

Inertisierung von Flug- und Filteraschen der Abfallverbrennung mit dem Pellet-Verfahren

Sergey Karpov, Mikhail Boutoussov und Ludwig Hermann

1.	Technische Beschreibung	645
1.1.	Verfahrens- und Aggregatedarstellung	647
1.2.	Chemische Zusammensetzung des Verfahrensinput und -output	649
1.3.	Emissionen	652
1.4.	Beurteilung der Ergebnisse des Verfahrens im Vergleich zu anderen Verfahren	652
2.	Wirtschaftlichkeit	653
3.	Planung	655
4.	Zusammenfassung	655
5.	Quellen	656

Weltweit operieren etwa 2.500 Abfall-Monoverbrennungsanlagen und hinterlassen etwa 7 Mio. Tonnen toxische Flugasche, die mit Kosten bis zu 250 EUR pro Tonne entsorgt werden muss. Bis zu 15 % der Anlagen-Betriebskosten werden dafür aufgewendet. In allen Industrieländern mit hoher Bevölkerungsdichte, insbesondere in Europa und den entwickelten Ländern Asiens, hat der Gesetzgeber die obertägige Ablagerung von unbehandelter Flugasche verboten.

Die Ablagerung von Flugasche unter Tage ist gegenwärtig die am häufigsten gewählte Entsorgungslösung in jenen Ländern, wo aufgelassene Salzstollen gewährleisten, dass die Lagerstätte eine dauerhafte Trennung der Abfälle von Grundwasserströmen sicherstellt. Mit zunehmender Entfernung der Verbrennungsanlage von den zugelassenen Lagerstätten treten jedoch nicht unbeträchtliche Verkehrs- und damit Kostenbelastungen auf, denen mit technischen Behandlungsanlagen in der näheren Umgebung der Verbrennungsanlage entgegen gewirkt werden kann.

Die letzten Jahre haben eine Reihe von verfahrenstechnischen Ansätzen kommen und gehen gesehen. Nachdem die kalten Verfestigungsverfahren – die Verfestigung von Asche mit hydraulischen Bindern – ihre Grenzen in Bezug auf die dauerhafte Stabilität des Verfestigungsprodukts sichtbar werden ließen und auch die Waschverfahren den Erwartungen nicht entsprochen haben, liegt der Fokus der noch oder wieder aktiven Verfahrensentwickler auf den so genannten Hochtemperaturverfahren, die durch die Einbindung der Schadstoffe in eine glasähnliche Matrix bei hohen Temperaturen charakterisiert sind. Bei diesen Verfahren gelingt i.d.R. auch die Abreicherung leicht- und mittelflüchtiger Schwermetallverbindungen. Ihr Nachteil liegt im hohen Energieeinsatz zur Erreichung der Schmelzphase, die i.d.R. bei einer Temperatur von deutlich über 1.200 °C einsetzt.

An diesem Punkt setzt das patentierte ASH DEContamination-Verfahren an. Das Know-how liegt in der Rezeptur und dem verfahrenstechnischen Einsatz von Additiven, die durch eine partielle Schmelzphase den damit verbundenen Immobilisierungsprozess bei vergleichsweise niedrigen Temperaturen von etwa 900 °C in Gang setzen. So spart das ASH DEC-Verfahren mehr als 50 % der Energiekosten gegenüber kompetitiven Hochtemperaturverfahren. Die Systemlösung besteht aus Standardaggregaten, die industriell in Misch-, Pelletier- und thermischen Prozessen eingesetzt werden, und speziellen Additiven.

Die ASH DEC Umwelt AG wurde im April 2001 als ASH DEC Umwelttechnologien GmbH gegründet und zum 1.1.2002 mit der AG in einem Side Stream Merger verschmolzen. Ihre Aktionäre sind österreichische Industrielle, der Erfinder und die Führungskräfte, sowie mit der BEKO HOLDING AG eines der profiliertesten Technologie-Service-Unternehmen Österreichs.

Die Gesellschaft entwickelt, implementiert und vermarktet kosteneffektive Technologien, Turnkey-Anlagen und Systeme, um – im Wege der Vermeidung, Detoxifikation und des Recyclings von Abfall in kommunalen und industriellen Anlagen – die Produktivität zu erhöhen und die Betriebskosten zu senken. Ihr proprietäres Know-how dient der Behandlung von kommunalen und industriellen Abfällen mit Schwermetall- und anderen toxischen Inhalten.

