Zum Verhalten von PVC-haltigem Hausmüll in Verbrennungsanlagen*

Von Dipl.-Ing. Dr.-techn. Ernst Wogrolly, Wien

Mitteilung aus dem Forschungsinstitut der Gesellschaft zur Förderung der Kunststofftechnik, Wien

Am Beispiel einer Drehofen-Müllverbrennungsanlage wird der Zusammenhang zwischen dem Kunststoff-Gehalt von Hausmüll und der Rauchgas-Zusammensetzung meßtechnisch erfaßt. Dabei erweist sich, daß bei sachgemäßem Veraschen des heute in Mitteleuropa anfallenden Hausmülls selbst überdurchschnittlich erhöhte Kunststoff-Anteile (bis 10 % PE und 5 % PVC) sich weder nachteilig auf den Verbrennungsvorgang noch korrosiv auf die Verbrennungsanlage, noch besorgniserregend Umwelt-schädigend auf die Rauchgas-Emission auswirken.

Abfälle sind Zeugnisse der Zivilisation. Für ihr Überhandnehmen wird vielfach einer überspitzt zügellosen Werbung, hemmungsloser Produktion, unbedachten Kaufgewohnheiten und einem Überhang der Kaufkraft die Schuld gegeben.

Über das Thema Müll und Müllbeseitigung wurde in letzter Zeit viel gesprochen und geschrieben. Dabei kam es gelegentlich auch zu sachlich unrichtigen Darstellungen und bedauerlicherweise bis zu gezielten Angriffen auf bestimmte Werkstoffgruppen, die in z. T. sensationeller Aufmachung ihren Niederschlag in der Laien- und Tagespresse fanden. Wie häufig solche Auslassungen — vor allem wenn es um Kunststoffe geht — einer sachlichen Qualifikation entbehren, hat sich inzwischen herumgesprochen.

Der nachfolgende Beitrag schildert das Ergebnis systematischer Untersuchungen mit einem Drehofen zum Veraschen kommunaler Abfälle, denen kontrolliert Kunststoffe bis zu heute praktisch nicht erreichter Konzentration zugegeben worden waren.

Der im wesentlichen aus Hausmüll bestehende kommunale Müll stellt ein sehr heterogenes Gemisch dar, dessen Zusammensetzung nur in sehr beschränktem Ausmaß beeinflußt werden kann. Dies führt bei seiner Verbrennung zu einer Vielzahl von Verbrennungsprodukten, von denen die gasförmigen Anteile in die Atmosphäre abgegeben werden.

Durch in einzelnen Städten laufend vorgenommene Müll-Analysen ist die durchschnittliche Zusammensetzung des Hausmülls bekannt, und man kann dementsprechend die Verbrennungsanlagen so bauen, daß Belästigungen der Umwelt so gering wie möglich bleiben. Hierzu können zusätzlich z. B. auch hohe Schornsteine und Rauchgasfilter beitragen.

Der Kunststoff-Anteil im Müll liegt in den meisten westeuropäischen Ländern gegenwärtig im Mittel zwischen 2 und 3 Gew.-%. Für die BRD wird für 1980 ein durchschnittlicher Anteil von 4,3 % [1], für Großbritannien ein solcher von etwa 4 % [2] erwartet. Im Hinblick auf das unaufhaltsame Wachstum der Kunststoff-Verwendung wird für 1990 mit einem weiter ansteigenden Kunststoff-Anteil im Hausmüll zu rechnen sein. Sollte sich aus besonderen Gründen z. B. die Einführung der Einweg-Flasche aus Kunststoff über das jetzige Ausmaß hinaus beschleunigen, so würden sich die genannten Kunststoff-Anteile natürlich nicht unwesentlich erhöhen.

Von den derzeit praktizierten Methoden der Müllbeseitigung dürfte sich das Verbrennen bzw. Veraschen am ehesten durchsetzen; während die beiden übrigen akzeptablen Methoden, nämlich die geordnete Deponie bzw. das Kompostieren auch durch etwas höhere als gegenwärtig übliche Kunststoff-Anteile noch nicht nachteilig beeinflußt [3, 4] werden. Da aber ein allmähliches Ansteigen des Kunststoff-Anteils zu erwarten ist, erschien eine Untersuchung der Auswirkungen des Verbrennens von Kunststoffe enthaltendem Müll von Interesse.

