Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 83 (1965)
Heft: 16: Schweizer Mustermesse

Artikel: Die Entwicklung der Von Roll-Müllverbrennungsanlagen
Autor: Tanner, R.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-68135

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: 12.07.2025

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

ORGAN DES SCHWEIZERISCHEN INGENIEUR- UND ARCHITEKTEN-VEREINS S.I.A. UND DER GESELLSCHAFT EHEMALIGER STUDIERENDER DER EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE G.E.P.

Botschaft des Bundespräsidenten zur Schweizer Mustermesse 1965

Jedes Frühjahr, wenn sich in Basel die Tore der Schweizer Mustermesse öffnen, nimmt das ganze Schweizervolk an der auch im Ausland stark beachteten Ausstellung lebhaften Anteil. Zu Recht; bietet diese Messe doch eine umfassende Schau schweizerischen Schaffens und eine eindrückliche Darstellung schweizerischer Qualitätsarbeit. Die ausstellenden Firmen zeigen ihre neuesten Erzeugnisse sowie bewährte Produkte, an welchen mannigfache Verbesserungen vorgenommen wurden. Das Ergebnis der intensiven Anstrengungen unserer Unternehmer, Wissenschafter, Ingenieure, Angestellten und Arbeiter ist nicht nur für die Käufer von Bedeutung, sondern für jedermann, der sich über den Stand und die Leistungen der schweizerischen Wirtschaft orientieren will.

Die Schwierigkeiten im internationalen Konkurrenzkampf und die wirtschaftliche Lage im Inland zwingen uns noch mehr als bisher, uns auf die Herstellung von Spitzenprodukten festzulegen. Nur mit der besten Qualität können die dem Export entgegenstehenden Hindernisse überwunden werden. Die politische Entwicklung hat bisher eher zu einer Erhöhung als zu dem allgemein gewünschten Abbau der Schwierigkeiten geführt. Im Mangel an Arbeitskräften und in der Knappheit an Kapital in der Schweiz liegen Faktoren, welche ebenfalls zu einer Konzentration auf Erzeugnisse rufen, die sich auf die besondere Zuverlässigkeit und Qualifikation unserer Arbeiterschaft stützen, und welche den letzten Stand der Forschung in die wirtschaftliche Praxis umsetzen.

Solche Leistungen kann unsere Wirtschaft nur erbringen unter der Voraussetzung, dass sie über einen tüchtigen Nachwuchs verfügt. Für Gemeinden, Kantone und Bund ergibt sich aus dieser Feststellung die Aufgabe, den Schulen aller Stufen ihre Beachtung zu schenken und sie nach den Bedürfnissen auszubauen. Zur Verstärkung des Nachwuchses trägt auch eine fortschrittliche Stipendienregelung bei. Von entscheidender Bedeutung, aber auch von erheblicher finanzieller Tragweite ist die Förderung der wissenschaftlichen Forschung. Eidgenössische Räte und Bundesrat sind gewillt, für diese Verpflichtung die nötigen Kredite zu gewähren und damit einen wirksamen Beitrag an das wirtschaftliche Potential und an unsere Konkurrenzfähigkeit zu leisten.

Hans Peter Tschudi, Bundespräsident

Die Entwicklung der Von Roll-Müllverbrennungsanlagen

DK 628.492

Von **R. Tanner**, dipl. Ing. ETH, Zürich

1. Einleitung

Die nunmehr zwanzigjährige Entwicklung des Von Roll-Müllverbrennungssystems rechtfertigt einen Rückblick auf den durchlaufenen Weg. Die Entwicklung bleibt selbstverständlich nicht stehen; es ist aber zu erwarten, dass sie nicht mehr in dem stürmischen Tempo weitergehen wird wie in den vergangenen Jahren. Deshalb sei im folgenden versucht, das zurückgelegte Stück Technikgeschichte zu beschreiben und die erzielten Ergebnisse zu beurteilen.

Es ist heute müssig, auf die dringende Notwendigkeit der Müllbeseitigung hinzuweisen, besonders im Hinblick auf den Gewässerschutz. In diesem Zusammenhang sei der stets steigende Anfall von Altöl, Industrieabfällen aller Art und Klärschlamm nur im Vorbeigehen erwähnt. Geeignete Ablagerungsplätze fehlen je länger desto mehr, nicht nur in der Umgebung von Grossstädten, sondern auch von mittelgrossen und kleinen Ortschaften. Da ist die Verbrennung das am besten geeignete Verfahren zur Beseitigung des Mülls.

Die Aufgabe einer Müllverbrennungsanlage ist demnach die hygienische Vernichtung des Mülls mittels Verbrennung, und zwar in der Menge und Zusammensetzung, wie er täglich anfällt und unter Vermeidung einer vorherigen Aufbereitung. Diese Definition bringt folgende Tatsachen zum Ausdruck:

a) Die Menge des zu verbrennenden Mülls ist nur innerhalb geringer Grenzen beeinflussbar, da Müll infolge seiner raschen Zersetzung kein lagerfähiger Brennstoff ist.

b) Die Zusammensetzung des Mülls ist sowohl physikalisch wie chemisch stark veränderlich und ebenfalls nicht beeinflussbar.

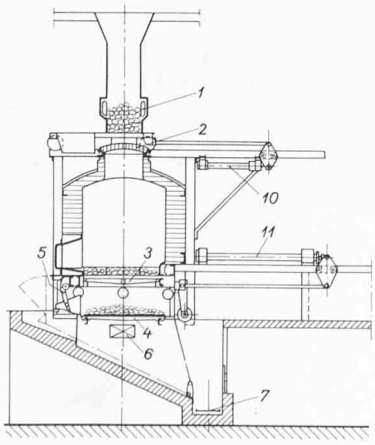


Bild 1. Zellenofen im normalen Betriebszustand
Dosierklappen offen, Fülltüre geschlossen, Charge brennt auf dem Müllrost, Schlacke auf dem Schlackenrost erwärmt Verbrennungsluft

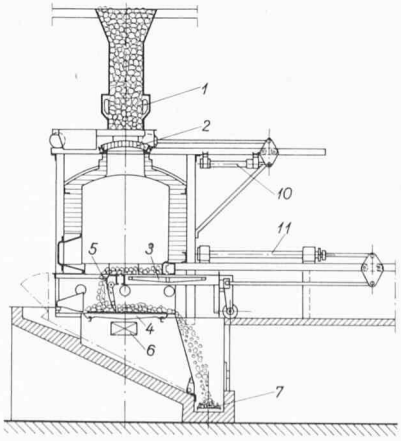


Bild 2. Zellenofen beim Abschlacken des ersten und zweiten Rostes
Dosierklappen offen, Fülltüre geschlossen, Kratzer in Tätigkeit, Müll wird ausgefahren, Schlacke auf Schlackenrost abgestossen, Luftzufuhr abgestellt, Schlacke in Schlackenkanal befördert

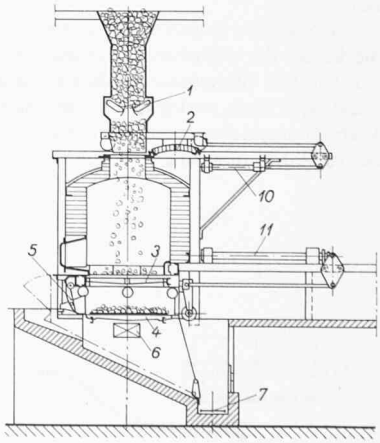


Bild 3. Zellenofen beim Einfüllen von Müll
Dosierklappen geschlossen, Fülltüre offen, Luftzufuhr abgestellt

Bilder 1, 2, 3. Querschnitt durch einen Zellenofen bei verschiedenen Betriebsphasen

1 Dosierklappen
2 Fülltüre
3 Müllrost
4 Schlackenrost
5 Kratzer
6 Luftzufuhr
7 Schlackenkanal
10 Antrieb der Fülltüre
11 Antrieb des Müllrostes

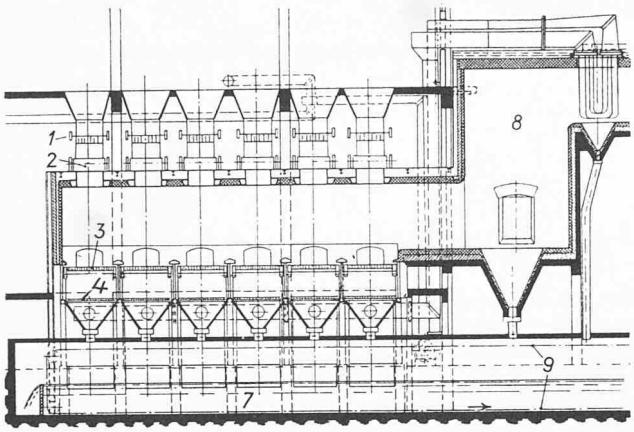


Bild 4. Längsschnitt durch einen Zellenofen. Bezeichnungen wie bei den Bildern 1 bis 3, dazu: 8 Verbrennungskammer, 9 Schlackenkette

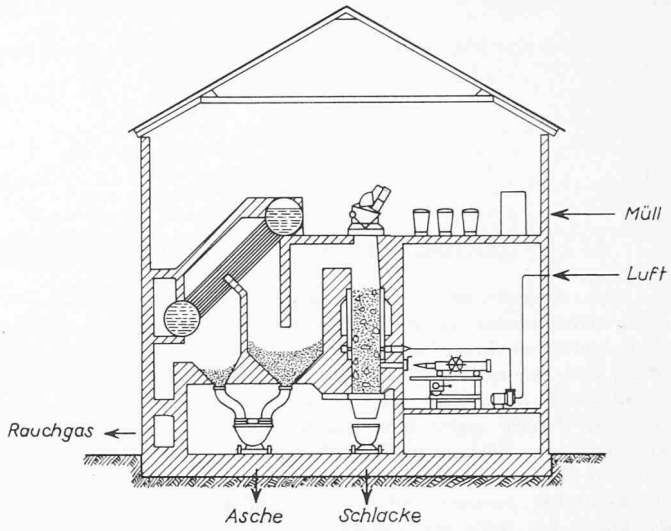


Bild 6. Längsschnitt durch einen einfachen Schachtofen

c) Eine Aufbereitung des Mülls vor der Verbrennung ist bezüglich Aufwand und Unterhalt sehr kostspielig und, soweit sie Handarbeit verlangt (Lesebänder), aus hygienischen Gründen zu verwerfen.

2. **Ausgangslage**

Im Jahre 1945 gab es in Europa vor allem drei bewährte Systeme von Müllverbrennungsöfen, nämlich: a) Zellenöfen, z. B. nach dem System Heenan & Froude, Worcester, b) Drehtrommelöfen nach dem System Vølund, Kopenhagen, und c) Schachtöfen, z. B. nach dem System Didier, Stettin.

