

Chloranalytik in heizwertreichen Abfällen - nicht mehr (als) nötig!

Ralf Ketelhut

stoffstromdesign, Sortierkontor, Neumünster

Chemical Analysis of Chlorine in refuse-derived fuel – not (more than) necessary!

Abstract

Goal of the investigation, co-funded by the Ministry for Agriculture, Environment and Rural Areas of Schleswig-Holstein, Germany, was to develop a profound system for quality management for re-fuse-derived fuel (RDF).

The project covered 12 RDF, two heavy but high caloric fractions and two PVC-fractions gained by automatic picking. Each quality has been defined by separating ferrous and non-ferrous metals, minerals, organics, synthetic polymers, chlorinated polymers and fine grain. The sorted fractions were analyzed for the contents of water, ashes, chlorine and 29 further chemical elements by RFA.

Concerning the accompanying elements vanadium, chromium and copper are striking. Other heavy metals are included in the fine grain. The medium chlorine contents in RDF ranges between 0.5 and 1.1%. The heavy fractions do not fulfill deposition requirements. Separated PVC-fractions, which contain around 15% chlorine, can neither be used for material nor for energetic recycling and pose a severe problem.

The recommended sample sizes for chlorine analysis ranges between 12 and 60 kg for RDF and reach values up to 250 kg for pre-products.

Waste sorting and statistical evaluation help a lot to overcome uncertainties of sample preparation and chemical analysis for chlorine. Exploratory investigations can be done without chlorine analysis. For continuous quality management chemical analysis can be reduced to a minimum.

Zusammenfassung

Der Trend zur Produktion von Ersatzbrennstoffen (EBS) aus Hausmüll und Gewerbeabfällen hält unvermindert an. Für den Einsatz von EBS in den verschiedenen Verbrennungsanlagen gewinnt die aussagesichere Definition der Materialqualitäten mehr und mehr an Bedeutung. Dabei geht es immer wieder um den Gehalt an Störstoffen und insbesondere um den Chlorgehalt. Allerdings ist es angesichts der Heterogenität der verarbeiteten Inputmaterialien nach wie vor schwierig, belastbare Aussagen über die Materialqualität zu gewinnen.

Eine mit Unterstützung des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein durchgeführte Untersuchung hatte zum Ziel, die Qualitätssicherung von Ersatzbrennstoffen auf eine solide Grundlage zu stellen. Im Rahmen des Projektes wurden insgesamt sieben EBS-Vorprodukte, fünf EBS, zwei heizwertreiche Schwerstofffraktionen sowie zwei abgetrennte PVC-Fractionen in jeweils sieben Einzelproben sortiert und hinsichtlich ihres Gehaltes an Feinfraktion, Fe- und NE-Metallen, Mineralik, Organik, Kunststoffen und Chlorfrachtträgern definiert.

Die fraktionierten Mischproben wurden in Bezug auf den Gehalt an Wasser, Asche, Chlor sowie 29 weiterer Elemente mittels RFA analysiert. Im Ergebnis zeigen sich die EBS trotz heterogener Inputs von guter Qualität. Bei den Begleitelementen fallen im Material > 15 mm Chrom, Vanadium, Antimon und Kupfer auf. Andere Schwermetalle sind überwiegend im Feinkorn enthalten.

Die Chlorgehalte der EBS liegen im zwischen 0,5% und 1,1%, während in EBS-Vorprodukten bis zu 5% gefunden werden. Die Abreicherung von PVC ist insbesondere für Gewerbeabfälle angezeigt. Die Schwerstofffraktionen erfüllen die Deponievoraussetzungen nicht. Abgetrennte PVC-Fraktionen weisen Chlorgehalte um 15% auf. Sie sind derzeit nicht verwertbar und stellen ein echtes Entsorgungsproblem dar.

Durch Sortieranalysen können die möglichen Fehler in der Probenaufbereitung und Analytik vermindert werden. Für die kontinuierliche Qualitätssicherung bietet es sich an, analytische Untersuchungen auf ein Mindestmaß zu reduzieren. Für orientierende Untersuchungen kann sogar gänzlich darauf verzichtet werden.

Keywords

EBS, Chlor, Sortieranalysen, Probenahme, Qualitätssicherung, PVC.
RDF, Chlorine, Waste Sorting, Sampling, Quality Management, PVC

1 Einleitung

Der Trend zur Produktion von Ersatzbrennstoffen (EBS) aus Hausmüll und Gewerbeabfällen hält unvermindert an, dabei gewinnt die aussagesichere Definition der Materialqualitäten mehr und mehr an Bedeutung. Es geht um den Gehalt an Störstoffen und insbesondere um den Chlorgehalt.

Angesichts der Heterogenität der verarbeiteten Inputmaterialien ist es schwierig, belastbare Aussagen über die Materialqualität zu gewinnen. Nachdem in artikelbezogenen Sortieranalysen neuartige Ansatzpunkte zur Charakterisierung heterogener Abfälle gewonnen werden konnten, sollte die Systematik mit Unterstützung des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein auch für die Qualitätssicherung in der Ersatzbrennstoffaufbereitung eingesetzt werden.

Zielsetzungen der Untersuchung waren, die Qualitätssicherung von Ersatzbrennstoffen auf eine valide Grundlage zu stellen und von der Probenahme bis hin zur chemischen Analytik eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse (insbesondere für den Chlorgehalt) herzustellen.

2 Vorgehensweise

Im Rahmen des Projektes wurden insgesamt

- 5 Ersatzbrennstoffe (EBS)
- 7 EBS-Vorprodukte (EBS-VP)

- heizwertreiche Schwerstofffraktionen sowie
- 2 mit Nahinfrarot abgetrennte PVC-Fraktionen

in jeweils sieben Tages-Mischproben charakterisiert.

Jede Tagesmischprobe wurde in mindestens acht Einzelproben über einen längeren Zeitraum aus dem fallenden Strom der produzierenden Anlagen gewonnen. Die Tagesproben wurden ins Sortierkontor verbracht. Der Feinkornanteil < 15 mm wurde abgeseibt und für eine Anlagensammelprobe zurückgestellt. Die Artikel > 15 mm wurden in die Fraktionen

- Fe-Metall (Neodym magnetisierbar)
- NE-Metall (Aluminium, Kupfer etc.)
- Mineralik (Glas, Steine, Keramik)
- native Organik (PPK, Pflanzen, Tierprodukte, Naturfasertextilien)
- Beilstein positive Kunststoffe (FT)
- Beilstein negative Kunststoffe (NFT)

sortiert. Von jeder Sortierfraktion der Tagesproben wurden Stückmassenverteilungen erstellt. Von den Sortierfraktionen Organik und NFT wurden jeweils Rückstellproben für eine Anlagen-Mischprobe gebildet, die gefundenen FT wurden vollzählig in die Anlagenmischprobe übernommen.

