Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 109 (1991)
Heft: 46

Artikel: Abfallverwertung: thermische Verwertung in der Kehrichtverbrennung
Autor: Künzli, Max
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-86049

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 08.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

aus der Altlast geringer als die entsprechenden ADI-Werte sind (Bild 2).

Schlussfolgerungen

Das Gefährdungspotential von Altlasten ist nicht nur von der Toxizität und der Menge der abgelagerten Stoffe abhängig. Vielmehr spielen auch standortspezifische Faktoren eine wesentliche Rolle.

Aus obigen Gründen ist ersichtlich, dass jede Altlast fallspezifisch, d.h. unter Berücksichtigung der jeweils vorhandenen relevanten chemischen Verbindungen (Spezifizierung) und der Nutzung, beurteilt und bewertet werden muss. Basierend auf den Resultaten der Gefährdungsabschätzung sind in Zusammenarbeit mit den Behörden die Sanierungsziele so festzulegen, dass das verbleibende Restrisiko für Mensch und Umwelt unbedenklich ist. Eine pauschale Standortbewertung mit rein substanzbezogenen Grenzwerten ist nicht zu empfehlen, weil in vielen Fällen das damit verbundene Aufwand/Nutzen-Verhältnis ungünstig ist.

Wie bereits erwähnt, bilden die Resultate der Gefährdungsabschätzung eine wesentliche Grundlage für die Wahl der Sanierungsmassnahmen. Sie beeinflussen auch die Sanierungskosten in erheblichem Masse. Überdies wirken sie sich auf ökologische Aspekte wie Schadstoffemissionen bei Reinigungsprozessen, Energieverbrauch usw. aus. Daher ist die Durchführung einer umfassenden Gefährdungsabschätzung von zentraler Bedeutung.

Adresse der Verfasser: Dr. *Heidi Ruprecht* und Dr. *Daniel Zürrer*, Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, Bellerivestrasse 36, Postfach, 8034 Zürich.

Abfallverwertung

Thermische Verwertung in der Kehrichtverbrennung

Müllverbrennungsanlagen übernehmen eine zentrale Aufgabe in der Behandlung und Beseitigung des zivilisatorischen und industriellen Abfalls. Zum einen werden darin die Abfälle durch die Verbrennung in eine inerte, volumenmässig stark reduzierte und damit für die Endlagerung optimale Form gebracht. Zum anderen kann der Energiegehalt der Abfallstoffe zur Heizwärme- und Stromproduktion genutzt werden.

Abfallverbrennung als sichere, endgültige Entsorgung

Die Abfallverbrennung kann heute nicht mehr isoliert betrachtet werden. Sie muss im Zusammenhang und in der

VON MAX KÜNZLI, ZÜRICH

Abwägung mit Möglichkeiten der Abfallvermeidung und mit anderen Schritten der Abfallentsorgung gesehen werden, also etwa Verfahren der stofflichen Verwertung, den biologischen Verfahren und der Ablagerung. Planer und Erbauer solcher Müllverbrennungsanlagen können sich solchen Sachzwängen, damit verbundenen Diskussionen und Akzeptanzproblemen nicht mehr entziehen. Gerade weil sie als Fachleute davon in erster Linie schon bei der rein technischen Projektierung zentral betroffen sind, stellt die Auslegung einer Anlage mehr als bloss Ingenieurarbeiten dar.

Es geht daher heute um drei Problemkreise:

- Technik der Müllverbrennung
- Umweltaspekte/Umweltverträglichkeit
- Politische Akzeptanz.

Abfallverbrennungsanlagen werden seit über 100 Jahren betrieben. Die Abfallverbrennung – in der Bevölkerung bis vor wenigen Jahren unumstritten – gilt als besonders anspruchsvolle Technik zur Abfallentsorgung.

Abfallentsorgung in Zukunft bedeutet «integriertes Entsorgungskonzept», umfassend mindestens vier Bereiche:

- Abtrennung von Schadstoffen,
- stoffliche Verwertung evtl. einschliesslich Kompostierung,
- thermische Behandlung des nicht stofflich zu verwertenden Restmülls
- umweltgerechte Ablagerung der nicht verwertbaren Rückstände.

Die Verbrennungsanlage dient der thermischen Verwertung und wird zur unverzichtbaren Behandlungsstufe. Sie muss folgende Aufgaben erfüllen:

- die unüberschaubare Vielfalt der im Abfall enthaltenen organischen Verbindungen thermisch-oxidativ abbauen,
- die im Abfall – meist diffus – enthaltenen anorganischen Stoffe aus ihren Verbindungen lösen, in einfach abscheidbare Formen überführen und sie möglichst aufkonzentriert abscheiden,
- eine höchstmögliche Reduktion des Volumens der Abfälle erreichen,
- die verbleibenden Rückstände in verwertbare Reststoffe überführen oder sie in eine ablagerungsfähige Form bringen,
- die im Abfall enthaltene Wärmeenergie so weit wie möglich nutzen.