* Forschungsprojekt Müllverbrennung, gefördert durch den Forschungs-Förderungsfond der Gewerblichen Wirtschaft Österreichs

Prototyp einer Müll-Verbrennungsanlage

Für unsere Untersuchungen wurde ein Drehofensystem gewählt, wie es im Prototyp der Müll-Veraschungsanlage der Österreichischen Alpinen Montan Ges., Zeltweg, zur Verfügung steht. Die Drehofen-Feuerung weist gegenüber den meisten konventionellen Rost-Feuerungen u. a. den Vorzug auf, daß die Feuerraum-Temperatur auch bei hohem Kunststoff-Anteil und stark wechselnder Müll-Zusammensetzung in Grenzen eingestellt und regeltechnisch relativ leicht beherrscht werden kann [5]. Bei ihr können ferner durch das Abtropfen thermoplastischer Stoffe keine Roste verstopft werden. Die erwähnte Anlage mit — je nach Heizwert — einer Kapazität von 1 bis 2,8 t Müll/h wurde für Gemeinden mit 20000 bis 60000 Einwohnern entwickelt; durch Aufstellen mehrerer solcher Drehöfen kann die Aufnahmefähigkeit gesteigert werden.

Durchführung der Versuche und der Rauchgaskontrolle

Die gasförmigen Verbrennungsprodukte der meisten Kunststoffe sind CO_2 und H_2O, bei Sauerstoffmangel auch CO; daneben können auch Stickstoffverbindungen, SO_2 oder HCl freigesetzt werden. Unser Interesse konzentrierte sich zunächst auf die Rauchgaszusammensetzung bei der Verbrennung von Hausmüll in Anwesenheit der heute mengenmäßig wichtigsten Kunststoffe, Abb. 1 [6], für die wir stellvertretend Polyäthylen (PE) als Repräsentanten der Kohlenwasserstoff- und Polyvinylchlorid (PVC) als Vertreter der Chlorkohlenwasserstoff-Polymeren wählten. Um aufgrund der bisher gewonnenen Erfahrungen in zweiter Linie die Zusammenhänge allgemein darstellen und beurteilen zu können, sollen für weitere Versuche auch hier noch nicht erfaßte, spezielle Kunststoffe und andere Verbrennungssysteme herangezogen werden.

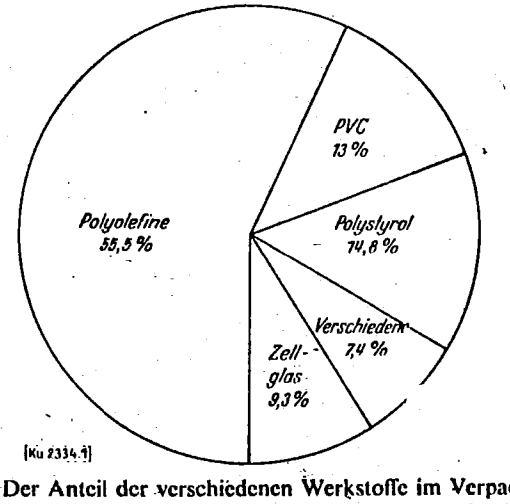


Abb. 1. Der Anteil der verschiedenen Werkstoffe im Verpackungssektor der BRD betrug 1970 für Papier und Pappe 49 %, für Glas 25 %, für Holz 10 %, für Metalle aller Art 10 % und für Kunststoffe 6 %. Eine Unterteilung des letzteren Postens in die einzelnen Kunststoff-Arten gibt diese Graphik

DSW 587902

STLCOPCB4093238

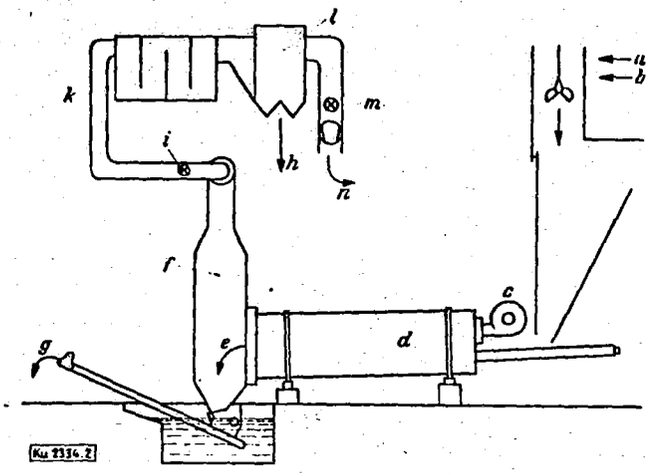


Abb. 2. Versuchsanordnung beim Veraschen von Müll

a Aufgabe der abgewogenen Müll-Menge, *b* Zugabe zusätzlicher Kunststoff-Anteile, *c* Gebläse, *d* Drehrohrofen mit 2 % Neigung, *e* Ausbrand, *f* Nachverbrennungskammer, *g* Schlacke, *h* Flugasche, *i* Prüfung der Rauchgas-Menge und Rauchgas-Temperatur, *k* Kühler, *l* Elektro-Filter, *m* Prüfung der Rauchgas-Zusammensetzung, *n* zum Schornstein