Die vorliegende Technologie wird in Gestalt von Turnkey-Anlagen vermarktet. Sie werden zum Kauf oder zum partnerschaftlichen Betrieb in Form von Joint Ventures oder Private-Public-Partnership-Kontrakten angeboten. Idealerweise werden sie in unmittelbarer Nachbarschaft zu existierenden oder neuen Verbrennungsanlagen errichtet, so dass die Asche direkt aus dem Silo in die Behandlungsanlage gelangt und deren Abgase in die bestehende Verbrennungsanlage eingeleitet werden können.

Gegenwärtig wird die Technologie in einer Versuchs- und Demonstrationsanlage (Bild 1) zur industriellen Reife gebracht. Im zweiten Halbjahr 2004 wird eine industrielle Pilotanlage auf dem Gelände der Fernwärme Wien in Betrieb genommen.

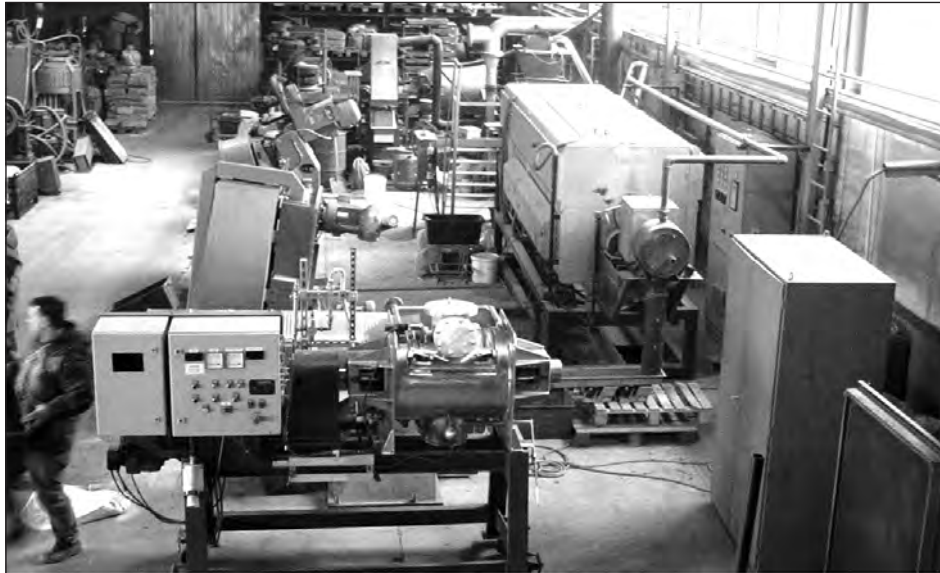


Bild 1: Versuchs- und Demonstrationsanlage nach dem ASH DEC-Verfahren

Kap. 1.

Technische Beschreibung

Das Entwicklungsziel von ASH DEC ist ein Verfahren, das die Eigenschaften von verglasten Rückständen, insbesondere die für sie charakteristische Kombination aus Entfrachtung von toxischen Spurenelementen und Auslaugungssicherheit des Endprodukts, mit niedrigem Energieaufwand erreicht. Darüber hinaus soll das Verfahren optimal kompatibel mit dem Betrieb einer Verbrennungsanlage sein, was beim Handling mit schmelzflüssigen Stoffen nicht erfüllt ist. Schließlich sollen die Emissionen von festen und gasförmigen Stoffen minimiert werden, um den prozesstechnischen Einsparungseffekt nicht durch Aggregat-Korrosion und nachgeschalteten Abgas-Reinigungsaufwand zu vernichten.

Fest steht, dass die in der Flugasche vorherrschenden chemischen Verbindungen modifiziert werden müssen. Möglichst gut kontrollierbare chemische Reaktionen sollen dazu führen, dass definierte, kritische Elemente, insbesondere Cadmium, Kupfer, Quecksilber, Blei und Zink, in Verbindungen mit niedrigem Verdampfungspunkt überführt werden und dass die verbleibenden Elemente in eine chemisch und mechanisch stabile, silikatische Matrix eingebunden werden.

Der entwickelte Prozess zeichnet sich durch einen multidimensionalen Zugang zu dieser Problemstellung aus: er verbessert die Reaktionsfähigkeit der Stoffe und initiiert die erwünschten Reaktionen durch mechanische, chemische und thermische Mittel und Maßnahmen.