Kehricht – ein Energieträger

Der eingesammelte Müll weist einen hohen Anteil an brennbaren Stoffen auf, so dass er von selbst brennt. Der untere Heizwert Hu liegt heute bei etwa 11 000 kJ/kg Müll. Der Heizwert des Kehrichts und die damit anfallende nutzbare Wärmemenge nimmt von Jahr zu Jahr zu.

Wirtschaftliche und ökologische Überlegungen haben dazu geführt, dass moderne Kehrichtverbrennungsanlagen die anfallende Energie in den heissen Verbrennungsgasen nutzbringend für die Dampf-, Fernheizungswasser- und Stromerzeugung verwenden.

Der Heizwert

Man bezeichnet mit dem Heizwert Hu den nutzbaren Energieinhalt, den ein Stoff bei seiner Verbrennung abgibt. Die Mittelwerte für einige Brennstoffe sind:

- Heizöl leicht	42 700 kJ/kg
- Steinkohle	32 000 kJ/kg
- Torf	20 000 kJ/kg
- Brennholz	16 000 kJ/kg
- Siedlungsabfälle	11 000 kJ/kg

Aus der Aufstellung geht hervor, dass der Heizwert von Kehricht knapp einem Drittel desjenigen von Heizöl entspricht, d.h. 3,5 Tonnen Kehricht er-

geben die gleiche Energiemenge wie eine Tonne Heizöl.

Ein Müllheizkraftwerk bildet ein komplexes Gesamtsystem von der Müllzufuhr über die Verbrennungsroste bis zu den Abhitzekesseln und der Abgasreinigungsanlage sowie dem integrierten Betriebsführungssystem. Die Planung und der Bau eines solchen Werkes müssen als Gesamtsystem aus einer Hand kommen, damit die optimalen Voraussetzungen für die Betriebssicherheit und die Einhaltung der Umweltbedingungen geschaffen werden können.

Verbrennungsrost gewährleistet einwandfreien Ausbrand

Der anfallende Müll variiert bezüglich Zusammensetzung, Form und Brennwert in weiten Bereichen. Die Konstruktionsart des Verbrennungsrostes muss unter allen Betriebsbedingungen einen einwandfreien Ausbrand des Mülls gewährleisten. Dazu kommen die ständig schärfer werdenden Umweltschutzbedingungen mit Emissionsgrenzwerten bezüglich gasförmiger und fester Schadstoffe. Beim Bau von Müllverbrennungsanlagen wurden bisher verschiedene Bauarten von Verbrennungsrosten entwickelt und eingesetzt.

- Horizontale oder geneigte Vorschubroste mit oder ohne Abstürze
- Geneigte Rückschubroste
- Geneigte Walzenroste
- Horizontale Gegenlauf-Überschubroste

Betriebserfahrungen und Beobachtungen haben gezeigt, dass bei Rosten mit starkem Gefälle die Gefahr des unkontrollierten «Durchrollens» von Müll und des damit verbundenen unvollständigen Ausbrandes besteht.

Die wichtigsten Anforderungen an einen Verbrennungsrost am Beispiel eines Gegenlaufüberschubrostes zur Verbrennung von Hausmüll oder hausmüllähnlichen Brennstoffen lassen sich etwa wie folgt umreissen:

- optimale und umweltschonende Verbrennung bei jeder Brennstoff-(Müll-)Zusammensetzung
- hohe Verfügbarkeit und hohe Betriebssicherheit
- minimaler Verschleiss.

Eine in der Schweiz seit 1978 entwickelte und weltweit eingesetzte Rostkonstruktion basiert auf dem Gegenlauf-Überschubsystem und lässt sich durch nachfolgende vorteilhafte Eigenschaften charakterisieren:

- Baukastensystem mit Zusatzeinheiten für schlecht brennbares Material
- vollkontrollierter Brennstoff-(Müll-)-Transport
- dichter Rostbelag (hoher Druckverlust am Rost) mit auf der ganzen Fläche kontrolliertem Verbrennungslufteintritt und minimalem «Rostdurchfall» von Verbrennungsprodukten
- Verschleissteile aus hochfestem, legiertem Stahl
- selbstreinigender Rostbelag.

