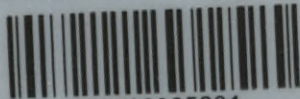






Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000305801





755  
107

1292<sup>x</sup>







Die Technik  
der  
**Verbrennung und Energie-Gewinnung**  
aus  
**städtischen Abfallstoffen.**

Dissertation  
zur  
Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs

Der Königlichen Technischen Hochschule zu Berlin vorgelegt am 27. Oktober 1908

von  
**Dipl.-Ing. Friedrich Meyer**  
aus Elberfeld.

Genehmigt am 28. Januar 1909.



*Jm. No. 28895.*

Leipzig 1910.  
F. Leineweber.

*Y. 55  
107.*



Referent: Professor **Josse.**

Korreferent: Professor **Brix.**



Akc. Nr. 4166/50



Die Beseitigung der städtischen Abfallstoffe, speziell des Hausmülls, macht seit einigen Jahren den Kommunen grosse Schwierigkeiten und Sorgen. Rechnet man mit einer Müllproduktion von 0,5 kg pro Kopf der Bevölkerung und Tag, so ergibt sich beispielweise für eine Stadt von 200000 Einwohnern ein tägliches Müllquantum von 100000 kg. Die Beseitigung dieser enormen Mengen bildet naturgemäss eine wesentliche Aufgabe der Stadtverwaltung. Als Düngemittel kann das Müll in grossen Städten kaum noch in Betracht kommen, nachdem die chemische Industrie heute dem Landwirt ein Düngemittel anbietet, das bei gleichem Volumen oder Gewicht des Mülls einen bedeutend höheren Düngwert repräsentiert. Abgesehen von der mühsamen Arbeit des Ausscheidens von sperrigen Bestandteilen wie Glas, Steine, Porzellan, Konservendbüchsen usw. auf dem Acker, die bei den jetzigen hohen Arbeitslöhnen die Wirtschaftlichkeit dieses Verfahrens allein schon in Frage stellen kann, wird diese Art der Müllbeseitigung die Stadtkasse ganz erheblich belasten, wenn es sich um grosse Transportwege handelt. Das wird aber bei einer Grossstadt immer der Fall sein, da nach Professor Brix der relativ geringe Düngwert des Mülls bereits durch die Kosten für 3 km Transport aufgewogen wird.

Da der Bedarf des Landwirtes kein gleichmässiger, die Müllproduktion der städtischen Bevölkerung dagegen konstant ist, so sind zwecks Ausgleichs grosse Sammelplätze erforderlich. Die Grundstückskosten für diese Plätze sowie die Kosten für den Transport nach denselben werden die Stadtkasse recht erheblich belasten, da sich diese Sammelplätze meistens ausserhalb der Stadt befinden. Dazu kommt der bereits eingangs erwähnte Umstand, dass der Landwirt die Sperrstoffe auslesen muss, die Kosten hierfür werden aber leicht den nach Professor Brix angenommenen Düngwert von 1,20 Mk. pro 1000 kg. übersteigen, sodass in diesem Falle die Stadt dem Landwirt noch eine Prämie in Höhe dieser Differenz herauszahlen muss. Dabei ist die Stadtverwaltung noch obendrein von dem guten Willen des Landwirtes abhängig, sodass unter Umständen die Absatzmöglichkeit überhaupt bedenklich und ungewiss ist. Von einer Wirtschaftlichkeit dieses Verfahrens kann daher bei Grossstädten unter normalen Umständen gar keine Rede sein. Zu den erwähnten Nachteilen, die die Vorteile dieser Müllbeseitigungsart bedeutend übersteigen, kommt noch ein grosser Übelstand, der namentlich in den letzten Jahren von Hygienikern mit Recht geltend gemacht wird. Die Müllsammelplätze sind für die Volksgesundheit höchst nachteilig, da sie nicht allein üble Gerüche verbreiten, sondern auch

deshalb, weil die fäulnisbildenden Bakterien Boden und Grundwasser infizieren. Vergrössert sich eine Stadt in kurzer Zeit, sodass derartige Müllsammelplätze als Baugrund verwendet werden müssen, ohne dass der Verrottungsprozess bereits beendet ist, so muss das vom hygienischen Standpunkt aus als sehr bedenklich bezeichnet werden. Verwerflich daher ist es aus denselben Gründen, das Müll als Aufhöhmateriale innerhalb der Stadt selbst zu verwenden (Scherbelberg, Leipzig).

Es ist daher nicht zu verwundern, dass diese Art der Müllbeseitigung für Grossstädte seit vielen Jahren nicht mehr in Betracht kommt. Man hat die Nachteile derselben allerdings abzuschaffen versucht, indem man städtischerseits das Müll von Sperrstücken befreite, um so dem Landwirt ein geeigneteres Produkt zu liefern. Dabei wird das Müll systematisch sortiert und gleichzeitig werden wertvolle Abfallprodukte, wie Metall, Glas, Lumpen, Knochen usw. zum Verkauf gebracht. Wirtschaftlich mag dieses Verfahren hie und da Erfolg haben, vom hygienischen Standpunkt ist dasselbe eher als ein Rückschritt zu betrachten, insofern als das Sortieren des Mülls von Menschenhänden geschieht. Eine zufriedenstellende Lösung der Müllbeseitigungsfrage kann dieses Verfahren also nicht sein. Andere Kommunen (Charlottenburg) lassen das Müll in den Haushaltungen sortieren, wobei u. a. die Gemüse- und Fleischreste getrennt und nach gehörigem Kochen und Trocknen als Viehfutter verwendet werden (Dreiteil-System). Hygienisch einwandfrei kann dieses Verfahren nicht genannt werden, finanzielle Erfolge hat man damit scheinbar auch nicht erzielt.

Es ist noch ein Verfahren zu erwähnen, das sich allerdings bis heute nur in Amerika findet. Danach werden in den Haushaltungen die Abfälle in kleinen Mengen im Küchenherd zunächst durch die Ofenabgase vorgetrocknet und nachher im Herd selbst nach Möglichkeit verbrannt, sodass das städtischerseits fortzuschaffende Abfallprodukt meistens aus Asche besteht, womit jegliche hygienische Bedenken bezüglich der Verwendung dieses Materials in Fortfall kommen. Wird in den Haushaltungen aber teilweise oder sogar grösstenteils Gas zu Heizzwecken verwendet, wie es in Deutschland namentlich im Sommer der Fall ist, so wird auch dieses Verfahren illusorisch.

Bevor ich zur Besprechung des zeitlich hier folgenden Müllbeseitigungsverfahrens, der Müllverbrennung übergehe, mögen noch einige andere Verfahren erwähnt werden, welche nach der Verbrennung ausgeführt wurden. Zunächst ist es verschiedenlich versucht worden die gesamten Abfallstoffe unter Zuhilfenahme einer fremden Wärmequelle zur Schmelze zu bringen. Das gewonnene



Schmelzprodukt sollte dann in Form von Steinen oder Platten als wertvolles Baumaterial zum Verkauf gebracht werden. Derartige Ofenkonstruktionen sind von Schneider und Wegner angegeben worden, ausserdem wurde von Ubrig ein elektrisches Schmelzverfahren erfunden. Die Versuche mit diesen Ofenkonstruktionen, bei denen sich namentlich Berlin und Cöln hervorragend beteiligten, haben jedoch ein ungünstiges Resultat zu Tage gefördert. Es soll nicht gesagt werden, dass dieser Misserfolg im Prinzip der Sache liegt, man kann auch nicht behaupten, dass das Müllschmelzverfahren hiermit ein für alle Mal abgetan ist. Nachdem jedoch die Städte Berlin und Cöln sich in ihren Gutachten ungünstig über die Müllschmelze geäussert und sich endgültig wieder zur Müllverbrennung gewandt haben, ist das System nicht nur nicht weiter fortentwickelt worden, sondern vorläufig für die Praxis nicht mehr diskutabel. Ein Hauptgrund dieses Misserfolges besteht wohl in dem grossen Kostenaufwand für den erforderlichen künstlichen Brennstoff. Schneider brauchte 24% Braunkohle, Wegner im günstigen Falle 50% Kohlenstaub vom Gewicht des Mülls. Ein weiterer Grund für das negative Versuchsergebnis besteht in den durch die sehr hohen Temperaturen bedingten starken Beanspruchungen des Mauerwerks, welches bei den Versuchen wiederholt einstürzte und repariert werden musste. Nachdem die Brennbarkeit des Mülls ohne Brennstoffzusatz erwiesen ist, wird ein Schmelzverfahren mit erheblichem oder selbst auch geringem Brennstoffaufwand von vornherein wenig Freunde finden. Es kann ja möglicherweise das Schmelzprodukt sehr wertvoll und durch seinen Verkauf die Rentabilität des Verfahrens trotz der hohen Brennstoffkosten sichergestellt sein, jedenfalls ist dieser Wert ein sehr relativer und wird sich ganz nach den Absatzbedingungen richten. Eine vorsichtige Kommune dürfte daher schwerlich mit diesem Faktor rechnen, und dann ist das Verfahren naturgemäss enorm teuer.

Es ist auch der Versuch gemacht worden, das Müll ähnlich wie Steinkohle, in Retorten zu entgasen, und daraus ein Gas zu Leucht- oder Kraftzwecken zu gewinnen. Solche Versuche fanden in der Gasanstalt zu Stuttgart statt. Das dortige chemische Laboratorium bringt in Dingl. Pol. J. Jahrg. 1900 S. 461 einen diesbezüglichen Bericht.

Das Entgasungsergebnis war folgendes: mit 948 kg Koks wurden aus 800 kg Müll 83,08 cbm Gas von einem mittleren Heizwert von 2874 Cal/ cbm erhalten. Das Gas hatte beispielsweise folgende Zusammensetzung.

CO <sub>2</sub> . . . . .	24,8 %
schwere Kohlenwasserstoffe . . . . .	2,8 "
O . . . . .	4,8 "
CO . . . . .	14,2 "
CH <sub>4</sub> . . . . .	6,5 "
H . . . . .	29,4 "
N . . . . .	17,5 "

Ausserdem ergaben sich vom Gewicht des Mülls 62,8 % Rückstände.

Wegen des hohen Kohlensäuregehalts und des geringen Gehalts an schweren Kohlenwasserstoffen (bei einem Versuch war dieser = 0), ist dieses Gas als Leuchtgas nicht zu verwenden. Die Beimischung desselben zum Leuchtgas würde letzteres sehr verschlechtern, die Carburierung würde das Müllgas aber zu teuer machen. Es kann daher nur als Kraftgas in Betracht kommen. Angenommen, das zur Entgasung verwendete Müll habe einen oberen Heizwert von 1500 Cal/kg, der verwendete Koks einen solchen von 7300 Cal/kg, so sind bei dem Prozess verbraucht worden:

$$800 \cdot 1500 + 948 \cdot 7300 = 8100000 \text{ Cal.}$$

Gewonnen wurden

$$2874 \cdot 83,08 = 238000.$$

Es ergibt sich mithin ein calorischer Nutzeffekt

$$= \frac{238000 \cdot 100}{8100000} = 3\%$$

Davon nutzt die Gasmaschine etwa 33 % aus, sodass sich als nutzbare indizierte mechanische Arbeit ergibt:

$$3 \cdot 0,33 = 1\%$$

Die selbständige Brennbarkeit des Mülls vorausgesetzt, werden, wie aus den nachfolgenden Versuchen erwiesen ist, bei einer guten Verbrennungsanlage ca 50% vom Heizwert des Mülls in Dampf umgesetzt. Der Koks, in einer Dampfkesselanlage verfeuert, ergibt 70% seines Heizwertes in Form von Dampf, sodass bei der Dampfherzeugung das Gesamtquantum mit

$$\frac{800 \cdot 1500 \cdot 50 + 948 \cdot 7300 \cdot 70}{800 \cdot 1500 + 948 \cdot 7300} = 67,0\%$$

Nutzeffekt verarbeitet werden kann. Die Dampfmaschine nutzt hiervon ca 15 % aus, sodass sich als indizierte mechanische Arbeit ergeben

$$0,67 \cdot 15 = 10,5\%$$

Ausserdem ergibt das Entgasungsverfahren ca 63 % Rückstände, die Müllverbrennung etwa 50 % Rückstände, was für die Frage der Müllbeseitigung immerhin einen Unterschied ausmacht. Auch ist die Verwendung des Rückstandsgutes der Müllverbrennung zur Betonbereitung, als Chaussierungsmaterial usw. eine leichtere und vielseitigere als diejenige der Entgasungsrückstände, welche nicht aus festen Schlacken bestehen, sondern nur ein verstocktes Material darstellen, welches nicht wetterbeständig ist.

Diese ungünstigen Resultate der Müllentgasung sind nun nachher durch Professor Viktor Loos in Wien, der ein ähnliches Verfahren einschlug, bedeutend überholt worden. Diesbezügliche nachfolgende Zahlen sind einem Gutachten der Stadt Cöln entnommen, welche seinerseits mit der ausführenden Firma dieses Loos'schen Verfahrens, Ottermann & Co, in Verbindung trat. Da die Preise für Kraftgas, Koks, Arbeitslöhne usw. von örtlichen Verhältnissen abhängig und daher sehr verschieden sind, so habe ich auch hier, um Vergleichswerte zu erhalten, die Calorie als den faktischen und konkreten Massstab zur Beurteilung des Verfahrens angenommen und die diesbezüglichen Zahlen den Rentabilitätsberechnungen des Cölner Berichtes entnommen.

Es werden (auf die Stadt Cöln bezogen) jährlich aus 36000000 kg Müll 2700000 cbm Gas erhalten (Heizwert ca 3000 Cal/ cbm) und zur Feuerung 2900000 kg Koks verbraucht. Es sei der Heizwert des Mülls wiederum mit 1500 Cal/kg eingesetzt. Dann ergibt sich ein calorischer Nutzeffekt von

$$2700000 \cdot 3000$$

$$\frac{36000000 \cdot 1500 + 2900000 \cdot 7300}{2700000 \cdot 3000} = 10,8\%$$

und als indizierte mechanische Arbeit im Gasmotor

$$10,8 \cdot 0,33 = 3,55\%$$

Bei der Dampferzeugung ergibt sich jedoch ein Nutzeffekt von

$$\frac{360 \cdot 1500 \cdot 50 + 29 \cdot 7300 \cdot 70}{360 \cdot 1500 + 29 \cdot 7300} = 56\%$$

oder

$$56 \cdot 0,15 = 8,4\%$$

als indizierte mechanische Arbeit der Dampfmaschine. Das ist schon ein erheblich besseres Resultat, reicht jedoch an den Nutzeffekt der Verbrennung nicht heran. Die Wirtschaftlichkeit dieses Verfahrens ist denn auch in der Praxis stark angezweifelt worden. Das Interesse von Seiten der Kommunen hat aufgehört und das Verfahren ist scheinbar eingegangen.



In Deutschland hat man sich nun seit einiger Zeit dem in England seit vielen Jahren bestehenden Verfahren der Müllverbrennung zugewandt. Die Verbrennung eines brennstoffarmen Materials wie das Müll war natürlich nur möglich durch eine künstliche Zuführung der Verbrennungsluft.

In England verwendete man hierzu (zum Teil noch jetzt) Dampfstrahlgebläse. Die Luft wurde in einen Aschenfall gepresst, welcher luftdicht unter dem Rost des Ofens angebracht ist, und durch die Spalten desselben dem Material zugeführt. Als man mit diesen englischen Öfen nun den Versuch machte, deutsches Müll zu verbrennen, da zeigte sich unerwartet ein negatives Resultat, indem durch die abkühlende Wirkung des mit der Luft eintretenden vom Dampfstrahlgebläse herrührenden Wasserdampfes das Feuer so stark abgekühlt wurde, dass die Verbrennungstemperatur auf die Dauer nicht aufrecht erhalten werden konnte. Dies findet seinen Grund darin, dass das deutsche Müll erheblich brennstoffärmer ist als das englische. Nachdem jedoch diese Dampfstrahlgebläse durch Trockenluftventilatoren ersetzt wurden, ist die Frage der Brennbarkeit des deutschen Mülls ohne Brennstoffzusatz als gelöst zu betrachten. Man hat daher auch in Hamburg, wo sich eine Müllverbrennungsanstalt nach dem englischen System Horsfall befindet (die erste Müllverbrennungsanstalt in Deutschland) nachträglich die auch hier vorgesehenen Dampfstrahlgebläse durch Ventilatoren ersetzt und seitdem erheblich bessere Resultate erzielt.

Es ist meines Wissens nur die Stadt Berlin, deren Müll trotz 10 jähriger Versuche und grosser Studien im In- und Auslande mit den verschiedensten Systemen ohne Brennstoffzusatz nicht verbrannt werden kann.

Der letzte dieser Verbrennungsversuche fand im Februar 1907 in einem Ofen nach System Dr. Dörr statt (siehe Anlage), ohne jedoch den gewünschten Erfolg zu bringen. Obwohl, wie aus der Analyse zu ersehen ist, der Heizwert von 730 Cal/kg ein sehr geringer genannt werden muss, so ist der Hauptgrund dieses ständigen Misserfolges vielmehr in der grossen Menge Feinmüll (ca. 50 %) zu suchen, welches fast ausschliesslich aus Braunkohlenasche besteht. Wird dieses Aschenmaterial vorher abgesiebt, so ist das Restmüll, wie aus der Anlage zu ersehen, und auch durch die Praxis anderer Versuche wiederholt konstatiert worden ist, ohne Brennstoffzusätze verbrennbar. Diese Tatsache ist insofern auffallend, als das Feinmüll, die abgesiebte Briketasche, relativ mehr Kohlenstoff enthält als das Restmüll, sodass mit ersterem dem Material Brennstoff entzogen wird. Wie die Analyse für abgesiebtetes Müll zeigt, ist auch der Heizwert dementsprechend von 730 Cal/kg auf 615 Cal/kg gesunken. Diese Erscheinung findet eine Erklärung in der physikalischen Beschaffenheit des Mülls vor und nach dem Sieben. Im letzteren Fall nämlich liegt dasselbe viel lockerer, die Luft kann ohne Schwierigkeit den Brennstoff durchziehen, während bei dem ungesiebteten Material der Stock so fest liegt, dass die zur Verbrennung nötige Luft einen sehr grossen Widerstand findet und nicht zu den brennbaren Bestandteilen gelangen kann. Wird die Luft trotzdem mit erhöhter Pressung durch das Material gedrückt, so wird das Feuer so stark abgekühlt, dass es erlischt. Mit dem Absieben des Feinmülls sind natürlich erhebliche Kosten verknüpft, welche die Wirtschaftlichkeit des Verbrennungsverfahrens sehr herabmindern, ganz abgesehen davon, dass damit die Frage der Müllbeseitigung ausser den Schlackenrückständen nur zu 50 % gelöst ist. Es existiert ein Verfahren von Dr. W. Hampe, welcher aus

diesem Feinmüll ein wohlfeiles und ausgiebiges Düngemittel bereitet, während neuerdings die Frage der Schmelzung des Feinmülls angeregt wird. Zu diesem letzten missglückten Versuch mit Berliner Müll ist allerdings zu bemerken, dass es sich hier nach amtlichen Aussagen um das schlechteste Material handelte, das in Berlin aufzutreiben war.