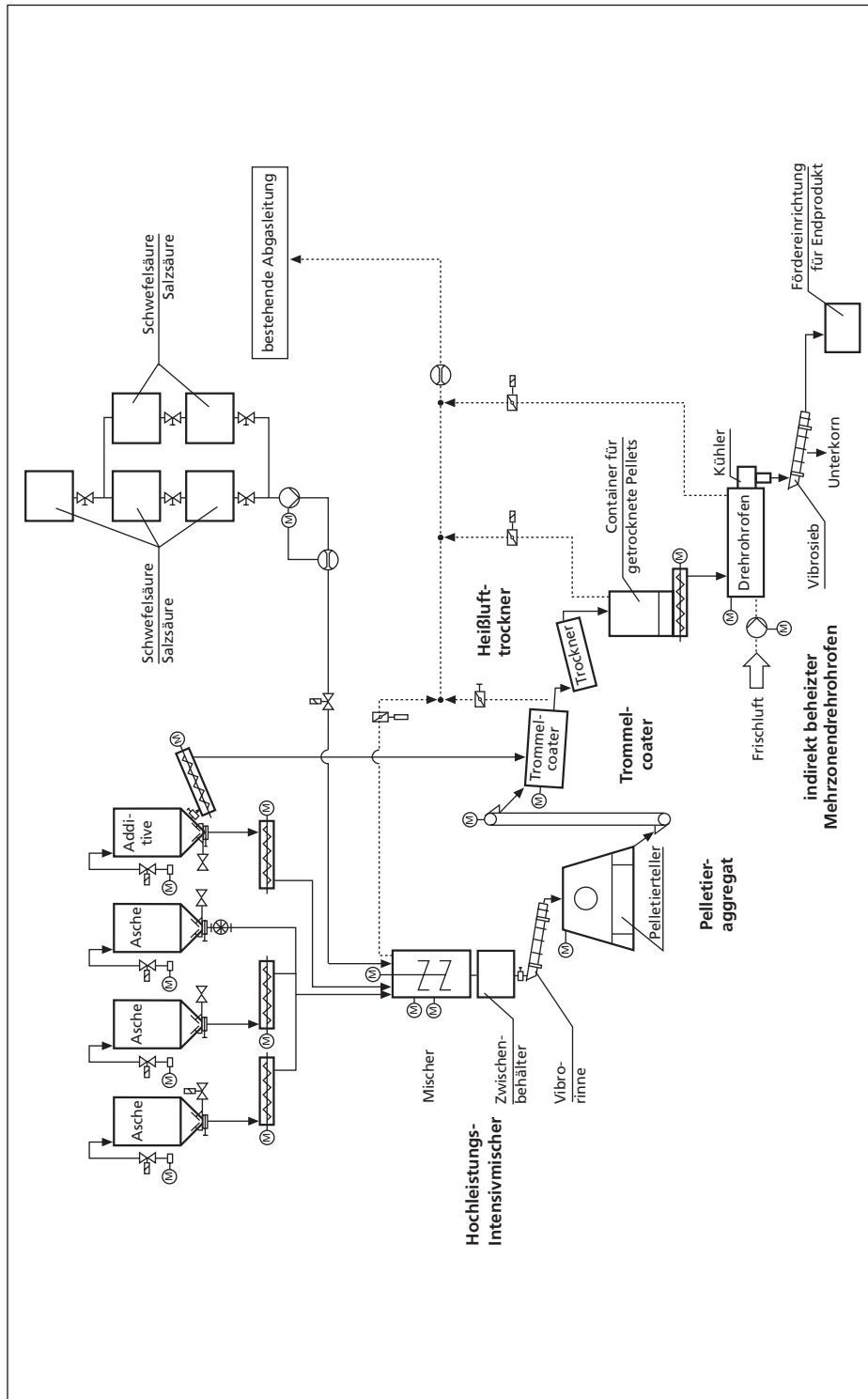


Bild 2: Verfahrensfließbild der Versuchs- und Demonstrationsanlage nach dem ASH DEC-Verfahren

Inertisierung von Flug- und Filteraschen mit dem Pellet-Verfahren

- Mechanisch – reaktionsfördernde Aufbereitung der Additive, Mischung von Additiven und Flugasche, Granulation.
- Chemisch – reaktionsfördernde und matrixbildende Rezeptur für Additive und Mischung.
- Thermisch – Verdampfung toxischer Verbindungen und Bildung der stabilen, glaskeramischen Silicium-Aluminium-Calcium-Matrix.