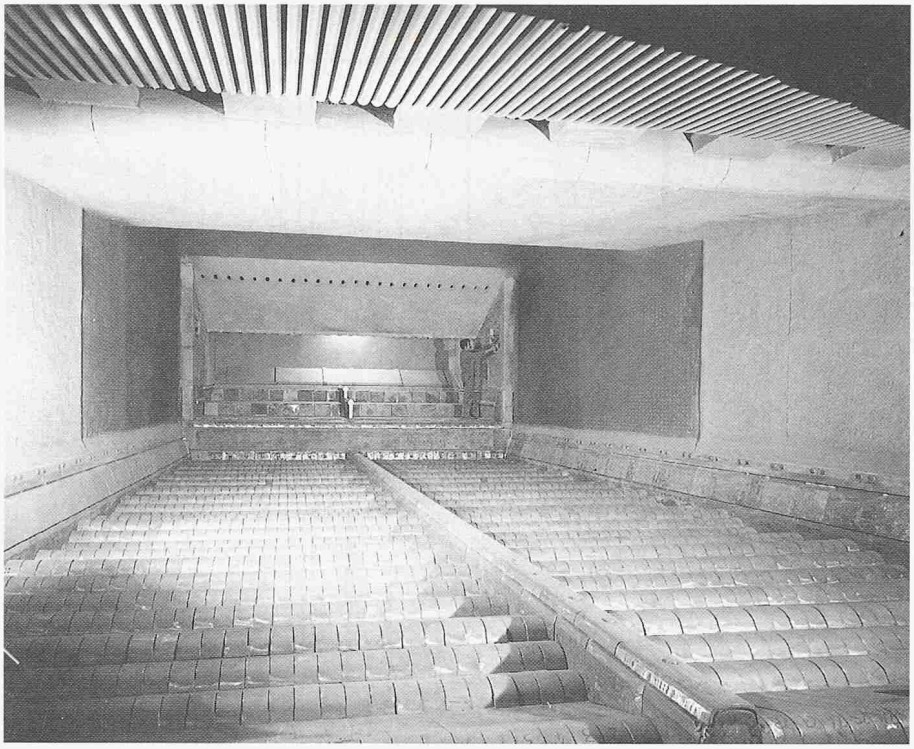

Bild 1. Verbrennungsraum mit zweibahnigem Gegenlauf-Überschubrost und Zuteiler

Destruktionsrate organischer Bestandteile

Bei der Verbrennung wird der organische Anteil des Abfalls innerhalb weniger Minuten unter kontrollierten Bedingungen verbrannt. Dabei wird das Potential der organischen Schadstoffe über mehrere Grössenordnungen toxischer Wirkungen verringert, oft sogar vollständig zerstört. Beim Ausbrand der gasförmigen Bestandteile wird hiezu eine Verweilzeit von 2 Sekunden bei 850 °C gefordert. Im Zusammenhang mit der Emission chlororganischer Schadstoffe, wie z.B. Dioxinen/Furanen, sind neue Erkenntnisse zu berücksichtigen. Bereits im unbehandelten Abfall sind erhebliche Konzentrationen dieser Schadstoffe enthalten. Die Verminderung von Schadstoffemissionen erfolgt sowohl durch feuerungstechnische als auch durch abgasreinigende Massnahmen. Mit der Festlegung und Einhaltung von emissionsbegrenzenden gesetzlichen Anforderungen wird heute durch die Behörden Vorsorge nach dem Stand der Technik getroffen.

Schüren und umwälzen

Die Zuteilung des Brennstoffes auf den Verbrennungsrost erfolgt durch Variation der Hublänge, Vorschubgeschwindigkeit und Taktzeit des Dosierstössels unter dem Einfüllschacht. Damit wird der Müll dosiert, die Brennstoff-Schichthöhe auf dem Verbrennungsrost der Müllqualität angepasst. Der Müll durchläuft nach der Zuteilung auf den Rost drei Zonen: Die Trocknungszone, die Hauptbrandzone und die Ausbrandzone für den Restausbrand.

Die Verweilzeit des Mülls auf dem Verbrennungsrost ist von der Verbrennungsleistung und der Brennstoffzusammensetzung abhängig und beträgt etwa 30 bis 90 Minuten. Die Vorwärtsbewegung des Brennstoffes erfolgt

a) *Typische Auslegungskriterien für eine Müllverbrennungsanlage:* Mülldurchsatz 8 bis 30 t/h pro Linie.