Die fraktionierten Anlagenmischproben wurden mit einem 11 kW Shredder der Firma Tria unter Einsatz eines 15 mm Rundlochbleches vorzerkleinert, mit der Schüttkegelmethode auf ein Volumen von 5 Litern (ca. 10.000 Teile) eingengt und gemeinsam mit den Anlagenmischproben des Materials < 15 mm zur chemischen Analyse übergeben.

Dort wurden die Proben in zwei weiteren Zerkleinerungsaggregaten auf eine Korngröße von 0,5 mm gebracht und mittels wellenlängendispersiver Röntgenfluoreszenzspektrometrie (WDXRF) auf 30 chemische Elemente inklusive Chlor analysiert. Weiterhin wurden der Wassergehalt sowie der Aschegehalt der Proben bestimmt.

Die 76 Rückstellproben < 0,5 mm der fraktionierten Anlagenproben wurden zur Absicherung der Chloranalytik parallel nach DIN 51577 auf ihren Chlorgehalt untersucht.

3 Ergebnisse

Bei den EBS-Vorprodukten finden sich vier Fraktionen, die aus klassischen Gewerbe- und Bauabfällen entstehen. Weitere zwei Fraktionen werden als abgesaugte Leichtfrak-

tionen ebenfalls aus Bau- und Gewerbeabfallsortieranlagen gewonnen. Eine Fraktion entstammt einer Anlage, die vorwiegend Sperrmüll zerkleinert und sortiert.

Bei den betrachteten fünf Ersatzbrennstofffraktionen handelt es sich in zwei Fällen um Material aus der Hausmüllaufbereitung. In den anderen drei Anlagen wird EBS vornehmlich aus Gewerbeabfall hergestellt. In zwei der Anlagen erfolgt eine automatische PVC-Abreicherung mittels Nahinfrarotererkennung.

3.1 Feinkorn < 15 mm

Die Feinkorngehalte wurden durch Sortierung auf einem 15 mm Rundlochblech abgetrennt und durch Verwiegung tagesprobenspezifisch ermittelt.

Die in insgesamt 38 Untersuchungen ermittelten Gehalte der Vorproduktebene liegen für nicht vorzerkleinerte Gewerbeabfallfraktionen im Mittel bei 4,5%. Mit einer Aussage-sicherheit von 95% liegen die Feinkorngehalte unterhalb von 10,7 Gew%. Werden die Abfälle vorzerkleinert, erreicht der Feinkorngehalt Werte um die 30 Gew%.

Die Feinkorngehalte in den EBS-Fraktionen sind aufgrund der Zerkleinerung des Brennstoffes durchweg höher als in den Vorprodukten. Die in insgesamt 38 Untersuchungen ermittelten Gehalte liegen im Mittel bei 35 Gew%. In 5% der Fälle werden Feinkorngehalte > 60 Gew% erreicht.

3.2 Fe-Metall

In die Fe-Fraktion wurden alle Artikel sortiert, deren Eigengewicht von einem Neodym-Magneten getragen wird.

Die Stückzahlgehalte neodym-magnetisierbarer Artikel liegen bei typischen Gewerbeab-fällen im Mittel unter 1%. Werte oberhalb von 2% werden nicht erreicht. Bei abgesaugten Leichtfraktionen ist der Fe-Metallgehalt vernachlässigbar. Typische Massengehalte für Fe-Metall in EBS-Vorprodukten liegen zwischen 1 und 3,5 Gew%.

Die Stückzahlgehalte neodym-magnetisierbarer Artikel sind bei den Ersatzbrennstoffen deutlich geringer. In einem EBS waren keine Fe-Metalle in den Sortierproben nachweisbar. Die Stückzahlgehalte liegen sicher unter 1%, der Mittelwert erreicht 0,3%. Die Massengehalte der einzelnen Fraktionen liegen in der Regel unter 1 Gew%.

3.3 NE-Metall

Sortiertechnisch können nur solche Artikel erfasst werden, die visuell bzw. mit dem Neodym-Magneten als „nicht Neodym-magnetisierbare Metalle“ identifiziert werden können. Dies gilt in der Regel für Aluminium, Kupfer, Messing, Zinn, Zink, Blei sowie nicht magnetisierbare Stähle. Bei mit Aluminium beschichteten bzw. bedampften Kunststoff-Abfallforschungstage 2008 www.wasteconsult.de

folien oder Papieren ist die Zuordnung schwierig. Hier müssen die Sortierspezifikationen entsprechend der Anforderungen des Verwerterers im Einzelfall festgelegt werden.

Die Stückzahlgehalte liegen für Gewerbeabfälle inklusive der Leichtfraktionen im Mittel bei etwa 1%, das 95er-Perzentil weist einen Wert von 2% aus. Die auf den Anlagen gefundenen Massengehalte liegen im Mittel unter 2 Gew%. Das Vorprodukt aus Sperrmüll wies einen vernachlässigbaren NE-Gehalt auf.

Die Stückzahlgehalte für NE-Metalle im EBS liegen im Mittel etwa bei 1,5%, das 95er Perzentil weist einen Wert von 3 Gew% aus. Die auf den Anlagen gefundenen Massengehalte an NE-Metallen liegen entweder knapp oberhalb von 1 Gew% oder deutlich darunter.

3.4 Mineralik

Als mineralische Bestandteile fallen vor allem Glas, Steine und Baureststoffe an. In den Leichtfraktionen wie auch in der aus Sperrmüll produzierten Fraktion war der Mineralikgehalt erwartungsgemäß vernachlässigbar. Die anderen Proben zeigten auch innerhalb der Anlagenproben ein heterogenes Bild mit teilweise unerwartet hohen Stückzahlgehalten. Bei einem Mittelwert von 3,5% werden wurden in Vorprodukten Stückzahlgehalte von bis zu 10% gefunden. Auch die ermittelten Massengehalte liegen recht hoch. Die anlagenspezifischen Mittelwerte liegen zwischen 3,5 und 15 Gew%.