Zellenöfen bestehen aus einer Anzahl nebeneinander angeordneter Verbrennungszellen mit Planrosten, in welchen die Verbrennung des Mülls chargenweise vor sich geht (Bilder 1–4). Obwohl die Zellen mit mechanisch angetriebenen Dosierklappen, Rosten und Entschlackungsorganen versehen sind, erfordern sie ein Schüren des Feuers von Hand.

Der **Drehtrommelofen** (Bild 5b) bedeutete einen grossen Fortschritt, da er die Handarbeit des Heizers überflüssig machte. Der auf Treppenvorschubrosten getrocknete Müll fällt kontinuierlich auf den Zündrost, wo er entzündet wird, bevor er in der Drehtrommel gänzlich ausbrennt. Die glühende Schlacke fällt am Ende der Drehtrommel in einen wassergefüllten Kanal, aus welchem sie kontinuierlich ausgetragen wird.

Der **Schachtofen** (Bilder 6 und 7) steht verfahrenstechnisch gesehen zwischen Zellen- und Drehtrommelofen. Seine Beschickung kann kontinuierlich erfolgen, während die Entschlackung chargenweise verläuft. Die Handarbeit des Heizers ist dabei wesentlich reduziert.

Die Konstruktion all dieser Ofentypen beruht auf zwei Axiomen, die keiner der damaligen Fachleute in Zweifel zu ziehen wagte. Das sind: 1. Die Brennkammer darf nicht gekühlt werden (deswegen der Ausdruck Ofen), weil man der Ansicht war, nur so eine genügend hohe Verbrennungstemperatur erreichen zu können. 2. Es muss ein gesondertes Ausbrandelement vorhanden sein, sei es der Schlackenrost (Zellenöfen), die Drehtrommel (Drehtrommelöfen) oder der unterste Teil des Schachtes (Schachtöfen). Ohne ein solches Element war kein befriedigender Ausbrand der Schlacke zu erreichen.

Die damals modernste Konstruktion war ohne Zweifel der Drehtrommelofen nach dem System Vølund. Er allein verwirklichte eine kontinuierliche Prozessführung, vermied jegliche Handarbeit und ermöglichte den Bau grosser Einheiten. Von Roll besass damals Erfahrungen im Bau und Betrieb von Zellenöfen, System Heenan & Froude, und von Drehtrommelöfen, System Vølund, die auf Lizenzbasis in Zürich und Dordrecht bzw. Basel gebaut worden waren. Dabei hatte vor allem die Inbetriebsetzung der Anlage Basel grosse Schwierigkeiten bereitet, die durch damalige Zeitumstände bedingt waren. Die Brennstoffrationierung der Kriegsjahre liess den Heizwert des Mülls tief absinken, und der Unterbruch der Verbindungen mit der Lizenzgeberin in Kopenhagen verunmöglichte jeglichen Erfahrungsaustausch. Die in der Folge gewonnenen eigenen Erfahrungen zeigten folgendes: Die ursprüngliche Konstruktion ging darauf aus, den frischen Müll mittels durchgeleiteter heisser Gase auf dem Vortrocknungsrost zu trocknen, darauf auf dem Anzündrost zu entzünden und teilweise zu verbrennen und anschliessend die Schlacke in der Drehtrommel gänzlich auszubrennen. Die der Trocknung des frischen Mülls dienenden Gase sollten durch einen Bypasskanal in die Verbrennungskammer zurückgeleitet werden, während die Verbrennungsgase über dem Anzündrost und in der Drehtrommel durch diese hindurch in die Verbrennungskammer gelangen sollten (Bild 8). Diese Fahrweise liess sich bei dem vorliegenden heizwertarmen und aschenreichen Müll nicht verwirklichen. Ein befriedigender Betrieb konnte erst dann erreicht werden, als man auf die Trocknung mittels heisser Gase verzichtete und mit sehr hoher Brennstoffschicht auf dem Anzündrost fuhr (Bild 9). Damit zwang man den Grossteil der Verbrennungsgase, vom Anzündrost aufzusteigen, über den auf dem Vortrocknungsrost liegenden Müll zu streichen und durch den Bypass-

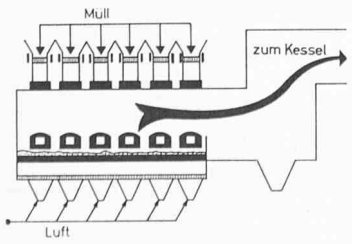


Bild 5a. Zellenofen, System Heenan & Froude

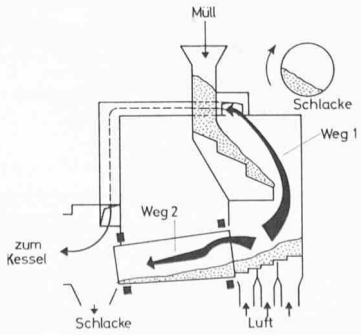


Bild 5b. Vølund-Ofen mit Vortrocknungs- und Anzündrost sowie Ausbrandtrommel; geteilter Gasweg

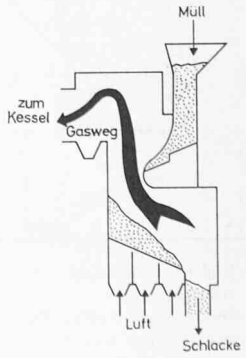
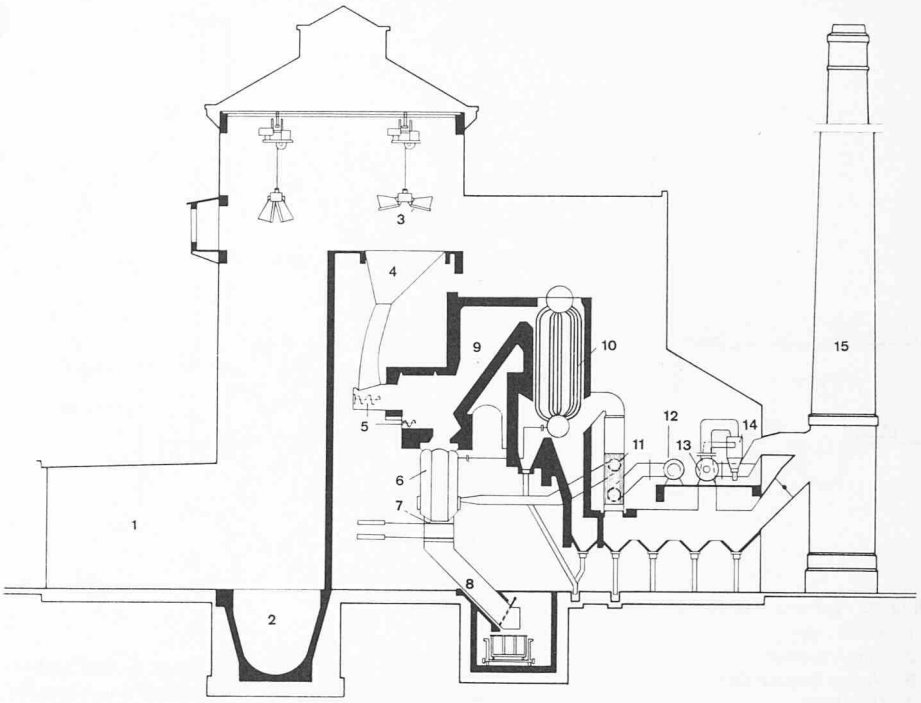


Bild 5c. Von Roll-Ofen mit Vortrocknungs- und Hauptrost sowie Schlackengenerator; eindeutiger Gasweg

Bild 5. Historische Entwicklung der Müllöfen

Bild 7. Längsschnitt durch einen Schachtofen mit Vortrocknung

1 Entladehalle
2 Müllbunker
3 Krangreifer
4 Einfülltrichter
5 Förderschnecken
6 Ausbrandschacht mit Wassermantel mit Wassermantel
7 Schieber für Entschlackung
8 Schlackenaustrag
9 Nachbrennkammer
10 Dampfkessel
11 Luftvorwärmer
12 Unterwindgebläse
13 Saugzuggebläse
14 Staubabscheider
15 Kamin



Kanal abzuziehen. So wurde eine zuverlässige Trocknung und Zündung des Mülls erreicht. Diese Fahrweise hat allerding den schwerwiegenden Nachteil, dass der Ofen immer unter Überdruck steht. Damit verschmutzt die Anlage in hohem Masse, und Ofengerüst und Verschalung korrodieren stark.

3. Der Von Roll-Ofen, Typ Bern

Die in der Anlage Basel gemachten Beobachtungen und Erfahrungen zeigten eindeutig, dass die schwachen Stellen des Drehtrommelofens im zweiteiligen Gasweg und in der Drehtrommel als Ausbrandelement lagen. An diesem Punkte musste somit die Weiterentwicklung einsetzen. Sie führte dazu, die Zweiteilung des Gasstromes zu verlassen und sämtliche Verbrennungsgase über den auf dem Vortrocknungsrost liegenden Müll zu leiten. Damit überband man die Trocknung und Zündung des Mülls der Strahlung allein. Die unhandliche und teure Trommel wurde durch einen senkrechten Schacht (Schlackengenerator) als Ausbrandelement ersetzt, wie er sich in den Schachtofenanlagen bewährt hatte. Dadurch gelang es, die Ofenabmessungen wesentlich zu verringern.

Die erste Anlage dieser Art kam im Sommer 1954 in Bern in Betrieb (Bilder 10 und 11) [1]. Die Richtigkeit der angestellten Überlegungen bestätigte sich vollauf, indem Trocknung und Zündung des Mülls unter dem Einfluss der Strahlung zuverlässig einsetzten und ein guter Ausbrand der Schlacke erreicht wurde. Selbstverständlich fehlten die Kinderkrankheiten nicht. Sie beschränkten sich jedoch auf konstruktive Mängel und führten zu Verbesserungen, die während des Baues der mit ähnlichen Öfen ausgerüsteten Anlagen der Société Intercommunale de Propreté Publique, Brüssel (SIPP) und Lausanne, durchgeführt wurden. Darunter fallen:

a) Die Bestückung der Roste mit hochhitzebeständigem Material (Zunderfestigkeit 1050 bis 1100 °C), um den Beanspruchungen durch Müll mit hohem Heizwert widerstehen zu können.

b) Die Entwicklung eines sehr kräftigen hydraulischen Rostantriebes mit Leistungsregelung, um ein Blockieren der Roste durch Fremdkörper, wie Steine, Metallstücke, Drähte usw. auszuschalten.

c) Die Konstruktion gasdichter Abdichtungen der Rostantriebe, um jeden Austritt von staubhaltigem Unterwind zu vermeiden.