Der Heterogenität des Mülls wurde durch folgende Überlegungen Rechnung getragen:

a) Es sollte nur Müll mit möglichst genau definiertem Kunststoffgehalt verbrannt werden. Dies macht die Bestimmung des Grundgehalts an Kunststoffen im Hausmüll und die kontrollierte Zudosierung zusätzlicher Kunststoffmengen (hier PE und PVC) erforderlich.
b) Um die Meßergebnisse reproduzierbar zu machen, war die Zusammensetzung des verwendeten Hausmülls analytisch zu erfassen.
c) Um für einen Teil der Versuche einen homogenen „Müll" zur Verfügung zu haben, wurden dafür Rindenschnitzel von Nadelhölzern (Fichten) verwendet, wie sie in Entrindungsanlagen von Sägewerken als Abfall anfallen.

Unter diesen Voraussetzungen haben wir Rauchgas-Analysen beim Veraschen der in Tafel 1 genannten Müllproben bzw. Müll-Zubereitungen durchgeführt und uns dabei der in Abb. 2 dargestellten Versuchsanordnung bedient.

Die Gasanalysen wurden mit Hilfe eines Gas-Spürgerätes „Multi Gas Detektor" der Fa. Drägerwerk, Lübeck, unter Verwendung von Dräger-Röhrchen ausgeführt und die Chlorwasserstoff-Konzentration in den Rauchgasen nach der in Abb. 3 dargestellten Methode an einem Rauchgas-Teilstrom bestimmt. Dabei wurde ein Rauchgas-Teilstrom von 30 bis 120 l/h mit Hilfe einer Pumpe durch Waschflaschen und eine Gasuhr gesaugt.

Die Chlor-Bestimmung der in den Waschflaschen vorgelegten Absorptionsflüssigkeiten H_2O und 0,1 n Natronlauge wurde in einer Modifizierung der Titration nach MOHR vorgenommen, um im Gebiet geringer Chlorid-Konzentrationen die Löslichkeit von AgCl in reinem Wasser ($1{,}05 \cdot 10^{-5}$ Mol/l) durch Zugabe einer bekannten und ausreichenden Chloridmenge vor der eigentlichen Bestimmung zu kompensieren. Als

Tafel 1. Zusammensetzung der untersuchten Müll-Proben

Müll-Art	PE [%]	Gehalt an PVC [%]
Zeltweger Hausmüll	0	0
	5	0
	10	0
	0	2.5
	0	5
	0	6[1])
Rinden-Schnitzel	0	0
	1	0
	5	0
	10	0
	0	1
	0	3
	5	1

[1]) PVC-Rohre

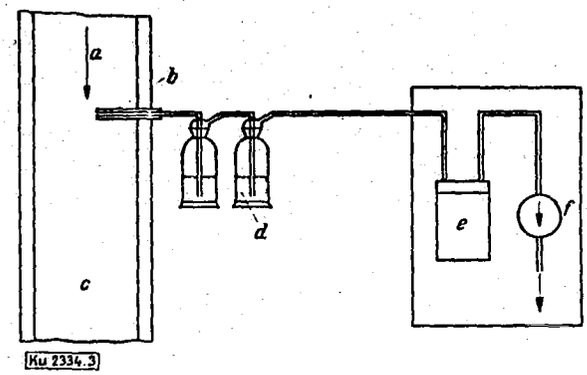


Abb. 3. Meßaufbau zur Bestimmung des HCl-Gehalts der Rauchgase

a Müll-Rauchgase, *b* Entnahme-Sonde, *c* Rauchgas-Kanal, *d* Waschflaschen, *e* Gasuhr, *f* Pumpe

Chlorid-Vorlage diente eine wäßrige Lösung von NaCl und K_2CrO_4, die so bemessen war, daß bis zum Auftreten von rotbraunem Silberchromat genau 5 ml 0,00564 n-$AgNO_3$-Lösung erforderlich sind. Der darüber hinausgehende Verbrauch an 0,00564 n-$AgNO_3$-Lösung zeigt den wahren Chlorgehalt der Probe an [7].

