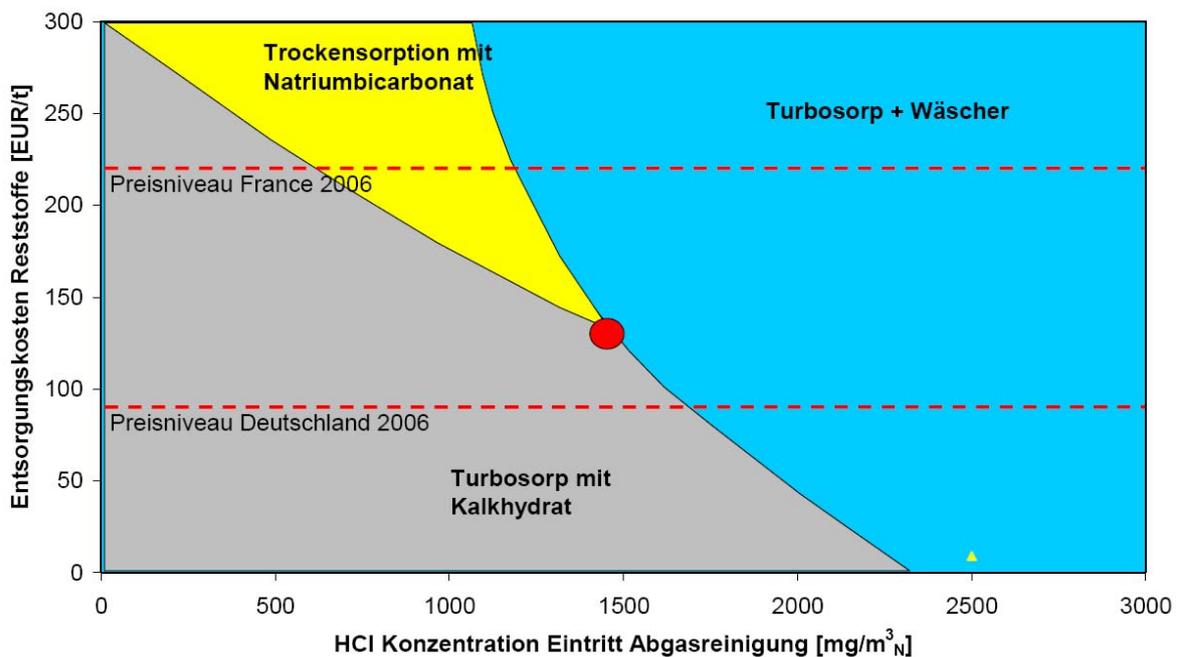


Abbildung 4: Wirtschaftlichkeit unterschiedlicher Abgasreinigungskonzepte, (Frey, 2007)

Die Betriebsmittel der Abgasreinigung setzen sich für kostengünstige Abgasreinigungsanlagen mit quasitrockener Abgasreinigung und Entstickung mittels SNCR wie folgt zusammen:

Tabelle 5: Betriebsmittelkosten Abgasreinigung

	Menge pro t EBS	Preis Betriebsmittel	spez. Kosten EBS
Ammoniakwasser	3 – 6,5 l	140 – 160 €/m <sup>3</sup>	0,4 – 1 €/t
Herdofenkoks	1 – 2 kg	330 – 400 €/t	0,35 – 0,8 €/t
Kalkhydrat	20 – 40 kg	140 – 150 €/t	2,8 – 6 €/t
SUMME			4 – 7 €/t
alternativ Branntkalk	25 – 45 kg/ t EBS	80 – 100 €/t	2 – 4,5 €/t
alternativ Natriumbikarbonat	12 – 24 kg/ t EBS	200 €/t	2,4 – 4,8 €/t

Die Betriebsmittel Ammoniakwasser und Herdofenkoks bzw. Aktivkohle haben kei-

nen direkten Bezug zum Chlorgehalt, jedoch zum Heizwert, der mit steigendem Kunststoffgehalt zunimmt und somit indirekt ebenso der Bedarf an diesen Betriebsmitteln.

Als Mittelwert für die Preisbasis wurden 0,9% Chlorgehalt in der Originalsubstanz bzw. ca. 1.450 mg/Nm<sup>3</sup> tr. gewählt. Maximal kann ein Tagesmittelwert im Rohgas von ca. 3.200 mg/Nm<sup>3</sup> bzw. 2% Chlor zugelassen werden.