Man begnügte sich naturgemäss anfangs damit, das Müll durch Verbrennung lediglich zu beseitigen. Heute jedoch geht man auch dazu über, die durch die Verbrennung erzeugte Wärme tunlichst auszunutzen. Wenn auch für kleinere Kommunen diese Frage der Wärmeausnutzung von geringerer Bedeutung ist und es in bestimmten Fällen nicht einmal empfehlenswert erscheint, diese Abhitze zu verwenden, nämlich dann nicht, wenn der positive Wert dieser Wärmemenge es nicht lohnend macht, das zur Energieübertragung erforderliche Maschinenagregat zu beschaffen, so bildet für Grossstädte die Ausnutzung dieser Abhitze eine erhebliche Herabminderung der Bruttokosten dieses Verfahrens. Es ist daher die Aufgabe der Technik, dem Müllverbrennungsverfahren seine ursprünglich rohe Form zu nehmen und, ähnlich unsern Dampfkesselfeuerungen, die Verbrennung selbst möglichst vollkommen zu gestalten, sodass es sich nicht allein mehr um eine „Müllbeseitigung“, sondern auch gleichzeitig um eine „Müllverwertung“ handelt. Was die hygienische Seite dieses Verfahrens betrifft, so dürfte die Entfernung des Hausmülls durch Verbrennung wohl als das Vornehmste bezeichnet werden.

Vollkommen ist eine Verbrennung dann, wenn die in dem Brennmaterial befindlichen brennbaren Bestandteile durch geeignete Zuführung der Luft sowie durch die Erzielung einer hohen Temperatur auch tatsächlich vollkommen verbrannt werden, sodass also die von der Verbrennung herrührenden Schlacken keinen Kohlenstoff mehr enthalten. Um den Feuerungsgang auf seine Vollkommenheit hin kontrollieren zu können, ist also notwendig die Kenntnis der brennbaren Bestandteile und der Feuchtigkeit im Müll (der Heizwert), ferner der Temperatur der Abhitze, der chemischen Zusammensetzung der Rauchgase, sowie des Kohlenstoffgehaltes der Schlacken.

Der Grad der Vollkommenheit der Verbrennung, d. h. der Feuerungswirkungsgrad ist mithin der Massstab für die Güte der Wärmeausnutzung. Er sei definiert als ein Quotient, dessen Zähler die abgeführte Wärmemenge (der Wärmeinhalt der verbrannten Abgase, der Abhitze), und dessen Nenner die zugeführte Wärme, bestehend in dem Heizwert des Brennmaterials, darstellt. Bei einer kompletten Anlage ist natürlich noch der zur Dampferzeugung notwendige Kessel beziehungsweise der Kesselwirkungsgrad zu berücksichtigen, sodass der Gesamtwirkungsgrad der Feuerungsanlage das Produkt darstellt aus dem Feuerungs- und dem Kesselwirkungsgrad. Da jedoch der Kesselwirkungsgrad ganz unabhängig ist von der Feuerung selbst, d. h. da eine Anlage eine vollkommene Verbrennung aber eine schlechte Kesselanlage haben kann, so ist, auch noch aus anderen Gründen, für den Vergleich der verschiedenen Ofenkonstruktionen nur der Grad der Vollkommenheit der Verbrennung d. h. der Feuerungswirkungsgrad als vergleichender Massstab in Betracht gezogen worden.

Die Bestimmung des Heizwertes eines so heterogenen Materials wie das Müll, kann natürlich nicht vermittels des Calorimeters geschehen, insofern als sich das Verfahren der kontinuierlichen Probeentnahme nicht wie bei Kohle oder ähnlichen Brennstoffen bis auf das für das Calorimeter erforderliche sehr geringe Quantum treiben lässt. Es wurde daher zur Heizwertbestimmung



des Mülls die chemische Analyse und die nachherige Rechnung verwendet.

**Analyse des Brennstoﬀs.**

Die Einbringung des Brennmaterials in den Ofen geschah in zeitlich getrennten einzelnen Beschickungen, und zwar betrug das Gewicht einer Beschickung bei den zunächst zu besprechenden Versuchen in der Ver-

brennungsanstalt in Wiesbaden 350 kg. Von diesem Beschickungsquantum wurde je eine Schaufel zu Anfang und zu Ende des Einfüllens in den Beschickungsbehälter entnommen. Die Summe dieser Schaufeln stellte das Probequantum des Brennstoﬀes für den Versuch dar und betrug ca. 50 kg oder den hundertsten Teil des während der Versuchsdauer insgesamt verbrannten Materials. Dieses Probequantum wurde gewogen, im

Wiesbaden, 4. 1. 08. Versuch Nr. 1.

Tab. I.

Mechanische Analyse		Chemische Analyse							Umrechnung auf 1 kg Gesamt-Müll						
Bestandteile	Gewicht	Hygr. Wasser	Asche	Kohlenstoff	Wasserstoff		S+N+O	Zellulose Holzstoff etc.	Hygr. Wasser	Asche	Kohlenstoff	Wasserstoff		S+N+O	Zellulose Holzstoff etc.
	%	%	%	%	verbrl.	unverbrl.	%	%	%	%	%	verbrl.	unverbrl.	%	%
Feinmüll . . . . .	67.30	10.50	68.40	16.90	0.32	0.21	3.67	—	7.10	46.03	11.37	0.16	0.14	2.46	—
Grobmüll . . . . .	14.67	2.02	46.90	48.52	0.97	—	1.59	—	0.30	6.88	7.12	0.15	—	0.24	—
Kohle, Koks u. Schlacken . .	13.20	1.20	57.60	38.05	0.33	0.10	2.72	—	0.16	7.60	5.02	0.04	0.01	0.37	—
Lumpen . . . . .	0.23	13.20	21.70	—	—	—	—	65.10	0.03	0.05	—	—	—	—	0.15
Knochen u. tierische Abfälle .	0.46	6.70	61.80	—	—	—	—	31.50	0.03	0.29	—	—	—	—	0.15
Gemüseabfälle . . . . .	0.69	48.30	13.40	—	—	—	—	38.30	0.33	0.09	—	—	—	—	0.27
Papier . . . . .	0.23	14.40	21.10	—	—	—	—	64.50	0.03	0.05	—	—	—	—	0.15
Holz u. Stroh . . . . .	0.23	9.60	2.30	—	—	—	—	88.10	0.02	0.01	—	—	—	—	0.21
Steine, Glas, Porzellan . . .	2.38	—	100.00	—	—	—	—	—	—	2.38	—	—	—	—	—
Metall . . . . .	0.61	—	100.00	—	—	—	—	—	—	0.61	—	—	—	—	—
Summe:	100.00						Summe:		8.00	63.99	23.51	0.35	0.15	3.07	0.93
									100.00						

**Müllprobe**

feucht lufttrocken  
 Gesamtgewicht 46.500 kg 44.000 kg  
 Wasserverlust =  $\frac{46.5-44}{46.5} = 5.4\%$  (= 5.7% v. lufttrock. Müll)

**Analyse der Ofenschlacke.**

H<sub>2</sub>O = 1.50% Heizwert = 8100 · 0.2351 + 0.0035 · 29000 + 4000 · 0.0093 — 600 · 0.08  
 H = 0.10% = 1991 Cal/kg für das lufttrockne Müll  
 C = 13.90% = 1991 — 600 · 0.057  
 Asche = 83.40% 1.057  
 S = 1.10% = 1855 Cal/kg für das feuchte Müll  
 100.00

Wiesbaden, 6. 1. 08. Versuch Nr. 2.

Tab. II.

Mechanische Analyse		Chemische Analyse							Umrechnung auf 1 kg Gesamt-Müll.						
Bestandteile	Gewicht	Hygr. Wasser	Asche	Kohlenstoff	Wasserstoff		S+N+O	Zellulose Holzstoff etc.	Hygr. Wasser	Asche	Kohlenstoff	Wasserstoff		S+N+O	Zellulose Holzstoff etc.
	%	%	%	%	verbrl.	unverbrl.	%	%	%	%	%	verbrl.	unverbrl.	%	%
Feinmüll . . . . .	62.06	4.41	69.80	20.38	0.26	0.35	4.80	—	2.74	43.32	12.65	0.16	0.22	2.98	—
Grobmüll . . . . .	16.58	1.60	55.00	39.57	0.70	0.12	3.01	—	0.27	9.07	6.56	0.12	0.02	0.50	—
Kohle, Koks u. Schlacken . .	14.88	1.40	54.40	41.52	0.57	0.01	2.10	—	0.24	8.10	6.18	0.08	—	0.31	—
Lumpen . . . . .	0.10	11.80	17.30	—	—	—	—	7.09	0.01	0.02	—	—	—	—	0.07
Knochen u. tierische Abfälle .	0.31	5.90	61.40	—	—	—	—	32.70	0.02	0.19	—	—	—	—	0.10
Gemüseabfälle . . . . .	0.63	58.30	13.80	—	—	—	—	27.90	0.37	0.08	—	—	—	—	0.18
Papier . . . . .	0.63	14.90	19.30	—	—	—	—	65.80	0.09	0.12	—	—	—	—	0.41
Holz u. Stroh . . . . .	0.31	11.80	3.20	—	—	—	—	85.00	0.04	0.01	—	—	—	—	0.27
Steine, Glas, Porzellan . . .	3.35	—	100.00	—	—	—	—	—	—	3.35	—	—	—	—	—
Metall . . . . .	1.15	—	100.00	—	—	—	—	—	—	1.15	—	—	—	—	—
Summe:	100.00						Summe:		3.78	65.41	25.39	0.36	0.24	3.79	1.03
									100.00						

**Müllprobe**

feucht lufttrocken  
 Gesamtgewicht = 50.6 kg 46.7 kg  
 Wasserverlust =  $\frac{50.6-46.7}{50.6} = 7.7\%$  (= 8.4% v. lufttrock. Müll)

**Analyse der Ofenschlacke.**

H<sub>2</sub>O = 1.6% Heizwert = 8100 · 0.2539 + 29000 · 0.0036 + 4000 · 0.0103 — 600 · 0.0378  
 H = 0.10% = 2147 Cal/kg für das lufttrockne Müll  
 C = 16.40% = 2147 — 600 · 0.084  
 Asche = 81.30% 1.084  
 S = 0.60% = 1930 Cal/kg für das feuchte Müll  
 100.00



chemischen Laboratorium an der Luft getrocknet, wieder gewogen und aus dem Gewichtsverlust die Feuchtigkeitszu- oder abnahme in Prozenten des verbrannten Mülls bestimmt. Der üblichen chemischen Analyse musste, der Eigenart des Mülls Rechnung tragend, eine mechanische Sortierung vorangehen, wobei zunächst die enthaltene Asche, Sand usw., das sogenannte Feinmüll, durch ein Sieb von 5 mm Maschenweite ausgeschieden

wurde. Aus dem Siebrückstand wurden alle erkennbaren einzelnen Bestandteile, wie Schlacken, Koks, Kohle, Lumpen, Knochen, Papier usw. ausgelesen, bis ein nicht mehr separierbarer Rest, das sogenannte Grobmüll zurückblieb. Diese einzelnen Bestandteile der Müllprobe wurden gewogen und in Prozenten der Gesamtmenge in Rechnung gesetzt. Auf das Feinmüll und das Grobmüll (dieses wurde durch Mörser nach Möglichkeit zer-

Wiesbaden, 9. 1. 08. Versuch Nr. 3.

Tab III

Mechanische Analyse		Chemische Analyse						Umrechnung auf 1 kg Gesamt-Müll							
Bestandteile:	Ge- wicht	Hygr. Wasser	Asche	Kohlen- stoff	Wasserstoff		S+N+O	Zellulose Holz- stoff etc	Hygr. Wasser	Asche	Kohlen- stoff	Wasserstoff		S+N+O	Zellulose Holz- stoff etc.
	%	%	%	%	verbrl. %	un- verbrl. %	%	%	%	%	%	verbrl. %	un- verbrl. %	%	%
Feinmüll . . . . .	55.75	5.60	68.90	20.86	0.13	0.28	4.23	—	3.12	38.41	11.65	0.07	0.15	2.35	—
Grobmüll . . . . .	20.02	2.29	56.08	37.14	0.24	0.25	4.00	—	0.46	11.29	7.42	0.05	0.05	0.80	—
Kohle, Koks u. Schlacken .	17.89	1.56	55.20	40.80	0.59	—	1.85	—	0.28	9.87	7.30	0.10	—	0.32	—
Lumpen . . . . .	0.57	10.00	11.90	—	—	—	—	68.10	0.06	0.07	—	—	—	—	0.39
Knochen u. tierische Abfälle .	0.45	8.00	57.00	—	—	—	—	35.00	0.04	0.26	—	—	—	—	0.15
Gemüseabfälle . . . . .	0.76	51.00	9.40	—	—	—	—	39.60	0.43	0.07	—	—	—	—	0.30
Papier . . . . .	0.76	21.50	14.70	—	—	—	—	63.80	0.15	0.11	—	—	—	—	0.48
Holz u. Stroh . . . . .	0.07	17.00	3.00	—	—	—	—	80.00	0.01	0.00	—	—	—	—	0.06
Steine, Glas, Porzellan . .	3.60	—	100.00	—	—	—	—	—	—	3.60	—	—	—	—	—
Metall . . . . .	0.13	—	100.00	—	—	—	—	—	—	0.13	—	—	—	—	—
Summe:	100.00						Summe:		4.55	63.81	26.37	0.22	0.20	3.47	1.38
									100.00						

Müllprobe

feucht lufttrocken  
 Gesamtgewicht 44,0 kg 39,7 kg  
 Wasserverlust =  $\frac{44,0-39,7}{44,0} = 9,8\%$  (= 10,8% v. lufttrock. Müll)

Analyse der Ofenschlacke:

H<sub>2</sub>O = 1.50%  
 H = 0.10%  
 C = 19.30%  
 Asche = 78.10%  
 S = 1.00%

100.00

Heizwert =  $8100 \cdot 0.2637 + 29000 \cdot 0.0022 + 4000 \cdot 0.0138 - 600 \cdot 0.0455$   
 = 2231 Cal/kg für das lufttrockne Müll  
 =  $2231 - 600 \cdot 0.108$   
 = 1.108  
 = 1940 Cal/kg für das feuchte Müll

Wiesbaden, 10. 1. 08. Versuch Nr. 4.

Tab IV.

Mechanische Analyse		Chemische Analyse						Umrechnung auf 1 kg Gesamt-Müll							
Bestandteile:	Ge- wicht	Hygr. Wasser	Asche	Kohlen- stoff	Wasserstoff		S+N+O	Zellulose Holz- stoffe etc.	Hygr. Wasser	Asche	Kohlen- stoff	Wasserstoff		S+N+O	Zellulose Holz- stoff etc.
	%	%	%	%	verbrl. %	un- verbrl. %	%	%	%	%	%	verbrl. %	un- verbrl. %	%	%
Feinmüll . . . . .	59.20	10.58	64.82	19.39	0.15	0.34	4.72	—	6.26	38.37	11.48	0.09	0.20	2.80	—
Grobmüll . . . . .	19.64	4.21	59.50	31.84	0.53	0.19	3.73	—	0.83	11.66	6.26	0.10	0.04	0.73	—
Kohle, Koks u. Schlacken .	17.37	1.45	68.80	26.90	0.40	0.05	2.40	—	0.25	11.95	4.68	0.07	0.01	0.42	—
Lumpen . . . . .	0.29	13.80	13.70	—	—	—	—	72.50	0.04	0.04	—	—	—	—	0.21
Knochen u. tierische Abfälle .	0.25	11.20	48.30	—	—	—	—	40.50	0.03	0.12	—	—	—	—	0.10
Gemüseabfälle . . . . .	0.29	53.70	10.40	—	—	—	—	35.90	0.16	0.03	—	—	—	—	0.10
Papier . . . . .	0.78	27.80	17.30	—	—	—	—	54.90	0.22	0.14	—	—	—	—	0.43
Holz u. Stroh . . . . .	0.35	19.65	—	—	—	—	—	80.35	0.08	—	—	—	—	—	0.28
Steine, Glas u. Porzellan . .	1.34	—	100.00	—	—	—	—	—	—	1.34	—	—	—	—	—
Metall . . . . .	0.49	—	100.00	—	—	—	—	—	—	0.49	—	—	—	—	—
Summe:	100.00						Summe:		7.87	64.14	22.42	0.26	0.25	3.94	1.12
									100.00						

Müllprobe

feucht lufttrocken  
 Gesamtgewicht 45,5 kg 40,7 kg  
 Wasserverlust =  $\frac{45,5-40,7}{45,5} = 10,5\%$  (= 11,8% v. lufttrock. Müll)

Analyse der Ofenschlacke:

H<sub>2</sub>O = 1.60%  
 H = 0.10%  
 C = 16.50%  
 Asche = 81.00%  
 S = 0.80%

100.00

Heizwert =  $8100 \cdot 0.2242 + 29000 \cdot 0.0026 + 4000 \cdot 0.0112 - 600 \cdot 0.0787$   
 = 1893 Cal/kg für das lufttrockne Müll  
 =  $1893 - 10.8 \cdot 600$   
 = 1.118  
 = 1633 Cal/kg für das feuchte Müll



kleinert), wurde in bekannter Weise das Verfahren der kontinuierlichen Probeentnahme angewendet, bis sich ein kleines Quantum zur Pulverisierung und zur chemischen Analyse ergab. Die anderen Bestandteile, soweit es sich um die Bestimmung der Feuchtigkeit, Asche und Cellulose handelte, wurden ebenfalls nach Möglichkeit zerkleinert und aus ihnen eine Durchschnittsprobe genommen. Kohlenstoff, Wasserstoff, (ver-

brennlicher und unverbrennlicher), S+N+O und Asche wurden in bekannter Weise durch Verbrennung im Sauerstoffstrom ermittelt. Bei Papier, Lumpen, Knochen usw. wurde zunächst die Feuchtigkeit bestimmt, dann eine Veraschung vorgenommen und der Rest als Cellulose mit einem Heizwert von 4000 Cal in Rechnung gesetzt. Die durch die chemische Analyse bestimmten Elementarstoffe der sortierten Einzelbestandteile wurden

Wiesbaden, 13. 1. 08. Versuch Nr. 5.

Tab. V.