Die gesamte Rauchgasmenge wurde mit einem Staurohr nach PRANDTL ermittelt. Die Untersuchung der Schlacke und der Flugasche geschah nach den Methoden der quantitativen Analyse, auf die hier nicht eingegangen zu werden braucht. Zur Feststellung der Staub-Immissionen und Immissions-Konzentration an SO_2, HCl und Stickoxiden wurden an drei Meßstellen in der nächsten Umgebung der Müll-Veraschungsanlage orientierende Analysen ausgeführt.

Die Sortier-Analyse des Hausmülls geschah nach Hand-Verlesen einer Teil-Müllmenge, die nach sorgfältigem Mischen einer größeren Charge nach dem Viertelungsverfahren erhalten wurde, so daß eine repräsentative Zusammensetzung erwartet werden konnte. Zur Feststellung der Einzel- und Zugabemengen der Kunststoff-Anteile stand eine Dezimalwaage zur Verfügung.

Meßergebnisse

Zusammensetzung des Mülls

Die Ergebnisse der Sortier-Analyse für die einzelnen Versuchstage verzeichnet Tafel 2. Sie gibt die Zusammensetzung des Hausmülls ohne Beimischung wieder, wobei der Kunststoff-Anteil nicht weiter aufgegliedert wurde; er schwankte zwischen 1,0 und 5,9 % und betrug im rechnerischen Mittel aus 8 Versuchstagen 3,1 %. Einer Untersuchnug des Hausmülls aus Hamburg [8] ist zu entnehmen, daß dort z. B. der PVC-Anteil bei 0,2 bis 0,6 Gew.-% lag.

Zusammensetzung der Rauchgase

Die mit Hilfe des Dräger-Spürgeräts bestimmten Rauchgas-Bestandteile waren CO, SO_2, HCl sowie (NO + NO_2). Fallweise wurden auch andere gasförmige Verbindungen wie NO_2, CO_2, O_2, Kohlenwasserstoffe (KW), H_2O-Dampf, Formaldehyd, Cl_2, HF und Phosgen bestimmt. Die Ergebnisse sind in Tafel 3 verzeichnet.

Chlor, Phosgen, Fluorwasserstoff, Formaldehyd oder Kohlenwasserstoffe konnten in keinem Fall nachgewiesen werden.

Tafel 2. Sortier-Analyse des Hausmülls (Anteile in Gew.-%)

Versuchstag (1971)	4. März	1. April	14. April	20. Mai	3. Juni	11. Juni	14. Juni	28. Juni
vegetabilische Abfälle . . .	2,9	7,8	1,9	2,2	4,1	6,9	56,0	14,0
Textilien, Leder, Gummi . .	2,4	3,0	4,3	2.5	5,8	5,1	4,5	4,3
Papier, Pappe, Holz	25,6	7,0	20,9	27,3	19,3	12,8	20,5	24,3
Kunststoffe	2,6	1,9	2,3	4,4	2,8	5,9	1,0	4,2
mineralische Bestandteile . .	60,7	71.7	65,7	58,4	63,6	55,6	0	43,9
Metalle	3,3	3,0	1,9	2,9	2,8	5,9	4,0	3.2
Glas	2,5	5,6	3,0	2,3	1.6	7,7	14,0	4,1

DSW 587903

STLCOPCB4093239

Tafel 3. Rauchgas-Analyse beim Veraschen von Zeltweger Hausmüll bzw. „homogenem Müll"

Müll-Art	Rauchgas-Temperatur [°C]	CO_2 [%]	CO [%]	SO_2 [ppm]	HCl [ppm]	NO + NO_2 [ppm]	KW [ppm]	H_2O [mg/l]
Hausmüll	850	10	0,009	50	n.n.	35		
Hausmüll + 5 % PE	880	9	0,016	2	n.n.	35		
Hausmüll + 10 % PE	870	13	0,050	30	n.n.	30		
Hausmüll + 5 % PVC	720	8	0,021	80	1—5	28		
Hausmüll + 6 % PVC	820	9	0,011	20	3,5	25		
Rinde	840	11	0,020	n.n.	n.n.	100	n.n.	27
Rinde + 1 % PE .	760	9	0,005	n.n.	n.n.	100	n.n.	17
Rinde + 5 % PE .	810	10	0,010	n.n.	n.n.	60	n.n.	21
Rinde + 10 % PE .	835	9,5	0,005	n.n.	n.n.	50	n.n.	30
Rinde + 1 % PVC.	820	8	0,004	n.n.	n.n.	100	n.n.	41
Rinde + 3 % PVC.	800	8,5	0,007	n.n.	0,1	90	n.n.	16
Rinde + 5 % PE + + 1 % PVC.	860	6,5	0,006	n.n.	n.n.	60	n.n.	21