Die Stückzahlgehalte an Mineralik im EBS sind anlagenspezifisch sehr unterschiedlich. 95% der Werte aus 38 Untersuchungen liegen unter 3,5%, der Mittelwert stellt sich bei 1,2% ein. Die ermittelten Massengehalte der Einzeluntersuchungen zeigen Werte zwischen 1 und 4 Gew%.

3.5 Organik

Die Organikfraktion ist vielfach von Papier dominiert. Die Stückzahlgehalte erreichen im Mittel knapp 60%. 95% der 45 untersuchten Proben zeigten Stückzahlgehalte zwischen 45 und 76%. Die Stückzahlgehalte in EBS aus Sperrmüll sowie in den Fraktionen aus der Metallaufbereitung liegen deutlich niedriger, aber auch hier werden im Mittel 22% erreicht. Für die Massengehalte an Organik auf den Anlagen zeigen sich klar definierte Unterschiede. Jede Fraktion hat quasi „ihren typischen“ Organikgehalt. In der Regel ist von einem Organikgehalt zwischen 30 und 50% auszugehen.

3.6 NFT

Beilstein negative Kunststoffe sind neben der Organikfraktion Hauptbestandteile der EBS Vorprodukte. Die Stückzahlgehalte liegen im Mittel bei etwa 40%. In den Einzelfraktionen sind Gehalte zwischen 25 und 55% angetroffen worden.

3.7 FT

Chlorfrachträger umfassen im Wesentlichen PVC-Artikel. Es reagieren aber auch einzelne geschäumte Kunststoffartikel im Beilsteintest positiv. Anlagen, die mit gemischtem Gewerbeabfall bestückt werden, weisen im Mittel Stückzahlgehalte um die 4% auf. Das in 38 Sortierungen ermittelte 95er-Perzentil liegt bei 7%.

Auf der Ebene der Ersatzbrennstoffe liegen die gefundenen Stückzahlgehalte anlagen-spezifisch im Bereich von 0,5 bis etwa 6%. Im Mittel handelt es sich bei etwa 2,5% aller Artikel > 15 mm um Chlorfrachträger.

3.8 Chloranalysen

Obwohl in beiden Labors identisches Probenmaterial < 0,5 mm eingesetzt worden ist, sind die Ergebnisse der fraktionierten Untersuchungen insgesamt uneinheitlich. Die Werte schwanken ohne erkennbare Systematik um bis zu 30% um den Mittelwert. Für die Ermittlung der Chlorwerte ist mit den Mittelwerten aus Labor A und B gerechnet worden. Die in 75 Sortierungen ermittelten Einzelwerte führen auf einen Mittelwert von 2,2 Gew%. 95% aller Werte liegen unterhalb von 6,1%.

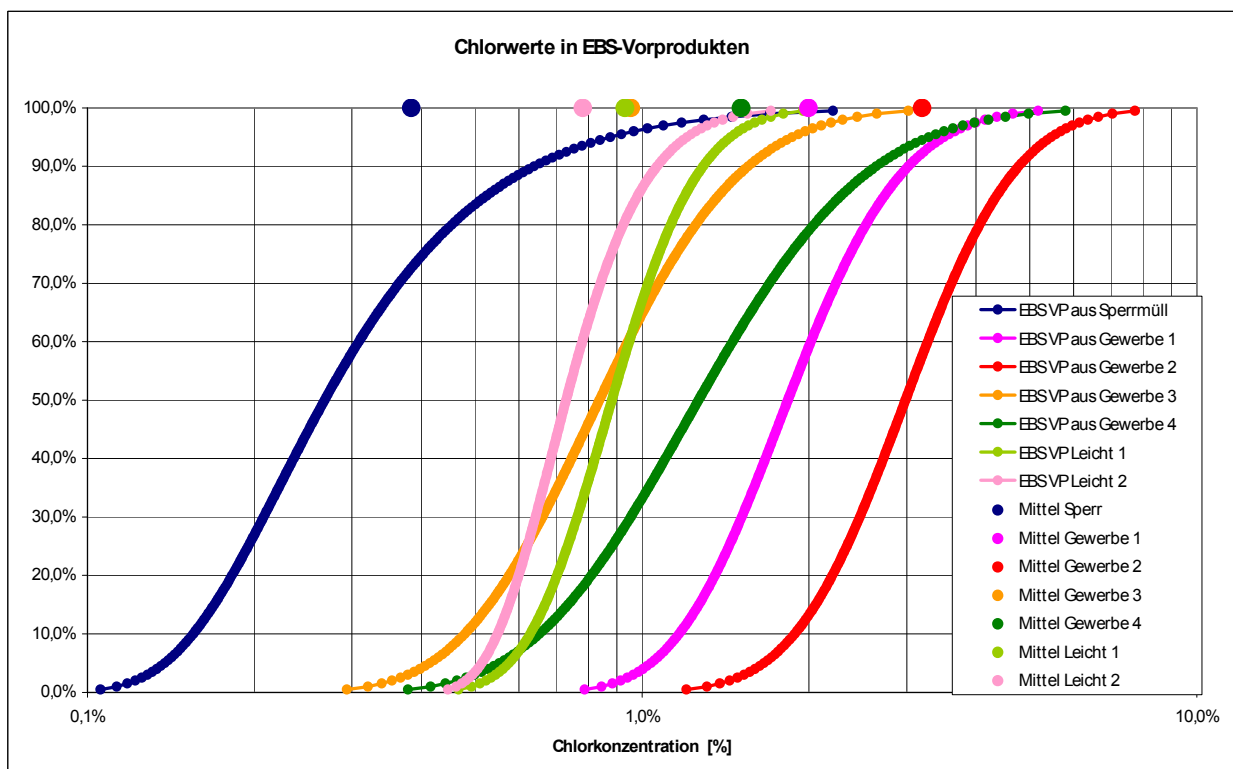


Abbildung 1 Chlorwerte in EBS-Vorprodukten

Der typische Spezifikationswert von 1 Gew% kann nur vom Vorprodukt aus Sperrmüll mit 95% Aussagesicherheit eingehalten werden. Für alle anderen Fraktionen wäre eine Chloranreicherung erforderlich. Der Anteil des durch die Frachträger eingetragenen

Chlors liegt auf der Vorproduktebene zwischen 45 und über 90%. Im Mittel liegt die durch Frachträger eingetragene Chlorfracht bei 72%.