Mechanische Analyse		Chemische Analyse							Umrechnung auf 1 kg Gesamt-Müll						
Bestandteile:	Gewicht %	Hygr. Wasser %	Asche %	Kohlenstoff %	Wasserstoff		S+N+O %	Zellulose Holzstoff etc. %	Hygr. Wasser %	Asche %	Kohlenstoff %	Wasserstoff		S+N+O %	Zellulose Holzstoff etc. %
					verbrl. %	un-verbrl. %						verbrl. %	un-verbrl. %		
Feinmüll . . . . .	59.50	4.28	70.40	18.98	0.11	0.47	5.76	—	2.55	41.89	11.29	0.07	0.28	3.43	—
Grobmüll . . . . .	17.10	2.65	52.60	41.30	0.66	0.09	2.70	—	0.45	8.99	7.06	0.11	0.02	0.46	—
Kohle, Koks u. Schlacken .	19.14	1.60	56.50	39.45	0.68	—	1.77	—	0.30	10.81	7.55	0.13	—	0.34	—
Lumpen . . . . .	0.39	12.70	19.30	—	—	—	—	68.00	0.05	0.07	—	—	—	—	0.27
Knochen u. tierische Abfälle .	0.62	6.80	58.70	—	—	—	—	34.50	0.04	0.36	—	—	—	—	0.22
Gemüseabfälle . . . . .	0.73	59.00	14.80	—	—	—	—	26.20	0.43	0.11	—	—	—	—	0.19
Papier . . . . .	0.31	21.50	21.30	—	—	—	—	57.20	0.07	0.07	—	—	—	—	0.18
Holz u. Stroh . . . . .	0.36	13.70	—	—	—	—	—	86.30	0.05	—	—	—	—	—	0.31
Steine, Glas, Porzellan . . .	1.55	—	100.00	—	—	—	—	—	—	1.55	—	—	—	—	—
Metall . . . . .	0.30	—	100.00	—	—	—	—	—	—	0.30	—	—	—	—	—
Summe:	100.00								3.94	64.15	25.90	0.31	0.30	4.23	1.17
									100.00						

## Müllprobe

feucht lufttrocken  
Gesamtgewicht 42.5 kg 38.7 kg  
Wasserverlust =  $\frac{42.5-38.7}{42.5} = 8.95\%$  (= 9.80% v. lufttrock. Müll)

## Analyse der Ofenschlacke:

H<sub>2</sub>O = 1.80 %  
H = 0.80 %  
C = 21.00 %  
Asche = 75.71 %  
S = 0.70 %  
100.00

Heizwert = 8100 · 0.259 + 29000 · 0.0031 + 4000 · 0.0117 — 600 · 0.0394  
= 2203 Cal/kg für das lufttrockne Müll  
= 2203 — 600 · 0.098  
1.098  
= 1950 Cal/kg für das feuchte Müll

Wiesbaden, 14. 1. 08. Versuch Nr. 6.

Tab. VI.

Mechanische Analyse		Chemische Analyse							Umrechnung auf 1 kg Gesamt-Müll						
Bestandteile:	Gewicht %	Hygr. Wasser %	Asche %	Kohlenstoff %	Wasserstoff		S+N+O %	Zellulose Holzstoff etc. %	Hygr. Wasser %	Asche %	Kohlenstoff %	Wasserstoff		S+N+O %	Zellulose Holzstoff etc. %
					verbrl. %	un-verbrl. %						verbrl. %	un-verbrl. %		
Feinmüll . . . . .	61.33	6.00	69.40	20.17	0.28	0.24	3.91	—	3.68	42.66	12.37	0.17	0.15	2.40	—
Grobmüll . . . . .	14.85	1.90	47.35	46.88	0.52	0.14	3.21	—	0.28	7.13	6.78	0.08	0.02	0.48	—
Kohle, Koks u. Schlacken .	18.10	1.20	54.80	40.93	0.60	—	2.47	—	0.21	9.92	7.42	0.10	—	0.45	—
Lumpen . . . . .	0.45	17.40	15.80	—	—	—	—	66.80	0.08	0.07	—	—	—	—	0.30
Knochen u. tierische Abfälle .	0.61	9.70	59.50	—	—	—	—	30.80	0.06	0.36	—	—	—	—	0.19
Gemüseabfälle . . . . .	0.64	50.80	13.20	—	—	—	—	36.00	0.32	0.08	—	—	—	—	0.23
Papier . . . . .	0.42	21.70	18.70	—	—	—	—	59.60	0.09	0.08	—	—	—	—	0.25
Holz u. Stroh . . . . .	0.30	15.50	—	—	—	—	—	84.50	0.04	—	—	—	—	—	0.25
Steine, Glas, Porzellan . . .	2.49	—	100.00	—	—	—	—	—	—	2.49	—	—	—	—	—
Metall . . . . .	0.81	—	100.00	—	—	—	—	—	0.81	—	—	—	—	—	—
Summe:	100.00								4.76	63.60	26.57	0.35	0.17	3.33	1.22
									100.00						

## Müllprobe

feucht lufttrocken  
Gesamtgewicht 34.400 kg 33.000  
Wasserverlust =  $\frac{34.400-33.0}{34.400} = 4.08\%$  (= 4.25% vom lufttrock. Müll)

## Analyse der Ofenschlacke:

H<sub>2</sub>O = 1.40 %  
H = 0.40 %  
C = 19.60 %  
Asche = 77.90 %  
S = 0.70 %  
100.00 %

Heizwert = 8100 · 0.2657 + 29000 · 0.0035 + 4000 · 0.0122 — 600 · 0.0476  
= 2271 Cal/kg für das lufttrockne Müll  
= 2271 — 600 · 0.0425  
1.0425  
= 2150 Cal/kg für das feuchte Müll



dann in Prozenten auf 1 kg Gesamtmüll verrechnet, und hieraus in bekannter Weise (siehe Tab. I—IX) der Heizwert für 1 kg Brennmaterial rechnerisch ermittelt.

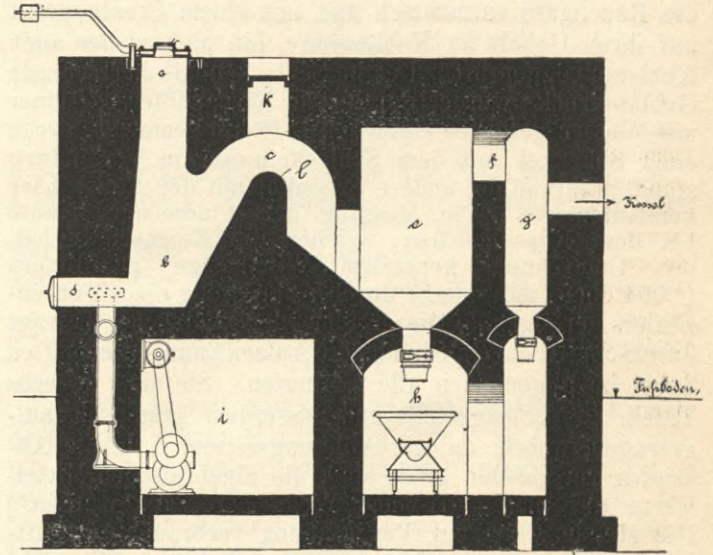
Zur Ermittlung des Kohlenstoffs in der Schlacke wurde das Rückstandsgut, das sich bei einem Versuch ergeben hatte, gewogen. Dieses Gesamtquantum wurde dann umgeschaufelt und jede zehnte Schaufel als Probe zur Seite gelegt. Die Gesamtheit dieser Schaufeln wurde durch Teilung auf ein Gewicht von etwa 40 kg reduziert. Diese Schlackenprobe ist dann im chemischen Laboratorium zerkleinert und aus dem bei der kontinuierlichen Probeentnahme entstehenden pulverisierten Material in analoger Weise durch Verbrennung im Sauerstoffstrom der Kohlenstoff und der Wasserstoff bestimmt worden. Die Analysen der Schlacken befinden sich bei den zugehörigen Müllanalysen in Tab. I—IX.

Es ist wiederholt von Praktikern bezweifelt worden, dass dieser theoretische Heizwert des Mülls irgend eine praktische Bedeutung haben könne. Es muss jedoch als empirisch erwiesen betrachtet werden, dass es ohne weiteres möglich ist, auf dem vorbeschriebenen Wege zu einem faktischen Wert des Wärmeinhaltes des Mülls zu gelangen. Die an verschiedenen Tagen entnommenen Proben eines vielstündigen Verbrennungsversuches haben, wie die Analysen 1—6 zeigen, nicht nur annähernd gleichen Heizwert, sondern auch die physikalische und die chemische Zusammensetzung der Einzelbestandteile ist keineswegs derartig schwankend, dass man auf bei der Probenahme gemachte Fehler schliessen könnte. Die geringeren Schwankungen des Heizwertes der verschiedenen Müllproben sind in der Eigenart dieses Materials begründet, welches täglich seine Beschaffenheit ändert.

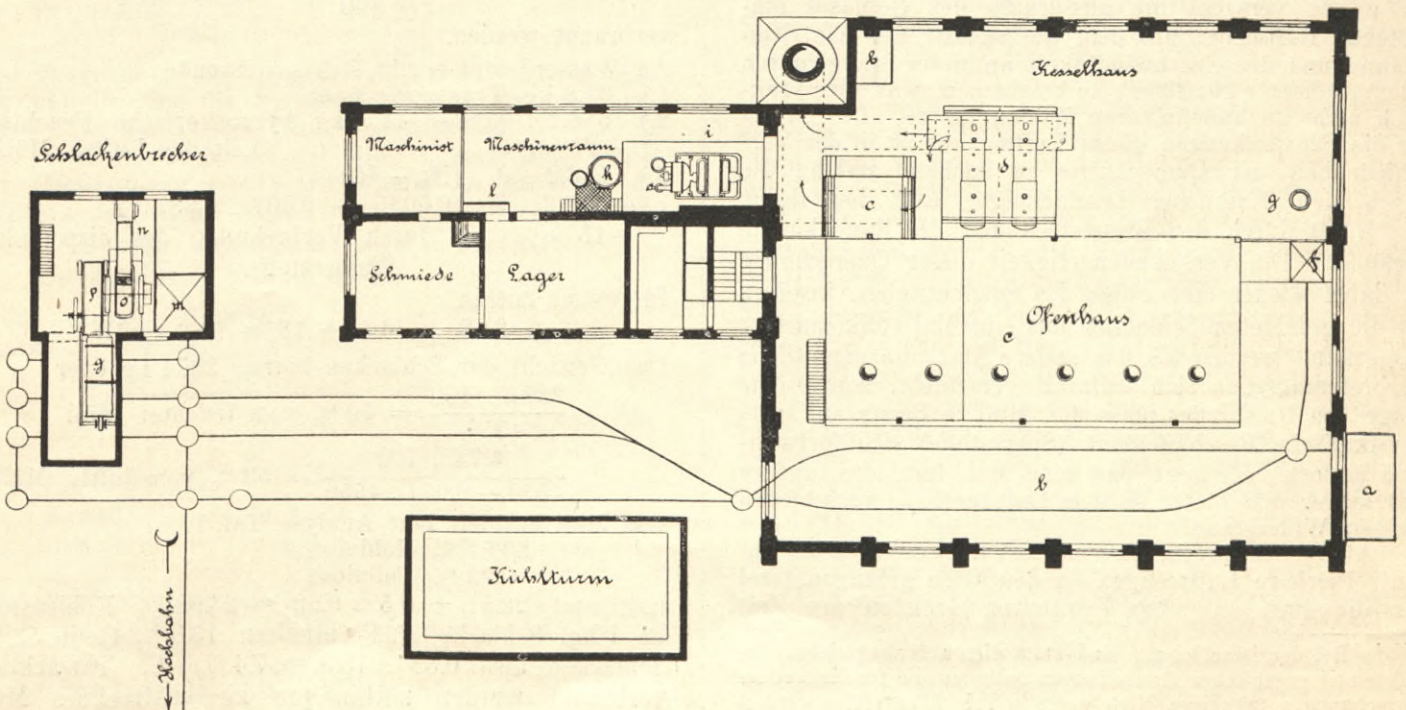
Versuche in der Verbrennungsanstalt zu Wiesbaden.

Diese Anstalt enthält sechs Ofenzellen nach System Dörr, ausgeführt von der Stettiner Chamottefabrik vormals Didier Akt.-Ges. Stettin. Das spezifische Merkmal dieses Ofens ist der etwa 3 m hohe Schacht a und dementsprechend eine bei der Bedienung übliche hohe Beschickung. Ein weiteres Merkmal ist das Fehlen jeglicher feuerberührter Eisenteile, das Ziegelmauerwerk

ist vielmehr an sämtlichen hoch temperierten Stellen mit feuerfestem Chamottmaterial ausgekleidet. Statt eines eisernen Rostes hat der Ofen eine ebenfalls aus Chamotte bestehende Verbrennungssohle. b ist der eigentliche Verbrennungsraum, d der nach aussen luftdicht abschliessbare Schlackenhal, welcher zum Ausräumen der Schlacke dient. In denselben münden die vom Gebläse herkommenden Luftkanäle. c ist der Gasabzugskanal, k eine Öffnung zum Reinigen der Brücke l. Da sich bei der Verbrennung bedeutende Mengen Flugasche bilden, welche mit den Verbrennungsgasen abziehen



und sich an den Wasserröhren des Dampfkessels ablagern und dadurch in kurzer Zeit eine bedeutende Verminderung des Kesselwirkungsgrades herbeiführen würden, so ist bei e eine besondere Flugstaubkammer angeordnet, aus welcher der Flugstaub zeitweise durch die Öffnung h entfernt werden kann. Durch f gelangen die Verbrennungsgase in einen sämtliche Zellen verbindenden Rauchkanal g, welcher ebenfalls eine Öffnung zum Abziehen der Flugasche besitzt und von dem die einzelnen Zellen durch Schieber abgeschaltet werden können. Von hier aus treten die Rauchgase unter den





Kessel und verlassen die Anstalt durch den Fuchs und den Kamin. Vor dem Fuchs ist in dem Rauchabzugskanal ein Vorwärmer eingebaut. Die Verbrennungsluft wird durch ein Kapselgebläse in den Ofen gepresst, während die Rauchgase durch den Unterdruck des Kamins abgezogen werden. Das Einbringen des Mülls geschah, wie bereits eingangs erwähnt, in zeitlich getrennten einzelnen Beschickungen. Unmittelbar vor jeder Beschickung wurde geschlackt und während dieser Zeit das Gebläse abgestellt. Die Temperatur der Rauchgase wurde durch ein elektrisches Pyrometer nach Le Chatelier an der Stelle e gemessen. Hier wurden auch die Rauchgase entnommen und mit einem Orsatapparat auf ihren Gehalt an Kohlensäure, hin und wieder auch Kohlenoxyd, geprüft. Der im Schlackenhalsherrschende Gebläsedruck wurde durch die Niveaudifferenz einer mit Wasser gefüllten einfachen U-Röhre gemessen, deren einer Schenkel mit dem Schlackenraum in Verbindung stand, während der andere Schenkel mit der Atmosphäre kommunizierte. Die Messung der Windmenge konnte bei dem Kapselgebläse, welches die Eigenschaft hat, pro Umdrehung konstante Windmenge zu liefern (0,094 cbm/Umdrehung) durch Anbringung eines Tourenzählers erfolgen. Die Dauer der Versuche beträgt durchschnittlich  $7\frac{1}{2}$  Stunde, die Aufzeichnungen erfolgten dabei im allgemeinen alle 5 Minuten. Sie sind in sechs Tafeln zusammengestellt und ausserdem graphisch aufgetragen, wobei, da die Ablesungszeiten, d. h. die Abzissen verschieden gross sind, die algebraischen Mittelwerte auf planimetrischem Wege berechnet wurden.\*) Die Messung der zur Verbrennung verbrauchten Luftmenge durch die Umdrehungen des Gebläses hat praktisch, wie die Versuche zeigen, zu keinem brauchbaren Ergebnis geführt. Das war natürlich zu erwarten, da während des Stillstandes des Gebläses, d. h. beim Schlacken und Beschicken Verbrennungsluft von aussen her durch Schlackentür und Beschickungsöffnung in den Ofen eintritt, welche natürlich nicht durch den Tourenzähler gemessen wurde. Da jedoch diese Zeit des Gebläsestillstandes nur zwischen 33% und 37% der gesamten Versuchsdauer schwankt, so müsste die Differenz zwischen der tatsächlich verbrauchten Luftmenge und der durch das Gebläse gemessenen ebenfalls einigermaßen konstant sein. Das ist aber nicht annähernd der Fall. Es wurde versucht die ausserhalb des Gebläses eintretende Luftmenge aus dem Querschnitt der Eintrittsöffnung und der Geschwindigkeit an dieser Stelle (durch Pneumometer gemessen) zu bestimmen, was aber praktisch nicht zu annehmbaren Zahlen führte. Der Grund für die Schwankungen dieser Luftmengen ist in der Verschiedenheit der Querschnitte zu suchen, welche die durch den Kaminzug beschleunigte Luft bei ihrem Durchtritt durch den Brennstock und die Rauchkanäle vorfindet. Die Verschiedenartigkeit dieser Querschnitte ist dabei wieder eine Folge des Ofenbetriebes, insofern als die gebildeten Schlacken das eine Mal vollkommener ausgeräumt werden als das andere Mal, die eigentliche Verbrennungszone sich dadurch verschiebt, sowie eine Folge des Umstandes, dass das Müll in Bezug auf seine physikalische Beschaffenheit (Sperrstoffe) sich fortwährend ändert. Es liegt das eine Mal fest, das andere Mal locker und bietet so dem Luftdurchzug verschieden grossen Widerstand.

Abgesehen davon, dass ausserhalb des Gebläses unkontrollierbare Luftmengen in den Ofen gelangen, und dass dieselben aus oben erwähnten Gründen pro Zeit

\*) Bei der Drucklegung sind statt dieser umfangreichen Tabellen und graphischen Darstellungen lediglich die für die weitere Verrechnung notwendigen Mittelwerte in Tab 20 angeführt worden.

Einheit sehr schwanken, so ist die Bestimmung der eingepressten Gebläseluft selbst durch Multiplikation der Gebläseumdrehungszahl mit einer Konstanten (in diesem Falle 0,094, von der Firma angegeben), auch nicht angingig. Es werden mit zunehmendem Winddruck im Schlackenhalsherrschende Verluste durch Undichtigkeiten der Leitungen stark zunehmen, der volumetrische Wirkungsgrad des Gebläses aber wird abnehmen, besonders nach längerer Betriebsdauer, sodass die Zahl 0,094, oder die Leistung des Gebläses pro Umdrehung keine Konstante, sondern wesentlich vom Druck abhängig ist.

Die Leistung des Gebläses pro Zeiteinheit ist erst recht nicht konstant, da dasselbe von Drehstrommotor angetrieben wird und infolgedessen die Tourenzahl mit steigendem Winddruck abnimmt.

Die Messung der zur Verbrennung tatsächlich in den Ofen gelangten Luft ist also an eine ganze Anzahl bedingende Faktoren geknüpft, die grösstenteils praktisch nicht bestimmt werden können, sodass nichts übrig blieb, als auch hier die bekannte Methode der Berechnung der Luftmenge aus der Brennstoff- und der Gasanalyse anzuwenden.

Es soll nun an dem Versuch Nr. 1 als Beispiel der Rechnungsgang erläutert werden. Für die übrigen Versuche sind lediglich die Rechnungsergebnisse in Tab. 20 zusammengestellt.

Nach Tab. 1 dauerte der Versuch von  
 $10^s - 5^{53} = 7 \text{ Std. } 45^1$ .

In dieser Zeit wurde 13 mal beschickt. Jede Beschickung wiegt 350 kg. Mithin sind insgesamt verbrannt worden.

$$350 \cdot 13 = 4550 \text{ kg, oder}$$

$$\frac{350 \cdot 13}{7,75} = 588 \text{ kg pro Std.}$$

Das Gewicht der Müllprobe betrug unmittelbar nach dem Versuch 46,5 kg, nach dem Transport und der Trocknung an der Luft noch 44 kg, der Feuchtigkeitsverlust beträgt mithin

$$46,5 - 44 = 2,5 \text{ kg}$$

$$= 5,4 \% \text{ vom feuchten Müll}$$

$$= 5,7 \% \text{ vom lufttrocknen Müll}$$

Von dem analysierten Material sind also nur

$$588 - \frac{588 \cdot 5,4}{100} = 556,2 \text{ kg pro Std.}$$

verbrannt worden.