(ppm = parts per million; n.n. = nicht nachweisbar)

Der Stickoxid-Gehalt der Rauchgase nimmt mit zunehmender „Verdünnung" des Mülls durch Kunststoffe ab. Von besonderem Interesse sind die HCl-Konzentrationen der Rauchgase. Aufgrund der mit dem Müll verbrannten PVC-Mengen und einer Gesamt-Abgasmenge von rd. 6000 m³/h waren theoretisch im Rauchgas bis zu 1000 ppm HCl zu erwarten, während die Messungen maximal 5 ppm auswiesen. Offensichtlich wurde das aus dem PVC zunächst abgespaltene HCl mit alkalischen Bestandteilen des Mülls sofort wieder umgesetzt und so zum weitaus überwiegenden Teil gebunden; es mußte sich also in Form von Chloriden in der Asche und im Flugstaub befinden. Eine Analyse für den letzten in Tafel 3 angeführten Versuch ergab für die Asche einen Chloridgehalt von 1,45 % und für den Flugstaub einen solchen von 0,24 %.

Chlorwasserstoff-Emission

Eine Umfrage bei verschiedenen Müllberbrennungsanlagen in der BRD und in weiteren westeuropäischen Ländern ergab, daß die gegenwärtig im Müll anfallenden PVC-Konzentrationen noch ohne Korrosions-Schwierigkeiten in den vorhandenen Anlagen verbrannt werden können, weil die primär während der Veraschung abgespaltenen HCl-Mengen zum überwiegenden Teil vermutlich durch die im Müll enthaltenen oder aus ihm gebildeten Aschen gebunden werden.

Mit erheblichen Schwierigkeiten müßte aber gerechnet werden, sofern sich der PVC-Anteil im Müll wesentlich erhöht. Allgemein wird eine Beimischung (bzw. ein Gehalt) von 1 bis 2 % PVC im Hausmüll als unschädlich angesehen [9]. Diese Ansicht deckt sich auch mit der in der Fachliteratur [10 bis 13] am weitesten verbreiteten Meinung. Zudem erscheint es völlig irrig, die gesamte HCl-Emission einer Abfall-Verbrennungsanlage dem im Müll enthaltenen PVC zuschreiben zu wollen [14, 15].

Bei einer Zunahme der Schadstoff-Emissionen aus Verbrennungsanlagen müßten Gaswäscher eingeschaltet werden, was zB. hinsichtlich der HCl-Absorption keine technischen Probleme aufwirft [16]. Die hier beschriebenen Versuche ergaben jedoch so erstaunlich niedrige HCl-Konzentrationen in den Rauchgasen, daß mit der benutzen Anlage auch Müll mit für die heutigen Verhältnisse ungewöhnlich hohem PVC-Anteil offenbar einwandfrei und ohne erhebliche Umwelt-Beeinflussung verbrannt werden kann.

Der wissenschaftliche Wert solcher Versuche wird freilich von der Reproduzierbarkeit bestimmt. Die Ergebnisse der maßanalytischen Chlor-Bestimmung nach der eingangs beschriebenen Titrationsmethode sind in Tafel 4 zusammengefaßt. Dazu ist zu bemerken, daß der mittlere Absorptionsgrad bei 0,90 lag [vgl. 17]. Die Berechnung erfolgte nach

$$\frac{\text{HCl-Gehalt in der ersten Waschflasche}}{\text{HCl-Gehalt in der ersten plus zweiten Waschflasche}}$$

Tafel 4. HCl-Gehalte im Rauchgas PVC-haltiger Müllproben

Nr.	Versuchs-Datum	Müll-Art	HCl-Gehalt der Rauchgase [mg/m³]	[ppm]
1	23. 8. 71	Zeltweger Hausmüll durchschnittl. Zusammensetzung .	2,8	2,0
2	23. 8. 71	dto., mit 2,5 % PVC.	6,5	4,6
3	24. 8. 71	dto., mit 5 % PVC	6,5	4,6
4	24. 8. 71	dto., mit 5 % PVC	7,2	5,1
5	25. 8. 71	dto., mit 5 % PVC	10,9	7,2
6	25. 8. 71	dto., mit 6 % PVC-Rohre . .	4,9	3,5