Bild 2 zeigt das Verfahrensfliessbild der Versuchs- und Demonstrationsanlage.

Kap. 1.1.

Verfahrens- und Aggregatedarstellung

Hochleistungs-Intensivmischer

Zu Beginn des Prozesses wird die Flugasche mit dem pulverförmigem Additiv 1 während eines bestimmten Zeitraums intensiv durchmischt. Das flüssige Additiv 2 wird während des Mischvorgangs zugegeben. Die Additive aktivieren chemische Reaktionen im Mischprozess, welche die für die Bildung der vitrokristallinen Matrix unerwünschten chemischen Verbindungen in den Aschen brechen und neue, stabilere chemische Verbindungen schaffen. Gleichzeitig können in der Mischphase chemische Bindungen forciert werden, die leicht- und mittelflüchtige Schwermetallverbindungen während der nachfolgenden thermischen Behandlung teilweise zur Verdampfung bringen. In der Aufbereitung der Additive und in ihrer kontrollierten Mischung mit Asche liegt ein wesentlicher Teil des Know-hows, da durch die im Mischer initiierten chemischen Reaktionen im thermischen Prozess – gegenüber Wettbewerbsverfahren – wesentlich geringere Energiemengen eingebracht werden müssen. Die Material- und Energiebilanz der Versuchsanlage sind den Tabellen 1 und 2 zu entnehmen.

Tabelle 1: Materialbilanz der Versuchs- und Demonstrationsanlage nach dem ASH DEC-Verfahren

	Einheit	Menge	
		Auslegung	Bandbreite
Eintretende Stoffströme			
Flugasche	t/h	1	max. 1,3
Additiv 1	kg/h	200	max. 300
Additiv 2	l/h	300	max. 400
Austretende Stoffströme			
Pellets ¹	t/h	1,4	max. 1,6

¹ Entsorgung: Inertstoff- oder Reststoffdeponie

Tabelle 2: Energiebilanz der Versuchs- und Demonstrationsanlage nach dem ASH DEC-Verfahren

Energieverbrauch	Energieträger Einheit	Menge	
		Auslegung	Verbrauch
Nebenaggregate	Strom, kWh	500	300
Trockner	Dampf, kg/h	580	500
Drehrohrofen	Strom, kWh	800	500

Pelletieraggregat

Die fertige Mischung wird zu einem Pelletieraggregat gefördert und dort zu kugelförmigen Körnern (Pellets) von i.d.R. 5 bis 15 mm Durchmesser geformt. Die Korngröße der Pellets ist einstellbar, so dass ggf. Wünsche von Abnehmern (z.B. Bauindustrie), insbesondere die Einhaltung von Siebkurven, erfüllt werden können.

Trommelcoater

Während des Transports zum Trockner, ggf. in einer Trommel, werden die Pellets mit dem pulverförmigen Additiv 1 trocken beschichtet. Die Pellets bilden dadurch eine aus dem Additiv bestehende Außenhaut, die einerseits eine zusätzliche Barriere gegen die Auslaugung bildet und andererseits das Zusammenbacken der Pellets während des thermischen Prozesses verhindert.

Heißlufttrockner

Um im folgenden Drehrohrofen nur wenig Frischluft einsetzen zu müssen (Kosten für Energie und Abgasreinigung), wird ein Heißlufttrockner zur Vortrocknung der Pellets eingesetzt. Dabei werden mit auf 140 °C aufgewärmter Luft die Pellets von mehr als 20 % Wassergehalt auf etwa 3 % Restfeuchtigkeit heruntergetrocknet. Zum Einsatz kommt hier ein Bandtrockner, da keine zu starken mechanischen Beanspruchungen auf die Pellets wirken sollten.

Indirekt beheizter Mehrzonendrehrohrofen

Die getrockneten Pellets (Bild 3) werden in den Drehrohrofen eingebracht, wo sie in drei unabhängig und kontrolliert beheizten Zonen mit Temperaturen von 750 bis 950 °C etwa sechzig Minuten thermisch behandelt werden. Im Drehrohr



Bild 3: Flugasche-Pellets

bildet und verfestigt sich die gewünschte glas-keramische Matrix, in der die verbliebenen toxischen Spurenelemente dauerhaft auslaugungssicher eingebunden sind. Die dem Stoffstrom entgegengesetzte Luft- und Gasführung vermeidet Korrosions- und Kondensatbildungen bei gleichzeitiger Optimierung der Energieausbeute.

Kap. 1.2.