An Wasserdampf ergibt sich pro Stunde

- 1.) 31,8 kg Transportwasser
- 2.)  $556,2 \cdot 0,08 = 44,5 \text{ kg}$  hygroskopische Feuchtigkeit des Lufttr. Mülls.
- 3.)  $556,2 \cdot 9 \cdot (H_m - H_s)$   
 $= 556,2 \cdot 9 \cdot (0,0035 - 0,001 \cdot 0,53)$   
 $= 15 \text{ kg}$  durch Verbrennung des disponiblen Wasserstoffs.

Insgesamt mithin

$$31,8 + 44,5 + 15 = 91,3 \text{ kg}$$

Das Gewicht der Schlacken betrug 2274 kg oder

$$\frac{2274 \cdot 100}{4550} = 50 \% \text{ vom feuchten Müll}$$

$$\frac{2274 \cdot 100}{4550 - 0,054 \cdot 4550} = 53 \% \text{ vom lufttr. Müll}$$

Das Müll enthielt laut Analyse Taf. I

23,51 % Kohlenstoff  
 0,93 % Cellulose

insgesamt  $23,51 + 0,5 \cdot 0,93 = 23,98 \%$  Kohlenstoff. In 1 kg. Schlacke sind enthalten 13,9 % C, in 53 % Schlacken also  $0,53 \cdot 13,9 = 7,4 \%$  C. Tatsächlich verbrannt wurden mithin pro kg lufttrocknes Müll



23,98 — 7,4 = 16,58 % Kohlenstoff. Der Heizwert des lufttrocknen Mülls ist nach Tab. 1  $H_1 = 1991$  Cal/kg.

Es sind aber für jedes kg analysierten Materials 5,7 % oder 0,057 kg Wasser verdampft, die den Heizwert um  $0,057 \cdot 600 = 34,2$  Cal/kg herunterdrücken, sodass der Heizwert von 1,057 kg feuchtem Müll  $1991 - 34,2$

1 kg " " "  $\frac{1991 - 34,2}{1,057} = 1855$  Cal be-

trägt. Die Anzahl der Gebläseumdrehungen ist nach Tabelle \*)  $73279 + (100000 - 999627) = 73652$ .

Die geförderte Luftmenge

$$= \frac{0,094 \cdot 73652}{7,75} = 890 \text{ cbm/Std.}$$

$$= \frac{890}{556,2} = 1,6 \text{ cbm/kg lufttr. Müll}$$

Der mittlere Winddruck ist als algebraisches Mittel nach Tab. \*) zu 191 mm WS ermittelt worden. Aus der Gas- und der Brennstoffanalyse ergibt sich die tatsächlich verbrauchte Luftmenge wie folgt: Der  $\text{CO}_2$  Gehalt der Rauchgase betrug im Mittel 11,0 % also ist der Luftüberschusscoefficient

$$v = \frac{21}{21 - 79 \frac{O}{N}}$$

$$v = 19 - 11 = 8 \% \quad N = 100 - 19 = 81 \% \\ v = 1,59$$

Die theoretisch erforderliche Luftmenge berechnet sich nach der Formel

$$L_1 = \frac{8/3 \cdot C + 8 \cdot H + S - O}{0,275} \text{ cbm bei } 15^\circ\text{C, 1 At}$$

$$C = 16,58 \% \quad H = H_m - H_s = 0,35 - 0,53 \cdot 0,01 \\ S = 1,0 \% \text{ angenommen. } O = 3,07 - (N + S)$$

$$L_1 = \frac{0,466}{0,275} = 1,70 \text{ cbm}$$

Die tatsächlich verbrauchte Luftmenge ist also

$$L = L_1 \cdot v = 1,70 \cdot 1,59 = 2,70 \text{ cbm/kg lufttr. Müll.}$$

Die von 1 kg lufttr. Müll herrührende Rauchgasmenge ist

$$G = \text{CO}_2 + N + O + \text{H}_2\text{O}$$

$$\text{CO}_2 = 11/3 \cdot 16,58 \cdot 0,555 = 0,337 \text{ cbm/kg}$$

$$N + O = \frac{0,337 \cdot 89}{11,0} = 2,73 \text{ " "}$$

$$\text{H}_2\text{O} = \frac{91,3 \cdot 1,36}{556,2} = 0,223 \text{ " "}$$

Zur Berechnung der spezifischen Wärme der Rauchgasbestandteile sind die Tabellen von Le Chatelier verwendet worden, wobei die Temperatur der Abhitze für alle Versuche im Mittel mit  $1000^\circ\text{C}$  eingesetzt wurde. Zur Bestimmung des Wärmehalts ist natürlich die mittlere spezifische Wärme der Gase zwischen  $0^\circ$  und  $1000^\circ$ , nicht die tatsächliche, benutzt worden.

Die spezifische Wärme ist für

$$\text{CO}_2 = 0,188 + 0,000167 \cdot \frac{t}{2}$$

$$t = 1000^\circ\text{C} \\ = 0,188 + 0,0835 = 0,272 \text{ Cal/kg} \\ = 0,272 \cdot 1,81 = 0,492 \text{ Cal/cbm} \\ (15^\circ\text{C, 1 Atm.)}$$

Die spezifische Wärme ist für

$$N \text{ und } O \dots = 0,234 + 0,000042 \cdot \frac{t}{2} \\ = 0,26 \cdot 1,2 = 0,31 \text{ Cal/cbm}$$

$$\text{H}_2\text{O} \dots = 0,423 + 0,000364 \cdot \frac{t}{2} \\ = 0,61 \cdot 0,74 = 0,45 \text{ Cal/cbm}$$

\*) Vergl. Note auf vorstehender Seite.

Die spezifische Wärme des Rauchgasvolumens  $G$  ist mithin

$$c_p = \frac{0,34 \cdot 0,492 + 2,73 \cdot 0,31 + 0,223 \cdot 0,45}{3,3} = 0,34$$

folglich beträgt der Wärmewert der Abhitze

$$Q = 3,3 \cdot 556,2 \cdot 0,34 \cdot (940 - 15) = 580000 \text{ Cal/Std.}$$

Die durch das Brennmaterial zugeführte Wärmemenge ist  $Q_1 = 1855 \cdot 588 = 1090000$  Cal/Std.

Der Wirkungsgrad der Feuerung mithin

$$\frac{Q}{Q_1} = \frac{580000 \cdot 100}{1090000} = 53 \%$$

Der Verlust durch unverbrannten Kohlenstoff ist

$$V_c = \frac{556,2 \cdot 7,4 \cdot 8100}{1090000} = 30,5 \%$$

Der Verlust durch Schlackenwärme ist

$$V_s = \frac{556,2 \cdot 53 \cdot c \cdot t}{1090000} = 3,3 \%$$

$c = 0,2$  = spezifische Wärme der Schlacken

$t = \text{ca. } 600^\circ\text{C}$  = Temperatur der Schlacken, mit der diese den Ofen verlassen.

Für Strahlung verbleiben mithin

$$V_{st} = 100 - (53 + 30,5 + 3,3) = 13,2 \%$$

Versuche in der Verbrennungsanstalt zu Kiel.

Diese Anstalt enthält Verbrennungsöfen nach dem System der Firma Herbertz in Cöln. Es ist dies eine von der vorhergehenden prinzipiell verschiedene Ofenkonstruktion. Als Verbrennungssohle ist hier ein aus Stahlguss gefertigter hohler kastenförmiger Rost eingebaut, der auf seiner oberen, dem Feuer zugekehrten Seitenfläche eine Anzahl Öffnungen besitzt, durch welche die Gebläseluft dem Feuer zugeführt wird, indem diese Luft den Rost kühlt und sich selbst vorwärmt. Die beiden Seitenwände der Feuerung, sowie die den Feuerraum nach hinten abschliessende Brücke sind ebenfalls aus stählernen Hohl-gusskörpern angefertigt. Die Seitenwände enthalten, ebenso wie die Grundplatte Luftzuführungsöffnungen. Je 6 solcher Zellen münden in einen in der Mitte dahinter angeordneten kurzen Rauchkanal, an welchem der Kessel angebaut ist. Sie bilden einen selbständigen Ofenblock mit dazu gehöriger Dampfkesselanlage.

Das Müll wird in geschlossenen cylindrischen Gefässen zur Anstalt gebracht, vermittels einer Rampe (Steigung 1:20) auf die über den Ofenöffnungen befindliche Plattform gefahren und durch staubdichte Fülltrichter in einen ca. 60 cbm fassenden Sammelbehälter, den sogenannten Bunker entleert, von wo es mit geeigneten Eisen in einen über der Herdplatte angeordneten mit Klappe verschliessbaren niedrigen Schacht gestopft wird. Bei der Beschickung wird dieses eingestopfte Quantum von dem an der Schlackentür beschäftigten Ofenarbeiter vermittels Umlegen dieser Klappe auf das Feuer gebracht und hier mit einem geeigneten Eisen gleichmässig über die Herdplatte verteilt. 5—6 solcher Beschickungen werden in gleichen Zeitabständen auf die Herdplatte gebracht und dann der gebildete Schlackenkuchen entfernt. Die Dimensionen sind so gewählt, dass jede dieser 6 Zellen in einer Stunde einmal ausgeräumt wird, wobei die oberste Schicht zurückgeschoben und nach dem Entfernen der Schlacken zum Anfeuern der nächsten Beschickung wieder auf die Herdplatte verteilt werden muss.

Den Erfahrungen in Wiesbaden Rechnung tragend, wonach die Bestimmung der Verbrennungsluftmenge durch die Leistung des Gebläses nicht möglich ist, wurde von einer Kontrollierung derselben auf diesem Wege



überhaupt abgesehen, umso mehr, als es sich in dem Falle um einen Ventilator handelt, dessen Windförderung wegen der Abhängigkeit vom Gegendruck sehr schwer gemessen werden kann. Es ist auch hier wieder der CO<sub>2</sub> Gehalt der Rauchgase durch den Orstapparat sowie

deren Temperatur vor dem Kessel mit dem elektrischen Pyrometer bestimmt worden. Obwohl ein eigentlicher Verdampfungsversuch zur Bestimmung des Feuerungswirkungsgrades nichts beiträgt, wurde der Vollständigkeit halber gleichzeitig ein solcher vorgenommen, nament-

Kiel, 17. 8. 08. Versuch Nr. 7.

Tab. VII.

Mechanische Analyse		Chemische Analyse							Umrechnung auf 1 kg Gesamt-Müll						
Bestandteile	Ge- wicht	Hygr. wasser	Asche	Kohlen- stoff	Wasserstoff		S+N+O	Zellulose Holz- stoff etc.	Hygr. wasser	Asche	Kohlen- stoff	Wasserstoff		S+N+O	Zellulose Holz- stoff etc.
	%	%	%	%	verbrl. %	un- verbrl. %	%	%	%	%	%	verbrl. %	un- verbrl. %	%	%
Feinmüll . . . . .	44.30	8.24	71.37	13.55	0.26	0.51	6.07	—	3.65	31.62	6.00	0.12	0.23	2.69	—
Grobmüll . . . . .	20.83	11.35	47.32	33.46	0.37	0.61	6.89	—	2.36	9.85	6.97	0.08	0.13	1.44	—
Kohle, Koks u. Schlacken .	7.22	3.78	51.56	38.60	0.73	0.37	4.96	—	0.27	3.72	2.79	0.05	0.03	0.36	—
Lumpen . . . . .	1.43	14.50	27.30	—	—	—	—	58.20	0.21	0.39	—	—	—	—	0.83
Knochen u. tierische Abfälle .	1.53	8.30	59.30	—	—	—	—	32.40	0.13	0.91	—	—	—	—	0.5
Gemüseabfälle . . . . .	2.74	31.00	15.80	—	—	—	—	53.20	0.85	0.43	—	—	—	—	1.48
Papier . . . . .	13.11	13.10	33.70	—	—	—	—	53.20	1.72	4.40	—	—	—	—	6.96
Holz u. Stroh . . . . .	1.83	9.60	3.20	—	—	—	—	87.20	0.18	0.06	—	—	—	—	1.58
Steine, Glas, Porzellan . .	6.40	—	100.00	—	—	—	—	—	—	6.40	—	—	—	—	—
Metall . . . . .	0.61	—	100.00	—	—	—	—	—	—	0.61	—	—	—	—	—
Summe:	100.00								9.37	58.39	15.76	0.25	0.39	4.49	11.35
									100.00						

## Müllprobe

Analyse der Ofen-  
schlacke:

feucht	lufttrocken	H <sub>2</sub> O = 1.00%	Heizwert = 8100 · 0.1576 + 29000 · 0.0025 + 4000 · 0.1135 — 600 · 0.0937
Feinmüll 25.350 kg	21.800 kg	C = 5.88%	= 1749 Cal/kg für das lufttrockene Müll
Restmüll 35.150 kg	27.400 kg	Asche = 92.39%	= 1749 — 600 · 0.23
60.500 kg	49.200 kg	H = 0.10%	= 1.23
		S = 0.63%	= 1310 Cal/kg für das feuchte Müll

$$\text{Wasserverlust: } \frac{60.500 - 49.200}{60.500} = 18.7\% \quad (= \frac{60.500 - 49.200}{49.500} = 23\% \text{ vom lufttrock. Müll})$$

Kiel, 18. 8. 08. Versuch Nr. 8.

Tab. VIII.

Mechanische Analyse		Chemische Analyse							Umrechnung auf 1 kg Gesamt-Müll						
Bestandteile:	Ge- wicht	Hygr. Wasser	Asche	Kohlen- stoff	Wasserstoff		S+N+O	Zellulose Holz- stoff etc.	Hygr. Wasser	Asche	Kohlen- stoff	Wasserstoff		S+N+O	Zellulose Holz- stoff etc.
	%	%	%	%	verbrl. %	un- verbrl. %	%	%	%	%	%	verbrl. %	un- verbrl. %	%	%
Feinmüll . . . . .	40.70	8.85	69.30	14.24	0.30	0.60	6.71	—	3.60	28.20	5.79	0.12	0.24	2.72	—
Grobmüll . . . . .	15.70	10.50	44.83	35.64	0.36	0.74	7.93	—	1.65	7.04	5.60	0.04	0.12	1.25	—
Kohle, Koks u. Schlacken .	7.15	4.70	49.16	40.87	0.72	0.30	4.25	—	0.30	3.51	2.92	0.05	0.02	0.30	—
Lumpen . . . . .	2.17	13.60	22.80	—	—	—	—	63.60	0.29	0.50	—	—	—	—	1.38
Knochen u. tierische Abfälle .	0.62	11.20	56.70	—	—	—	—	32.10	0.07	0.35	—	—	—	—	0.20
Gemüseabfälle . . . . .	5.12	26.00	20.20	—	—	—	—	53.80	1.33	1.03	—	—	—	—	2.75
Papier . . . . .	14.90	30.80	26.50	—	—	—	—	42.70	4.60	3.95	—	—	—	—	6.35
Holz u. Stroh . . . . .	2.48	11.50	4.20	—	—	—	—	84.30	0.29	0.14	—	—	—	—	2.10
Steine, Glas, Porzellan . .	8.75	—	100.00	—	—	—	—	—	—	8.75	—	—	—	—	—
Metall . . . . .	2.41	—	100.00	—	—	—	—	—	—	2.41	—	—	—	—	—
Summe:	100.00								12.13	55.91	14.31	0.21	0.38	4.28	12.78
									100.00						

## Müllprobe

Analyse der  
Ofenschlacke:

feucht	lufttrocken	H <sub>2</sub> O = 0.60%	Heizwert = 8100 · 0.1431 + 29000 · 0.0021 + 4000 · 0.1278 — 600 · 0.1213
Feinmüll 15.150 kg	13.180 kg	C = 3.70%	= 1660 Cal/kg für das lufttrockene Müll
Restmüll 24.100 kg	19.100 kg	H = 0.08%	= 1660 — 600 · 0.216
39.250 kg	32.280 kg	S = 94.89%	= 1.216
		Asche = 0.73%	= 1258 Cal/kg für das feuchte Müll
		100.00%	

$$\text{Wasserverlust} = \frac{39.250 - 32.280}{39.250} = 17.7\% \quad (= 21.6\% \text{ vom lufttrock. Müll})$$



Mechanische Analyse		Chemische Analyse							Umrechnung auf 1 kg Gesamt-Müll						
Bestandteile:	Ge- wicht	Hygr. Wasser	Asche	Kohlen- stoff	Wasserstoff		SN + O	Zellulose Holz- stoff etc.	Hygr. Wassar	Asche	Kohlen- stoff	Wasserstoff		S + N + O	Zellulose Holz- stoff etc.
	%	%	%	%	verbrl.	un- verbrl.	%	%	%	%	%	verbrl.	un- verbrl.	%	%
Feinmüll . . . . .	71.14	8.50	69.34	15.13	0.34	0.52	6.17	—	6.05	49.32	10.76	0.24	0.37	4.39	—
Grobmüll . . . . .	9.66	9.21	44.42	37.45	0.50	0.71	7.71	—	0.89	4.29	3.62	0.05	0.07	0.74	—
Kohle, Koks u. Schlacken .	4.83	2.40	55.83	35.65	0.82	0.37	4.93	—	0.12	2.70	1.72	0.04	0.02	0.22	—
Lumpen . . . . .	0.42	11.80	24.30	—	—	—	—	63.90	0.05	0.12	—	—	—	—	0.27
Knochen u. tierische Abfälle .	0.75	4.80	60.00	—	—	—	—	35.20	0.04	0.45	—	—	—	—	0.26
Gemüseabfälle . . . . .	2.00	31.50	18.60	—	—	—	—	49.90	0.63	0.37	—	—	—	—	1.00
Papier . . . . .	5.68	19.80	42.70	—	—	—	—	37.50	1.12	2.43	—	—	—	—	2.13
Holz u. Stroh . . . . .	0.69	5.70	6.50	—	—	—	—	87.80	0.04	0.05	—	—	—	—	0.60
Steine, Glas, Porzellan . . .	4.29	—	100.00	—	—	—	—	—	—	4.29	—	—	—	—	—
Metall . . . . .	0.54	—	100.00	—	—	—	—	—	—	0.54	—	—	—	—	—
Summe:	100.00								8.94	64.56	16.10	0.33	0.46	5.35	4.26
									100.00						

Müllprobe

	feucht	lufttrocken
Feinmüll	78.700 kg	66.300 kg
Restmüll	34.500 kg	26.850 kg
<b>Summe</b>	<b>113.200 kg</b>	<b>93.200 kg</b>

Analyse der Ofenschlacke:

H <sub>2</sub> O	= 1.10%
H	= 0.03%
C	= 4.07%
Asche	= 94.20%
S	= 0.60%

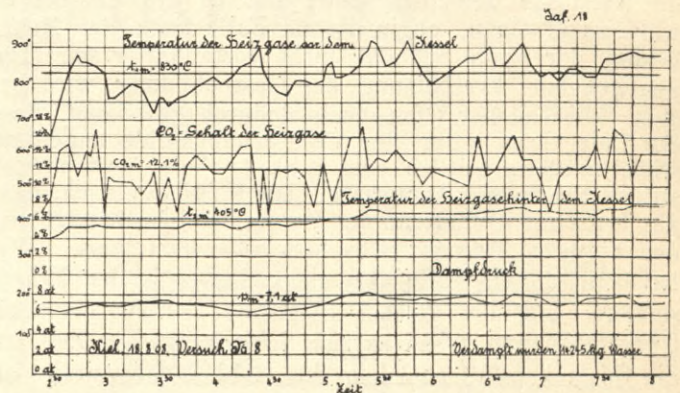
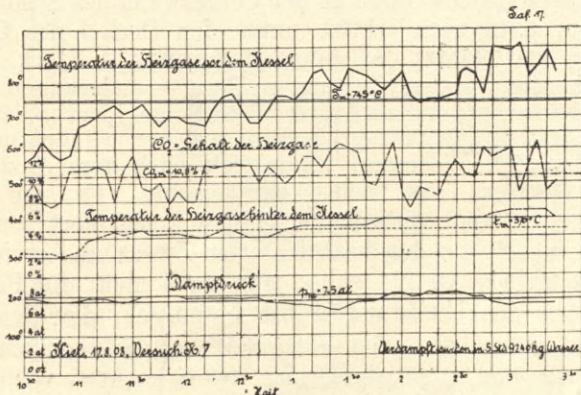
Heizwert = 8100 · 0.161 + 29000 · 0.0033 + 4000 · 0.0426 - 600 · 0.0894  
 = 1502 Cal/kg für das lufttrockene Müll  
 = 1502 - 600 · 0.215  
 = 1.215  
 = 4130 Cal/kg für das feuchte Müll

Wasserverlust =  $\frac{113.2 - 93.2}{113.2} = 17.6\%$  (= 21.5% vom lufttrock. Müll)

lich da die erforderlichen Instrumente vorhanden und sonstige Mühseligkeiten mit dem Verdampfungsversuch nicht verbunden waren. Die Versuchsdaten sind in den Taf. 17—19 graphisch aufgetragen, die Analysen des Mülls befinden sich auf Taf. 7—9.\*

Ein Blick auf die Verbrennungsergebnisse der Tab. 20 lässt erkennen, dass der Unterschied der Zahlen für den Feuerungswirkungsgrad des Wiesbadener- und des Kielerofensystems bedingt ist durch die Verschiedenheit des Gehaltes an unverbranntem Kohlenstoff in der Schlacke, während die Verluste durch Strahlung und

schlackten unteren Partien der Beschickung durch ihr Zusammenbacken der von unten herkommenden Luft den Durchgang erschweren werden, so dürfte bei der geringen gesamten Schichthöhe (40 cm) und dem vorhandenen Gebläsedruck (100 mm WS) dennoch genügend Luft nach den oberen Partien gelangen. Ausserdem wird noch Luft von den Seitenwänden her zugeführt, deren Öffnung in der jeweiligen Verbrennungszone natürlich frei sind. Schliesslich wird die zuletzt aufgebrauchte Schicht wie bereits erwähnt, nach dem Schlacken



Schlackenwärme nahezu gleich sind. Das führt nun ohne weiteres auf die Betrachtung der Art der Luftzuführung sowie der Bedienung der beiden Ofensysteme.

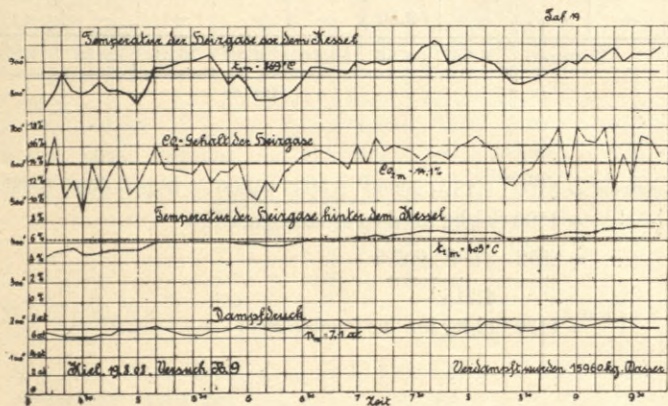
In Kiel wird das Müll in mehreren zeitlich getrennten niedrigen Schichthöhen von ca. 8 cm auf die Herdplatte gebracht. Die Luft tritt durch eine Anzahl auf der Herdplatte verteilter Öffnungen unmittelbar unter die Brennstoffschicht und wird dieselbe gleichmässig durchdringen. Wenn auch die allmählich ver-

zum Anfeuern der nächsten Beschickung verwendet Sie kommt dann auf die gereinigte Herdplatte und hat Gelegenheit nun vollkommen durchzubrennen. Die Luftzuführung muss eine gute genannt werden, wofür auch der geringe Kohlenstoffgehalt der Schlacken spricht. Der sehr hohe Kohlenstoffgehalt in der Schlacke des Wiesbadener Ofens findet seine Erklärung in einer schlechten Bedienung des Ofens, soweit es sich um das Schlackenziehen und das Beschicken handelt, ferner aber in der unzuweckmässigen Dimensionierung des Schachtes sowie in der Art der Luftzuführung. Es ist eine bei allen Schachtöfen bekannte Erscheinung, dass

\*) Die Resultate weiterer Verbrennungsversuche in der Müllverbrennungsanstalt zu Hamburg durften nicht veröffentlicht werden.



die Verbrennungsluft den Schacht nicht gleichmässig durchzieht, sondern vorwiegend in den Ecken des quadratischen oder rechteckigen Schachtes aufsteigt und sogenannte Gassen bildet. Die Erklärung dieser Erscheinung liegt darin, dass das Material beim Einbringen und beim allmählichen Absinken in die Verbrennungszone in den Ecken des Schachtes eine grössere Reibung findet, dadurch an diesen Stellen lockerer liegt, sodass der Luft hier ein geringerer Widerstand sich bietet als in der Mitte des Brennstockes. Man kann diesen Übelstand herabmindern, indem man von Zeit zu Zeit diese Gassen mit Material aus der Mitte zuspöft, was immerhin eine Störung des Betriebes bedeutet und als ein Notbehelf bezeichnet werden muss. Es wäre daher zweckmässiger, dem Schacht einen runden Querschnitt zu geben. Der Grund jedoch dafür, dass man diese



Querschnittsform bei Gasöfen oder Generatoren fast niemals ausführt, liegt in den durch diese Querschnittsform bedingten Mehrkosten des Schachtes. Bei Gasöfen ist diese unerwünschte Erscheinung der Gassenbildung immerhin von geringerer Bedeutung, da der Brennstock im allgemeinen infolge seiner sperrigen Beschaffenheit dem Luftdurchtritt einen viel kleineren Widerstand entgegengesetzt, als das bei dem bedeutend dichter liegenden Müll der Fall ist. Die Gassenbildung ist daher in dem mit Müll beschickten Schacht eine viel intensivere, die Nachteile derselben daher um so grösser und es wäre zu erwägen, ob in diesem Falle trotz der Mehrkosten der runde Schacht nicht vorteilhafter sei. Die unangenehme Erscheinung der Gassenbildung wird bei dem Wiesbadener Ofen noch dadurch gesteigert, dass die Luft nicht unter der Verbrennungssohle zugeführt wird, sondern seitlich vom Schlackenhalsherkommend an den Brennstock herantritt. Die Folge davon ist, dass die Luft unmittelbar an der Vorderwand hochsteigt und den hinteren Teil des Schachtes unberührt lässt. Wir haben in diesem Falle also nicht Gassen in den Ecken, sondern auf der ganzen Breitseite der Vorderwand. Öffnet man nun, wenn es zum Schlackenziehen Zeit ist, die Schlackentür, nachdem das Gebläse abgestellt ist, so zeigt sich ein sehr guter Schlackenfluss d. h. der Beweis einer intensiv stattgefundenen Verbrennung, die jedoch aus oben erwähnten Gründen nur an der Vorderseite des Schachtes eintritt, während hinter diesen Schlacken unverbranntes Material liegt, welches der Ofenarbeiter mit den Schlacken naturgemäss teilweise herausbefördert. Es kommt ferner häufig vor, dass beim Schlacken der Brennstock in die durch die Luft gebildete vordere Gasse abstürzt, die Schlackentür erreicht und eine erhebliche Staubbelästigung verursacht. Damit der Arbeiter weiter schlacken kann, muss natürlich auch dieses unverbrannte Material zunächst entfernt werden. Obwohl ich wiederholt konstatiert habe,

dass die grösseren gutgesinterten Schlackenkuchen nicht frei von Kohlenstoff sind, sondern dass in ihnen Koks und Kohlestückchen eingeschlossen sind, so rührt der sehr hohe Kohlenstoffgehalt des gesamten Schlackenmaterials doch fast ausschliesslich von den feineren Bestandteilen der Schlacke her d. h. der Asche. Diese Asche ist jedoch grösstenteils kein durchgebranntes Material, sondern beim Schlacken mit entferntes Feinmüll, das, wie die Müllanalysen zeigen, ca. 20 % Kohlenstoff enthält. Mit dieser Art der Luftzuführung ist noch ein anderer Übelstand verknüpft. Der Schlackenhals ist von dem eigentlichen Schacht durch einen Mauerwerksbogen aus feuerfestem Chamotte getrennt. An diesem Bogen vorbei steigt die Verbrennungsluft vom Schlackenhals herkommend nach oben und es bildet sich unmittelbar in der Nähe dieses Bogens die heisseste Verbrennungszone, sodass an dieser Stelle das Anbacken der Schlacke besonders stark hervortritt. Dieselbe muss nun von oben mit schweren Brecheisen abgestossen werden, wodurch eine erhebliche Schädigung dieses Chamottebogens bedingt ist. Ist die Schlacke basisch, so wird sie sich mit dem aus 90 % Kieselsäure bestehendem, saurem Chamottmaterial chemisch verbinden, wodurch das Abstossen dieser Schlacke unter allen Umständen eine teilweise Zerstörung des Chamottebogens zur Folge hat. Wenn auch das Anbacken von Schlacke in dem übrigen Teil des Ofens nicht vermieden werden kann, so lässt sie sich hier doch ohne nachteilige Beschädigung des Mauerwerkes abstossen, während an dem Feuerbogen dieses Anbacken infolge der hier herrschenden Höchsttemperatur der Verbrennung geradezu lokalisiert ist, was um so nachteiliger, als dieser Bogen der empfindlichste Teil des Ofens genannt werden muss. Diese ganze Erscheinung hat zur Folge, dass der Schacht-ofen als solcher falsch bedient wird, insofern als der Ofenarbeiter den Brennstock soweit herunterbrennen lässt, bis er mit dem Brecheisen zum Entfernen der Schlacke an den Feuerbogen heran kann. Da ihm die Beschickungsmenge zwischen zwei Schlackungen vorgeschrieben ist, so kann er mit diesem Quantum naturgemäss den Schacht nicht wieder genügend auffüllen, sodass der Ofen fortwährend mit zu niedriger Beschickung arbeitet. Die Luft wird sich nun erst recht die unerwünschte Gasse an der Vorderwand des Schachtes bilden, tritt hoch erhitzt unter den Deckel des Ofenloches und erhitzt das ganze Mauerwerk so stark, dass durch die hiermit bedingten Formveränderungen der Ofenverschluss undicht wird. Die Folge hiervon ist ein sehr lästiger Funkensprühregen, welcher bei der untersuchten Zelle jedesmal kurze Zeit nach dem Anstellen des Gebläses sich bemerkbar machte. Es sind nun wiederholt andere Deckelverschlüsse konstruiert worden, doch wohl ohne den beabsichtigten Zweck zu erreichen. Nach meiner Ansicht sollte man auch nicht die Folgen sondern den Übelstand selbst beseitigen, der, wie erwähnt, ausgehend von einer unzureichenden Luftzuführung und Dimensionierung des Schachtes vor allen Dingen in der falschen Behandlung des Schachtofens als solchen begründet ist.

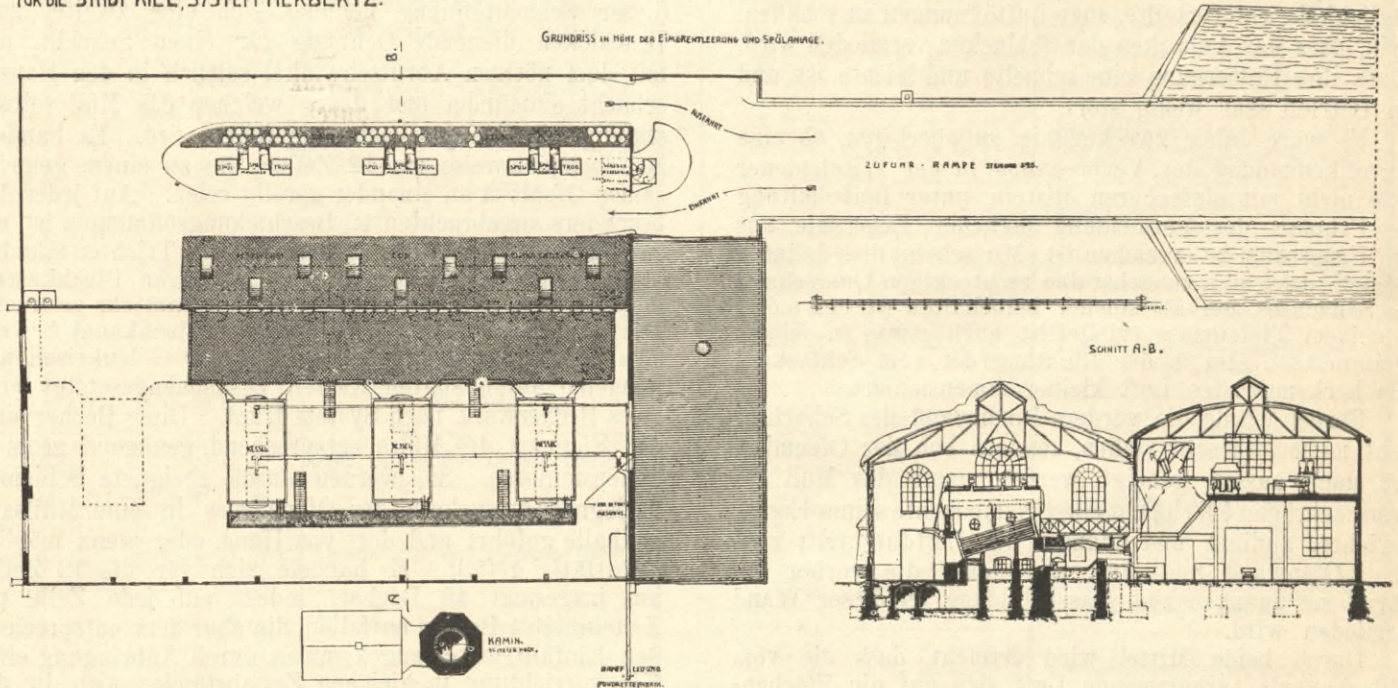
Es wäre vielleicht zweckmässig, den Ofen als Schachtofen (Hochofen) mit rundem Querschnitt auszuführen von etwa 1,20 m Dchm. zylindrisch und nach oben kegelförmig sich auf ein Mass von 70 cm Dchm. verengend. Die Luftzuführung geschieht durch Düsen, welche oberhalb der Verbrennungssohle auf dem Kreisumfang gleichmässig verteilt angebracht sind. Es ist dies bereits früher versucht worden, wobei die Düsen in einfachen Öffnungen des Mauerwerks bestanden. Da sich durch starkes Anbacken der Schlacke diese Düsen verstopften



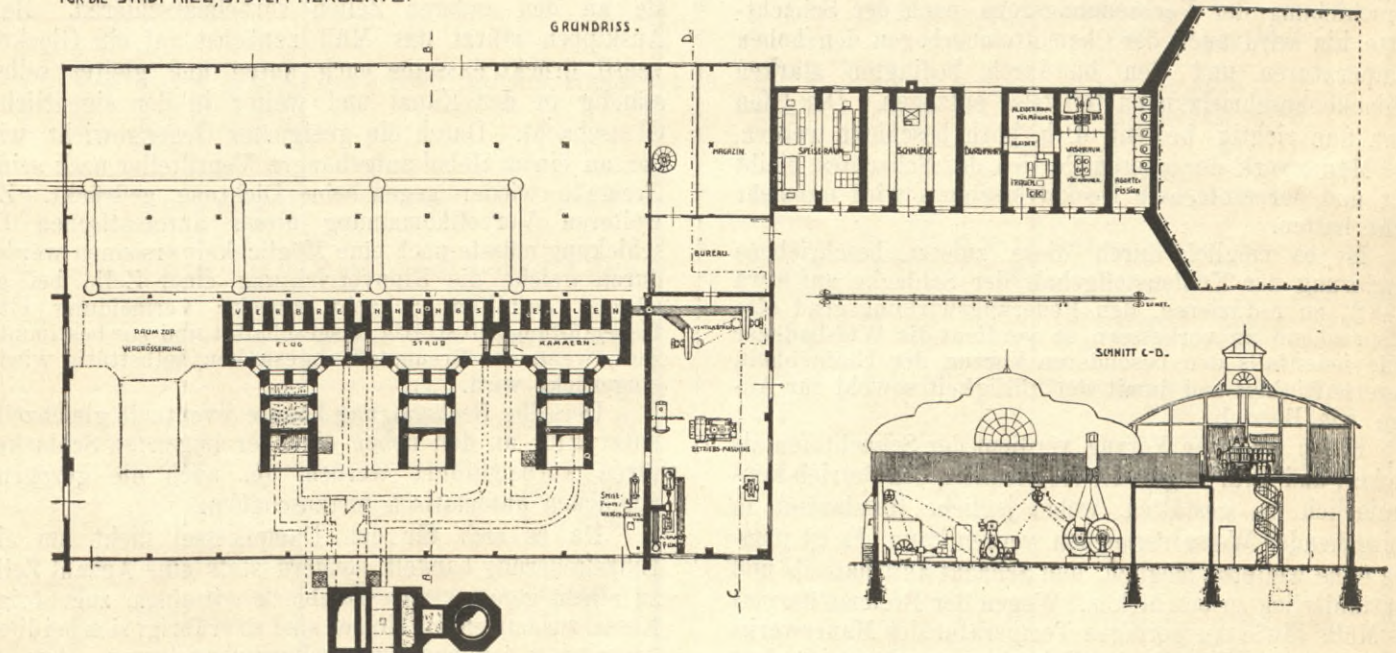
und Betriebsschwierigkeiten verursachen, hat man die Anordnung wieder verlassen. Verwendet man jedoch eiserne Düsen, welche durch die Verbrennungsluft oder eventuell besonders durch Wasser gekühlt werden, so dürfte damit das Anbacken der Schlacke wesentlich herabgemindert werden und vielleicht in störender Weise

der Chamottebogen entweder ebenfalls gekühlt wird oder sich ausserhalb der Verbrennungszone befindet. Mit dieser Konstruktion scheint mir eine bessere und zweckmässige Zuführung der Verbrennungsluft erreicht zu sein und damit zusammenhängend eine vollkommene Verbrennung und ein kohlenstoffärmeres

### MÜLLVERBRENNUNGSANLAGE FÜR DIE STADT KIEL, SYSTEM HERBERTZ.



### MÜLLVERBRENNUNGSANLAGE FÜR DIE STADT KIEL, SYSTEM HERBERTZ.



nicht mehr eintreten. Ausserdem wäre das Mauerwerk in der Nähe der Verbrennungszone ebenfalls durch Anordnung von Luftkanälen zu kühlen, damit nicht hier erhebliche Schlackenbildung eintritt und der Brennstock selbständig absinken kann. Da wegen der Zusammengruppierung mehrere Zellen zu einem gemeinsamen Ofenblock der Ofen selbst nicht allseitig zugänglich ist, so könnte der Schlackenhals zum Entfernen der Schlacken in der jetzigen Form beibehalten werden, wobei jedoch

Schlackenmaterial. Wie sich allerdings eine derartige Konstruktion im Betrieb bewähren wird, ob die Bedienung leicht, der Verschleiss gering ist, darüber kann man erst auf Grund praktischer Erfahrungen urteilen. Einfach kann die Anordnung der wassergekühlten Düsen nicht genannt werden, die grosse Einfachheit und das Fehlen jeglicher Eisenteile sind aber zweifellos schätzenswerte Vorzüge der Wiesbadener Ofenkonstruktion. Die aus Stahlguss angefertigten hohlen Feuerplatten in dem



Kieler Ofen sind infolge der grossen Temperaturdifferenzen an der Aussen- und Innenseite verhältnismässig sehr der Zerstörung unterlegen, die Kosten für diese Gusskörper sind aber recht erheblich, sodass mit ihrer Auswechslung jedesmal unangenehme Betriebskosten verknüpft sind. Es wird daher auch neuerdings der Versuch gemacht, die eisernen Seitenwände der Zelle durch Chamotte material zu ersetzen. Der Vorzug der luftgekühlten Eisenarmierung besteht ausser der Möglichkeit, gut verteilte, enge Luftöffnungen zu schaffen, darin, dass das Anbacken der Schlacken vermieden wird, sodass ihre Entfernung eine schnelle und leichte ist und den Betrieb sehr wenig stört.