Bestimmung bei Versuch 1 bis 5 analytisch, bei Versuch 6 mit Hilfe des Dräger-Röhrchens

Die Gaszuleitung zu den Absorptionsgefäßen war nicht beheizt. Die erhaltenen Werte liegen innerhalb derselben Größenordnung wie die Ergebnisse mit dem Dräger-Gasspürgerät. Der Kunststoff wurde in den jeweiligen Mengen dem Müll von Hand zugemischt. Für den Versuch mit 5 % PVC-Anteil wurden 1000 kg Müll mit einem Gehalt von 50 kg PVC (Hostalit®-Pulver) pro Stunde verbrannt und während dieser Versuchszeit durchschnittlich 100 l Rauchgas durch die Absorptionsflüssigkeit gesaugt. Eine einfache Rechnung zeigt, daß bei einer Gesamt-Rauchgasmenge von 6000 Nm³/h ein mittlerer HCl-Gehalt der Rauchgase von 2500 bis 2800 ppm zu erwarten gewesen wäre. Da sich aber rd. 25 kg HCl nicht spurlos verflüchtigen können, mußten sie als Chloridgehalt in der Schlacke bzw. Flugasche zu finden sein. Das Analysen-Ergebnis für die Schlacke und Flugasche von Zeltweger Hausmüll ohne PVC-Zusatz ist in Tafel 5 verzeichnet. Chlorid war qualitativ mit $AgNO_3$ in salpetersaurer Lösung nicht nachweisbar.

Tafel 5. Zusammensetzung der Veraschungs-Rückstände von Hausmüll (ohne zusätzliche Zugabe von PVC)

	Schlackenprobe [%]	Flugasche (vom Elektrofilter) [%]
SiO_2	47,91	28,50
Al_2O_3	12,28	19,00
Fe_2O_3	5,81	11,84
Mn_3O_4	0,21	0,14 (MnO)
CaO	9,74	12,80
MgO	3,68	2,61
P_2O_5	0,84	0,53
TiO_2	2,83	1,84
$Na_2O + K_2O$	5,17	2,98
C	6,12	4,58
SO_3	—	8,09
Glühverlust	3,85	6,65

Die Chlorbestimmung an mehreren während der Veraschung des PVC-haltigen Mülls gezogenen Schlacken-Proben ergab Werte zwischen 1,49 und 2,9 %. Eine während des Veraschens von Hausmüll +5 % PVC entnommene Probe Flugasche ergab einen Chlor-Gehalt von 2,0 %.

Vielleicht ebenso wichtig und aufschlußreich wie die Analysenergebnisse der Rauchgase und der Verbrennungsrückstände ist die Beobachtung des Verbrennungsvorgangs selbst. Bei allen unseren Versuchen war auch durch das weitere Zufügen von Kunststoffen zum Hausmüll eine negative Beeinflussung des Verbrennungsvorgangs nicht feststellbar. Im Gegenteil konnte bei höheren Kunststoff-Konzentrationen (etwa ab 3 %) durch zeitweises Abschalten des Stützfeuers Heizöl eingespart werden. Eine im Anschluß an unsere Versuche durchgeführte Generalinspektion der gesamten Anlage ergab keinerlei Anzeichen korrosiver Angriffe durch die Rauchgase.

Immissions-Messungen[1])

Um einen Anhaltspunkt über ein eventuelles Auftreten gefährlicher Schadstoff-Konzentrationen in der Atmosphäre zu

1 Unter Immission versteht man in diesem Zusammenhang alle in der Atmosphäre eingebrachten Schadstoffe, die auf die belebte und unbelebte Natur einwirken ...

DSW 587904

STLCOPCB4093240

bekommen, wurden an drei Meßpunkten in unmittelbarer Nähe der Müllverbrennungsanlage Messungen unter Zuhilfenahme von Gas-Prüfröhrchen durchgeführt. Die benutzten Prüfröhrchen besaßen Nachweisgrenzen für SO_2, HCl und $(NO + NO_2)$ von 0,1 und für CO von 1,0 ppm. In keinem Fall konnte ein Auftreten auch nur eines dieser Gase nachgewiesen werden.

Gleichzeitig wurden Staubmessungen nach dem konimetrischen Meßverfahren durchgeführt. Mit Ausnahme eines einzigen Falles lagen sämtliche Ergebnisse unter 2 mg/m³. Die Staubkonzentrationen lagen mithin innerhalb der für das Gebiet der Versuchsdurchführung üblichen mittleren Grenzen.