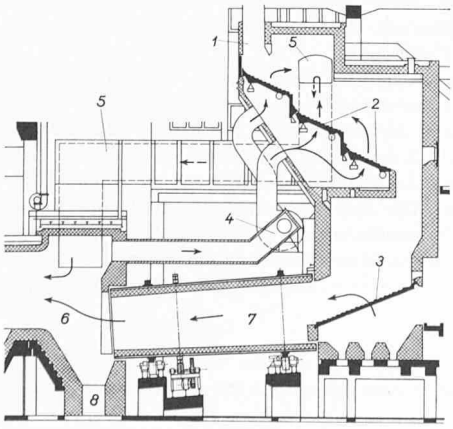
d) Die Einführung wassergekühlter Schlackengeneratoren, deren Wassermantel mit dem Kesselsystem verbunden ist.

e) Der Einbau einer besonderen Generatorkette, welche den Austrag der Schlacke aus dem Generator besorgt, unabhängig von ihrem Wegtransport aus dem Kanal.

Vor allem in der Anlage Bern wurde eine grosse Zahl von Verbrennungsversuchen mit Müll auswärtiger Städte durchgeführt, um dessen Brennverhalten zu untersuchen. Die meisten Versuche verliefen zufriedenstellend; Schwierigkeiten zeichneten sich ab bei Müll mit hohem Aschegehalt und Müll von klumpiger Beschaffenheit, wie er unter gewissen Voraussetzungen auftritt.

4. Der Von Roll-Ofen, Typ Hamburg

Im Jahre 1957 wurde Von Roll mit der Erneuerung der Öfen und Kessel der Müllverbrennungsanlage (MVA) Borsigstrasse in Hamburg betraut. Diese Anlage, die in der Mitte der dreissiger Jahre erbaut wurde, hatte während des Krieges stark gelitten. Indessen sollte das Gebäude beibehalten werden, was in bezug auf die Abmessungen der Öfen Typ Bern Schwierigkeiten machte. Die Lösung wurde gefunden, indem Vortrocknungs- und Hauptrost nicht mehr wie in Bern übereinander und gegenläufig, sondern hintereinander und gleichläufig angeordnet wurden [2]. Die bisherigen Erfahrungen er-



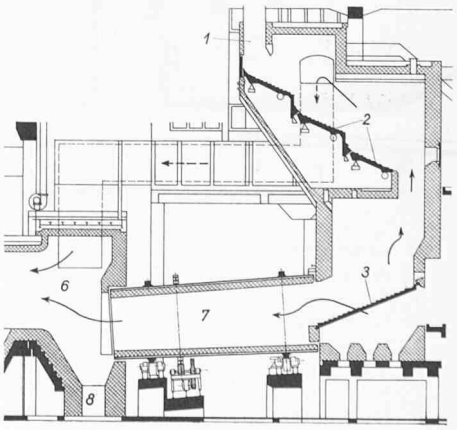
Links:

Bild 8. Längsschnitt durch einen kontinuierlich arbeitenden Vølund-Ofen mit Gasrücksaugung, ursprüngliche Ausführung Basel

1 Einfüllschacht
2 Vortrocknungsroste
3 Anzündrost
4 Rauchgasventilator
5 Bypass-Kanal für Rücksaugung eines Teilgasstromes
6 Verbrennungskammer
7 Drehtrommel
8 Schlackenaustrag

Rechts:

Bild 9. Längsschnitt durch den Vølund-Ofen Basel nach erfolgter Abänderung



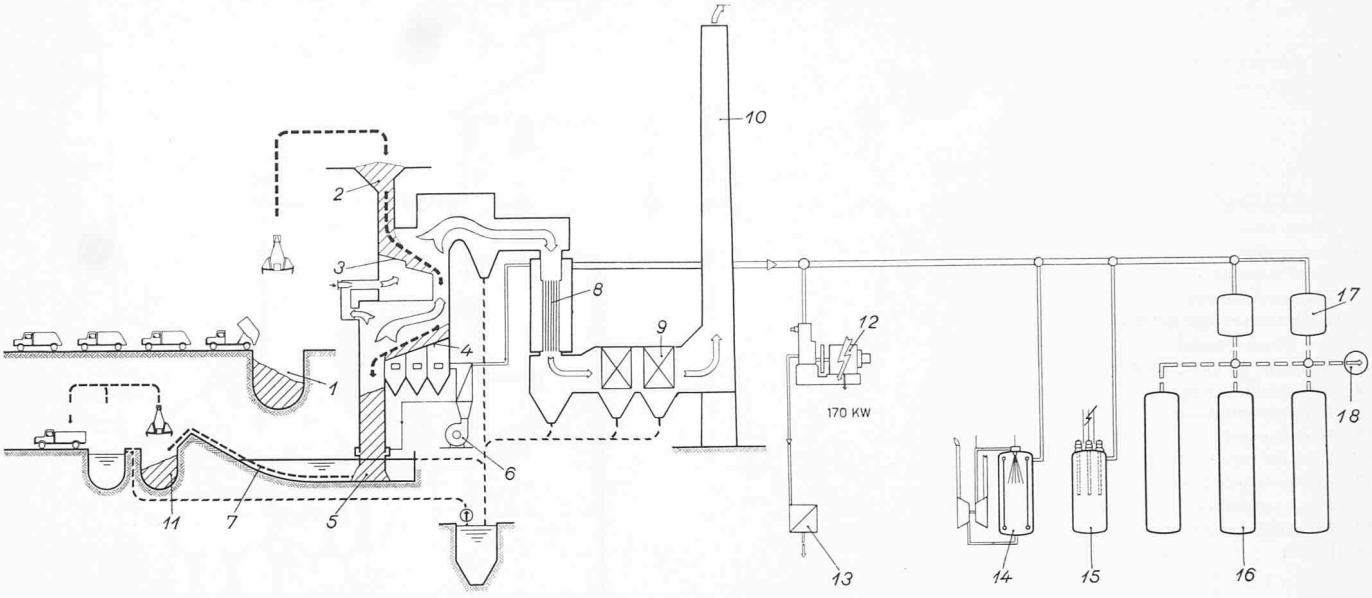


Bild 10. Schema der Kehrichtverbrennungsanlage Bern

1 Müllbunker
2 Einfülltrichter
3 Vortrocknungsroste
4 Hauptrost
5 Schlackengenerator
6 Unterwindgebläse
7 Schlackenkette
8 Dampfkessel
9 Elektrofilter
10 Kamin
11 Schlackenbunker
12 Eigenbedarfsgruppe
13 interne Wärmeverbraucher
14 Velox-Kessel
15 Elektro-Kessel
16 Heisswasserspeicher
17 Kaskaden
18 Fernheizung

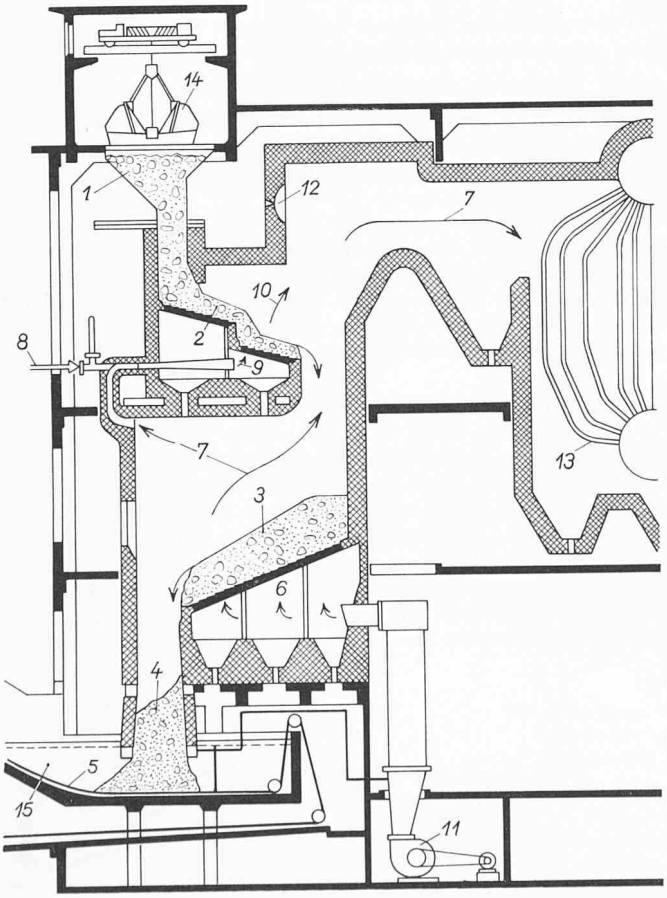


Bild 11. Längsschnitt durch den Von Roll-Ofen Bern

1 Einfülltrichter
2 Vortrocknungsroste
3 Hauptrost
4 Schlackengenerator
5 Schlackenkette
6 Unterwind
7 Rauchgase für Vortrocknung
8 Treibluftdüse
9 Durchtritt der Vortrocknungsgase
10 Austritt der Verbrennungsgase
11 Unterwindgebläse
12 Stützölbrenner
13 Abhitze-Dampfkessel
14 Krangreifer
15 Schlackenkanal

laubten diesen Schritt, der manche Erleichterungen brachte (Bild 12). So fielen vor allem die heiklen Zwischendecken des Berner Typs weg. In der Folge wurden die Müllverbrennungsanlagen der Städte Helsinki [3], Wien [4], Osaka sowie der Badischen Anilin- & Sodafabrik (BASF) in Ludwigshafen/Rhein [5], [6], [7] mit Öfen dieses Typs ausgerüstet.

Es ist zu bemerken, dass diese Anlagen noch durchaus den überkommenen Anschauungen entsprachen, indem sie ungekühlte Feuerräume und ausgesprochene Ausbrandelemente in Form von Schlakkengeneratoren aufweisen; die Dampfkessel, welche in allen Anlagen zwecks Verwertung der Verbrennungswärme aufgestellt wurden, sind reine Abhitzekessel. Neu gegenüber dem Ofentyp Bern ist vor allem der zusammenhängende Feuerraum, der so gross bemessen wurde, dass seine Wärmebelastung unterhalb 100 000 kcal/m³ · h bleibt. Diese Massnahme hat sich sehr günstig ausgewirkt. Das Brennstoffbett einer Müllfeuerung ist nämlich sehr ungleichmässig und nicht entfernt vergleichbar mit dem einer Kohlenfeuerung. Auf dem Rost wechseln dunkle Stellen mit Stichflammen ab, welche örtlich hohe Gasgeschwindigkeiten ergeben und dadurch leichte Müllbestandteile mitreissen, wie Papierfetzen, Büchsendeckel aus Aluminium, Reisig usw. Ein grosser Feuerraum verhindert nicht nur das Mitreissen solcher Teile in die Kesselzüge, sondern erlaubt auch den vollständigen Ausbrand der Gase und den Abbau von Druckwellen, herrührend von explosionsartig abbrennenden Stoffen (Filme, Kunststoffe, Sprengkörper, mit Wasser gefüllte Bettflaschen usw.).