Auch bei den EBS schwanken die analytisch bestimmten Chlorwerte um bis zu 30% um den Mittelwert. Die in 38 EBS-Sortierungen ermittelten Einzelwerte führen auf einen Mittelwert von knapp unter 1%. Der typische Spezifikationswert von 1 Gew% Chlor wird damit im Mittel erreicht, von 40% der Proben jedoch auch überschritten. Extremwerte oberhalb von 2% sind bei sorgfältig durchgeführter Probenahme ebenso unwahrscheinlich wie das Unterschreiten der 0,5%-Marke.

Für die auf der Basis der Probenkampagnen entwickelten anlagenspezifischen Chlorprognosen ergeben sich je nach Input und technischen Möglichkeiten durchaus qualitative Unterschiede:

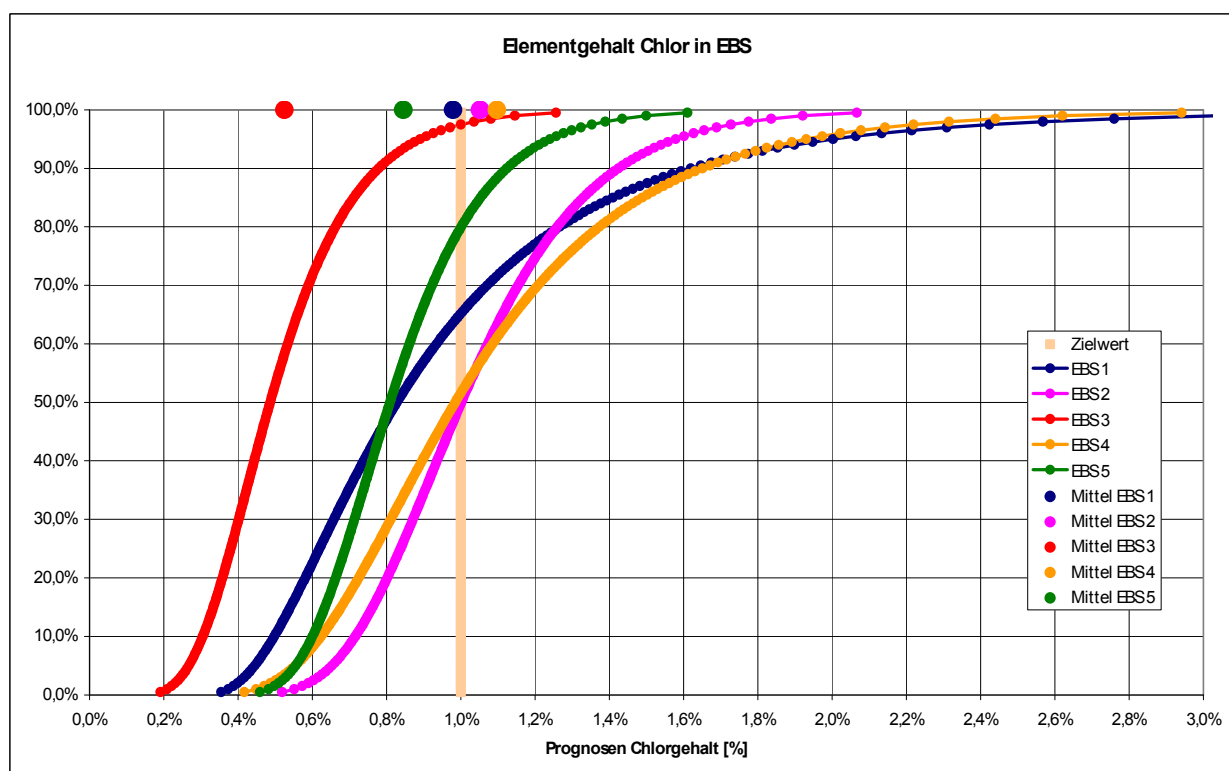


Abbildung 2 Chlorgehalte in Ersatzbrennstoffen

3.9 Begleitelemente

Die Analytik der Begleitelemente erfolgte ebenfalls auf der Ebene der Sortierfraktionen. Die angegebenen Werte beziehen sich auf die Trockensubstanz. Im Gegensatz zu den Chlorwerten bleibt unklar, inwieweit die Probenmassen für das Erreichen einer guten Aussagesicherheit wirklich ausreichend waren. Die erforderlichen Probenmassen wären elementspezifisch zu ermitteln.

Als Vergleichsmaßstab werden die 80er Perzentile der RAL 724 herangezogen, für Kupfer mangels Verfügbarkeit das 50er Perzentil. In der Gesamtübersicht zeigt sich, dass die an der x-Achse angegebenen Werte abgesehen von Vanadium und Kupfer von den meisten Vorprodukten mit wenigen Ausnahmen deutlich unterschritten werden.