Verfügbarkeit/Reisezeit: 7500 bis 8000 Std./Jahr (früher 2000 bis 3000 Std.); Reisezeit und Verfügbarkeit sind nicht dasselbe.

b) *Verbrennungsrost:*
Heizwert steigend: 3500 kcal/kg
Thermische Belastbarkeit: 400 bis 1000 kW/m²
Mechanische Belastbarkeit: 250 bis 300 kg/m²

c) *Nutzenergieausbeute:*
Verdampfungsziffer 2 bis 3,3 t Dampf pro Tonne Müll.

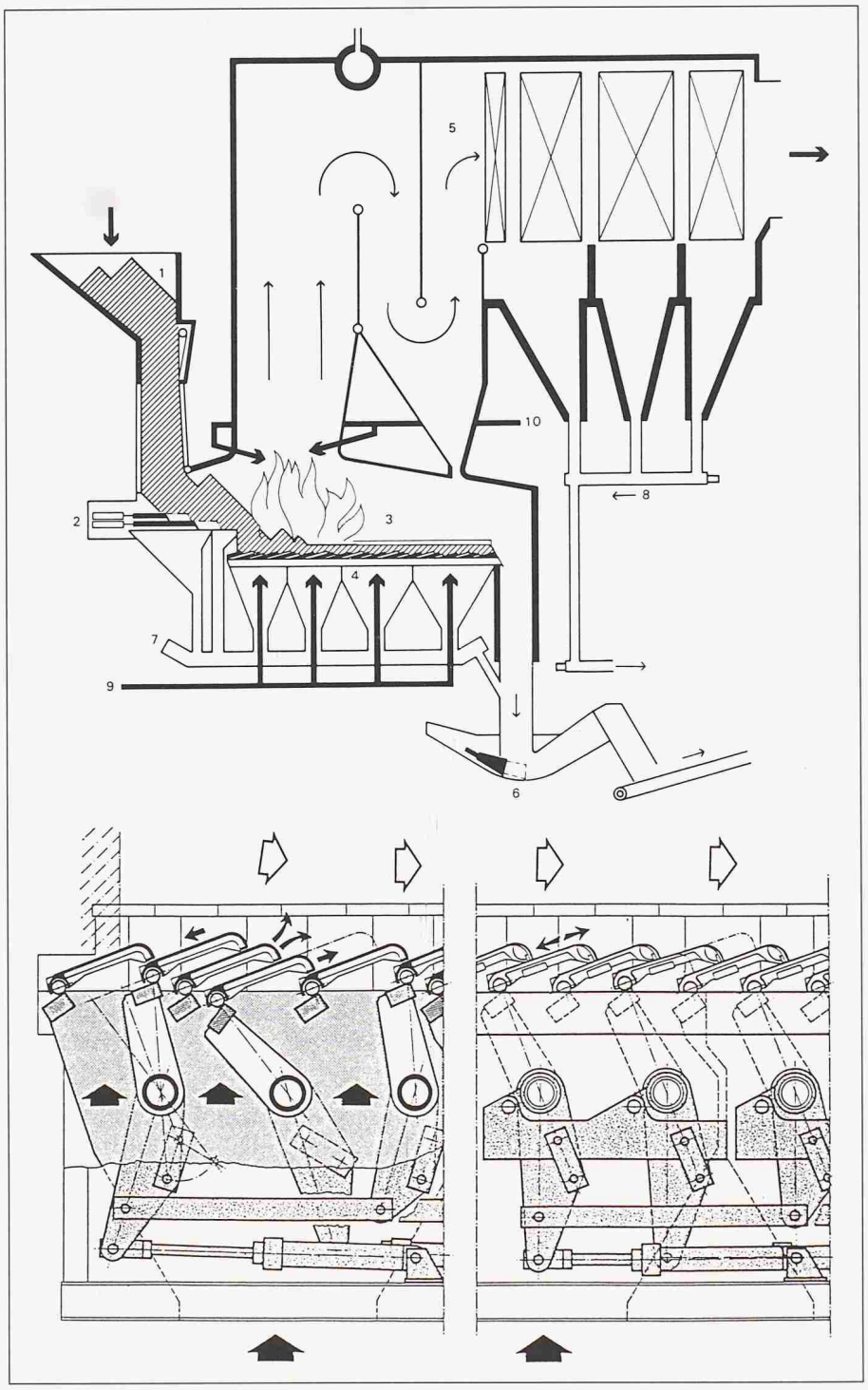

Bild 2. Müllverbrennung-Feuerungssystem: 1 – Beschickungstrichter und Müllschacht; 2 – Zuteiler; 3 – Verbrennungsraum; 4 – Verbrennungsrost; 5 – Dampfkessel; 6 – Stösselentschlacker; 7 – Rostdurchfallregler; 8 – Flugaschetransport; 9 – Primärluftsystem; 10 – Sekundärluftsystem; unten: Bewegungsablauf der Roststäbe zur Schürung und zum kontrollierten Transport des Brennstoffes

durch die gegenläufig bewegten Roststabreihen, die im Wechsel mit den feststehenden Roststabreihen angeordnet sind.