Im übrigen wurden beim Bau der genannten Anlagen alle Erfahrungen zunutze gezogen, welche sich unterdessen in den Anlagen Bern, SIPP und Lausanne ergeben hatten. So bestätigte sich die Bewährung des hochhitzebeständigen Rostmaterials in der Anlage SIPP, wo der Müll im Winter ausserordentlich viel Kohle enthält, und in der Anlage der BASF, wo der Heizwert des Mülls infolge der Kunststoffabfälle sehr hoch liegt. Die Schlackenketten, welche sich als ausserordentlich robustes Element erwiesen haben, wurden bezüglich Konstruktion und Material ständig verbessert, vor allem im Hinblick auf geringen Verschleiss. Bewährt haben sich Verbindungen mittels Spannbüchsen und -bolzen aus Mn-Stahl sowie im Gesenk geschmiedete Kettenglieder aus C-Stahl.

Der erste Ofen dieses Typs kam im Sommer 1959 in Hamburg in Betrieb und lief ohne Schwierigkeiten an. Im darauffolgenden Winter verschlechterte sich jedoch die Verbrennung zusehends, bis das Feuer schliesslich ganz erlosch. Eingehende Untersuchungen zeigten, dass der ausserordentlich hohe Aschegehalt des Mülls (über 60 %) an dieser Erscheinung schuld war. Die sofort angestellten Überlegungen und Versuche führten zur Verwendung von Unterwindvorwärmung und Rauchgasrückführung. Diese Massnahmen hatten vollen Erfolg und erlaubten in der Folge sogar eine wesentliche Leistungssteigerung [8].

5. Erfahrungen [9]

Wie nachstehende Tabelle zeigt, sind die verschiedenen nach dem Von Roll-System gebauten Anlagen mit kurzen Abständen in Betrieb gegangen.

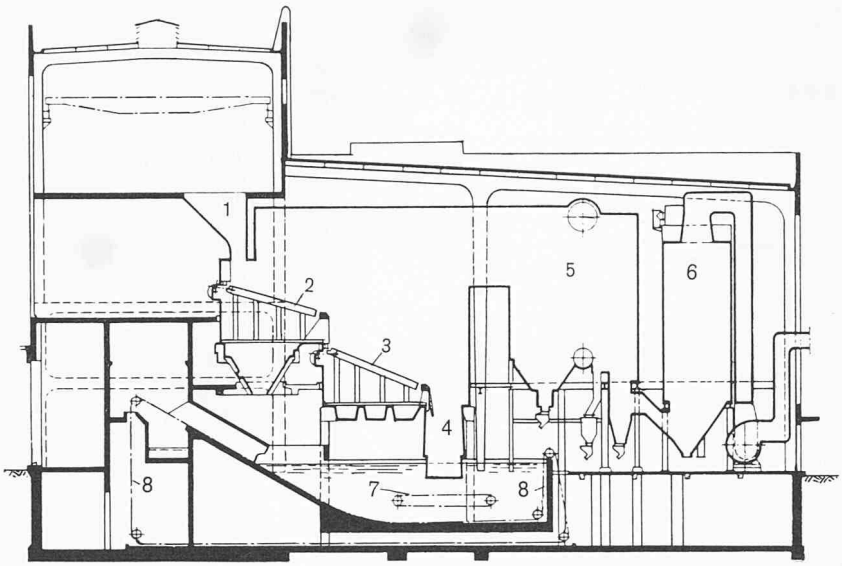


Bild 12. Längsschnitt durch die Müllverbrennungsanlage Hamburg

1 Einfüllschacht
2 Vortrocknungsrost
3 Hauptrost
4 Schlackengenerator
5 Dampfkessel
6 Elektrofilter
7 Generatorkette
8 Schlackenkette
zu beachten: 7 und 8 sind getrennt

Anlage	Leistung	Inbetrieb-nahme	Anlage	Leistung	Inbetrieb nahme
Bern	2 × 100 t/24 h	1954	Helsinki	2 × 200 t/24 h	1961
SIPP	2 × 200 t/24 h	1957	Hamburg II	3 × 200 t/24 h	1963
Lausanne	2 × 100 t/24 h	1958	Wien	3 × 200 t/24 h	1963
Hamburg I	2 × 200 t/24 h	1959/60	Osaka	2 × 200 t/24 h	1964
BASF	1 × 200 t/24 h	1960			

Trotzdem jede dieser Anlagen ihre spezifischen Probleme hatte, gab es doch eine ganze Reihe von Fragen, die sozusagen bei allen auftauchten und die in der Folge allgemeingültig gelöst wurden. Das sind:

a) die Anpassung der Feuerung an extreme Müllzusammensetzungen;

b) die Beeinflussung des Müllheizwertes durch Mischen verschiedener Müllsorten;

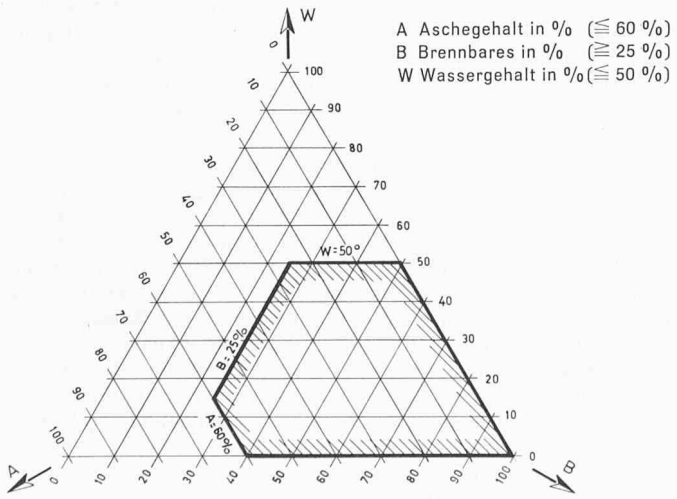


Bild 13. Anwendungsbereich der Müllfeuerung (ohne Stützfeuer)

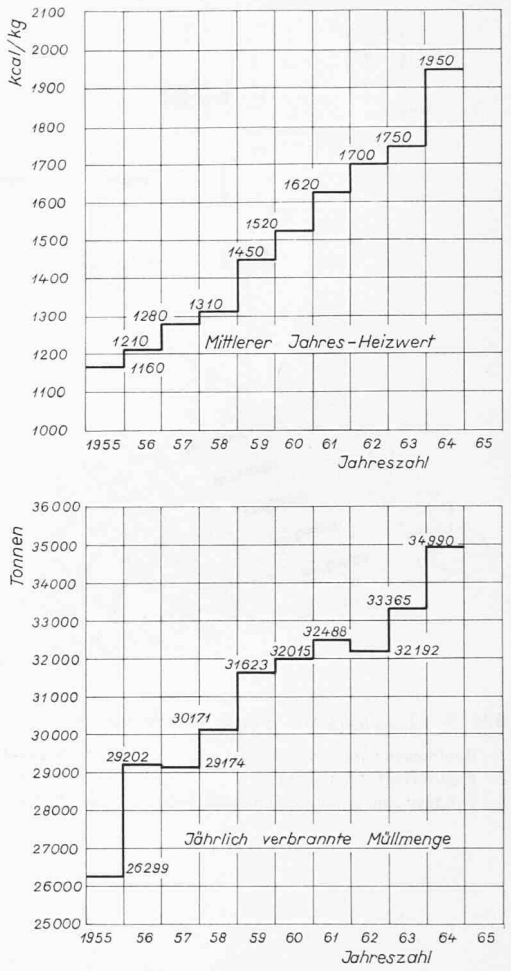
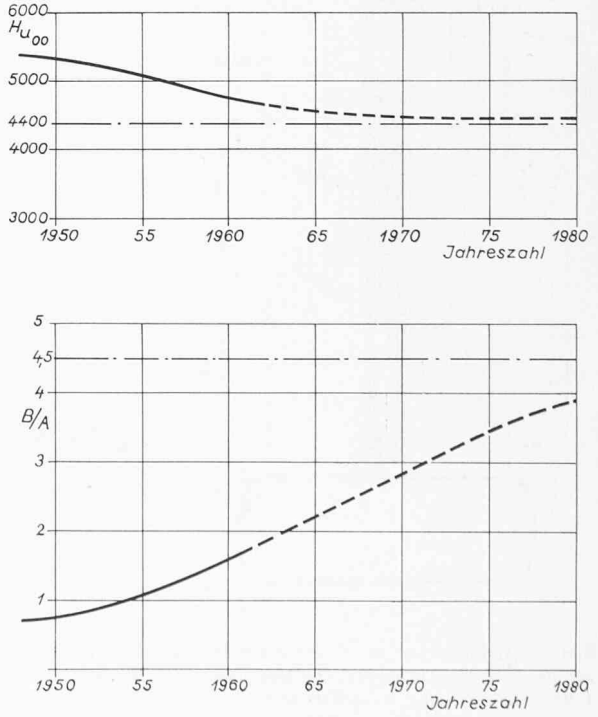


Bild 14. Verlauf von Jahresmittelwert des Heizwertes und jährlich verbrannter Müllmenge für die Kehrichtverbrennungsanlage Bern in den Jahren 1955—1964

c) die Beherrschung bzw. Regulierung der Feuerraumtemperatur;

d) die Abstimmung der Kesselgrösse auf die Rostleistung;

e) die Erarbeitung der günstigsten Kesseldisposition in bezug auf geringe Verschmutzung, also grosse Zeitabstände zwischen zwei Reinigungen (Reisezeiten).