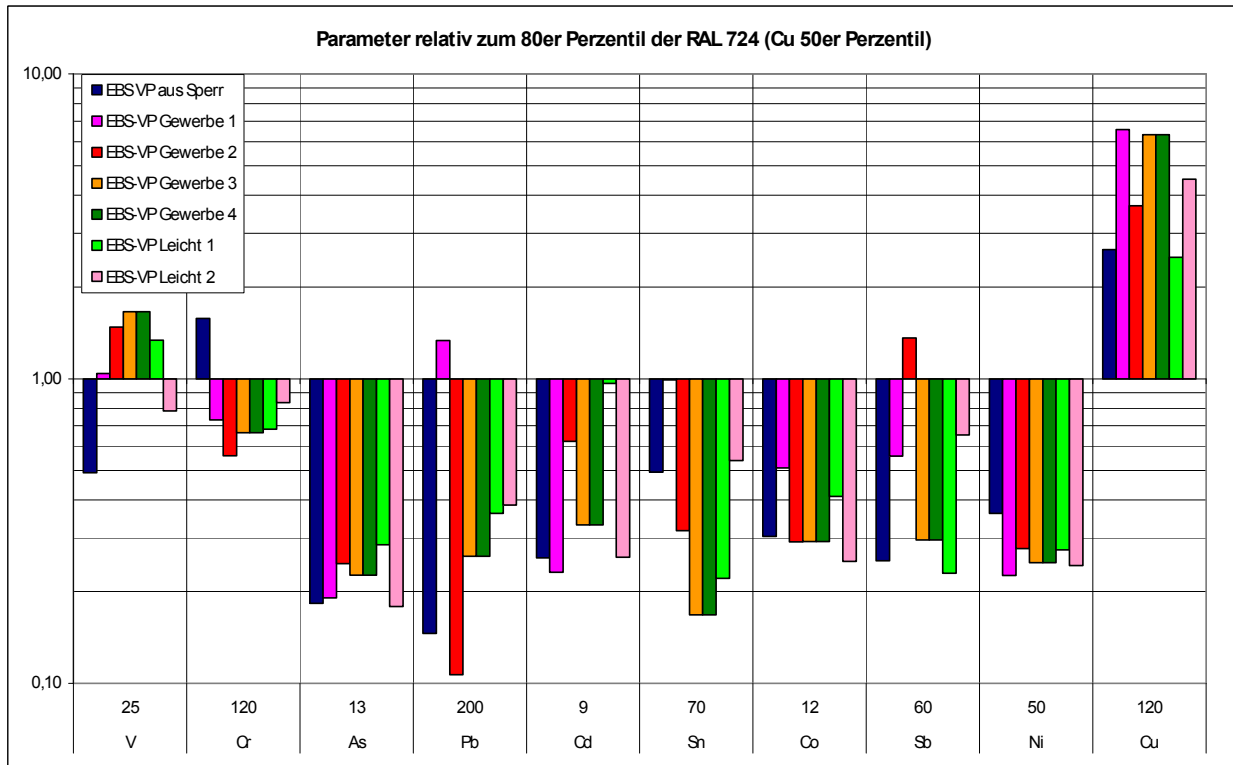


Abbildung 3 Schwermetallgehalte in EBS-Vorprodukten im Vergleich zu Perzentilen der RAL 724

Einzelne Überschreitungen gibt es für Vorprodukte aus Gewerbeabfall bei den Elementen Vanadium, Chrom, Blei und Antimon. Bemerkenswert ist der ermittelte hohe Kupfergehalt aller Fraktionen. Der analytisch ermittelte Kupfergehalt erreicht einen Mittelwert von 707 mg/kg Trockenmasse.

Für die untersuchten EBS ergibt sich eine Erhöhung der Werte für Vanadium und Chrom. Möglicher Weise ist dies auf den Eintrag aus Schneidwerkzeugen zurückzuführen. Erwähnenswert erscheinen weiterhin der Parameter Antimon sowie die schon auf der Vorproduktebene erwähnten auffällig hoch gemessenen Kupfergehalte (Vergleich zum 50er Perzentil).

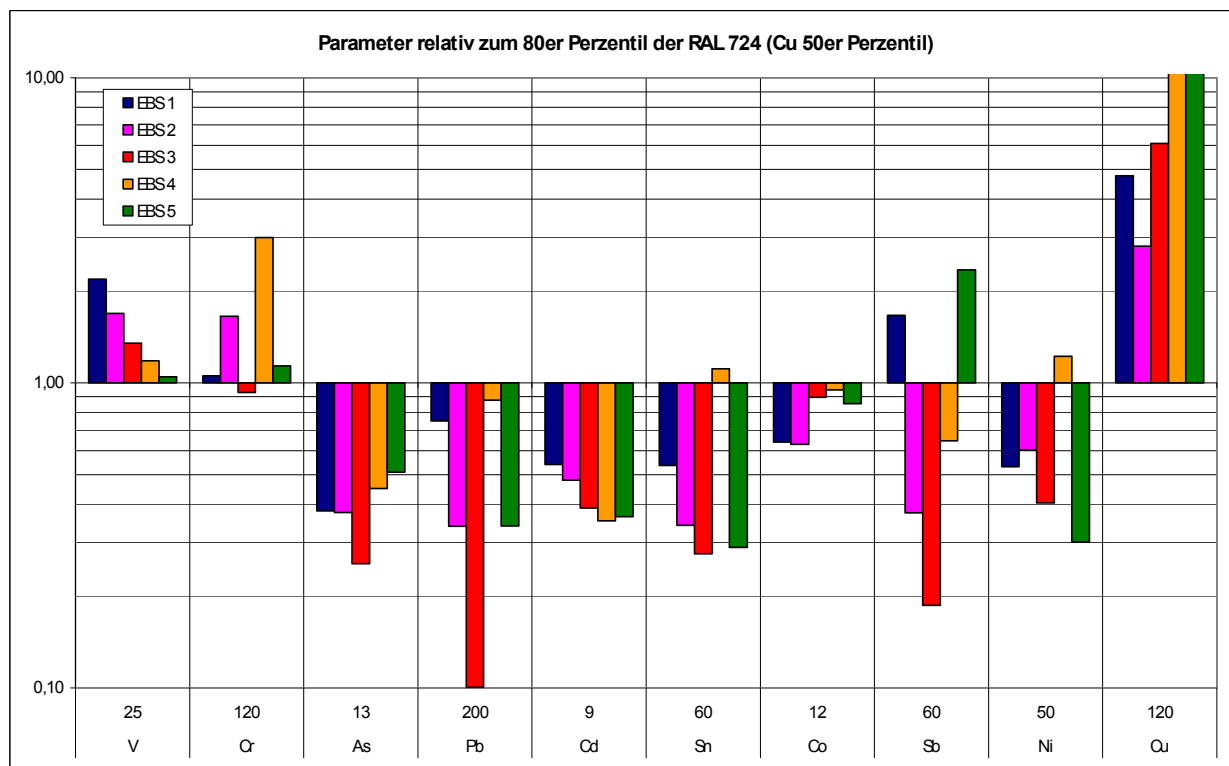


Abbildung 4 Schwermetallgehalte in EBS im Vergleich zu Perzentilen der RAL 724

4 Sonderfraktionen

Neben den EBS-Vorprodukten und den Ersatzbrennstoffen sind im Rahmen des Projektes vier weitere Fraktionen untersucht worden. Es handelt sich je zwei Mal um heizwertreiche Schwerstofffraktionen (sogenannte „Turnschuhfraktionen“) sowie um in den Brennstoffaufbereitungsanlagen abgesteuertes PVC.