Es wäre daher zweckmässig zu überlegen, ob eine Vervollkommnung der Verbrennung in der Wiesbadener Zelle nicht mit einfacheren Mitteln, unter Beibehaltung des Prinzips der Vermeidung jeglicher Eisenteile aus dem Feuerraum zu erreichen ist. Mir scheint dies dadurch möglich, dass man zunächst den rechteckigen Querschnitt des Schachtes, der als solcher beibehalten werden möge, in seinem Tiefenmass (vielleicht auch etwas in seinem Breitenmass), also in der Richtung der vom Schlackenhals herkommenden Luft kleiner dimensioniert.

Ferner würde die vordere Innenwand des Schachtes nicht mehr lothrecht stehen, sondern von der Ofenmitte fort nach aussen geneigt werden, damit das Müll auf dieser schrägen Fläche mit einer Komponente seines Eigengewichtes aufliegt und dadurch der Luftdurchtritt zwischen Ofenwand und Müll und damit die vorher beschriebene unangenehme Gassenbildung an dieser Wand vermieden wird.

Durch beide Mittel wird erreicht, dass die vom Schlackenhals herkommende Luft sich auf die Flächenelemente des unteren Ofenquerschnitts gleichmässiger verteilt und die Verbrennung selbst in einer den ganzen Querschnitt umfassenden Zone sich vollzieht. Durch diese Verschiebung der Verbrennungszone nach der Schachtmitte hin wird auch der Chamottefeuerbogen den hohen Temperaturen und den hierdurch bedingten starken Schlackenanschmelzungen teilweise entzogen. Der Ofen kann nun richtig bedient, d. h. hoch beschickt werden, das Mauerwerk der oberen Partien des Schachtes bleibt kalt und der einfachste Deckelverschluss wird nunmehr dicht halten.

Ist es möglich durch diese zuletzt beschriebene Aenderung den Kohlenstoffgehalt der Schlacke auf etwa 5—8% zu reduzieren, den Feuerungswirkungsgrad also entsprechend zu verbessern, so verdient die Wiesbadener Zelle jedenfalls den besonderen Vorzug der Einfachheit, Dauerhaftigkeit und damit der Billigkeit sowohl für Anlage wie Betrieb.

Einen weiteren Vorzug verdient der Schachtofen als solcher, und zwar wegen der Möglichkeit, den Betrieb kontinuierlich zu gestalten, wobei jegliche Handarbeit in weitgehender Weise vermieden werden kann. Es ist nämlich ohne weiteres möglich, den Schacht automatisch und kontinuierlich zu beschicken. Wegen der Brennstoffarmut des Mülls sowie der geringen Temperatur des Mauerwerks an den oberen Partien des Schachtes werden sich dort Entgasungsprodukte oder Schwelgase in nennenswerter Menge nicht ansammeln, sodass zur Vermeidung von Geruchsbelästigungen eine weniger vollkommene Verschlussbarkeit der Schachtöffnung als ausreichend bezeichnet werden kann. Eventuell wäre es möglich, den oberen freien Schachtraum durch Kanäle mit dem Kaminabzugskanal zu verbinden, sodass etwaige Entgasungsprodukte bei ihrer Entstehung sofort abgesaugt werden.

Ich denke mir eine automatische, kontinuierliche Beschickungsvorrichtung nun folgendermassen: Die ei-

gentliche Schachtöffnung hat nunmehr nur noch den Zweck zum Einführen eines Stosseisens und wird dementsprechend zwecks Vermeidung des Eintretens von falscher Luft bedeutend kleiner dimensioniert und während des Betriebes mit einem einfachen Stöpsel verschlossen. Um bei notwendigen Reparaturen sowie bei der Reinigung des Ofens den Schacht von oben besteigen zu können, werde derselbe mit einer besonderen Platte, welche die vorbeschriebene Oeffnung enthält, abgedeckt. Neben dieser Schachtöffnung befindet sich eine zweite, zum Beschicken dienende Oeffnung für einen Schacht, der mit dem nötigen Abrutschwinkel seitlich in den Hauptschacht einmündet und durch welchen das Müll selbstständig dem Hauptschacht zugeführt wird. Es handele sich beispielsweise um 12 Zellen, die zu einem gemeinsamen Ofenloch an einander gereiht seien. Auf jeder der besonders angebrachten 12 Beschickungsöffnungen ist ein Trichter aus Eisenblech aufgesetzt. Die Trichter münden oben in einen gemeinsamen rechteckigen Blechkasten, der sich über die ganze Länge des Ofenblocks erstreckt. Durch diesen allseitig geschlossenen Blechkanal bewegt sich auf Schienen ein aus Ketten oder Gelenkeisen und pendelnd aufgehängten Kästen zusammengesetztes endloses Becherwerk nach System Hunt. Diese Becher sind, der Eigenart des Mülls entsprechend, genügend gross zu dimensionieren. Sie werden durch geeignete Schienenverlegung ausserhalb des Ofenhauses in eine Müllsammelhalle geführt und dort von Hand, oder wenn möglich selbsttätig gefüllt. Es handele sich für die 12 Zellen um insgesamt 48 Becher, sodass auf jede Zelle pro Zeiteinheit 4 Becher entfallen, die über dem entsprechenden Einfülltrichter angekommen, durch Anbringung einer Kippvorrichtung in gleichen Zeitabständen sich in den Ofen entleeren. Die Anschlagstifte an den Bechern sind so anzubringen und zu verstellen, dass die Becher stets nur in die jeweils zugehörige Zelle auskippen, während sie an den anderen Zellen vorbeimarschieren. Beim Auskippen stürzt das Müll zunächst auf ein Glockenventil, drückt dasselbe nach unten und gleitet selbstständig in den Kanal und weiter in den eigentlichen Ofenschacht. Durch ein geeignetes Gegengewicht wird der an einem Hebel aufgehängte Ventilteller nach seiner Freigabe wieder gegen seine Dichtung gedrückt. Zur weiteren Vervollkommnung dieser automatischen Beschickung müsste noch eine Möglichkeit eronnen werden, durch welche die Kippvorrichtung einer Zelle bei genügend gefülltem Schacht zwecks Vermeidung einer Ueberfüllung selbsttätig ausgeschaltet und zur bestimmten Zeit, wenn der Brennstoff abgesunken, selbsttätig wieder eingerückt wird.

Derselbe Becherstrang könnte eventuell gleichzeitig unter Flur an den neben einander liegenden Schlackentüren vorbeigeführt werden, um auch die gezogenen Schlacken automatisch fortzuschaffen.

Da es sich für den Dampfkessel nicht um eine Einzelfeuerung handelt, sondern stets eine Anzahl Zellen zu einem gemeinsamen Ofenblock mit einem zugehörigen Kessel zusammengeschlossen sind, so erübrigt sich bei dieser Anordnung jegliche Zugregelungsvorrichtung. Aus der Konstanz der Temperatur sowie des Kohlensäuregehalts der Rauchgase vor dem Kessel sowohl in Wiesbaden (s. Taf. 21) wie in Kiel ist zu sehen, dass die intermettierende Arbeitsweise der Einzelzellen durch diese Anordnung ziemlich ausgeglichen und die Dampferzeugung eine gleichmässige ist. Das wird um so vollkommener erreicht werden, je kleiner die Zelleneinheit und je grösser die Zahl derselben ist, die für einen Kessel bestimmt sind. Daraus lässt sich jedoch nicht folgern, dass es unter allen Umständen zweckmässig sei, sämtliche Zellen der



Tabelle 20. I. Teil.

Datum des Versuchs	Kiel		Wiesbaden	
	17.8.08	19.8.08	14.1.08	13.1.08
Versuchsdauer	5*	5* 45'	7* 45'	7* 20'
Insgesamt verbranntes Müllgewicht (feucht) kg	15174	18468	4550	5075
Feuchtigkeitsverlust der Müllprobe b. Transport in %	18.7	17.7	5.4	7.70
Verbranntes Müllgewicht (feucht) in kg/Std.	3055	3210	588	690
Verbranntes Müllgewicht (lufttrocken) in kg/Std.	2467	2642	556.2	637
Verdampftes Transportwasser in kg/Std.	568	568	31.8	53
Verdampftes hydr. Wasser des lufttr. Mülls in kg/Std.	231	321	44.5	24.2
Durch Verbrennung von H. entstand. Wasser in kg/Std.	49.0	40.5	15.0	17.8
Gesamter Wasserdampfgehalt d. Rauchgase in kg/Std.	848	929.5	91.3	95.0
Gewicht der Schlacken in kg	5830	6363	2274	2600
Schlackengewicht in % des feuchten Mülls	38.4	34.4	50.0	51.2
Schlackengewicht in % des lufttrocknen Mülls	47.2	42.0	53.0	56.0
Kohlenstoffgehalt in % des lufttrocknen Mülls	15.76	14.31	23.51	25.39
Zellulosegehalt in % des lufttrocknen Mülls	11.35	12.78	0.93	1.03
Kohlenstoffgehalt der Schlacken in %	5.88	3.70	13.90	16.4
Unverbrannter Kohlenstoff in % des lufttrocknen Mülls	2.76	1.56	7.4	9.2
Tatsächlich verbrannter Kohlenstoff in %	18.7	19.15	16.58	16.70
Heizwerte des lufttrocknen Mülls Cal/kg	1750	1660	1991	2147
Heizwerte des feuchten Mülls Cal/kg	1310	1258	1855	1930
Windmenge (Gebläse) in cbm/Std.	1310	1258	890	860
Windmenge in cbm pro kg feucht. Müll	1.42	1.53	1.60	1.35
Mittl. Gebläsedruck in mm W. S.	251	167	191	215
Stillstand d. Gebläses in % der ges. Versuchsdauer	37.5	33.0	37.8	34.5

Tabelle 20. II. Teil.

Kohlensäuregehalt der Rauchgase in Vol. %	Kiel		Wiesbaden	
	10.8	12.1	11.0	14.4
Luftüberschusskoeffizient	1.62	1.47	1.59	1.27
Theoretisch erford. Luftmenge in cbm/kg Müll (lufttr.)	1.82	1.86	1.70	1.67
Tatsächlich verbrauchte Luft in cbm/kg luft. Müll	2.95	2.74	2.70	2.13
Rauchgasmenge (trocken) in cbm/kg Müll	3.53	3.22	3.08	2.36
Wasserdampf in Rauchgasen cbm/kg Müll	0.47	0.48	0.22	0.20
Gesamte Rauchgasmenge (feucht) cbm/kg Müll	4.00	3.70	3.30	2.56
Gesamte Rauchgasmenge in cbm/Std.	9850	9780	1340	1640
Mittl. spec. Wärme der Heizgase für t = 900° C	0.35	0.356	0.34	0.347
Temperatur der Heizgase in °C	745	830	940	895
Temperatur der Aussenluft °C	20	20	15	15
Wärmewert der Abhitze in Cal/Std.	2520000	2860000	508000	502000
Durch Müll zugeführte Wärme Cal/Std.	3980000	4040000	1090000	1330000
Wirkungsgrad der Feuerung in %	63.4	71.0	53.0	38.0
Verlust durch unverbr. Kohlenstoff %	8.2	10.3	30.5	36.0
Verlust durch Schlackenwärme %	3.8	3.8	3.3	3.2
Verlust durch Strahlung in %	15.6	17.5	13.2	22.8
Verdampfungsziffer kg Dampf 1 kg Müll	0.61	0.77	1.2	0.93
Wärmewert des Dampfes Cal/Std.	1110000	1485000	1090000	1200000
Wirkungsgrad des Kessels in %	43.7	52.0	70	70
Gesamtwirkungsgrad der Anlage	28.0	36.8	37.0	26.6
Kesselverluste	35.4	34.2	19.6	28.5

Angenommene Zahlen.



Anstalt mit nur einem Kessel zu verbinden, weil gegebenenfalls (namentlich bei umfangreichem Betrieb) die mit den notwendig werdenden langen Rauchgaskanälen bedingten Wärmeverluste sehr bedeutend sein können.

Handelt es sich nun nicht um eine einzelne Ofenzelle, sondern, wie im allgemeinen, um eine ganze Anzahl, so wird man vor die Frage gestellt, ob jede Zelle ein Gebläse für sich erhält, oder ob sämtliche Zellen von einem gemeinsamen Ventilator gespeist werden, wobei im letzten Fall die einzelnen Zellen während des Schlackens und Beschickens von der Hauptwindleitung abgeschaltet werden können.

Für die Beantwortung dieser Frage ist nun massgebend.

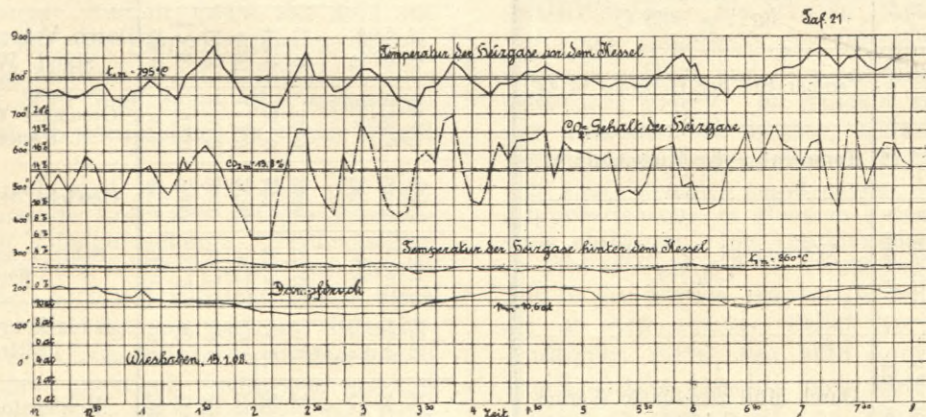
- 1.) die Art des Ofens, d. h. ob hoch oder niedrige Beschickung,
- 2.) die Grösse und Anzahl der Zellen.

ad 1.) Bei hohem Brennstock schwankt der Druck im Schlackenhals von 500 — 100 mm WS. Zu Anfang, also unmittelbar nach der Beschickung und zu Ende des Ofenganges. Setzt man nun einen gemeinsamen Ventilator voraus, so wird sich die Luft bei ihrem Durchgang durch den Brennstock den bequemsten Weg wählen, d. h. vorwiegend durch jenen Ofen, der am meisten

ad 2.) Hat man nun z. B. 3 Zellen, so wird abgesehen von dem unter 1 Gesagten beim Abschalten des einen Ofens von der Hauptwindleitung jede der beiden andern Zellen 50 % Luft mehr erhalten als ihr zugedacht war, was zweifellos eine Herabminderung der Temperatur zu Folge hat. Handelt es sich dagegen um 6 Zellen, von denen niemals 2 gleichzeitig geschlackt werden, so erhält beim Stillstand der einen jede der 5 anderen Zellen nur noch 20 % mehr Luft, die auf den Ofengang schon einen bedeutend geringeren Einfluss haben werden. Eine beliebige Steigerung der Anzahl der anzuschliessenden Zellen ist natürlich nicht möglich, da schliesslich die Schlackenzeiten der einen mit denen der andern zusammenfallen werden. Die Schlackenzeiten selbst hängen aber ab von der Grösse der Zelleinheit und dem Zeitbedarf für ein einmaliges Schlacken.

Bezüglich der Frage ob Einzel- oder Hauptgebläse würde sich also aus vorstehenden Gründen ergeben: für den Schachtofen unter allen Umständen Einzelantrieb, wenn es sich nur um wenige Zellen handelt, für Ofen mit niedriger Beschickung dagegen Hauptantrieb, wenn mindestens 6 Zellen zusammengeschaltet sind.

Die Vorzüge des Hauptantriebes bestehen wohl in den geringeren Anlage- und Unterhaltungskosten, sowie



Querschnitt bietet, dessen Brennmaterial der Sperrstoffe wegen lockerer liegt, während ein anderer Ofen, dessen Brennstock festgeschichtet ist, zu wenig Luft erhält. Ist aber ein Brennstock herunter gebrannt, sodass sich der Winddruck im Schlackenhals bedeutend vermindert hat, wie das stets einige Zeit vor dem Schlacken der Fall ist, so wird dieser Ofen, der eigentlich kaum noch Luft benötigt, da kein Brennstoff mehr vorhanden, besonders viel Luft erhalten. Er arbeitet also mit bedeutendem Luftüberschuss, sodass das Feuer zurückgeht, die Schlacken abgekühlt werden, zusammenbacken und ihre Entfernung erschwert wird. Die Verbrennung wird damit quantitativ sowohl wie qualitativ ungünstig beeinflusst und damit natürlich auch die Gleichmässigkeit der Dampferzeugung.

Hat man dagegen niedrige Beschickung, wie in Kiel, wo eine Beschickungshöhe nur ca. 8 cm beträgt, so kann man sagen, dass der erforderliche Gebläsedruck praktisch bei allen Zellen und zu jeder Zeit des Ofenganges derselbe sein wird. Selbst wenn die ganze Schichthöhe (40 cm) nicht allmählich sondern sofort aufgebracht würde, so kann noch nicht entfernt von solchen störenden Druckverschiedenheiten die Rede sein, wie dies beim Schachtofen mit mehreren Metern betragender Beschickungshöhe der Fall ist. Auch ist die absolute mittlere Windpressung nur 90 mm WS, sodass die geringen Schwankungen des Druckes und damit der Luftmengen absolut gemessen ebenfalls recht unbedeutend sind.

in der besseren Uebersichtlichkeit des Betriebes gegenüber der Anordnung einzelner Gebläse. Bei grossen Windleitungen dürften allerdings die damit bedingten Reibungsverluste eine zu beachtende Rolle spielen und es wäre im gegebenen Falle zu berechnen, wie sich diese Reibungsverluste des Hauptantriebes zu den Mehrkosten für Anlage und Betrieb der Einzelgebläse verhalten und auf Grund dieser Rechnung die eine oder andere Antriebsart zu wählen. Bei grossen Anlagen wird schliesslich auch der Gruppenantrieb hier und da eine befriedigende Lösung dieser Frage bieten.