Rechts:
Bild 15. Zeitliche Entwicklung von Mülldaten; Versuch einer Prognose. Oben Heizwert H_{u00} des Brennbaren allein; unten Verhältnis des Brennbaren B zur Asche A

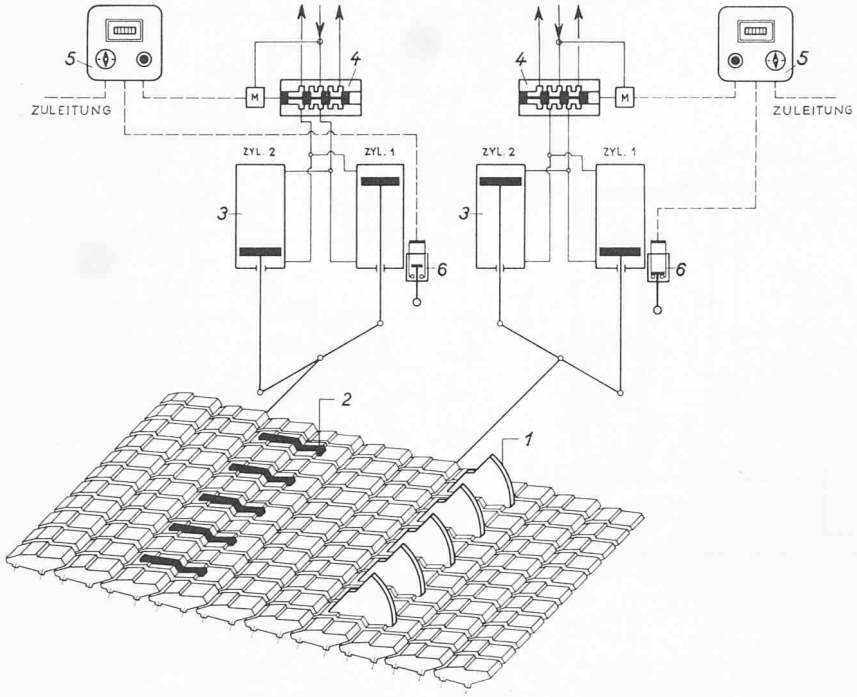


Bild 16. Anordnung und Antrieb der Rostmesser

1 Rostmesser, hochgeschwenkt
2 Rostmesser, abgesenkt
3 Zylinder zum pneumatischen Antrieb
4 Magnet-Steuerventil
5 Steuerkasten
6 Endschalter

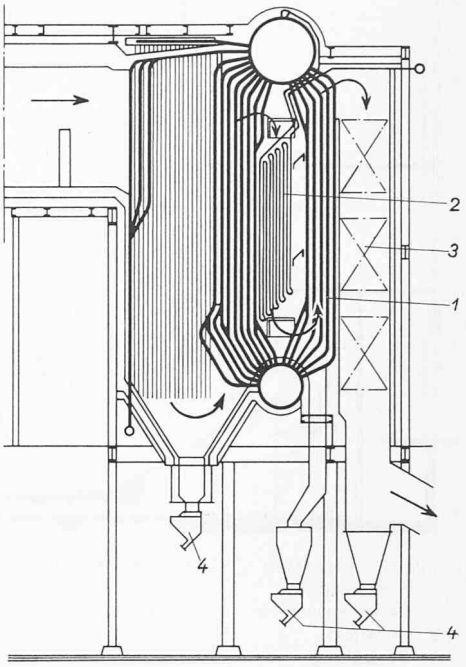


Bild 19. Abhitzekessel Hamburg

1 Verdampferrohre
2 Ueberhitzerbündel
3 Luftvorwärmer
4 Flugascheaustrag

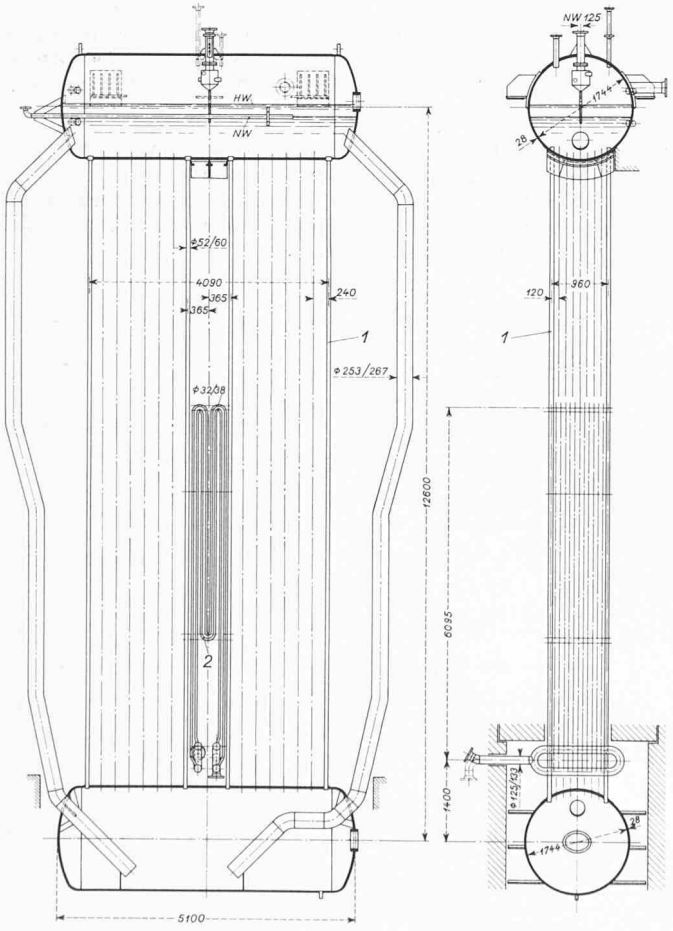


Bild 17. Abhitzekessel der Kehrichtverbrennungsanlage Lausanne, geliefert von der Schweiz. Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur
1 Verdampferrohre, 2 Ueberhitzerbündel

Auf Grund der umfassenden und sorgfältig durchgeführten Abnahmeversuche der gebauten Anlagen sowie der zahlreichen Brennversuche gelang es, die Leistungsfähigkeit der Feuerung zuverlässig abzustecken. So kann man heute mit Sicherheit Müllzusammensetzungen innerhalb nachfolgender Grenzen ohne Verwendung von Zusatzbrennstoff beherrschen (Bild 13):

Wassergehalt	$\leqq$ 50 %
Aschegehalt	$\leqq$ 60 %
Gehalt an Brennbarem	$\geqq$ 25 %

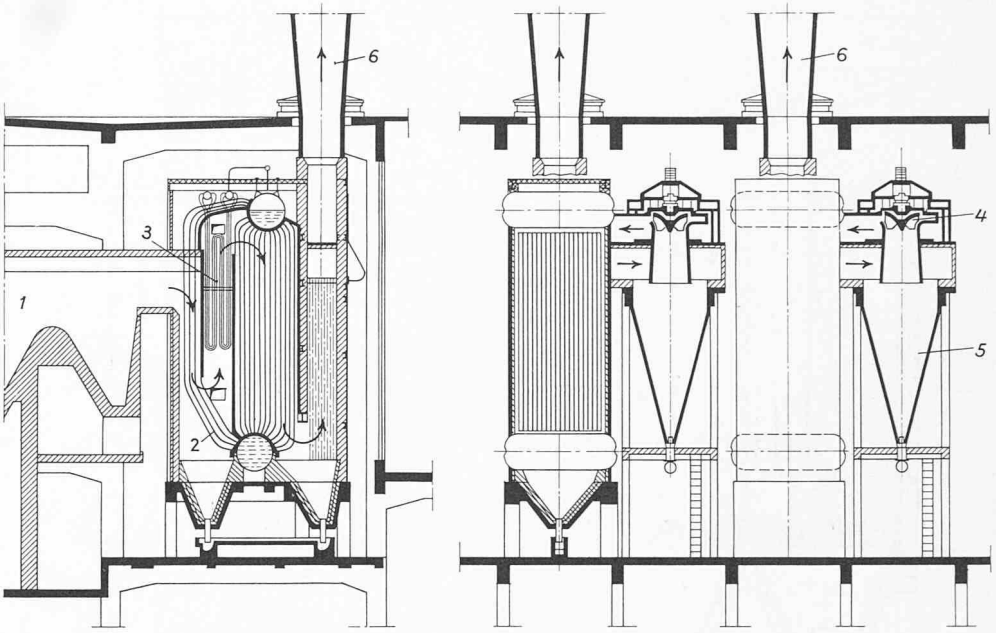
Dabei darf der untere Heizwert des Mülls bis auf 800 kcal/kg sinken. Dieser Bereich umfasst erfahrungsgemäss die Müllzusammensetzung der meisten Städte in zivilisierten Ländern. Schwierigkeiten für die Verbrennung treten vor allem dann auf, wenn grössere Mengen Abfall mit extremen Eigenschaften in die Feuerung gelangen. Es war deshalb wichtig zu untersuchen, ob und wie Müll verschiedener Zusammensetzung für die Bedürfnisse der Feuerung gemischt werden kann. Entsprechende Versuche haben zu positiven Ergebnissen geführt: Es ist heute möglich, mit einfachen Mitteln dem Müll irgendwelche Abfallstoffe zuzumischen, so dass das Gemisch in einer Von Roll-Müllfeuerung verbrannt werden kann [10]. Voraussetzung ist, dass die Zusammensetzung des Gemisches innerhalb der im Bild 13 angegebenen Grenzen bleibt.

Die Beherrschung der Feuerraumtemperatur ist eine wesentliche Voraussetzung für die erfolgreiche Verbrennung von Müll, da ihr verhältnismässig enge Grenzen gesetzt sind. Sie darf die Riechgrenze (etwa 750 °C) nicht unterschreiten und den Schlackenerweichungspunkt (etwa 1050 °C) nicht überschreiten. Der Heizer kann mit verschiedenen Mitteln auf die Feuerraumtemperatur einwirken. Das sind Luftüberschuss, Vorwärmung des Unterwindes und Rauchgasrückführung. Damit gelingt es, die momentanen Schwankungen von Müllzusammensetzung und Heizwert auszugleichen. Das Jahresmittel des Müllheizwertes hingegen muss, wie weiter unten dargelegt wird, durch sorgfältig angepasste Strahlungsheizflächen des Kessels berücksichtigt werden.

Die Abstimmung der Kesselgrösse auf die Rostleistung setzt die Kenntnis der Grenzen der Rostbelastung sowie des Feuerungswirkungsgrades voraus. Die zahlreichen Versuche bestätigten, dass der Rost innerhalb der Grenzen von 250 bis 500 kg/m² · h bzw. 400 000 bis 800 000 kcal/m² · h belastet werden kann, was an und für sich keine neuen Erkenntnisse sind. Viel schwieriger war die Ermittlung der funktionellen Zusammenhänge zwischen dem Feuerungswirkungsgrad und den massgebenden Grössen. Das sind: Heizwert, Wasser-

Bild 18. Abhitzekessel Brüssel

1 Feuerraum
2 Verdampferrohre
3 Ueberhitzerbündel
4 Saugzugventilatoren
5 Zyklon-Staubabscheider
6 Kamin



und Aschegehalt des Mülls sowie die Rostbelastung. Ohne auf die zahlenmässigen Abhängigkeiten einzugehen, lassen sich die allgemeinen Zusammenhänge folgendermassen beschreiben: Der Feuerungswirkungsgrad hängt von der Müllzusammensetzung in der Weise ab, dass er mit steigendem Wasser- und Aschegehalt sinkt, wobei der Einfluss des Aschegehaltes bedeutend grösser ist als der des Wassergehaltes. Der Heizwert des Mülls spielt insofern eine Rolle, als der Feuerungswirkungsgrad bei hohem Zelluloseanteil des Brennbaren (asche- und wasserfreie Substanz) bedeutend höher ist als bei hohem Kohleanteil. Die Abhängigkeit des Feuerungswirkungsgrades von der Rostbelastung ist einleuchtend: Steigt diese, so sinkt jener und umgekehrt.