4.1 Heizwertreiche Schwerstofffraktionen

Diese Fraktionen weisen einerseits einen sehr hohen Mineralikanteil auf, andererseits sind sie zu heizwertreich, um Deponiefähigkeit zu erreichen. Folgende Aspekte sind in den Untersuchungen aufgefallen.

- Der Stückzahlgehalt mineralischer Artikel liegt im Mittel bei ca. 27%. Die Massegehalte können je nach Anlageninput variieren. Sie liegen jedoch in der Regel deutlich über 25 Gew%.
- Der Gehalt an NE-Metallen liegt mit 2 bis 3 Gew% relativ hoch, während der Fe-Metallgehalt deutlich unter 1 Gew% liegt.
- Wenn PVC-Artikel in der Anlage anzutreffen sind, dann sind sie auch in der Schwerstofffraktion enthalten. Die Chlorgehalte können trotz der hohen Mineralkanteile Werte um 2 Gew% erreichen

4.2 PVC-Fraktionen

Für die separierten PVC-Fraktionen wäre prinzipiell ein stoffliches Recycling anzustreben. Allerdings zeigen sich die Frachträger recht heterogen. Die Sortieranalysen ergeben, dass PVC-Fraktionen im Mittel lediglich 28% echte Frachträger enthalten. Ein höherer Frachträgergehalt als 50% wird in der Praxis nicht erreicht. Die Chlorgehalte der Fraktionen liegen in der Größenordnung von etwa 15 Gew%. Die Störstoffgehalte sind gering.

5 Eintragspfade

In Bezug auf die Eintragspfade ist es aufschlussreich, zu betrachten, welche Parameter in den untersuchten Teilfraktionen an- oder auch abgereichert vorliegen. Zu diesem Zweck ist aus den vorliegenden Analysendaten der Sortierfraktionen ein „durchschnittliches EBS-Vorprodukt“ berechnet worden.

Dieses rechnerische Vorprodukt weist folgende Zusammensetzung auf:

- Feinkorn < 15 mm 10,2 Gew%
- Organik 41,1 Gew%
- NFT 35,9 Gew%
- FT 6,6 Gew%
- Mineralik, Fe- und
NE-Metalle 6,2 Gew%

Die nachfolgend dargestellten Frachtanteile lassen die Gruppe Mineralik und Metalle unberücksichtigt, da sie nicht analysiert worden sind.

Bezogen auf die dargestellten Massengehalte ergeben sich für die analysierten Parameter in den betrachteten Fraktionen An- bzw. Abreicherungen, die die Eintragspfade der Parameter sichtbar machen. Für die Fraktionen wurde mit den Mittelwerten aus jeweils 16 vorliegenden Untersuchungen gerechnet.

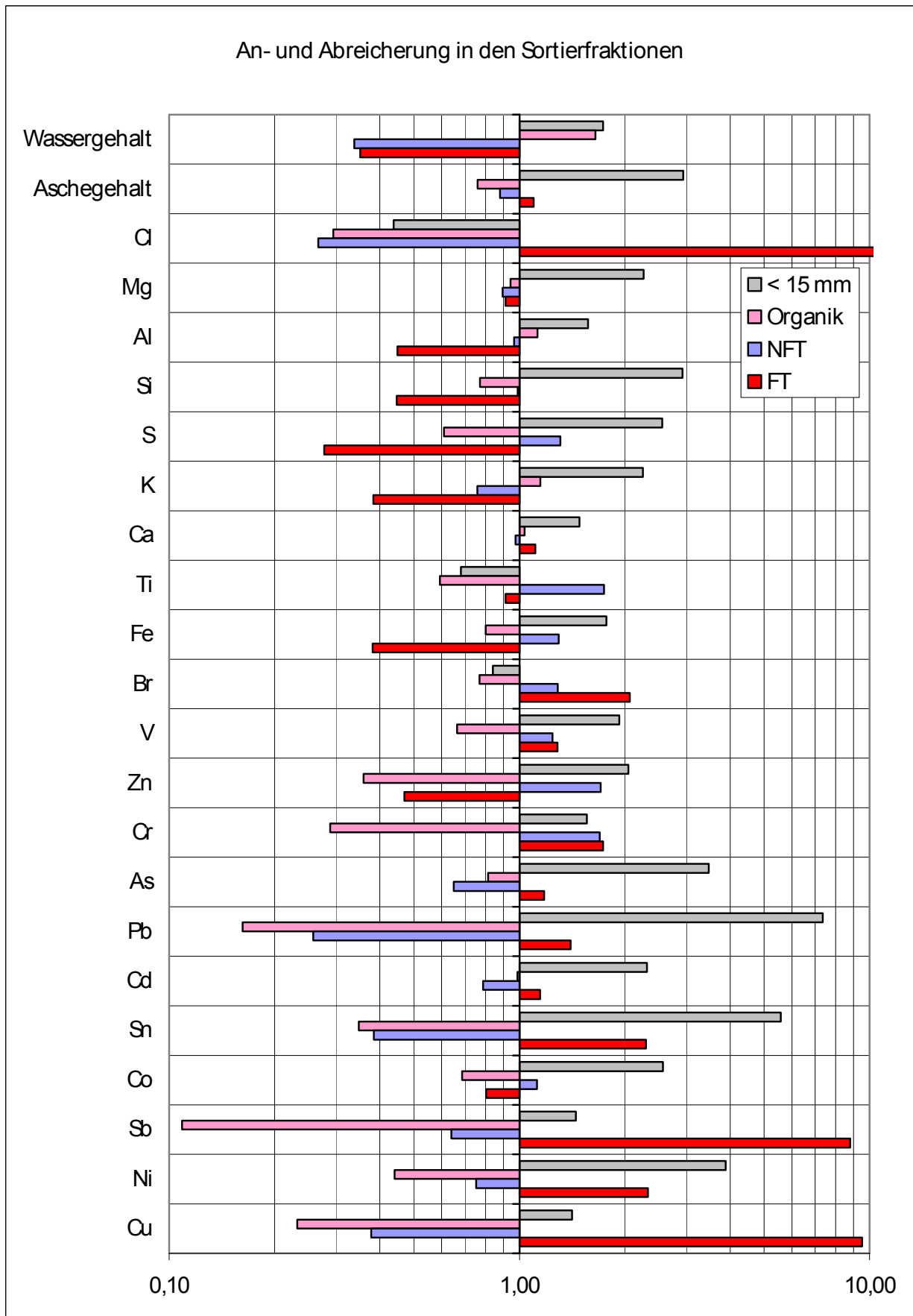


Abbildung 5 Elementspezifische An- und Abreicherungen in einem theoretischen mittleren EBS

Die Feinfraktion erweist sich als Konzentrat. Mit Ausnahme von Chlor, Brom und Titan finden sich alle Parameter angereichert wider. Für die drei genannten Elemente gibt es relevante großtechnische Anwendungen in synthetischen Produkten: Chlor als PVC, Titandioxid als Standardweißpigment und Brom als Flammschutzmittel. Alle anderen Elemente erscheinen vergleichsweise mobil.