Der Betriebsmittelverbrauch ist von der Wahl des Abgasreinigungssystems abhängig. Die Investitionskosten betragen je nach Abgasreinigungssystem für ca. 100.000 Nm<sup>3</sup>/h Abgas:

- einstufiges trockenes Verfahren ca. 4,5 Mio. €
- quasitrockenes Verfahren ca. 6 Mio. €
- Nasswäsche ca. 13 Mio. €

#### **4 ABGASREINIGUNG FÜR EBS BEI ROSTVERBRENNUNGSANLAGEN**

Die Prognose für die Emissionsentwicklung von Abfallverbrennungsanlagen ist vor dem Hintergrund der derzeitigen Genehmigungspraxis und Gesetzgebung klar in Richtung „Nullemission“ erkennbar. In dem aktuellen Entwurf der 37. BImSchV werden beispielsweise höhere Anforderungen an Abfallverbrennungsanlagen bzgl. der NO<sub>x</sub>-Fracht gestellt als für andere Verbrennungsanlagen gleicher Leistungsgröße. Der Gesetzgeber begründet dies unter anderem mit der damit verbesserten Akzeptanz von Abfallbehandlungsanlagen.

Im Bereich der Grenzwertfestlegung in der Immissionsüberwachung von Abfallverbrennungsanlagen geht es schon lange nicht mehr um reale Immissionen. Die öffentliche Diskussion sollte daher mit Stereotypen wie „Nullemission“ geführt werden, die von der Öffentlichkeit verstanden werden.

Eine im Jahr 2013 erstellte Verbrennungsanlage sollte auch noch im Jahr 2030 betrieben werden können, ohne die Abgasreinigung komplett umzubauen.

Zur Vermeidung teurer Umbauten und Nachrüstungen im Bereich der Abgasreinigung sollte daher für neu zu bauende Abfallverbrennungsanlagen ein modulares Nullemissions-Abgasreinigungskonzept gewählt werden. Die zu installierenden Grundmodule sollten ohne Ausbau zur „Nullemission“ zu konventionellen Abgasreinigungsanlagen konkurrenzfähig sein.

Dieser Abschnitt zeigt ein Abgasreinigungskonzept auf, das die heute bekannten Anforderungen der Emissionsminimierung, Ressourcenschonung, Energieeffizienz und sozialen Verträglichkeit bei wirtschaftlicher Vergleichbarkeit zu vorhandenen Systemen erfüllt und modular bis hin zur Nullemission erweiterbar ist.

Wir bezeichnen Abfallbehandlungsanlagen mit einer modular bis hin zu einer Nullemission erweiterbaren Abgasreinigungsanlage als „Zero Emission Waste-to-Energy Conversion“ – ZEWTEC.

In Abbildung 5 wird ein Abgasreinigungskonzept vorgestellt, das keine Aktivkohle oder Herdofenkoks (HOK) und keine Additive zur Chlorreduktion einsetzt. Durch den minimierten Additiveinsatz werden auch die entsprechenden Reststoffmengen zur Entsorgung vermieden. Zusätzlich werden die Aschen in einer Weise abgeschieden sowie katalytisch und chemisch-physikalisch behandelt, dass die Flugaschen wieder einem stofflichen Recycling zugeführt werden können.