In einer fest eingebauten Rostunterkonstruktion befinden sich abwechselnd die waagrecht angeordneten bewegten und festen Stabträger, in die die einzelnen Roststäbe eingelegt werden. Die bewegten Stabreihen liegen auf einer Antriebsschwinge auf und führen eine gegenläufige Vor- und Rückwärtsbewegung aus. Die letzte Stabreihe ist immer feststehend und liegt am Absturz auf.

Werden nun die gegenläufigen Roststäbe auseinanderbewegt, so wird die Müllschicht auseinandergezogen und gezündete Brennstoffteile fallen in die freiwerdenden Zwischenräume. Im weiteren Verlauf werden die Roststäbe aufeinander zu bewegt und bilden in dieser Lage mehrere kleine Abstürze, wodurch wiederum Zündkerne freigelegt werden, was zur Zündung des Brennstoffes führt.

Die ersten gezündeten Brennstoffteilchen, welche sich in den freigewordenen Zwischenräume befinden, bewegen sich durch die Vorschubbewegung nach vorne und gelangen unter das Brennstoffbett. Hier bilden sie weitere Zündkerne, die die Zündung des darüberliegenden Brennstoffes beschleunigen. Der Zündvorgang geht also beim Gegenlauf-Überschubrost nicht nur von oben durch Strahlung und Berührung vor sich, sondern läuft auch im Innern des Müllbettes ab, denn durch intensive Schür- und Umwälzbewegung im Müllbett werden die Zündkerne laufend untergeschoben, wodurch die Zündung auch von unten her eingeleitet wird.

Durch das kontinuierliche Schüren und Umwälzen des Brennstoffes wird das Brennstoffbett wiederholt aufgelockert und neu geordnet. Dies wirkt sich vorteilhaft auf die Zündung und Verbrennung aus, da durch das Auflockern eine grössere Brennstoffoberfläche geschaffen und der Zutritt der Verbrennungsluft begünstigt wird.

Hohe Verfügbarkeit durch speziellen Rostbelag

Die Wirtschaftlichkeit ist abhängig von der Verfügbarkeit, den Wartungsstillständen und dem Verschleiss einer Anlage. Die Betriebstemperatur eines Hausmüllverbrennungsrostes liegt im Mittel zwar nur bei 250 bis 300 °C. Dennoch muss sowohl bei der Materialwahl als auch der Konstruktion des Rostes ein besonderes Augenmerk auf Notlaufeigenschaften und Langlebigkeit Wert gelegt werden. Die Roststäbe sind aus verschleissfestem, feuerbeständigem und hochlegiertem Chrom-Nickel-Stahlguss hergestellt und werden wegen der ausserordentlich hohen Härte nicht mehr maschinell bearbeitet. Dank der hohen Passgenauigkeit wird neben der gleichmässigen Verbrennungsluftverteilung der sogenannte Rostdurchfall mit allenfalls unverbrannten oder vergärbaren Elementen auf 200 bis 500 g pro Tonne Müll tief gehalten. Die Lebensdauer eines Verbrennungsrostes wird durch die Rosttemperatur beeinflusst. Die Roststäbe werden zwangsgekühlt, indem die Verbrennungsluft (Primärluft) erst durch ein auf der Unterseite der Roststäbe angeordnetes Labyrinthsystem geführt wird.

Führungsgrösse ist die Dampfmenge

Als wichtigste Führungsgrösse für ein Müllheizkraftwerk dient die Dampf-

menge. Der Mikroprozessor vergleicht ständig die vorgewählte mit der tatsächlichen Dampfmenge und greift in Roststeuerung und Müllzuteiler ein. Bei Unterschreitungen eines gesetzten O_2-Gehaltes im Rauchgas wird unabhängig von der Dampfmenge sowohl Zuteiler als auch Rost gestoppt.

Die Integration der Roststeuerung und der Feuerleistungsregelung in einen Mikroprozessor erlaubt, dass die verschiedenen Messwerte aus der Feuerung (z.B. Sauerstoffgehalt, Feuerraumtemperatur usw.) direkt auf einzelne Antriebsbereiche, Zuteiler wirken, wobei fast beliebige Verknüpfungen von Messwerten und Steuergrössen bei verschiedensten Müllsorten möglich sind.

Technische Auslegung und Kostenoptimierung

Verschiedene Kriterien dienen der Beurteilung der Effektivität von Hausmüll-Verbrennungsanlagen. Auf einige dieser Kenngrössen wird daher nachfolgend näher eingegangen.