Das für den Müllverbrennungsofen vorteilhafteste Gebläse scheint mir das Kapselgebläse zu sein. Wenn auch, wie früher erwähnt, die Umdrehungszahl desselben keine Möglichkeit bietet, die zur Verbrennung verbrauchte Luftmenge exakt zu bestimmen, weil mit dem Druck die Undichtigkeiten der Leitung zu =, der volumetrische Wirkungsgrad des Gebläses aber abnimmt, und zu dem beim Stillstand des Gebläses unkontrollierbare Luftmengen in den Ofen gelangen, so ist dieser Einfluss immerhin auf die Leistung pro Umdrehung beschränkt, sodass die Tourenzahl ein vergleichender Masstab und eine Kontrolle der Gebläseleitung pro Zeiteinheit ist. Durch ihre Variierung kann ohne weiteres auf den Ofengang von aussen her eingewirkt werden. Ein Ventilator dagegen ändert seine Windförderung mit dem Druck bei gleicher Umdrehungszahl, sodass ein äusseres



Kennzeichen für die Aenderung der Leistung überhaupt nicht vorhanden ist.

Es wird auch neuerdings versucht, die beim Kapselgebläse mögliche Aenderung der Leistung durch Variierung der Tourenzahl des mit dem Gebläse gekuppelten Motors automatisch in Abhängigkeit des Ofenbetriebes zu bewirken, und zwar in der Weise, dass mit abnehmender Intensität der Verbrennung auch die Tourenzahl des Gebläses und damit die Windförderung sich vermindert, damit die Temperatur und der Kohlendioxidgehalt der Heizgase konstant bleibe. Mit abnehmender Schichthöhe, d. h. mit dem allmählichen Abbrennen der aufgetragenen Beschickung wird die Windpressung im Ofen abnehmen. Diese Druckänderung wird durch elektrische Uebertragung in Abhängigkeit der Tourenzahl des das Gebläse antreibenden Motors gebracht. Es ist das also eine Vorrichtung, die denselben Zweck hat wie die Zugregelung bei Dampfkesselfeuerung, nur mit dem Unterschied, dass dieser Apparat erheblich komplizierter ist. Aus diesem Grunde scheint es mir sehr zweifelhaft, dass die nach meiner Ansicht unerheblichen Vorzüge dieses Apparates die hohen Anlagekosten rechtfertigen werden, wobei noch die sehr unsichere Voraussetzung gemacht ist, dass bei der grossen Anzahl der Apparate (jede Zelle nimmt ein solches für sich in Anspruch) die Anlage betriebssicher ist. Es ist auch in gewissem Sinne unlogisch, einen Brennstoff, der nichts kostet, den man durch Verbrennung vor allen Dingen beseitigen soll, so übertrieben hochgradig ausnutzen zu wollen, namentlich unter Zuhilfenahme derartig komplizierter Maschinenaggregate. Es reicht der Wärmegehalt niemals aus, die Amortisations- und Betriebskosten einer Müllverbrennungsanstalt zu decken, man kann durch unnütze Erhöhung derselben durch Beschaffung von teureren Vorrichtungen, deren praktischer Nutzen mindestens zweifelhaft ist, die Rentabilität des Verfahrens daher nur herabmindern. Will man aber trotzdem solche Windregelungsvorrichtungen benutzen, so können sie m. E. nur für Schachttöfen in Betracht kommen, da bei diesen die Druckunterschiede im Feuerungsgang überhaupt eine nennenswerte Grösse haben, nicht aber für Rostfeuerungen mit niedriger Beschickung.

Der Gang des Betriebes, der Verbrennung sowohl wie der Dampferzeugung, muss natürlich ständig kontrolliert werden. Das hierzu allein mögliche Mittel besteht in der automatischen Analysierung der Heizgase und Aufzeichnung der Verbrennungstemperatur, sowie der Messung der verdampften kg Speisewasser. Für die Qualität der Verbrennung gilt natürlich hier dieselbe Regel wie bei der Dampfkesselfeuerung: hoher  $\text{CO}_2$ -Gehalt der Rauchgase d. h. geringer Luftüberschuss, hohe Temperaturen. Das Gebläse gibt nun ohne weiteres ein Mittel an die Hand, durch Regulierung seiner Tourenzahl auf den Ofengang so einzuwirken, dass ein praktisch günstiger  $\text{CO}_2$ -Gehalt d. h. etwa 14% erreicht wird. Da es sich nun bei der Müllverbrennung nicht nur um die qualitative, sondern im hohen Grade auch um die quantitative Leistung des Ofens handelt, so sollte dieser Wert zweckmässigerweise nicht überschritten werden, vielleicht ist es sogar praktisch, unter dieser Zahl zu bleiben, sofern die damit bedingte Temperaturabsenkung praktisch bedeutungslos ist. Zu verschiedenen Jahreszeiten, wo die Beschaffenheit des Mülls physikalisch sowohl wie chemisch, sich ändert, müssten dann die Gebläse wiederum entsprechend einreguliert werden.

Unter Beachtung des doppelten Zwecks der Müllbeseitigung und der Verwertung, und eingedenk der Tatsache, dass der Wärmegehalt die Bruttokosten des Verfahrens nicht deckt, dürften diese Mittel zur Kon-

trolle des Feuerungsganges und der Gleichmässigkeit der Dampferzeugung aus praktischen Gründen als ausreichend bezeichnet werden.

Die Müllverbrennung würde in Deutschland zweifellos schon weiter fortgeschritten sein, gäbe es nur eine gute Ofenkonstruktion, sodass eine Kommune, nachdem sie sich erst zum Verfahren der Müllverbrennung entschlossen hat, nun ohne Bedenken an die Erbauung der Anstalt herangehen könnte. Nun handelt es sich aber in Wirklichkeit um mehrere Ofenkonstruktionen, und damit entsteht sofort die Frage nach dem besten System. Zum Studium derselben werden nun Kommissionen gebildet, Reisen unternommen, dann folgen Gutachten und Berichte, und wo keine Schwierigkeiten mehr sind, da werden sie schliesslich noch durch unlogische Garantieangaben der Unternehmerfirmen hineingebracht. Wird eine solche von der Kommune auf Grund vorher stattgefundener Verdampfungsversuche ersucht, eine bestimmte Verdampfungsziffer zu garantieren, so tut sie das unter Zugrundelegung der Versuchsergebnisse. Eine vorsichtige Firma wird vielleicht unter diesem Wert bleiben, eine andere wird darüber hinausgehen mit der Begründung, dass bei einer kompletten Anlage die Wärmeverluste durch Strahlung geringer sein werden als bei der kleinen Versuchsanstalt. Jede dieser drei Annahmen ist als grundsätzlich unrichtig zu erklären, insofern als auf die Beschaffenheit des verarbeiteten Mülls keine Rücksicht genommen ist. Man kann nicht eine Verdampfungsziffer garantieren unabhängig vom Heizwert des Materials, denn es ist eine bekannte und erklärliche Tatsache, dass das Müll täglich seine Zusammensetzung und seinen Brennwert ändert. Lässt die Kommune zu verschiedenen Zeiten in Ofen verschiedener Konstruktion Verbrennungsversuche vornehmen und Garantiezahlen aufstellen, so können diese keinesfalls zum Vergleich und zur Beurteilung des einen oder anderen Systems herangezogen werden, insofern, als in dem einen dieser verschiedenen Ofenkonstruktionen ein anderes Material verbreitet worden ist, als in dem anderen. Hat, bei einem Verbrennungsversuch mit einem System, die Kommune zum Versuch zufällig gutes Müll geschickt, und zeigt sich nachher bei den Abnahmeversuchen der fertiggestellten Anstalt, dass durch die Minderwertigkeit des nun zufällig zur Verbrennung gelangten Mülls die Garantiezahlen nicht erreicht werden, so ist die Unternehmerfirma durch nichts gedeckt. Wenn die Kommune nicht kostspielige Dauerversuche machen will, so muss sie sich über die Beschaffenheit ihres Mülls zu verschiedenen Jahreszeiten durch fortwährende mechanische Analysierung Klarheit verschaffen, wird dann der Sicherheit wegen das schlechteste Müll zu Versuchszwecken verwendet und kann nun, nachdem die Firma im Zusammenhang mit dem Heizwert des verbrannten Mülls eine Verdampfungsziffer garantiert hat, ihre Dispositionen treffen.

Der theoretische Heizwert des Mülls kann nicht ohne weiteres mit demjenigen der Steinkohle oder anderen Brennmaterialien verglichen werden, man wird mit 5 kg Müll vom Heizwert 1500 Cal/kg nicht denselben Wärmeeffekt erzielen wie 1 kg Kohle vom Heizwert 7500 Cal, da die physikalischen Eigenschaften bei der Verbrennung eine wesentliche Rolle spielen. Vergleicht man jedoch Müll mit Müll, so ist der Heizwert ein konkreter Massstab.

Vergleichbar für den Wärmeeffekt der Verbrennung bei den verschiedenen Ofensystemen ist daher nur die Zahl des Feuerungswirkungsgrades. Dass diese Zahl mit verhältnismässig einfachen und bekannten Mitteln



feststellbar ist, glaube ich durch vorstehende Versuche erwiesen zu haben.

Damit ist allerdings die Frage nach dem besten System noch nicht gelöst. Es wurde bereits mehrfach erwähnt, dass der erzielte Wärmegegewinn durchaus kein absoluter ist, dass er nicht einmal ausreicht, die Kosten der Amortisierung und des Betriebes der Anstalt zu decken, sodass, abgesehen von den Transportkosten des Mülls zur Verbrennungsanstalt, für jede Tonne Müll noch von der Kommune ein Zuschuss zu leisten ist. Zieht man von den Bruttokosten der Verbrennung von einer Tonne Müll den Gewinn durch Wärme und durch den Verkauf des Schlackenmaterials ab, so bleibt eben dieser noch zu deckende Zuschuss übrig, d. h. die Nettokosten. Die Bruttokosten resultieren nun aus den Kosten der Verzinsung und Amortisation, sowie für die Unterhaltung, sie werden um so kleiner sein, je grösser die quantitative Leistung der betreffenden Anstalt ist, d. h. je mehr dieselbe pro Zeiteinheit zu verbrennen imstande ist. Bei der Frage nach dem besten System bildet daher die quantitative Leistung einen bezüglich der Wirtschaftlichkeit des Verfahrens ebenso wesentlichen Faktor wie die Qualität der Verbrennung. Diese Leistungen zu vergleichen, scheint mir jedoch ungleich schwerer als die Feststellung des Feuerungswirkungsgrades und ist wohl allgemein überhaupt nicht möglich. Zunächst lässt sich eine kleine Anstalt nicht ohne weiteres mit einer grossen vergleichen, denn es werden die Kosten, sowohl für Anlage wie Betrieb, mit der Vergrösserung einer Anstalt nicht in dem dieser Grösse entsprechenden Masse zunehmen, sondern langsamer. (Ein grosses Elektrizitätswerk kann seine Elektrizität billiger abgeben als eine kleine Zentrale). Sodann sind die Betriebskosten in hohem Masse von den ortsüblichen Arbeitslöhnen abhängig. Der Wärmegegewinn wird für verschiedene Gemeinden ebenfalls sehr verschiedenen absoluten Wert haben, je nachdem wieviel das abnehmende Elektrizitätswerk für die KW/St bezahlt, sodass bei sehr billigen Steinkohlenpreisen und einer grossen elektrischen Zentrale der Wärmegegewinn der Müllverbrennung eine viel unerheblichere Rolle spielt als in anderen Fällen, und dass deshalb nun die quantitative Leistung des Ofens mehr in den Vordergrund tritt. Ich will jedoch versuchen einen für die Zwecke der Stadtverwaltungen vielleicht geeigneten Weg anzugeben: Es werden die verschiedenen Unternehmerfirmen ersucht, Projekte einer Müllverbrennungsanstalt einzureichen, die pro Tag ein bestimmtes Quantum verarbeitet, es sind anzugeben die Kosten der Anlage, sowie der Unterhaltung und die Spezialisierung des Betriebspersonals. Unter Berücksichtigung der ortsüblichen Arbeitslöhne werden sodann die Gesamtkosten der Anstalt nach den verschiedenen Systemen berechnet. Man erhält dann durch Division mit der quantitativen Leistung die Bruttokosten der Verbrennung für 1 T. Müll.

Es liegen ebenfalls Zahlen vor über den Nutzeffekt der Verbrennung bei den verschiedenen Ofenkonstruktionen, welcher bei Erzeugung elektrischer Energie, unter Berücksichtigung des für eine KW/Std. zu erzielenden Preises in Geldwert pro 1 T. Müll umgerechnet wird.

Dieser Gewinn wird von den Bruttokosten abgezogen und man erhält die von der Kommune zu deckenden Nettokosten der Verbrennung von 1 T. Müll nach den verschiedenen Systemen.

Es ist noch zu erwähnen, dass durch den eventuellen Verkauf der Schlacken die Nettokosten der Müllverbrennung noch reduziert werden, natürlich in gleicher Weise für alle Systeme. Über den für die

Schlacken zu erzielenden Preis, sowie über die Verkaufsmöglichkeit überhaupt, welche direkt von den Absatzbedingungen abhängig sind, wird die Kommune jedoch erst während der Betriebszeit der Müllverbrennung einige Klarheit gewinnen können. Das Kapitel der Schlackenverwertung ist allerdings mit dem Müllverbrennungsverfahren sehr eng verknüpft, was sofort erhellt, wenn man bedenkt, dass bei nicht vorhandener Absatzmöglichkeit die Kosten für den Transport und die Aufstapelung der Schlacken die Rentabilität des Verbrennungsverfahrens sehr beeinträchtigen können. Es werden die Schlacken bisher als Bau-, Chaussierungs- oder Auffüllmaterial verwendet, nachdem sie vorher in der Müllverbrennungsanstalt durch Schlackenbrecher entsprechend zerkleinert worden sind. Um von dieser schwankenden Konjunktur unabhängig zu sein und auch um für die Rückstände einen besseren Preis zu erzielen, ist es versucht worden, sie zur Kunststeinfabrikation heranzuziehen. Die Firma Herbertz in Cöln, Erbauerin der Müllverbrennungsanstalt in Kiel, ist im Begriffe auf eigene Kosten unmittelbar in der Nähe dieser Anstalt ein Unternehmen zu etablieren, dessen Zweck folgender ist: die Schlacken werden in heissem Zustand von der Verbrennungsanstalt kommend in besonderen Kupolöfen mit einem angeblich dreiprozentigem Brennstoffzusatz nochmals niedergeschmolzen, durch Wasserkühlung granuliert, dann gemahlen, mit einem Bindemittel gemischt, unter Dampfdruck in Formen gepresst und zu Steinen oder Platten verarbeitet. Über die Zweckmässigkeit einer solchen Kunststeinfabrikation werden allerdings nur die Erfahrungen der Praxis demnächst entscheiden können.

#### Bericht über die Probe-Verbrennung von 45 000 kg Berliner Müll in Stettin (25. Februar bis 1. März 1907).

In den Anlagen beehren wir uns, Ihnen die Ergebnisse der Probe-Verbrennung von Berliner Müll vorzulegen, welche in der Zeit vom 25. Februar bis 1. März 1907 in einer auf Ihrem Fabrikgebäude errichteten Dörr'schen Zelle unternommen wurde. Die Anlagen enthalten eine tabellarische und eine graphische Übersicht der an Ort und Stelle aufgenommenen Beobachtungen des Feuerbetriebes, sowie die komplette chemische Analyse des zu den Versuchen benutzten Mülls. Zur Ergänzung und Erläuterung dieser Zusammenstellungen bemerken wir ergebenst Folgendes:

Der Versuch begann am 25. Februar 1907 mittags 1 Uhr 20 Min., nachdem der Ofen zuvor mit Kohle angeheizt und auf eine Temperatur von 830° C. gebracht war. Anwesend waren die Herr Stadtrat Bohm und Magistratsbaurat Szalla, welche den Versuch bis zum Abend desselben Tages mit überwachten, ferner die Herren Dr. Thiesing, Mitglied der Königl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung, Dr. Dörr und die unterzeichneten Dr. Hampe und cand. ing. Meyer. Den beiden letztgenannten lag die Kontrolle des Feuerbetriebes während der ganzen Dauer des Versuches ob, insbesondere auch die Feststellung des angewendeten Gebläsedrucks und der Temperatur im Fuchs und die Ermittlung des Kohlensäuregehaltes der Verbrennungsgase. Während der Zeit ihrer Abwesenheit wurde die Beschickung und Entschlackung der Zelle von den Herren Dr. Thiesing und Dr. Dörr überwacht.

Gemäss Anweisung des Herrn Stadtrat Bohm war der Versuch in zwei Abschnitten auszuführen, während der ersten Periode nämlich etwa die Hälfte des Mülls in unbehandeltem Zustande, wie es angeliefert worden war, zu verbrennen, während der zweiten Periode da-



gegen nur derjenige Anteil der noch übrig gebliebenen Müllmenge, der durch ein Sieb von 5 mm lichter Maschenweite nicht hindurchfiel. Die Verbrennung des ungesiebten Mülls dauerte bis zum 27. Februar morgens 8 Uhr 15 Min., die des abgeseihten Grobmülls alsdann bis zum 1. März 1 Uhr 15 Min. früh; zu dem letztgenannten Zeitpunkte war die gesammte Menge des zur Verfügung gestellten Mülls der vorstehenden Anweisung gemäss in die Verbrennungszelle eingeführt worden.