Erst wenn man den Feuerungswirkungsgrad in Funktion all der genannten Einflussgrössen kennt, ist es möglich, Feuerung (Unterwind, Saugzug), Kessel (Heizflächen), Rauchgaskanäle und Filter richtig zu bemessen. Mit andern Worten, sowohl die Garantien als auch die gesamte Wirtschaftlichkeitsberechnung (Dampferzeugung) beruhen auf der Kenntnis des Feuerungswirkungsgrades im Verein mit den Eigenschaften des Mülls. Ohne diese Grundlagen und Zusammenhänge zu kennen, lassen sich weder Garantien abgeben noch Wirtschaftlichkeitsrechnungen aufstellen. Da nun aber die jährlichen Mittelwerte der Müllzusammensetzung keine festen Grössen sind, sondern sich erfahrungsgemäss laufend ändern, ist eine sinnvolle Prognose der Müllentwicklung unerlässlich. Ohne die einzelnen Elemente einer solchen Prognose bis in alle Feinheiten zu verfolgen, lässt sich doch folgende allgemeine Tendenz festhalten: Unter den heutigen wirtschaftlichen Verhältnissen ist ein steter Rückgang des Hausbrandes zu beobachten. Dieser findet seinen Niederschlag in einer steten Verminderung sowohl des Kohle- wie des Ascheanteils im Müll. Gleichzeitig steigt infolge des zunehmenden Lebensstandards (Vergeudung) sowie der Unmöglichkeit, Abfälle im eigenen Ofen zu verbrennen (Zentralheizungen, Ölfeuerungen) der Zelluloseanteil im Müll. Diese Komponenten wirken dahin, dass einerseits der Heizwert des Brennbaren (asche- und wasserfreie Substanz) im Müll sinkt und sich asymptotisch dem Wert von Zellulose nähert und dass anderseits das Verhältnis des Brennbaren zur Asche stets grösser wird.

Vergleiche dieser charakteristischen Grössen für verschiedene Länder geben einen interessanten Hinweis auf den jeweiligen Lebensstandard. Vom Müll aus gesehen, gilt ungefähr folgende Reihenfolge: An der Spitze stehen die Vereinigten Staaten, dann kommen Skandinavien, die Schweiz, Deutschland, Österreich (Bild 15). Bild 14 zeigt die Entwicklung des Jahresmittels des Müllheizwertes der Stadt Bern, die auch für alle andern europäischen Städte zutrifft, wenn nicht zahlen-, so doch tendenzmässig. Damit zeichnen sich bereits die Grenzen ab, die der Anwendung des Ofens Typ Hamburg gesetzt sind. In dem Masse nämlich, wie der Müllheizwert steigt, führt die ungekühlte Brennkammer auf Feuerraumtemperaturen, die sich mit Luftüberschuss und Rauchgasrückführung allein nicht mehr beherrschen lassen. Der Einbau von Strahlungsheizflächen, wie er bei Feuerungen für gute Brennstoffe schon seit langem üblich ist, wird deshalb auch für Müllfeuerungen zwingend. Damit fällt das erste Axiom der Müllverbrennung dahin. Dazu kommt das Bedürfnis nach immer grösseren Einheitsleistungen, wofür sich der Schlackengenerator als Ausbrandelement nicht mehr eignet. Es wurden deshalb Versuche unternommen, Müll auf gewöhnlichen Rosten zu verbrennen. Das Ergebnis war eindeutig negativ. Will man einen befriedigenden Ausbrand der Schlacke erreichen, wobei als Massstab das unverbrannte Vergärbare gilt, so kommt man nicht um ein besonderes Ausbrandelement herum. Das zweite Axiom behält somit seine uneingeschränkte Gültigkeit.

6. Weiterentwicklung

Die grossen Linien der Weiterentwicklung sind im vorhergehenden Abschnitt bereits sichtbar geworden. Die bewährten Elemente, vor allem Rost und Schlackenkette, wurden beibehalten, der Schlackengenerator als Ausbrandelement durch eine geeignete rostähnliche Konstruktion ersetzt und der Kessel auf die Feuerung gestellt. Damit ergab sich die Möglichkeit, den im Laufe der Jahre steigenden mittleren Müllheizwert durch passende Anordnung von Strahlungsheizflächen zu berücksichtigen. Die momentanen Schwankungen des Müllheizwertes werden durch veränderliche Unterwindvorwärmung und Rauchgasbeimischung ausgeglichen. Zu diesem Zweck sind Speisewasser- und Luftvorwärmer der Dampfkessel parallel geschaltet, so dass die Abgaswärme entweder im einen oder im anderen ausgenützt werden kann.

Noch ein Wort zum Ausbrandelement. Die durchgeführten Versuche haben gezeigt, dass der Ausbrand auf gewöhnlichen Rosten aus folgenden zwei Gründen schlecht ist: 1. Am Ende der Verbrennung sind die Schlackenstücke mit einer Ascheschicht bedeckt, welche den Zutritt von Sauerstoff zum noch vorhandenen Brennstoff behindert. 2. Je nach der ursprünglichen Zusammensetzung des Mülls können sich faust- bis kohlkopfgrosse Ballen bilden, die dann nur oberflächlich verschmoren, im Innern aber vollkommen unverändert bleiben. Beide Erscheinungen werden von Rostmessern (Bild 16) vermieden, welche auf dem letzten Rost bzw. der letzten Rostpartie angeordnet sind. Sie schlagen in einstellbarem Rhythmus von unten in die Schlakkenschicht, schütteln damit die Asche von den Schlackenstücken ab und zerteilen allfällig vorhandene Müllklumpen. Damit wird ein genügender Ausbrand der Schlacke erreicht. Konstruktiv haben die Rostmesser den Vorteil, dass sie zwanglos in den Rost sich einfügen und dessen Verbreiterung keine Grenze gesetzt ist.

Anordnung und Ausbildung der Dampfkessel haben ebenfalls eine lange und zielbewusste Entwicklung durchgemacht, die anhand von einigen charakteristischen Beispielen kurz dargestellt sei. Bild 17 zeigt den Kessel der Anlage Lausanne. Er besteht im wesentlichen aus einem senkrechten Verdampferbündel, das von den Feuergasen im Längsstrom von oben nach unten durchstrichen wird. Der Kessel besitzt keinen Speisewasservorwärmer, hingegen einen Überhitzer, der ähnlich wie die Verdampferrohre angeordnet ist. Er weist eine Ober- und eine Untertrommel auf, die durch aussenliegende unbeheizte Rücklaufrohre miteinander verbunden sind. Die rauchgasseitige

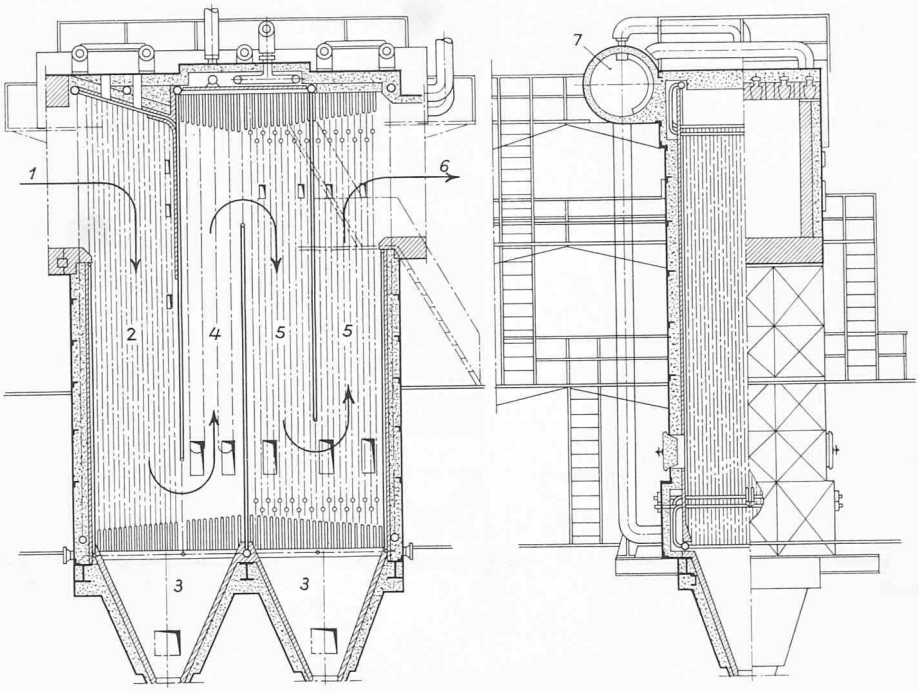


Bild 20. Abhitzekessel Helsinki

1 Gaseintritt
2 Strahlungskammer
3 Aschetrichter
4 Ueberhitzer
5 Verdampferbündel
6 Gasaustritt
7 Kesseltrommel

Reinigung erfolgt über eine grosse Anzahl Türen, durch welche handbetätigte Pressluftlanzen eingeführt werden können. Diese Kesselbauart hat sich für kleinere Einheiten gut bewährt, für grössere lässt sie sich jedoch kaum anwenden.

Bild 18 zeigt die in der Anlage SIPP, Brüssel, verwendeten Dampfkessel, die mit Speisewasservorwärmer und Überhitzer ausgerüstet sind. Verdampfer- und Überhitzerteil bilden 3 Züge, die von den Rauchgasen im wesentlichen im Längsstrom durchströmt werden. Die rauchgasseitige Reinigung erfolgt mit fest eingebauten druckluftbetriebenen Russbläsern. Diese Kesselbauart leidet vor allem unter der erschwerten Zugänglichkeit der Rohrbündel, ein Merkmal, das allen Zwei-Trommel-Steilrohrkesseln anhaftet, sowie unter dem Umstand, dass die Ascheteilchen ohne jede vorherige Abkühlung direkt in die Berührungsheizflächen gelangen. Damit ergibt sich je nach der Aschezusammensetzung eine sehr starke Verschmutzung.