Diskussion der Ergebnisse

Die mitgeteilten Meßergebnisse lassen erkennen, daß mit Hilfe der bei unseren Versuchen benutzten Müll-Veraschungsanlage für kleine bis mittlere Gemeinden, Abb. 4, auch höhere Kunststoff-Anteile als sie für das Jahr 1980 allgemein erwartet werden, noch wirksam und ohne zu erwartende Komplikationen und ohne Gefahr für die Umwelt beseitigt werden können.

Eine Erklärung für die zunächst überraschende Feststellung, wonach der HCl-Gehalt in den emittierten Rauchgasen beim Veraschen PVC-haltigen Mülls weit unterhalb der theoretisch zu erwartenden Konzentration liegt, dürfte vorwiegend in der Bau- und Betriebsweise des Drehofens zu suchen sein. Infolge der (regulierbaren) Rotationsbewegung des Ofens und seiner Innengestaltung wird das zu veraschende Gut während einer Verweilzeit von im Mittel 30 min ständig umgewälzt. Dadurch kommt es zur optimalen Belüftung mit der Verbrennungsluft, zum praktisch vollständigen Ausbrand und zu einer sterilen Schlacke. Die ständige Umwälzbewegung bewirkt im Verein mit der radial eintretenden und daher schraubenförmig durch den Drehofen gesaugten Verbrennungsluft ein kräftiges Aufwirbeln des staubförmigen Mülls an der Beschickungsseite und im weiteren Verlauf von glimmenden Kohleteilchen und (lt. Analyse) alkalischem Aschenstaub. Die im übrigen vollkommen geruchlose Asche enthält durchschnittlich 4 bis 6 % C in Form von Schwelkoks oder Holzkohle.

Die Rauchgase mit den enthaltenen gasförmigen Zersetzungsprodukten müssen diese aufgewirbelten Teilchen wie ein Filter passieren, wobei z. B. HCl adsorptiv an die wie Aktivkohle wirkenden Schwelkoks- und Holzkohleteilchen gebunden und/oder durch Ca- und Mg-Verbindungen der Asche neutralisiert wird. Bei den hier herrschenden 700 bis 800 °C nicht wesentlich übersteigenden Temperaturen ist aber z. B. $CaCl_2$ recht gut beständig [18]. Der beim Verbrennen von PVC frei werdende Chlorwasserstoff gelangt mithin teils adsorptiv, teils chemisch gebunden in die Asche und scheidet so als in die Umwelt emittierter Schadstoff weitestgehend aus, ohne daß zunächst eine Abgas-Wäsche eingeschaltet zu werden braucht. Diese Feststellungen unterscheiden sich grundsätzlich von dem im Laboratorium durchgeführten Modellversuch, bei dem weder das zu verbrennende Gut noch die Verbrennungsluft umgewälzt wurden und der HCl-Gehalt selbst kleiner, mitverbrannter PVC-Anteile nahezu quantitativ in den Rauchgasen in Erscheinung trat.

Bei der von uns benutzten Veraschungsanlage dürfte die Grenze für die adsorptive und chemische Bindung der abgespaltenen Salzsäure an die Asche bei einem Anteil von rd. 5 % PVC im Hausmüll liegen (eine Anteilshöhe, mit der wir selbst bis zum Jahr 2000 nicht zu rechnen brauchen, wobei offen steht, welche sonstigen Verschiebungen in der mittleren Zusammensetzung des Hausmülls bis dahin eintreten werden). Bei höheren PVC-Konzentrationen steigt — wie Vorversuche gezeigt haben — die HCl-Emission stark an. Dabei dürfte allerdings auch die

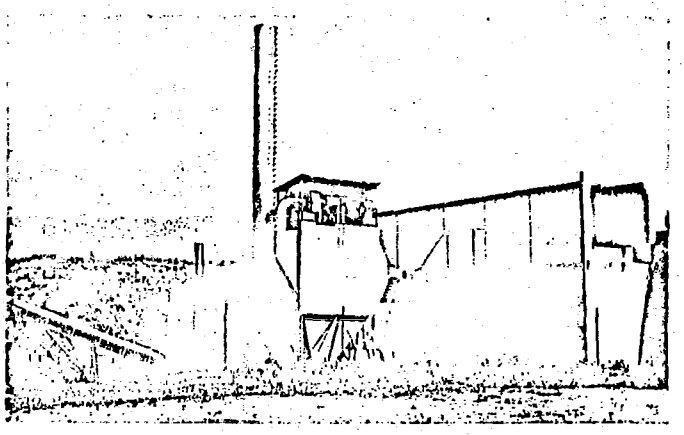


Abb. 4. Müll-Veraschungsanlage Zeltweg, Österreich

Temperaturführung eine gewisse Rolle spielen, Wir werden unsere Versuche fortsetzen und sie auch auf andere, z. B. stickstoffhaltige Kunststoffe (Polyamide usw.) ausdehnen. Dabei wird, wie bereits im vorausgehenden Abschnitt angedeutet, auch die genaue Messung der Immissions-Konzentrationen von Interesse sein.