Chemische Zusammensetzung des Verfahrensinput und -output

Die Schwermetallgehalte einer repräsentativen Aschenprobe sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Schwermetallgehalte einer repräsentativen Aschenprobe

Parameter	Einheit	Gesamtgehalt Messwert	Eluatgehalt Messwert
pH-Wert	–	–	9,6
Leitfähigkeit	mS/m	–	224
Abdampfrückstand	mg/kg TS	–	20.640
Aluminium (als Al)	mg/kg TS	27.610	182
Antimon (als Sb)	mg/kg TS	16	0,1
Arsen (als As)	mg/kg TS	6,7	< 0,05
Barium (als Ba)	mg/kg TS	954	1,9
Beryllium (als Be)	mg/kg TS	0,4	< 0,1
Blei (als Pb)	mg/kg TS	417	< 0,1
Bor (als B)	mg/kg TS	43	1,1
Cadmium (als Cd)	mg/kg TS	8,0	< 0,1
Calcium (als Ca)	mg/kg TS	–	–
Chrom gesamt (als Cr)	mg/kg TS	85	0,1
Chrom VI (als Cr)	mg/kg TS	–	–
Eisen (als Fe)	mg/kg TS	178.143	< 0,1
Kobalt (als Co)	mg/kg TS	11	< 0,1
Kupfer (als Cu)	mg/kg TS	565	< 0,1
Magnesium (als Mg)	mg/kg TS	–	–
Mangan (als Mn)	mg/kg TS	326	< 0,1
Nickel (als Ni)	mg/kg TS	66	< 0,1
Quecksilber (als Hg)	mg/kg TS	< 0,5	< 0,01
Silber (als Ag)	mg/kg TS	41	< 0,1
Thallium (als Tl)	mg/kg TS	–	< 0,1
Vanadium (als V)	mg/kg TS	30	< 0,1
Zink (als Zn)	mg/kg TS	3.019	< 0,1
Zinn (als Sn)	mg/kg TS	76	< 0,1

Aschenprobe: FWW ZL 2003-193

Die aus der Aschenprobe erzeugten Pellets bestehen vorwiegend aus den Matrixbildnern Silicium-, Calcium-, Eisen-, Phosphor- und Aluminiumoxid (Tabelle 4). Ihre Schwermetallgehalte zeigt Tabelle 5.

Inertisierung von Flug- und Filteraschen mit dem Pellet-Verfahren

Tabelle 4: Massenanteile der wichtigsten Matrixbildner an den Aschepellets

Stoff	Einheit	Pellets aus Aschenprobe Variante 1	Pellets aus Aschenprobe Variante 2
SiO ₂	Ma.-%	34,17	34,38
CaO	Ma.-%	16,37	15,50
MgO	Ma.-%	2,76	2,73
Al ₂ O ₃	Ma.-%	10,97	12,23
Fe ₂ O ₃	Ma.-%	15,10	12,91
Na ₂ O	Ma.-%	1,02	2,17
K ₂ O	Ma.-%	1,35	2,92
SO ₃	Ma.-%	1,79	1,79
P ₂ O ₅	Ma.-%	13,62	13,62
Summe	Ma.-%	97,15	98,25

Tabelle 5: Schwermetallgehalte der Aschepellets bezogen auf die Aschenprobe

Parameter	Einheit	Gesamtgehalt Messwert	Eluatgehalt Messwert
pH-Wert	–	–	8,6
Leitfähigkeit	mS/m	–	174
Abdampfückstand	mg/kg TS	–	13.000
Aluminium (als Al)	mg/kg TS	35.449	2,0
Antimon (als Sb)	mg/kg TS	7,1	0,1
Arsen (als As)	mg/kg TS	6,0	< 0,05
Barium (als Ba)	mg/kg TS	694	1,0
Beryllium (als Be)	mg/kg TS	0,60	0,1
Blei (als Pb)	mg/kg TS	178	< 0,1
Bor (als B)	mg/kg TS	40	0,68
Cadmium (als Cd)	mg/kg TS	5,5	< 0,1
Chrom gesamt (als Cr)	mg/kg TS	105	< 0,1
Eisen (als Fe)	mg/kg TS	141.950	< 0,1
Kobalt (als Co)	mg/kg TS	8,8	< 0,1
Kupfer (als Cu)	mg/kg TS	116	< 0,1
Mangan (als Mn)	mg/kg TS	255	0,70
Nickel (als Ni)	mg/kg TS	64	0,46
Quecksilber (als Hg)	mg/kg TS	< 0,5	< 0,01
Silber (als Ag)	mg/kg TS	19	< 0,1
Vanadium (als V)	mg/kg TS	40,3	0,63
Zink (als Zn)	mg/kg TS	1.974	0,46
Zinn (als Sn)	mg/kg TS	59,9	< 0,1

Pellets aus Aschenprobe: FWW ZL 2003-193

Кap. 1.3.