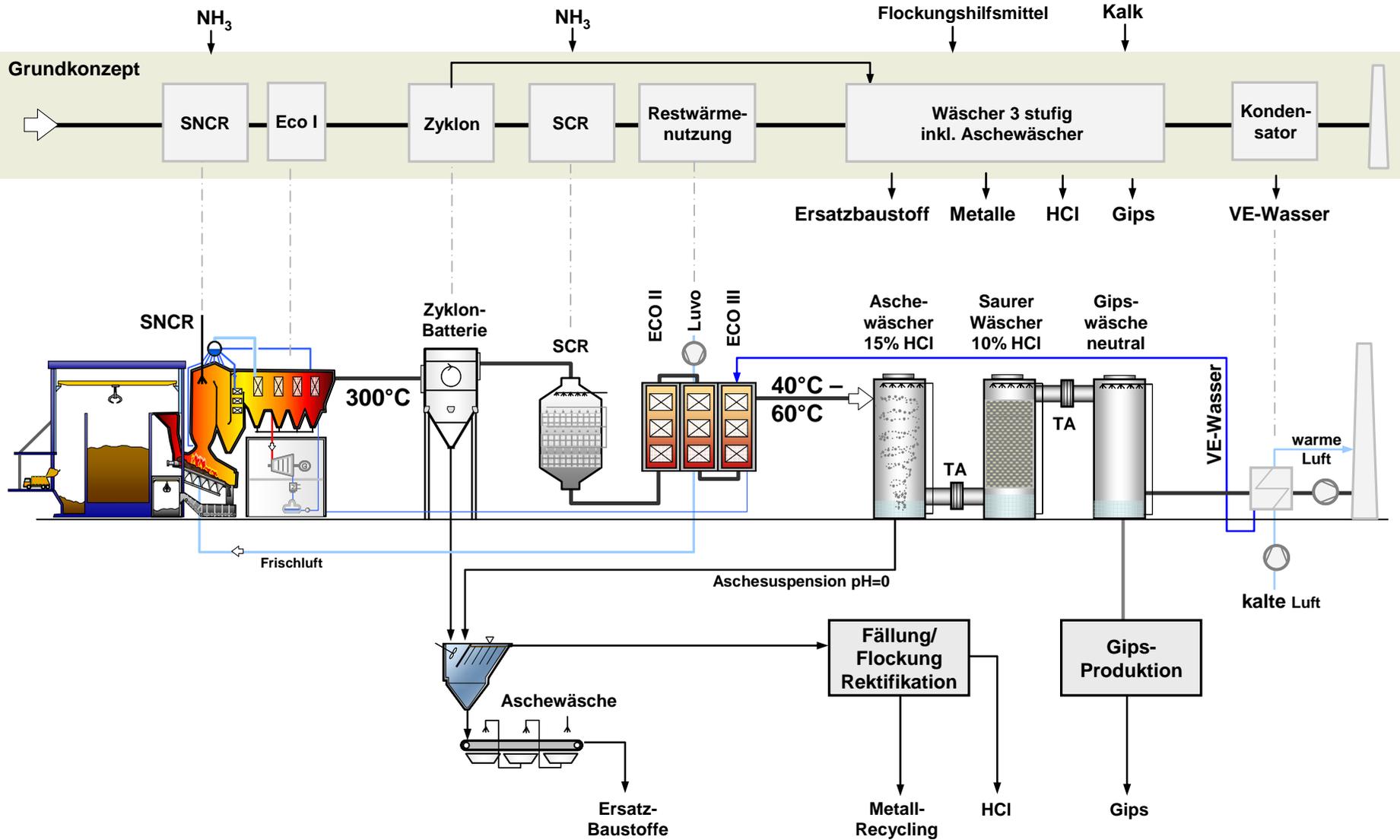


Abbildung 5: HOK- und reststofffreie Abgasreinigung mit Restwärmennutzung

## LITERATUR

Alwast, H. (2006): Ersatzbrennstoffmengen und Projekte in Deutschland; Vortrag beim VDI-Wissensforum Seminar 430411, Berlin, 5. Dezember 2006

Arbeitsgemeinschaft PVC und Umwelt e.V. Folie (2006): PVC-Verbrauch in Deutschland 1960-2005; Download: [http://www.agpu.com/fileadmin/user\\_upload/4\\_3\\_4\\_Verbrauch\\_BRD.pdf](http://www.agpu.com/fileadmin/user_upload/4_3_4_Verbrauch_BRD.pdf); Stand: 20.12.2006

Becker, O. (2006): Herausforderungen einer Finanzierung bei EBS-Anlagen; Vortrag beim VDI-Wissensforum Seminar 430411, Berlin, 5. Dezember 2006

Büll, U.; B. Zwisele; M. Nogueira und J. Niestroj (2005): Erhebung repräsentativer Planungsdaten für die Restabfallbehandlung eines Entsorgungsgebietes; In: Müll und Abfall 1/2005

Frey, R. (2007): Konzepte zur Abgasreinigung: Tiefe Emissionen trotz hohem Schadstoff-Input; In: 4. Potsdamer Fachtagung, Potsdam, 22.-23. Februar 2007

Fuchs, C. (2006): Abgasreinigung bei neuen Herausforderungen; In: Thomé-Kozmiensky, Beckmann (Hrsg.): Optimierung der Abfallverbrennung 3. Neuruppin: TK Verlag, S. 596-616

Fuchs, C.; M. Reisch und T. Feilenreiter (2005): Wirtschaftlicher Betrieb von Abgasreinigungsanlagen – unter besonderer Berücksichtigung von Nachrüstungen; In: Thomé-Kozmiensky, Beckmann (Hrsg.): Optimierung der Abfallverbrennung 2. Neuruppin: TK Verlag, S. 355-372

Grundmann, J. (2006): Ersatzbrennstoffmengen, Projekte, Entwicklung; Vortrag beim VDI-Wissensforum Seminar 430411, Berlin, 5. Dezember 2006

Ketelhut, R. (2007): Qualitätssicherung für Ersatzbrennstoffe in Schleswig-Holstein. Abschlussbericht

Schmitt, W. und M. Vetter (2006): PVC in der Müllverbrennung; Download: [http://www.agpu.de/fileadmin/user\\_upload/4\\_3\\_2\\_Recycling\\_Energ.pdf](http://www.agpu.de/fileadmin/user_upload/4_3_2_Recycling_Energ.pdf), Stand: 20.12.2006

Schu, R. und J. Niestroj (2007): Anlagenauslegung, Brennstoffbeschaffung und Qualitätssicherung für Abfallverbrennungsanlagen; In: Thomé-Kozmiensky (Hrsg.): Energie aus Abfall 2, Neuruppin: TK Verlag, S. 319-344

Schu, R. und U. Seiler (2008): HOK- und reststofffreie Abgasreinigung im Jahr 2013; In: Thomé-Kozmiensky, Beckmann (Hrsg.): Energie aus Abfall – Band 4 Neuruppin: TK Verlag, S. 185-221