Die Kessel der Anlage Hamburg (Bild 19), die auch zur Zwei-Trommel-Steilrohrkessel-Bauart gehören, wurden deshalb am Eintritt mit einer Strahlungskammer ausgerüstet; diese hat sich bezüglich Verhinderung der Verschmutzung der nachfolgenden Berührungsheizflächen als sehr günstig erwiesen, währenddem die Zugänglichkeit der Verdampferbündel auch hier nicht besser ist als bei den Kesseln der SIPP. In der Anlage Helsinki (Bild 20) wurden zum ersten Mal Eckrohrkessel verwendet, die am Eintritt eine Strahlungskammer aufweisen, dann den Überhitzerzug und anschliessend zwei Verdampferzüge. Das Eckrohrprinzip, welches mit einer einzigen oben liegenden Trommel auskommt, erlaubt eine ausgezeichnete Zugänglichkeit der

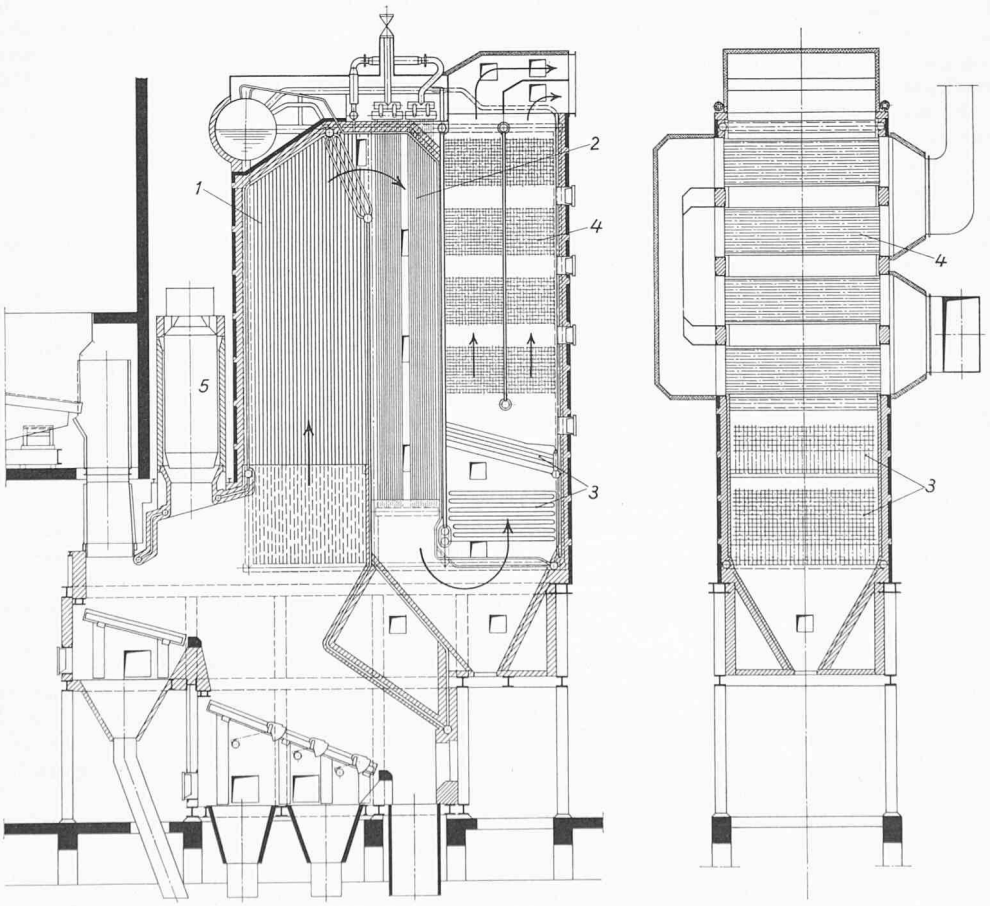
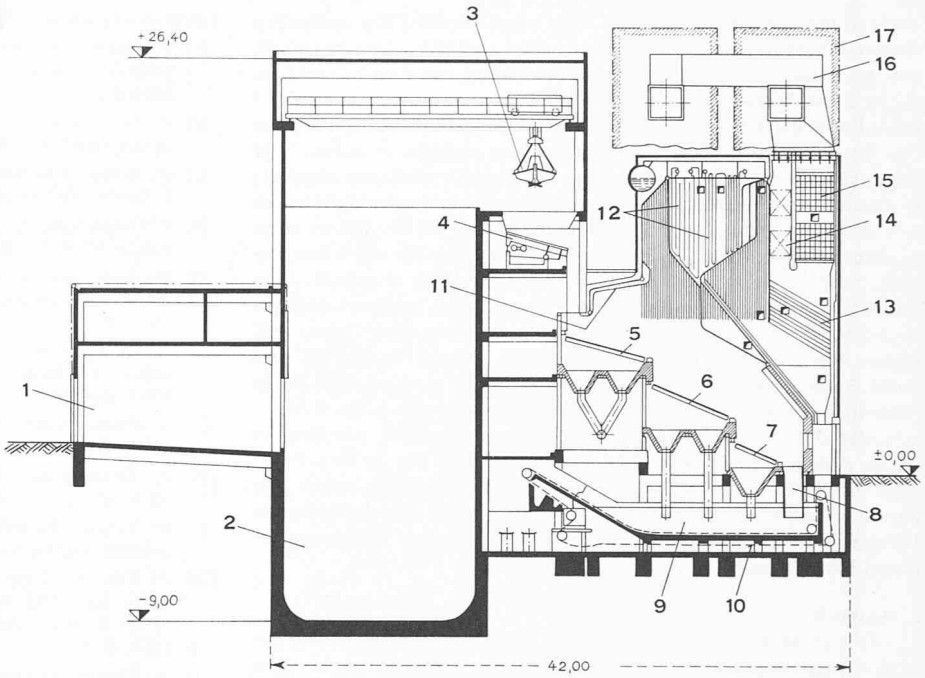


Bild 21. Abhitzekessel Ludwigshafen

1 Strahlungsteil
2 Ueberhitzerteil
3 Speisewasservorwärmer
4 Luftvorwärmer
5 Brennkammer für Altöl

Bild 22. Längsschnitt durch die Müllverbrennungsanlage Frankfurt

1 Entladehalle
2 Müllbunker
3 Müllgreifer
4 Schüttler
5 Vortrocknungsrost
6 Hauptrost
7 Ausbrandrost
8 Schlackenschacht
9 Schlackenkanal
10 Schlackenkette
11 Zündgewölbe
12 Ueberhitzerbündel
13 Verdampfer
14 Speisewasser-Vorwärmer
15 Luft-Vorwärmer
16 Rauchgaskanal zum Elektrofilter
17 Elektrofilter



Berührungsheizflächen. Es wurde deshalb in der Folge in zahlreichen Von Roll-Anlagen verwendet. In der Anlage Helsinki erfolgt die rauchgasseitige Reinigung der Heizflächen teils durch Klopfen, teils durch Blasen mit handbetätigten Druckluftlanzen.

Bei der weiteren Entwicklung der Dampfkessel strebte man vor allem veränderliche Strahlungsheizflächen im Feuerraum und eine möglichst weitgehende Abkühlung der Asche vor dem Eintritt der Gase in die Berührungsheizflächen an. Bild 21 zeigt den Schnitt eines Kessels der Anlage Ludwigshafen. Hier sind die charakteristischen Merkmale deutlich erkennbar. Die den Feuerraum umgebenden Strahlungsheizflächen können je nach Bedarf bestiftet und mit Stampfmasse verkleidet oder umgekehrt blossgelegt werden. Der Kessel umfasst den Strahlungsraum, einen darauffolgenden abwärts gehenden Leerzug und den nachfolgenden 3. Zug, in welchem die Berührungsheizflächen (Verdampfer, Ekonomiser, Luftvorwärmer) untergebracht sind. Der Überhitzer wird je nach Anforderungen im Leerzug als Strahlungsteil und bzw. oder im 3. Zug als Berührungsteil angeordnet. Nach diesen Grundsätzen sind die Ofen-Kesseleinheiten der nachfolgenden Anlagen gebaut:

Anlage	Leistung	Inbetriebnahme
Frankfurt/Main	2 × 300 t/Tag	1965
Winterthur	2 × 100 t/Tag	1965
Genf	2 × 200 t/Tag	1966
Leiden	2 × 100 t/Tag	1966
Darmstadt	2 × 200 t/Tag	1966
Ludwigshafen	2 × 200 t/Tag	1967
Den Haag	3 × 300 t/Tag	1968

Bei vielen modernen Anlagen hat es sich als zweckmässig erwiesen, eine Möglichkeit für die Verbrennung von Altöl vorzusehen. Dieses Abfallprodukt, das bekanntlich in stets zunehmenden Mengen anfällt, lässt sich in verhältnismässig einfachen Apparaturen in Öl, Wasser und Bodensatz (Sand) trennen. Während das Wasser unbedenklich der Kanalisation zugeführt werden kann, ist es gegeben, den Bodensatz dem Müll beizumischen und das Öl mittels geeigneter Brenner in der Müllfeuerung zu verbrennen. Wenn diese Altölbrenner eine gewisse Grösse übersteigen, ist es jedoch unzweckmässig, sie einfach im Feuerraum des Kessels anzuordnen, da eine Ölflamme ganz andere Wärmeübergangsverhältnisse schafft als die Müllfeuerung. Es wurden deshalb besondere Brennkammern entwickelt, welche Gase von derselben Temperatur und Zusammensetzung liefern wie die Müllfeuerung, so dass die Kesselkonstruktion an und für sich unverändert bleibt. Eine solche Brennkammer ist auf Bild 21 zu sehen.

Die Kombination einer Müllfeuerung mit einer oder mehrerer solcher altölgefeuerten Brennkammern hat folgende Vorteile: Die Verbrennung kann auch bei abnormal tiefem Heizwert des Mülls aufrechterhalten bleiben. Die Dampfproduktion lässt sich regulieren (Programmfahren). Es besteht die Möglichkeit, den Kessel mit voller Leistung und unabhängig von Menge und Heizwert des angelieferten Mülls zu betreiben.

7. Die heutigen technischen Möglichkeiten der Müllverbrennung [11]

Was lässt sich nun heute mit modernen Müllverbrennungsanlagen erreichen? Bezüglich *Leistung* liegen erprobte Konstruktionen vor für einen Müllanfall im Bereiche von 15/18 bis 300/360 t/24 h; dabei darf sich die Zusammensetzung innerhalb der auf Bild 13 angegebenen Grenzen bewegen. Eine Erweiterung dieser Grenzen ist unter Verwendung von Ölzusatzfeuerung bzw. durch die Anordnung zusätzlicher Strahlungsflächen möglich. Das mit Öfen dieser Leistungen umspannte Gebiet lässt sich folgendermassen abschätzen: Ein Ofen für 15/18 t/24 h, der während 5 Wochentagen einschichtig betrieben wird, genügt für die Vernichtung des Mülls von rd. 7000 Einwohnern. Derselbe Ofen, während 5 Tagen dreischichtig betrieben, verbrennt den Müll von rd. 20000 Einwohnern. Man sieht aus diesen Zahlen, dass die oft angeführte Grenze von 100000 Einwohnern, unterhalb welcher die Müllverbrennung nicht mehr in Frage kommt, heute gegenstandslos geworden ist. Eine Ofen-Kessel-Einheit von 300/360 t/24 h, die während 5 Wochentagen zweischichtig betrieben wird, verbrennt den Müll von rd. 300000 Einwohnern, dieselbe Einheit, während 7 Wochentagen dreischichtig betrieben, genügt für 600000 Einwohner.