Hausmüll-Verbrennungsanlagen sind in ihrer Feuerungstechnik (derzeit Rostfeuerung) auf die Verbrennung von Siedlungsabfällen ausgelegt, die unzählige Stoffgruppen mit einer kaum überschaubaren Palette an chemischen Verbindungen enthalten. Sie müssen insofern «Allesschlucker» sein. Wenn sich die Abfälle durch getrennte Sammlung in ihrer Art, Zusammensetzung und Menge ändern, wird sich dies unter Umständen auch auf die Verfahrenstechnik der Hausmüll-Verbrennungsanlagen auswirken, die dann auf die thermische Behandlung der verbleibenden Restabfälle und auf die spezielle Schadstoffbehandlung ausgerichtet werden muss. Im Zusammenhang mit der Planung von Verbrennungsanlagen im Rahmen von Entsorgungskonzepten wird oftmals davon ausgegangen, dass die Abfallbehandlung nur in zentralen Grossanlagen kostengünstig durchgeführt werden sollte. Da Grossanlagen im allgemeinen über mehrere Einheiten verfügen, ist eine grosse Flexibilität bezüglich Kapazitätsauslastung gegeben, was bei schwankender Anlieferung und wechselnder Wiederverwertung der Abfälle nötig ist. Die entscheidenden Kenngrössen für die Beurteilung der Kosten einer Anlage sind die Investitionen, die Behandlungskosten und allfällige Erlöse. Der spezifische Investitionsaufwand für Hausmüll-Verbrennungsanlagen sinkt mit zunehmender Anlagengrösse. Von den Brutto-Behandlungskosten können je nach den Verwertungsmöglichkeiten unterschiedlich hohe Erlöse aus Energie-, Schlacken- und Schrottverkauf abgezogen werden.

Der Kostendegression steht mit zunehmender Anlagengrösse bei angestrebter wachsender Zentralisierung der Abfallbehandlung ein Anstieg der Transportaufwendungen für die Abfälle und Rückstände entgegen. Somit sind den Grossanlagen, insbesondere in ländlich strukturierten Gebieten mit Rücksicht auf die Kostenoptimierung, Grenzen gesetzt.

Die Argumente, die für eine zentrale oder für eine dezentrale thermische Behandlungsanlage sprechen, lassen sich wie folgt zusammenfassen:

☐ Für die Zentralisierung sprechen z.B. geringe spezifische Investitionen, Konzentration der Umweltschutzmassnahmen und rationeller Personaleinsatz mit qualifizierten Mitarbeitern.

☐ Für die Dezentralisierung sprechen z.B. Verringerung der Transportaufwendungen sowie geringe und anpassbare Baumassen.

Die mittlere Grösse der derzeit vorhandenen Anlagen liegt bei etwa 200 000 t Jahresdurchsatz. Kleinere Anlagen befinden sich meist in ländlich strukturierten Gebieten oder an der Peripherie von Ballungsgebieten. Eine der grössten Anlagen mit 120 Tonnen/Stunde Müllleistung steht derzeit in Amsterdam im Bau.

Rückstände aus Verbrennung

Als feste Rückstände der Abfallverbrennung verbleiben Rostschlacke, Filterstäube und Reaktionsprodukte aus der Abgasreinigung. Die Rostschlacke (etwa 300 kg/t Abfall) besteht im wesentlichen aus mineralischen Anteilen (überwiegend Silikaten), Eisenschrott und wenigen unvollständig verbrannten Bestandteilen. Aus einer Tonne Rohschlacke lassen sich durch Klassierung (Zerkleinerung und Siebung) rund 80% verwertbare Schlacke und mittels Magnetabscheidung rund 15% Eisenschrott gewinnen. Derzeit wird Rostschlacke noch überwiegend auf Deponien abgelagert. Wegen des geringen Anteils an organischen Stoffen sind Probleme durch Deponiegasemissionen und Setzungen vernachlässigbar gering.

Ein Anteil an organischen Stoffen von weniger als 1% sollte angestrebt werden. Neben der Rostschlacke entstehen bei der Verbrennung ca. 4000 m³ bis 6000 m³ Abgase je t Abfall, die gereinigt werden müssen. Der bei der Entstaubung der Rohgase anfallende Rückstand Filterstaub (etwa 30 kg/t Abfall) stellt ein feinkörniges mineralisiertes Material dar, das einen – im Vergleich zur Rostschlacke – erheblich höheren Anteil an wasserlöslichen Chloriden, Sulfaten und Schwermetallen enthält. Von Bedeutung sind auch die Gehalte an Dioxinen und in Filterstäuben. Ein Verfahren (DEGLOR) zur Verglasung des Filterstaubes bewirkt eine Zerstörung des Dioxingehaltes und erlaubt die Rückgewinnung von Wertstoffen.