Emissionen

Die Verfahrensführung bewirkt, dass pro Tonne Asche nur etwa 1.000 Nm³ bis 2.000 Nm³ Abgasmenge aus dem Drehrohrofen anfallen. Im Regelfall, so wie auch in der Pilotanlage, werden die Abgase in die Abgasreinigung der Verbrennungsanlage eingeleitet, so dass keine aufwendigen Abgasreinigungsverfahren an der Aschenbehandlungsanlage erforderlich sind. Je nach dem Umfang der Entfrachtung von Schwermetallen wird jedoch ein Filter zwischengeschaltet, der die Kreislaufführung der Schadstoffe verhindert. Bei standalone-Anlagen müssen definierte Abgasreinigungsstufen nachgeschaltet werden.

Кap. 1.4.

Beurteilung der Ergebnisse des Verfahrens im Vergleich zu anderen Verfahren

Unter den Hochtemperaturverfahren nimmt das ASH DEC-Verfahren insofern eine Sonderstellung ein, als der Energieaufwand (siehe Energiebilanz) signifikant unter dem von Wettbewerbsverfahren liegt. Die im Prozess erforderliche Behandlungstemperatur von < 950 °C ist auf die Aktivierung der Asche und die Ingangsetzung chemischer Reaktionen im Mischer zurückzuführen, wodurch vorhandene stoffliche Bindungen aufgebrochen und neue gebildet werden können, die zur späteren teilweisen Verdampfung leicht- und mittelflüchtiger Spurenelemente und zur Einbindung der verbleibenden Stoffe in einer glas-keramischen Matrix führen.

Bild 4 zeigt einen Kostenvergleich der verschiedenen Entsorgungswege aus der Sicht einer Verbrennungsanlage außerhalb Deutschlands – unter Berücksichtigung von Logistik- und Transportkosten bei der grenzüberschreitenden Entsorgung (Untertagedeponie).

Darüber hinaus zeichnet sich das Verfahren durch die hohe Verfügbarkeit der Anlagen aus. Die Hauptaggregate bauen auf geringfügig modifizierten Standardaggregaten auf. Das indirekt beheizte Drehrohr erlaubt niedrige Luftdurchsatzmengen, wodurch nur geringe Abgasmengen anfallen. Prozess und Anlagen sind vollständig kompatibel mit dem Betrieb einer Verbrennungsanlage, so dass kein Bedarf an speziell geschulten Mitarbeitern besteht.

Das Endprodukt, chemisch-mechanisch stabile Pellets, wird am Ende der Entwicklung den Kriterien der europäischen Inertstoffdeponie entsprechen. Die noch laufenden Entwicklungsarbeiten zielen insbesondere auf eine weitere Verbesserung der glas-keramischen Matrix und damit auf die weitere Verbesserung des