Die Organikfraktion ist gering belastet. Die erhöhten Gehalte an Wasser, Aluminium, Kalium und Calcium sind erwartungsgemäß. Nichtfrachträger zeigen das Spektrum großtechnisch relevanter Kunststoffadditive (Ti, Fe, V, Zn, Cr, Co) sowie erhöhte Brom und Schwefelgehalte. Ersteres mag auf den Einsatz von Flammschutzmitteln zurückzuführen sein, der Schwefel deutet ggf. auf die Präsenz von Gummi oder auch Sulfaten als Additiv hin.

Die Frachträgerfraktion zeigt neben der erwarteten Chloranreicherung sehr hohe Gehalte an Kupfer (Kabel!) und Antimon (Flammschutzmittel wie auch Brom). Die erhöhten Gehalte an Zinn, Cadmium, Blei und Calcium überraschen nicht, da die Elemente bei der PVC-Additivierung eingesetzt werden. Überraschend ist eher, dass das ebenfalls eingesetzte Zink keine Anreicherung erfährt. Der Einsatz von Zinkverbindungen wie z.B. Zinkoxid ist allerdings bei der Kunststoffadditivierung weit verbreitet.

Die Verstärkte Präsenz von Vanadium, Chrom, Arsen und Nickel ist nicht unmittelbar erklärbar. Insgesamt wird erkennbar, dass die Abtrennung von Chlorfrachträgern nicht nur den Eintrag von Chlor sondern auch die Gehalte einer Vielzahl unerwünschter Begleitelemente vermindern kann.

6 Mindestprobenmassen Chloranalytik

Auf der Basis eines Ansatzes, dass in einer Analysenprobe zur Messung des Chlorgehaltes mit einer Aussagesicherheit von 90% mindestens 200 Chlorfrachträger enthalten sein sollten, sind die empfohlenen Mindestprobenmassen vergleichend kalkuliert worden. Die angegebenen Werte stellen für alle betrachteten Fraktionen sicher, dass mit 90% Aussagesicherheit 200 Frachträger enthalten sind.

Für die chemische Analyse von Begleitelementen ist die Ableitung schwierig, da die Stückzahlgehalte für Frachträger nur gemutmaßt werden können. Hier wird empfohlen mindestens mit den für die Chloranalyse empfohlenen Mengen zu arbeiten. Für höhere Aussagesicherheiten sollten die Massen verdoppelt werden.

6.1 Ersatzbrennstoffe

Die empfohlenen Mindestprobenmassen für die Ersatzbrennstoffe fasst nachfolgende Tabelle zusammen.

Tabelle 1 Mindestprobenmassen für Chloranalytik in EBS

EBS	10er Perzentil Stückzahl FT	Stückzahl für 200 FT	mittleres Artikelgewicht [g]	Mindestprobenmasse [kg]
EBS 1	1,7%	11.538	1,14	23,3
EBS 2	0,6%	36.171	1,26	59,6
EBS 3	2,4%	8.292	0,74	11,7
EBS 4	2,0%	10.043	2,56	39,1
EBS 5	1,3%	15.025	2,80	53,0

Die Mindestprobenmassen liegen zwischen knapp 12 und fast 60 kg. Niedrige Frachtträgergehalte führen auf hohe Probenmassen.

6.2 EBS-Vorprodukte

Für die Ebene der Vorprodukte erreichen die Probenmassen höhere Werte.

Tabelle 2 Mindestprobenmassen für Chloranalytik in EBS-Vorprodukten

EBS-VP	10er Perzentil Stückzahl FT	Stückzahl für 200 FT	mittleres Artikelgewicht [g]	Mindestprobenmasse [kg]
EBS-VP 1	1,8%	11.175	20,5	244,6
EBS-VP 2	2,3%	8.881	10,7	97,5
EBS-VP 3	4,1%	4.855	9,8	49,0
EBS-VP 4	2,1%	9.416	7,3	72,3
EBS-VP 5	0,6%	35.366	1,5	58,1
EBS-VP 6	2,3%	8.617	0,7	9,6
EBS-VP 7	0,4%	47.642	4,1	229,0

Es ist davon auszugehen, dass die angegebenen Werte kaum in der Praxis realisiert werden.

6.3 Schwerstofffraktionen

Für die Schwerstofffraktionen macht eine Aufbereitung zur Analytik schon wegen der hohen Mineralikgehalte kaum Sinn. Die Werte erreichen folgende Dimensionen:

Tabelle 3 Mindestprobenmassen Chloranalytik in heizwertreichen Schwerstoffen

Schwerstoffe	10er Perzentil Stückzahl FT	Stückzahl für 200 FT	mittleres Artikelgewicht [g]	Mindestprobenmasse [kg]
Schwer 1	1,2%	17.116	20,7	365,3
Schwer 2	6,7%	3.001	14,7	46,8

6.4 PVC-Fractionen

Aufgrund des hohen Frachtträgergehaltes sind die empfohlenen Probenmassen zur Untersuchung der PVC-Fractionen dagegen überraschend niedrig:

Tabelle 4 Mindestprobenmassen Chloranalytik in PVC

PVC	10er Perzentil Stückzahl FT	Stückzahl für 200 FT	mittleres Artikelgewicht [g]	Mindestprobenmasse [kg]
PVC 1	15,1%	1.324	3,4	4,8
PVC 2	24,3%	824	3,4	3,0

7 Diskussion

Mit dem artikelbezogenen Ansatz und der Durchführung von Sortieranalysen konnte den Zielsetzungen einer einheitlichen Probenahme und der validen Bestimmung von Störstoff- und Chlorgehalten für Materialien verschiedener Aufbereitungsebenen voll entsprochen werden. Sortieranalysen ermöglichen mit der Erstellung von Stückmassenverteilungen und unter Einsatz angewandter statistischer Methoden die Ermittlung von Massengehalten als statistische Verteilungen mit zugehörigen Vertrauensbereichen.