Die Mitteilung des Herrn Stadtrat Bohm, dass das zu dem Versuch angelieferte Müll einen ausserordentlich

geringen Brennwert besässe, wurde durch die chemische Analyse in vollem Umfange bestätigt. Es ergab sich nämlich, dass das Müll

53,93 % glühbeständige Mineralstoffe,  
23,82 % Feuchtigkeit (1 kg = - 600 Kalorien),  
9,12 % verbrennl. Kohlenstoff (1 kg = + 8000 Kal.),  
2,97 % Zellulose u. ähnl. Stoffe (1 kg = + 4000 Kal.),  
und 0,08 % verbrennlichen (disponiblen) Wasserstoff  
(1 kg = + 29 000 Kalorien),

und somit einen theoretischen Heizeffekt von rund 730 Kalorien pro 1 kg enthielt. Alle von dem Unterzeich-

### Mechanische und chemische Analyse des verbrannten Mülls (gesiebt).

1. Ergebnisse der mechanischen Müllanalyse		2. Chemische Zusammensetzung der einzelnen Bestandteile, Gewichtsprozent									3. Umrechnung auf das Gesamt-Müllgemenge, Gewichtsprozent									
Bestandteil	Gewichtsprozent	Feuchtigkeit	Glühbeständige Mineralstoffe	Kohlenstoff	Wasserstoff		Schwefel	Sauerstoff und Stickstoff	Zellulose, Holzsubstanz usw.	Kohlensäure gebunden	Feuchtigkeit	Glühbeständige Mineralstoffe	Kohlenstoff	Wasserstoff		Schwefel	Sauerstoff und Stickstoff	Zellulose, Holzsubstanz usw.	Kohlensäure gebunden	
					un-verb.	verb.								un-verb.	verb.					
Grobmüll 5—15 mm	86,38	25,77	57,90	7,85	0,50	0,08	0,55	5,52	—	1,83	22,25	49,94	6,77	0,43	0,07	0,48	4,75	—	1,58	
Kohlen und Koks	0,86	12,00	56,70	26,56	0,35	0,19	0,58	3,02	—	0,60	0,13	0,47	0,28	0,03	0,02	0,05	0,03	—	0,05	
Schlacken . . . . .																				
Lumpen . . . . .	1,63	27,00	12,20						60,80		0,44	0,20							0,91	
Knochen u. tierisch. Abfälle . . . . .	0,34	14,88	55,20						29,92		0,05	0,19							0,10	
Gemüseabfälle . . . . .	0,69	62,40	9,24						28,36		0,43	0,06							0,20	
Papier . . . . .	5,89	34,30	15,90						49,80		2,02	0,94							2,93	
Porzellan . . . . .	1,20		100									1,20								
Tonscherben . . . . .	0,55		100									0,55								
Steine . . . . .	2,22		100																	
Glas . . . . .																				
Metall . . . . .												2,22								
Holz . . . . .	0,24	21,50	3,50						75,00		0,05	—							0,18	
	100,00										Summe	25,37	55,77	7,05	0,46	0,09	0,53	4,78	4,32	1,63
											100,00									

$$\text{Heizwert} = 8100 \cdot 0,0705 + 29000 \cdot 0,0009 + 4000 \cdot 0,0432 - 600 \cdot 0,2537 = 615 \text{ Cal/kg.}$$

### Mechanische und chemische Analyse des verbrannten Mülls (ungesiebt).

1. Ergebnisse der mechanischen Analyse		2. Chemische Zusammensetzung der einzelnen Bestandteile, Gewichtsprozent									3. Umrechnung auf das Gesamt-Müllgemenge, Gewichtsprozent									
Bestandteil	Gewichtsprozent	Feuchtigkeit	Glühbeständige Mineralstoffe	Kohlenstoff	Wasserstoff		Schwefel	Sauerstoff und Stickstoff	Zellulose, Holzsubstanz usw.	Kohlensäure gebunden	Feuchtigkeit	Glühbeständige Mineralstoffe	Kohlenstoff	Wasserstoff		Schwefel	Sauerstoff und Stickstoff	Zellulose, Holzsubstanz usw.	Kohlensäure gebunden	
					un-verb.	verb.								un-verb.	verb.					
Feinmüll 0—5 mm	32,70	20,67	49,90	13,50	1,21	0,10	1,12	10,80	—	2,70	6,76	16,32	4,41	0,40	0,03	0,37	3,53	—	0,88	
Grobmüll 5—15 mm	58,13	25,77	57,90	7,85	0,50	0,08	0,55	5,52	—	1,83	14,98	33,66	4,56	0,29	0,05	0,32	3,21	—	1,06	
Kohlen und Koks	0,12	12,00	56,70	26,56	0,35	0,19	0,58	3,02	—	0,60	0,07	0,34	0,15	0,00	0,00	0,00	0,02	—	0,00	
Schlacken . . . . .																				
Lumpen . . . . .	1,10	27,00	12,20						60,80		0,30	0,13							0,67	
Knochen und tierische Abfälle . . . . .	0,23	14,88	55,20						29,92		0,03	0,13							0,07	
Gemüseabfälle . . . . .	0,46	62,40	9,24						28,36		0,29	0,04							0,13	
Papier . . . . .	3,96	34,30	15,90						49,80		1,36	0,63							1,97	
Porzellan . . . . .	0,81		100									0,81								
Tonscherben . . . . .	0,37		100									0,37								
Steine . . . . .	0,64		100									0,64								
Glas . . . . .	0,18		100									0,18								
Metall . . . . .	0,68		100									0,68								
Holz . . . . .	0,16	21,50	—						78,50		0,03	—							0,13	
	100,00										Summe	23,82	53,93	9,12	0,69	0,08	0,69	6,76	2,97	1,94
											100,00									

$$\text{Heizwert} = 730 \text{ Cal/kg.}$$



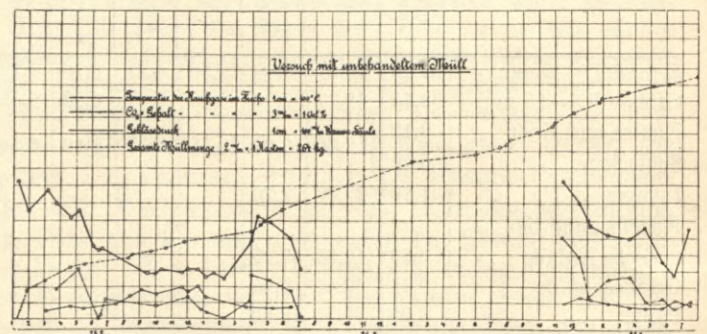
neten, Dr. W. Hampe, bisher untersuchten Berliner Müllsorten wiesen einen höheren Brennwert auf. Bei dem vorliegenden Material wurde die Heizkraft insbesondere auch durch den hohen Wassergehalt herabgedrückt. Der letztere bewirkte ausserdem, dass durch ein Sieb von 5 mm Maschenweite nur etwa halb soviel Feinmüll hindurchfiel, als Berliner Müllsorten sonst durchschnittlich

**Verbrennungsversuch mit ungesiebttem Müll.**

Dauer: vom 25. Febr. 1907 mittags 1<sup>h</sup> 20' bis 27. Febr. 1907 früh 8<sup>h</sup> 15'.

Zeit	Beschickung in Wagen (1 Wagen = 264 kg netto)	Gebüsedruck mm	Temperatur im Fuchs ° C	Zusammensetzung der Verbrennungsgase im Fuchs	Zeit des Abschlackens	Be-merkungen
25. 2. 07. m i t t a g						Der Ofen war am 24. 2. 07 früh mit Kohlen angeheizt worden.
1h 20'		830				
1h 20'—1h 55'	9	660			2h 20'—2h 25' 2h 40'—2h 50'	
3h 0'	3					
3h 15'		49 780				
3h 45'		710		6,2% CO <sub>2</sub>	unten: 4h 0'—4h 15' oben: 4h 15'—4h 25'	
4h 25'	2					
4h 30'	1					
4h 35'	1					
4h 40'		70 620				5h 0'—5h 30' Entfernung der Flugasche aus dem Flugaschenfang.
5h 10'		660		10,2% CO <sub>2</sub>	unten: 5h 15'—5h 24' oben: 5h 24'—5h 24'	
5h 30'	2	60				
6h 5'		450				
6h 25'		430		0,0% CO <sub>2</sub>		
6h 30'				0,5% CO <sub>2</sub>		
6h 40'		440		5,8% CO <sub>2</sub>	unten: 7h 30'—8h 15' oben: 8h 15'—8h 25'	
a b e n d s						
8h 25'	2					
8h 30'	1					
9h 30'		285			unten: 9h 30'—9h 35' oben: 9h 35'—9h 38'	
9h 38'	1					
10h 0'		285		2,6% CO <sub>2</sub>		
10h 20'		310				
13h 36'	1					10h 40'—11h 20' Betriebsstörung am Gasmotor; das Feuer im Ofen wurde unterdessen sich selbst überlassen.
11h 40'		195 290				
11h 45'	2					
n a c h t s						
26. 2. 07.						
12h 0'		172 310		4,5% CO <sub>2</sub>		
12h 40'		200 310		1,8% CO <sub>2</sub> 0,2% CO <sub>2</sub> 20,1% O		
1h 10'		135 260		1,2% CO <sub>2</sub>		
1h 40'		290				
2h 20'		250		0,0% CO <sub>2</sub>		
3h 45'		70 480		3,5% CO <sub>2</sub>		
4h 0	2	630		9,0% CO <sub>2</sub>	4h 30'—4h 35'	3h 25' Entfernung der Flugasche aus dem Flugaschenfang.
4h 04'	2					
4h 45'	1					

Zeit	Beschickung in Wagen (1 Wagen = 264 kg netto)	Gebüsedruck mm	Temperatur im Fuchs ° C	Zusammensetzung der Verbrennungsgase im Fuchs	Zeit des Abschlackens	Be-merkungen
5h 5'				8,3% CO <sub>2</sub>		
5h 20'		65 590			5h 30'—5h 40'	
5h 45'	2					
5h 55'	1					
f r ü h						
6h 30'		74 500		5,8% CO <sub>2</sub>		
7h 10'		310			7h 0'—7h 32'	
7h 25'				0,2% CO <sub>2</sub>	unten: 8h 58'—9h 3, oben: 9h 7'—9h 14'— 9h 38'—9h 43'— 10h 3'—10h 15' 10h 48'—10h 58 11h 43'—11h 50'	Die Kohlensäurebestimmungen mussten von 7h 25' früh bis 11h 30' abends, die Temperaturmessungen bis 3h 15' nachm. unterbleiben, da niemand zugegen war, der die Apparate bedienen konnte. Während des Nachmittags trat zweimal (2h 18' bis 3h 15' und 5h 0'—7h 5') eine längere Betriebsstörung am Gasmotor ein; das Feuer im Ofen wurde unterdessen sich selbst überlassen.
6h 0' früh bis 2h 0' nachm.						
3h 15'		50 250				
7h 30'	2					
8h 5'	2					
9h 50'	2					
10h 55'	3					
11h 30'		100 830		17,0% CO <sub>2</sub>	unten: 11h 40'—11h 5' oben: 11h 52'—12 h 0'	
n a c h t s						
27. 2. 07.						
12h 0	2					
12h 10'	1					
12h 30'		140 710		13,0% CO <sub>2</sub>		
1h 15'		125 580		4,6% CO <sub>2</sub>		
1h 40,	2				1h 30'—1h 40'	
1h 50'	1					
2h 20'		100 520		7,5% CO <sub>2</sub>		
3h 10'	2				3h 0'—3h 10'	
3h 35'	1					
3h 40'		80 500		8,6% CO <sub>2</sub>		
4h 40'		70 560		3,5% CO <sub>2</sub> 0,0% CO 18,6% O	5h 0'—5h 03'	
f r ü h						
5h 45'	2	70 340		4,2% CO <sub>2</sub>		
6h 15'	1					
6h 30'		120 270		2,0% CO <sub>2</sub> ... 0,3% CO ... 19,9% O		
7h 30'		110 560		2,8% CO <sub>2</sub> ... 0,1% CO ... 19,0% O		
9h 15'	2					



liefern; deswegen konnte auch in diesem Falle der theoretische Heizwert des Siebrückstandes (Grobmülls) nicht wie sonst durch die Operation des Absiebens erhöht werden. Wenn das Grobmüll gleichwohl, wie sich aus dem nachfolgenden ergibt, bedeutend besser verbrannte als das ungesiebte Müll, so ist dies lediglich seiner physikalischen Beschaffenheit zuzuschreiben.

Bei der Verbrennung des ungesiebtten Mülls wurden



innerhalb 43 Stunden 72 Wagen von 264 kg Nettogewicht = 19000 kg Müll verarbeitet, d. i. 442 kg Müll in 1 Stunde oder 10600 kg Müll in 24 Stunden. Die Durchschnittstemperatur im Fuchs betrug hierbei 479° C., der durchschnittliche Kohlensäuregehalt der Verbrennungsgase 4,6 Vol.-Prozent und der durchschnittliche Gebläsedruck 103 mm. Die Verbrennung verlief sehr ungleichmässig; der Fuchs war meistens gänzlich dunkel.

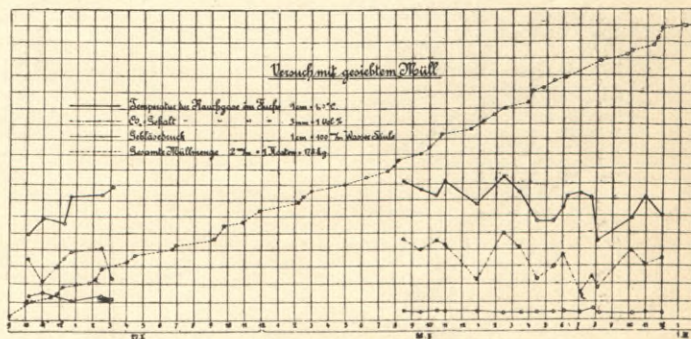
**Verbrennungsversuch mit gesiebttem Müll.**

Dauer: vom 27. Februar 1907 früh 9<sup>h</sup> 0' bis 1. März 1907 früh 1<sup>h</sup> 15'.

Zeit	Beschickung in Wagen (1 Wagen = 178 kg netto)	Gebläsedruck mm	Temperatur im Fuchs ° C	Zusammensetzung der Verbrennungsgase im Fuchs	Zeit des Abschlackens	Be-merkungen
27. 2. 07. früh						
9h 0'	1					9h 17'—9h 50' Betriebsstörung am Motor.
1h 10'		130	490	11,2 % CO <sub>2</sub>		
10h 0'-10'	4					
11h 0'		150	580	6,9 % CO <sub>2</sub>	unten: 11h 7'—11h 17'	
11h 35'	1				oben: 11h 17'—11h 30'	
11h 45'	1					
11h 50'	1					
12h 5'	1					
mittags						
12h 15'			550	11,5 % CO <sub>2</sub>		
12h 20'						
12h 40'	100	720		12,7 % CO <sub>2</sub>	unten: 12 <sup>h</sup> 52'-1 <sup>h</sup> 35'	
1h 40'	1				oben: 1h 10'-1h 40'	
2h 10'	1					
2h 30'	3	130	730	13,5 % CO <sub>2</sub>		
3h 5'	115	780		7,5 % CO <sub>2</sub>	3h 10'—3h 50'	
4h 0'	2					
4h 30'	2					
abends						
6h 40'	2				unten: 6h 0'-6h 20'	
6h 55'	1				oben: 6h 20'-6h 40'	
9h 10'	2				unten: 9h 0'—9h 6'	
9h 15'	1				oben: 9h 6'—9h 10'	
9h 25'	1					
9h 45'	1					
10h 52'	1				unten: 10h 40'-10h 47'	
11h 18'	2				oben: 10h 47'-10h 51'	
11h 18'	2					
nachts						
28. 2. 07.						
2h 15'	2				—2h 15'	
2h 15'	2					
3h 0'	2				4h 45'—5h 0'	
5h 0'	2					
früh						
6h 15'	2				7h 25'—7h 30'	
7h 30'	2					
7h 55'	2					
8h 15'	1					
8h 30'		50	820	15,2 % CO <sub>2</sub>		
9h 30'	2	40	760	13,2 % CO <sub>2</sub>	9h 0'—9h 30'	
9h 30'	1					
10h 0'	1					
10h 30'	2	50	720	15,0 % CO <sub>2</sub>		
10h 45'	2					
11h 0'		50	820	14,2 % CO <sub>2</sub>	11h 45'—12h 30'	

Zeit	Beschickung in Wagen (1 Wagen = 178 kg netto)	Gebläsedruck mm	Temperatur im Fuchs ° C	Zusammensetzung der Verbrennungsgase im Fuchs	Zeit des Abschlackens	Be-merkungen
mittags						
12h 30'	2					
12h 50'	1	50	670	7,5 % CO <sub>2</sub>		
1h 20'	2					
1h 55'	2					
2h 30'	2	40	850	16,5 % CO <sub>2</sub>		
3h 30'		40	745	13,5 % CO <sub>2</sub>	3h 30'—4 h 0'	
4h 0'	2					
4h 5'	1					
4h 10'	1					
4h 15'	1					
4h 30'		45	560	7,5 % CO <sub>2</sub>		
4h 45'	1	45				
5h 30'	2	46	560	9,8 % CO <sub>2</sub>		
abends						
6h 5'		45	650	12,1 % CO <sub>2</sub>		
6h 10'	2					
6h 20'		48	720			
7h 5'			740	5,0 % CO <sub>2</sub>		
7h 45'		58	710	8,0 % CO <sub>2</sub>	7h 30 —7h 53'	
8h 0'	2	40				
8h 10'	1	40				
8h 15'		35	450	6,2 % CO <sub>2</sub>		
8h 20'	2					
9h 50'	2					
10h 15'	1	40	580	13,0 % CO <sub>2</sub>		
11h 0'		40	710	10,0 % CO <sub>2</sub>	11h 25'—11h 31'	
11h 32'	2					
11h 45'	2					
nachts						
1. 3. 07.						
12h 0'	3	40	600	11,5 % CO <sub>2</sub>		
1h 15'	1					

Bei diesem Schlackenziehen wurden 10 Karren Schlacke aus dem Ofen herausgeholt, in welchem infolgedessen nur noch eine sehr geringe Quantität brennenden Materials zurückblieb.



Das Feuer blieb dabei aber stets oberhalb seiner Entzündungstemperatur, und ging auch nicht zurück, als es während der mehrfachen Betriebsstörungen, die in diese Periode fielen, sich selbst überlassen werden musste. Dieser Erfolg ist sicherlich darauf zurückzuführen, dass die Zelle gegen Wärmeverluste durch Ausstrahlung nach Möglichkeit geschützt war. An Schlacke ergaben sich 35,5 Karren à 114 kg = 4047 kg.

Bei der Verbrennung des abgeseihten Mülls (Grobmülls) wurden innerhalb 40 Stunden 91 Wagen von 178 kg Nettogewicht = 16198 kg Grobmüll verarbeitet, d. i. 405 kg Grobmüll in 1 Stunde oder 9720 kg Grobmüll in 24 Stunden. Die Durchschnittstemperatur im



Fuchs betrug hierbei 675° C., der durchschnittliche Kohlen säuregehalt der Verbrennungsgase 11,2 Vol.-Prozent und der durchschnittliche Gebläsedruck 61 mm. Die Verbrennung verlief ununterbrochen gleichmässig und sicher; der Fuchs war mit wenigen, ganz kurzen Unterbrechungen dauernd hellrot. An gewöhnlichen Schlacken ergaben sich 41,5 Karren à 114 kg = 4731 kg sowie 325 kg grosse Schlackenblöcke, zusammen also 5056 kg Schlacke.

Insgesamt wurden hiernach verbrannt:  
19000 kg unbehandeltes Müll,

16198 kg Grobmüll, und es verblieben  
7870 kg abgeseibtes Feinmüll.

Die Summe dieser drei Posten beträgt 43068 kg. Die Gewichts differenz gegen die angelieferte Müllmenge im Betrage von 45000 kg erklärt sich daraus, dass das Müll während der Dauer des Versuchs von der Sonne beschienen wurde und dabei einen Teil seiner Feuchtigkeit verlor.

Hochachtungsvoll

Dr. W. Hampe.  
Friedr. Meyer.

















WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

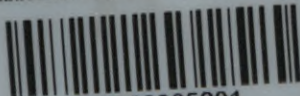


L. inw.

33634

Kdn., Czapskich 4 — 678. 1. XII. 52. 10,000

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000305801