Schadstoff - Emissionen aus Rauchgas des Abfallheizkraftwerks Augsburg/BRD

	TA-Luft	BImSch	Garantiewert
SO_2	100	50	25
CO	100	50	80
NO_x	500	200	(350)
HCl	50	10	5
HF	2	1	0,5
Gesamt-Staub	30	10	10
Staubförmige anorganische Stoffe:			
KLASSE I:	0,2*		0,1*
Cd		0,1	0,02
Hg		0,1	
Tl			
KLASSE II:	1,0*		0,5*
As, Co, Ni, Se, Mn			
KLASSE III:	5,0*		1,0*
Pb			0,5
Sb, Cr, Cu, Mn, Pt, Pd, Rh, V, Sn, Cyanide, Fluoride			
BImSch V-Entwurf:			
Pb,		1,0*	
As, Co, Sb, Cr, Cu, Mn, V, Sn			
Gesamt-Kohlenstoff (Organ. Stoffe):	20	10	20
Krebserregende Stoffe:			
KLASSE I:	0,1*		
Benzo(a)pyren, Be und Verbindungen, Dibenz(a,h)anthracen, 2-Naphthylamin			
KLASSE II:	1,0*		
As, Cr(VI)-Verbindungen, Co, Ni, 3,3'-Dichlorbenzidin, Dimethylsulfat, Ethylenimin			
KLASSE III:	5,0*		
Acrylnitril, 1,3-Butadien, Benzol, Epichlorhydrin, 1,2-Dibromethan, 1,2-Epoxypropan, Ethylenoxid, Hydrazin, Vinylchlorid			

(* Summengrenzwert)

Bild 3. Für das derzeit im Bau stehende Müllheizkraftwerk Augsburg werden vom Anlagenersteller Garantiewerte über Rauchgasemissionen eingehalten die teilweise gar unter der Bundesimmissionsschutzverordnung (BImSch) liegen wodurch die Anlage zu den saubersten Müllverwertungsanlagen zählt.

Emissionen und Rückstände

Die Schadstoffe aus der Müllverbrennung lassen sich grundsätzlich in drei Gruppen einteilen: a) solche aus unvollständiger Verbrennung: CO, Russ; b) solche aus Reaktionen eingebrachter Stoffe: SO_2, Cd, Pb usw.; und c) solche aus nicht idealer Prozessführung, z.B. NO_x. Die Lösung dazu liegt bei a) Rost, Verbrennungsprozessführung; b) Rauchgasreinigung (separates Einsammeln); und c) Primärmassnahmen an Rost und Prozessführung sowie Sekundärmassnahmen in der Rauchgasreinigung. ($DeNO_x$)

Immer perfektere, aufwendige Rauchgasreinigungssysteme, verbunden mit besonderer Prozessführung, ermöglichen heute massivste Emissionsminderungen. Die Garantiewerte einer hochmodernen Anlage bürgen für den hohen Entwicklungsstand der Müllverbrennungstechnik.

Schadstoff	bestehende Grundbelastung	Zusatzlast durch MVA
CO	823 000	320
SO_2	17 000	320
HCl	23 000	160
HF	82	6,5
Schwebestaub	61 000	32
Pb	174	3,2
Cd	0,7	0,06

Tabelle 1. Zusätzliche Immissionen durch MVA (alle Werte in ng/m³) (Quelle: Humantoxikologisches Gutachten 1989 München)

Rauchgase und Abwässer

Bei der Verbrennung von Abfällen entstehen ca. 4000 bis 6000 m³ Abgase je Tonne Abfall, die sich im wesentlichen aus Stickstoff, Wasserdampf, Kohlendioxid und Sauerstoff zusammensetzen und weitere luftverunreinigende Stoffe enthalten. Die Zusammensetzung der Abgase wird massiv von den Bestandteilen der Abfälle beeinflusst. Die Emissionen von Kohlenmonoxid, organischen Verbindungen und z.T. auch der Stickstoffoxide können durch feuerungsseitige Massnahmen gering gehalten werden.