Die in der Literatur verbreitete Auffassung, wonach Polyolefine, Polystyrol u.a. Kohlenwasserstoff-Kunststoffe vom Standpunkt des Verbrennens aus Emissions-ungefährlich, ihres Heizwertes wegen im Gegenteil sogar nützlich und erwünscht sind, kann bestätigt werden. Unter der Voraussetzung des ordentlichen Vermischens mit dem Gesamt-Müll dürfte die beim Drehofen-Betrieb zulässige obere Grenze bei 20 bis 25 % liegen [19]. Auch ohne Bemischen anderer Brennstoffe können Kunststoff-Abfälle in Drehrohröfen verbrannt werden, sofern ihr hoher Heizwert berücksichtigt und im Fall von PVC (oder anderer Cl, F oder S enthaltender Kunststoffe) gewisse weitere Voraussetzungen des Korrosionsschutzes und der Gaswäsche erfüllt werden.

Herrn Prof. Dipl.-Chem. E. Schmitz, dem Leiter des Laboratoriums für Kunststofftechnik, sei für wertvolle Anregungen und Beratung, Herrn Obering. Dipl.-Ing. H. Hacker von der Österreichischen Alpinen Montan-Gesellschaft für gewährte Unterstützung und Mithilfe bei der Lösung technischer Probleme gedankt. Der Dank des Verfassers gilt weiterhin den Herren Dipl.-Ing. W. Joven von der ÖAMG sowie Dipl.-Ing. H. Lahner und H. Scholda vom LKT für die Mitarbeit an diesem Projekt. (2387)

Literatur

[1] Kunststoffabfälle als Sonderproblem der Abfallbeseitigung — Ratschläge für Städte, Gemeinden und gewerbliche Wirtschaft. Battelle-Institut, Frankfurt/M. 1969.
[2] J. P. Staudinger, EFTAPA-Symposium on Disposal of Plastics Waste and Litter. Oslo, Mai 1970.
[3] E. Wogrolly, Österr. Kunststoff-Z. Bd. 1 (1970) S. 14/17.
[4] E. Wogrolly, Österr. Kunststoff-Z. Bd. 2 (1970) S. 12/19.
[5] F. Fink, Brennstoff, Wärme, Kraft Bd. 21. (1969) S. 472/80.
[6] 6. Internationale Kunststoffmesse, Düsseldorf 1971. Pressemitteilung.
[7] R. Freier, Kesselspeisewasser und Kühlwasser. Technologie-Betriebsanalyse. Berlin 1963.
[8] H. W. Truss, Energie Bd. 10 (1970) S. 300/06.
[9] O. H. C. Schaffenstein, Städtehygiene Bd. 8 (1969) S. 192/96.
[10] N. Hirayama u.a., Bull. of JSMR Bd. 47 (1968) S. 902/12.
[11] L. Mortillaro, Materie Plast. Elast. Bd. 37 (1971) S. 4/10.
[12] J. O'R Trauernicht, Plastics Technol. Bd. 16 (1970) Heft 6, S. 29/32.
[13] O. K. Seisakusho, Japan Plastics Age Bd. 8 (1970) S. 21.
[14] M. Bonne, Staub-Reinhaltung der Luft Bd. 27 (1967) S. 451/53.
[15] E. Wogrolly, Umweltschutz-Städtereinigung Bd. 8 (1971) S. 16/20.
[16] J. W. Lühr, Industrie-Rdsch. Bd. 9 (1969) S. 33/35.
[17] E. Lahmann u. H. Möller, Chlorid-Immissionsmessungen in der Umgebung einer Müllverbrennungsanlage. Schriftenr. des Vereins f. Wasser-, Boden- Lufthygiene, S. 33. Stuttgart 1970.
[18] O. Leuchs, Kunststoffe Bd. 61 (1971) S. 44/45.
[19] R. Rasch, Energie Bd. 23 (1971) S. 20/21.

DSW 587905

STLCOPCB4093241