Inertisierung von Flug- und Filteraschen mit dem Pellet-Verfahren

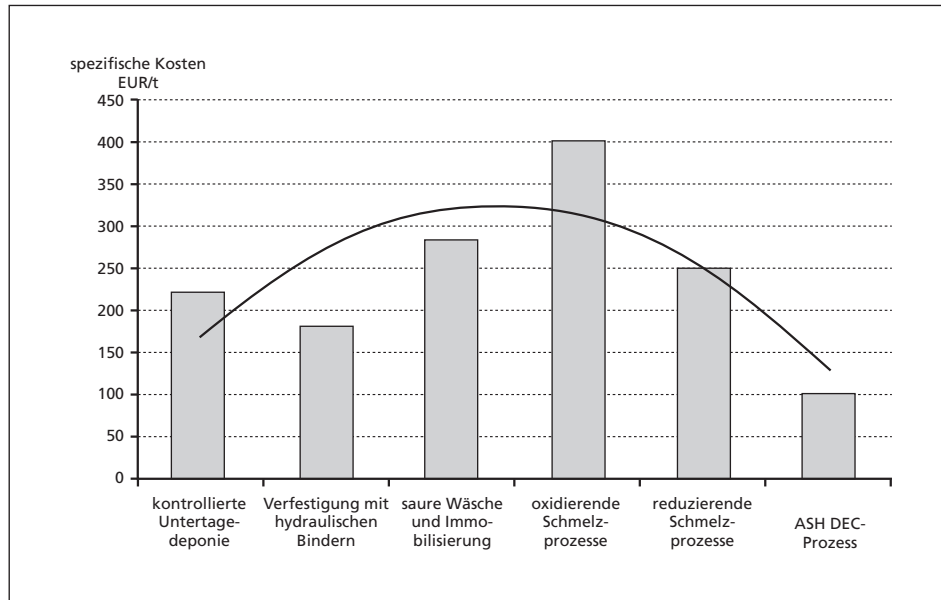


Bild 4: Kostenvergleich von Aschenbehandlungstechnologien

Auslaugungsverhaltens ab. Gleichzeitig wird die Verdampfung leicht- und mittel-flüchtiger Elemente forciert, damit auch den in einzelnen Ländern Europas festgelegten Grenzwerten für Gesamtgehalte entsprochen werden kann. Diese Ziele werden mit der Inbetriebnahme der Wiener Pilotanlage im Oktober 2004 erfüllt sein.

Kap. 2.

Wirtschaftlichkeit

Anlagenkapazität

Die Anlagenkapazität ist grundsätzlich frei wählbar, sollte jedoch im Falle von unabhängig betriebenen Anlagen nicht unter 1 t/h liegen. Die Pilotanlage wird auf die wirtschaftliche Kapazität von 1 t/h ausgelegt. Im Fall von Anlagen, die direkt an die Verbrennungsanlage angeschlossen sind und daher kein eigenes Personal benötigen, kann die wirtschaftliche Kapazität auch unter dem Wert von 1 t/h liegen.

Verfügbarkeit

Die Verfügbarkeit der Anlage wird bei 7.000 bis 7.500 Stunden pro Jahr liegen. Im Unterschied zu anderen Hochtemperaturanlagen gibt es keine Anlagenbauteile, die in relativ kurzen Intervallen erneuert werden müssen.

Kapitalkosten

Die Kapitalkosten einer Anlage mit 1 t/h Kapazität liegen bei etwa 2.500.000 EUR.

Verschleiß- und Ersatzteile

Die Anlagen unterliegen keinen verfahrensbedingten Verschleißerscheinungen. Die Ersatzteile beschränken sich daher auf die üblichen Maschinenersatzteile.

Platzbedarf

Die Pilotanlage erfordert eine Grundfläche von etwa 150 m² bei einer lichten Höhe von etwa 10 m.

Kosten für Betriebsmittel

In der Pilotanlage fallen pro Tonne Asche etwa 46 EUR für Energie (Strom und Dampf), 5 EUR für die Abgasreinigung und etwa 5 EUR für Wartung und Ersatzteile an.

Die Additive basieren auf natürlichen und chemischen Rohstoffen, die von ASH DEC und ihren Partnern aufbereitet werden. Die Kosten der Additive betragen etwa 10 EUR/t Asche.

Personalbedarf

Die Anlage ist auf vollautomatischen Betrieb und die Überwachung durch je einen Mitarbeiter pro Schicht ausgelegt. Im Fall des direkten Anschlusses an eine Verbrennungsanlage wird kein eigenes Personal benötigt. An die Qualifikation des Aufsichtspersonals werden keine besonderen Anforderungen gestellt.

Entsorgungskosten und Erlöse für Reststoffe

Prinzipiell ist das Verfahren darauf ausgelegt, dass keine Sekundärreststoffe entstehen und sämtliche Spurenelemente in der glas-keramischen Matrix dauerhaft eingebunden sind. Die Reststoffqualität der Pellets hängt von den Gesamtgehalten der Aschen und der jeweiligen Deponieverordnung ab. Wenn der Gesetzgeber die Toxizität eines Produkts primär nach dem Auslaugungsverhalten beurteilt, sollte für die Mehrzahl der auftretenden Flug- und Filteraschen die Inertstoffqualität und damit die kostengünstigste Ablagerung erreicht werden.