Die analytische Bestimmung von Chlor bedarf für eine aussagesichere Bestimmung großer Probenmassen, die für EBS bis zu 60 kg und für EBS-Vorprodukte bis zu 250 kg umfassen. Die aliquote Aufbereitung dieser Probenmassen bis zu einer Analysenprobe von 2 bis 5 Gramm ist aufwändig und birgt das Risiko systematischer Fehler. Darüber führt die Analytik selbst bei identischem, fein vermahlenem Probenmaterial auf zum Teil stark divergierende Ergebnisse. Durch Sortieranalysen können die Fehler in der Probenaufbereitung und Analytik vermieden werden. Für die kontinuierliche Qualitätssicherung bietet es sich an, analytische Untersuchungen auf ein Mindestmaß zu reduzieren. Für orientierende Untersuchungen kann sogar gänzlich darauf verzichtet werden.

Die in Brennstoffaufbereitungsanlagen erzeugten Schwerstofffraktionen erfüllen die Deponievoraussetzungen nicht. Sie sind sehr heterogen, gehören aufbereitet und sollten angesichts von Mineralikgehalten > 25Gew% nicht direkt in eine Verbrennungsanlage gelangen.

Hinsichtlich der mit automatischer Sortiertechnik erzeugten PVC-Fractionen wäre für eine Verwertung zumindest eine Abtrennung der Nichtfrachtträger erforderlich, die mehr als 50% der enthaltenen Artikel ausmachen. Darüber hinaus ist angesichts der Heterogenität der Frachtträger unklar, ob eine reine Fraktion verwertet werden könnte. Damit werden abgetrennte PVC-Fractionen zu einem echten Entsorgungsproblem, da die Deponierung zurzeit rechtlich nicht möglich ist und andererseits in Mitteleuropa kaum ein

mengenmäßig relevanter und ökonomisch interessanter Verwertungsweg für das Material offen steht.

Eine Verbrennung des Materials erscheint ebenso wenig zielführend wie die Einstufung als besonders überwachungsbedürftig, da dieses aufgrund identischer Zusammensetzung in Konsequenz bedeuten würde, PVC-Produkte als gefährlich einzustufen.

Hier ist der Gesetzgeber gefordert, denn der Wunsch nach hochwertigen, sprich chlorarmen, Ersatzbrennstoffen führt angesichts der im Abfall zukünftig weiter ansteigenden PVC-Präsenz notwendiger Weise dazu, dass hoch chlorhaltige Abfallfraktionen entstehen. Auch die Arbeitsgemeinschaft PVC und Umwelt ist aus der Erzeugerverantwortung heraus gefordert, gemeinsam mit Ihren Mitgliedsunternehmen gangbare Verwertungswege aufzuzeigen.

8 Literatur

- Bilitewski, B.; 2007 Klassierung reicht nicht. In: Müllmagazin 3/2007, Seite 14 ff
Schirmer, M.;
Hoffmann, G
- Bonner, Vier- 2007 Herstellung und Verwertung von Ersatzbrennstoffen unter besonde-
tel rer Berücksichtigung des Werkstoffes PVC. Studienarbeit an der FH
Köln unter Co-Betreuung der AGPU
http://www.agpu.de/fileadmin/user_upload/diplomarbeiten/StudienarbeitPVC_Endfassung3.pdf
- Ketelhut 2004: Schadstoffentfrachtung und Qualitätssicherung heizwertreicher Ab-
fälle - Abschlussbericht. Neumünster: 21. Dezember 2004
- Ketelhut 2005 Abfälle sauber definieren Vortrag auf der 11. Freiburger Probenah-
metagung
- Ketelhut 2006 Abfälle sauber definieren Teil I: physikalische Parameter In: Müll und
Abfall 1/2006, Seite 35 ff, Abfälle sauber definieren Teil II: chemische
Parameter In: Müll und Abfall 2/2006, Seite 84ff
- Ketelhut 2006 Fortschritte bei Probenahme und Qualitätssicherung von Abfällen.
Vortrag auf der 12. Freiburger Probenahmetagung . Freiberg: 4. No-
vember 2006
- Ketelhut 2007 Sortieranalysen zur Qualitätssicherung von Abfällen. In: Eckstedt, H.
(Hrsg.) 10. Dialog Abfallwirtschaft MV, 12. Juni 2007 in Rostock,
Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät,
Rostock, 2007, Seite 45ff
- LfU 2003 Bayerisches Landesamt für Umwelt [Hrsg]: Zusammensetzung und
Schadstoffgehalte von Siedlungsabfällen, Augsburg: 2003
[http://www.abfallratgeber-bayern.de/arba/allgifu.nsf/44CC5F699519542EC1256EB4002C9874/\\$file/zus_schad_siedabf.pdf](http://www.abfallratgeber-bayern.de/arba/allgifu.nsf/44CC5F699519542EC1256EB4002C9874/$file/zus_schad_siedabf.pdf)

- | | | |
|----------|------|---|
| LfUG | 1998 | Richtlinie zur einheitlichen Abfall-analytik in Sachsen Teile I, II und III: Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie. April 1998
http://www.umwelt.sachsen.de/de/wu/umwelt/lfug/lfug-internet/SabfaWeb/sabfaweb-nt/ |
| RAL | 2003 | Probenahme-, Probenaufbereitungs- und Analysenvorschriften für Sekundärbrennstoffe im Rahmen des RAL-Gütezeichens Sekundärbrennstoffe Stand: November 2003. Berlin RAL |
| Schirmer | 2007 | Ersatzbrennstoffe und Chlor – ein noch immer ungelöstes Problem. In: Faulstich, M.; Urban, A. I.; Bilitewski B. (Hrsg.): 12. Fachtagung Thermische Abfallbehandlung Schriftenreihe des Fachgebietes Abfalltechnik Universität Kassel, Seite 186 ff |

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Ing. Ralf Ketelhut
stoffstromdesign ralf ketelhut
Sortierkontor
Haart 224
D-24539 Neumünster
Telefon +49 4321 78 39 211
Email: ketelhut@stoffstromdesign.de
Website: www.stoffstromdesign.de