Bezüglich *Wärmeausnützung* ist darauf hinzuweisen, dass diese, sei es in Form von Heisswasser oder Dampf, kaum lohnend ist bei Einheiten mit einem Durchsatz unter 60 t/24 h. Für grössere Einheiten hingegen ist sie im allgemeinen stets zu empfehlen. Dabei kann mit einem Gesamtwirkungsgrad (Dampferzeugung/Heizwert des Mülls) von 55 bis 65% gerechnet werden, je nach dem Feuerungswirkungsgrad. Bei den heute vorliegenden Müllzusammensetzungen und Heizwerten sind Verdampfungsziffern zwischen 1,4 und 2,0 zu erwarten. Dabei lassen sich mit Müll allein Dampfzustände bis 64 atü, 450°C erreichen. Ist man gezwungen, auf höhere Dampfparameter zu gehen, so ist die Anordnung von Ölbrennkammern zu empfehlen. Eine solche Kombination ist aber sehr genau zu studieren, da es im allgemeinen nicht ratsam ist, eine Ölfeuerung durch Zufügen eines Müllteiles zu verschlechtern.

Der *Ausbrand der Schlacke* ist für deren Ablagerung wesentlich. Er wird heute vor allem nach ihrem Gehalt an fäulnisfähigen (organischen) Bestandteilen beurteilt. Gehalte von 0,3 bis 0,5% fäulnisfähiger Substanz, bezogen auf das trockene Schlackengewicht und bestimmt nach der vom Technischen Überwachungsverein (TÜV), Düsseldorf, angewandten Methode, gewährleisten eine sterile Schlacke; d.h. die Schlackenhalde bietet weder Nagetieren noch Insekten Nahrung und verbreitet keine üblen Gerüche.

Die *Belästigung der Umgebung* einer Müllverbrennungsanlage kann auf Staubauswurf, Immission von schädlichen Gasen (SO_2, HCl)

Verbreitung von üblen Gerüchen oder Lärm beruhen. Die zulässigen Grenzen dieser Belästigungen sind je nach Land teils schon festgelegt, teils noch im Studium. Für den Staubauswurf aus dem Schornstein dürfte die in West-Deutschland übliche Norm von max. 150 mg/Nm³ bald allgemeine Anwendung finden. Sie lässt sich durch den Einbau von erprobten Filtern (meist Elektrofilter) ohne weiteres erreichen. Für die zulässigen Immissionen bestehen in West-Deutschland ebenfalls bindende Vorschriften. Im Falle von Müllverbrennungsanlagen lassen sich diese mit Hilfe von Schornsteinhöhen von 80 bis 120 m ohne weiteres erfüllen. Was die Belästigung durch Geruch und Lärm betrifft, wird im allgemeinen auf die Anwohnerschaft abgestellt. Eine grosse Zahl von ausgeführten Anlagen beweist, dass moderne Anlagen in dieser Hinsicht unbedenklich inmitten von bebautem Gebiet aufgestellt werden können. Die Vorteile eines solchen Standortes sind kurze Transportwege für die Anfuhr des Mülls und günstige Möglichkeiten der Wärmeverwertung (Fernheizungen usw.) Sie sind im Interesse der Wirtschaftlichkeit unbedingt anzustreben. Als Beispiel sei die Anlage Frankfurt am Main angeführt (Bild 22). In ihr soll der Müll dieser Stadt in vier Öfen zu je 300 t/24 h verbrannt werden. Der daraus erzeugte Dampf wird in das unmittelbar danebenstehende Fernheizkraftwerk geleitet, wo er Strom erzeugt und zur Beheizung der neuen Nord-West-Stadt verwendet wird.

8. Ausblick

Die Technik bleibt nicht stehen. So wird sich auch das Gebiet der Müllverbrennung laufend weiter entwickeln, vor allem unter dem Einfluss von zwei Faktoren: 1. Die Erfahrungen, welche sich bei Bau und Betrieb neuer Anlagen gewinnen lassen, werden erlauben, einfacher und billiger zu bauen. 2. Die höheren Heizwerte des Mülls und der Zwang, stets steigende Mengen von Industrieabfällen aller Art, Altöl, Klärschlamm usw. zu vernichten, wird die Feuerungstechnik zu stets vielseitiger verwendbaren Konstruktionen führen.

Literaturverzeichnis

[1] *R. Tanner:* Der neue Kehrichtverbrennungsofen der L. von Roll AG «Schweizerische Bauzeitung» 1951, Nr. 14, S. 174–183. Daselbst auch ältere Literaturangaben.

[2] *J. Kampschulte:* Die Müllverbrennung in Hamburg und ihre Erweiterung durch Von Roll Oefen. «Brennstoff-Wärme-Kraft» 1962, Nr. 5.

[3] *R. Tanner:* Ein Jahr Betriebsbewährung der Müllverbrennungsanlage Helsinki. «Schweizerische Bauzeitung» 1962, Nr. 21.

[4] *F. Fischer:* Die Wiener Müllverbrennungsanlage. «Brennstoff-Wärme-Kraft» 1964, Nr. 8.

[5] *H. Leib:* Betriebserfahrungen mit der Müllverbrennungsanlage der BASF, Ludwigshafen/Rhein. «Mitteilungen des VGB[1])» 1962, Heft 78.

[6] *A. Maihöfer:* Weitere Betriebserfahrungen mit der Müllverbrennungsanlage der BASF, Ludwigshafen/Rhein. «Mitteilungen des VGB» 1963, Heft 85.

[7] *B. Frank:* Erfahrungen mit der Verbrennung von Industrie-Abfällen in der BASF. «Chemie – Ingenieur – Technik» 1964, Heft 11.

[8] *J. Kampschulte:* Stand der Abfallverbrennung in Deutschland. «Städtehygiene» 10/1960.

[9] *R. Tanner:* Betriebserfahrungen mit modernen Müllverbrennungsanlagen. «Mitteilungen des VGB[1])» 1963, Heft 86.

[10] *R. Tanner:* Versuche über die Verbrennung von chemischen Abfällen der BASF zusammen mit Berner Kehricht in der MVA Bern. «Plan, Schweiz. Zeitschrift für Landes-, Regional- und Ortsplanung» 1960, Nr. 5.

[11] *R. Tanner:* Die energiewirtschaftliche Bedeutung moderner Müllverbrennungsanlagen. «Schweiz. Blätter für Heizung und Lüftung» 1963, Nr. 2.

Adresse des Verfassers: *Richard Tanner,* dipl. Masch.-Ing., Von Roll AG, 8001 Zürich, Uraniastrasse 31.

[1]) VGB = Vereinigung der Grosskessel-Besitzer

Der mechanisch aufgeladene Saurer-Dieselmotor für Vielstoffbetrieb

DK 621.436.3

Von **Bernhard Wetzel** und **Rolf Haefeli,** Arbon

Inhalt: Es werden die allgemeinen Probleme des Vielstoffbetriebes behandelt. Daraus geht hervor, dass der mechanisch aufgeladene Dieselmotor sehr gute Voraussetzungen für die Erweiterung zum Vielstoffmotor aufweist. Anschliessend werden die hierzu erforderlichen Änderungen beschrieben. Ein weiterer Abschnitt enthält die technischen Daten, Prüfstandergebnisse und Angaben über das Betriebsverhalten eines erprobten Vielstoffmotors der von Sauer entwickelten Bauart.

1. Allgemeine Probleme des Vielstoffbetriebes

a) Brennstoffe

Als guter Vielstoffmotor ist ein Motor zu bezeichnen, bei dem alle üblichen flüssigen Kraftstoffe ohne nennenswerte Leistungs- und Verbrauchsdifferenz mit einwandfreiem Anlassverhalten sowie geringem Verbrennungsgeräusch mühelos verbrannt werden können. Dabei muss vorausgesetzt werden, dass der Motor bezüglich mechanischem Aufwand nicht zu kompliziert wird.

Tabelle 1. Einige Brennstoffe des Vielstoffmotors

Brennstoffe	Motoröl SAE 10	Heizöl Mittel	Heizöl Spezial	Gasöl	Flugpetrol JP-4 Wide-Cut	Armeebenzin	Normal-benzin	Super benzin
Research-Oktanzahl		28–36	17	8–14	20–30	84–87	90–91	95–99
Cetanzahl		42–46	50–53	53–56	unter 50	17	15	
Spez. Gew. 20° C	0,885–0,9	0,915–0,930	0,825–0,845	0,832	0,75–0,80	0,725–0,745	0,730	0,74–0,76
Siedebereich °C				175–350	115–276	35–185	33–196	35–190
Unterer Heizwert kcal/kg	10000	9800	10200	10200	10220	10200	10310	10300
Verkokungszahl nach Conradson		4/7	Spuren	0,03				
Stockpunkt ° C	–30	0/–6	–15/–25	–29				
Trübungspunkt ° C			– 6/–12	–13	–60			
Schwefelgehalt %		2/3	0,6/0,9	0,40/0,83	0,40	0,01–0,15	1,03–0,06	unter 0,1
Viskosität 20° C	80–90 cSt	20° E	1,25/1,40° E	1,40° E	(2,05 cSt)			
Anwendungsbereiche			Dieselmotor			Benzin- (Otto-) Motor		
	Vielstoff-Saugmotor							
	Mechanisch aufgeladener Vielstoffmotor							

Einschränkungen: a) Brennstoffbereich Dieselmotor: Die Verwendung von Flugpetrol kann möglicherweise im Winter wegen des Anlassverhaltens in Frage gestellt werden. b) Brennstoffbereich Vielstoffmotor: Die Verwendung von Heizöl Mittel kommt infolge zu hohen Stockpunktes für Winterbetrieb nicht in Frage; es darf auch sonst nur ausnahmsweise verwendet werden. Die Verwendung von Motorenöl SAE 10 HD, Serien 1, 2 und 3, darf nur ausnahmsweise (infolge zu starker Anlagerung von Verbrennungsrückständen im Motor) verwendet werden.