Zur Vermeidung und Begrenzung der Emissionen von Staub, Schwermetallen, Chlor- und Fluorwasserstoff sowie Schwefeldioxid werden Abgasreinigungseinrichtungen eingesetzt. Oftmals wird darauf hingewiesen, dass ein Grossteil der im Abfall enthaltenen Stoffe als staubförmige Abgasbestandteile weiträumig in der Umwelt verteilt wird und dies eine «Quasi-Ablagerung» in der Umgebung sei. Hierzu ist anzumerken, dass ca. 99,5% der staubförmigen Stoffe aus der Verbrennung durch Abgasreinigungseinrichtungen zurückgehalten werden.

Durch kontinuierliche Messung und Aufzeichnung der Staubgehalte im Reingas wird die Einhaltung der Emissionsgrenzwerte für Staub und der Staubinhaltsstoffe – hauptsächlich Schwermetalle und ihre Verbindungen – überwacht. Bis auf Quecksilber werden die im Abgas enthaltenen Schwermetalle vorwiegend partikelgebunden emittiert.

Immissionsbelastung durch Müllverbrennung vernachlässigbar

Immissionsbelastungen einer neuen Anlage zählen zu den umstrittensten Themen. Zur Versachlichung der Diskussion mögen folgende Zahlen beitragen, die durch unabhängige Mediziner und Toxikologen für ein Projekt in Bayern erhoben und errechnet wurden. Diese in Tabelle 1 wiedergegebenen Werte zeigen, dass die zusätzliche Immissionsbelastung um Faktoren zwischen 10- bis über 1000fach tiefer liegen als die bestehenden Immissionen.

Zusammenfassend kann festgehalten werden: Der Stand der Technik beim Bau von Müll- und Sondermüllverbrennungsanlagen, besonders die Prozessführung und Abgasreinigung, ist ausserordentlich hoch und kann strengste Umweltschutznormen erfüllen.

Adresse des Verfassers: Max Künzli, Ing. HTL, W+E Umwelttechnik AG, ABB-Gruppe, Max Höggerstrasse 6, 8048 Zürich.

Zuverlässigkeit bei den Konstruktionen des Hochbaues

Am Institut für Hochbautechnik HBT der ETHZ wird unter diesem Titel eine Untersuchung durchgeführt. Hier werden erste Ergebnisse vorgestellt.
Zuverlässigkeit ist als Funktionstüchtigkeit einer Konstruktion während der gesamten Dauer von Planung, Herstellung und Gebrauch definiert und kann nur durch definierte Eigenschaften bestimmt werden. Wir stellen dar, wie eine Leistungsdefinitiion erarbeitet werden kann, die diesen Anforderungen genügt.

Einleitung

Ausgangslage/Anlass

Anlass der nachfolgend vorgestellten Arbeit ist das Bemühen, die Zuverlässigkeit von Hochbaukonstruktionen zu

VON DIETER KAMMEL, HORGEN,
JOERG KOBE, ZÜRICH,
HANS STOLLER, LENZBURG

verbessern. Hierzu wird unter Berücksichtigung bewährter Arbeitsweisen auch auf methodische Anregungen zurückgegriffen, die in anderen technischen Disziplinen entwickelt wurden.

Aufgabenstellung/Ziel

Es ist zu prüfen, ob die Zuverlässigkeitstechnik methodische Anregungen zur Verbesserung der Zuverlässigkeit von Hochbaukonstruktionen bietet. Sofern solche Anregungen übernommen werden können, sind sie den fachspezifischen Bedingungen so anzupassen, dass sie sich in nachvollziehbare, systematische Konstruktionsabläufe einordnen. Nach rein statischen Gesichtspunkten zu bemessende tragende Gebäudestrukturen werden dabei nicht bearbeitet, da sie anderweitig determiniert sind.

Grundlagen

Leistungsdefinitionen als Aufgabe des Architekten

Architektenleistungen beinhalten als eine wesentliche Aufgabe Leistungsdefinitionen, in der Regel also die zeichnerische und verbale Beschreibung aller im Zusammenhang mit einem Bauvorhaben zu erbringenden Bauleistungen (vgl. hierzu auch die Honorarordnungen «SIA 102» in der Schweiz und «HOAI» in der Bundesrepublik Deutschland). Die Honorarordnungen sehen hierfür jeweils entsprechende Anteile am Gesamt-Architektenhonorar vor.

Hierfür stehen ausgearbeitete und bewährte Arbeitsmittel und Informationsunterlagen zur Verfügung. Dies sind vor allem Werk- und Detailpläne, Normpositionenkatalog NPK (CH) und Standard- Leistungsbuch STLB (BRD). Sie ermöglichen die Leistungsdefinition in Form von Plänen und Leistungsverzeichnissen, letztere aufgeteilt auf ca. 30 verschiedene Arbeitsgattungen und schon bei relativ kleinen Bauvorhaben auf mehrere hundert verschiedene Einzelpositionen.