In Ländern, in denen der Gesetzgeber die Reststoffqualität nicht nur nach dem Auslaugungsverhalten, sondern auch nach den toxischen Gesamtgehalten beurteilt, ist es vorteilhaft, einen möglichst hohen Anteil an Spurenelementen durch Verdampfung abzutrennen und in einer kleinen Menge eines Sekundärreststoffkonzentrats (vor allem Cadmium, Blei, Kupfer und Zink) abzuscheiden. Die Separation und stoffliche Rückführung dieses Konzentrats wird in den nächsten Jahren weiter untersucht. Bis zur Verfügbarkeit von wirtschaftlich vertretbaren Separationsverfahren kann das Konzentrat unter Tage deponiert oder eingeschmolzen werden. Nach Abschluss der Entwicklungsarbeiten sollten die Pellets auch in diesen Ländern die Inertstoffqualität erreichen. Die Kosten für die Ablagerung oder Behandlung des Konzentrats fallen wegen der geringen Masse des Reststoffs nicht wesentlich ins Gewicht.

Unter der Voraussetzung, dass die Inertstoffqualität unter den jeweiligen gesetzlichen Voraussetzungen erreicht wird, ist die Verwertung der Pellets als Füllmaterial im Kanal- oder Straßenbau interessant. Wirtschaftlich interessant ist in diesem Zusammenhang vor allem die Einsparung von Deponiekosten.

Amortisation

Unter günstigen Voraussetzungen – Anbindung der Aschenbehandlungsanlage an eine Verbrennungsanlage und Pellets in Baurestmassenqualität – kann sich die Anlage bereits nach wenig mehr als drei Jahren amortisieren. Gleichzeitig wird auch unter ungünstigen Rahmenbedingungen eine Amortisationszeit von fünf Jahren nicht überschritten werden.

Kap. 3.

Planung

Genehmigungsverfahren

Gegenwärtig läuft das Genehmigungsverfahren für die Pilotanlage in Wien. Eine positive Vorbeurteilung der zuständigen Behörden liegt vor.

Zeitplan für die Realisierung

Die Pilotanlage wird im Werk Simmeringer Haide der Fernwärme Wien realisiert. Die Inbetriebnahme ist für den 1.10.2004 geplant. Weitere Anlagen sollen im Jahr 2005 in Österreich und in der Schweiz realisiert werden.

ASH DEC bietet sein Verfahren sowohl im Wege von Turnkey-Anlagen, als auch als industrielle Dienstleistung an. In diesem Fall ist das Ziel der Abschluss längerfristiger Verträge mit den Betreibern der Verbrennungsanlagen.

Kap. 4.

Zusammenfassung

Das Verfahren stellt eine kostengünstige Alternative zu Schmelzverfahren dar, die sich bis dato mangels wirtschaftlicher Wettbewerbsfähigkeit nicht durchgesetzt haben. Je nach Standort und der erreichten Qualität der Pellets stehen die Verfahrenskosten im direkten Wettbewerb mit Untertagedeponien.

Unter der Voraussetzung, dass die Ziele in der Pilotanlage erreicht werden, stellt das Verfahren eine zukunftsweisende Alternative im Bereich der Hochtemperaturbehandlung von Verbrennungsrückständen dar und kann einen weltweiten Bedarf befriedigen. Die Installation von ASH DEC-Anlagen im Nahbereich von Verbrennungsanlagen wirkt auch dem steigenden Transportaufwand entgegen, der durch die Ablagerung von Flugaschen in Untertagedeponien entsteht.

Kap. 5.

Quellen

- [1] Chambaz, D.; Huter, Ch.; Bollinger, D.; Steiner, P.: Die Rückstände der Verbrennung, Flugaschen und Filterkuchen. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landwirtschaft, Bern 1998
- [2] Dehoust, G.; Stahl, H.; Küppers, P. (Öko-Institut e.V., Darmstadt): Stellungnahme zum Entwurf der Verordnung über Deponien und Langzeitlager. November 2001
- [3] Perret, D.; Stille, P.; Shields, G.; Crovisier, J.L.; Mäder, U.: Long Term Stability of HT Material. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landwirtschaft, Bern 2000

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Optimierung der Abfallverbrennung 1

Karl J. Thomé-Kozmiensky.

– Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2004

ISBN 3-935317-16-6

ISBN 3-935317-16-6 TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

Copyright: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky

Alle Rechte vorbehalten

Verlag: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky • Neuruppin 2004

Redaktion und Lektorat: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky und Dipl.-Ing. Stephanie Thiel

Erfassung und Layout: Petra Dittmann, Martina Ringgenberg und Cordula Müller

Druck: Mediengruppe Universal Grafische Betriebe Manz und Mühlthaler GmbH, München

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien, z. B. DIN, VDI, VDE, VGB Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.