

## Die Verwertung des Hausmülls

Von Dipl.-Ing. A. Tritt, Städtische Müllbeseitigungsanstalt Berlin

Eingeg. 3. Dezember 1937

Die festen Abfallstoffe der Haushaltungen oder das Müll sind so alt wie die menschliche Kultur. Je höher sich diese Kultur entwickelte und je anspruchsvoller der Mensch wurde, um so mehr fielen die Abfallstoffe des täglichen Lebens an. Damit wurde aber auch die Frage nach der Beseitigung des Mülls immer dringender, sie ist heute zu einer sehr wesentlichen kommunalen Angelegenheit geworden, zumal bei den großen Städten mit über 500 000 Einwohnern, wo die täglich zu beseitigenden Müllmengen recht erheblich werden. So fallen in Berlin z. B. an jedem Tage etwa 2100 t Hausmüll an, zu dessen Abtransport von den Grundstücken 476 Müllfahrzeuge notwendig sind. Aus diesen Sammelwagen wird das Müll in Eisenbahnwaggons überführt, welche es zu den Abladeplätzen befördern, die bis auf 60 km und mehr von der Stadt entfernt liegen. Diese kurzen Angaben mögen erhellen, welch ein Apparat in Bewegung gesetzt werden muß, um diesen Abfallstoff aus der Stadt zu befördern.

Die **Zusammensetzung des Mülls** wie auch seine Menge unterliegt Schwankungen in weiten Grenzen, die abhängig sind von örtlichen Lebensgewohnheiten und vom kulturellen Stand der Bewohner. Sie variiert in den einzelnen Bezirken derselben Stadt und wird beeinflusst durch die Jahreszeit. Das Hausmüll besteht seiner physikalischen Zusammensetzung nach aus drei Hauptbestandteilen:

1. Sperrmüll — das sind Abfälle aus Haushaltungsbetrieben, wie Papier, alte Schuhe, Teppichreste, Lumpen, Gummi, Konservendosen, Glas und Porzellan usw.
2. Küchenabfälle — Reste von unzubereiteten und zubereiteten Nahrungsmitteln, also Stoffe, welche leicht fäulnisfähig sind.
3. Asche — Verbrennungsrückstände aus den Küchenherden und Öfen — sowie Kehrlicht und Staub.

Der Mannigfaltigkeit seiner Bestandteile entsprechend ist das Müll natürlich chemisch und mechanisch ganz ungleichmäßig zusammengesetzt, weshalb bei entsprechender Untersuchung nicht unerhebliche Schwierigkeiten auftreten. Soll die mechanische Analyse durch Sortieren und Sieben einen brauchbaren Wert haben, so muß sie einmal mit möglichst großen Mengen und zum anderen Male in regelmäßigen, nicht zu großen Intervallen durchgeführt werden.

Die Wichtigkeit solcher Untersuchungen hat man schon seit längerer Zeit erkannt, und sie sind vorzüglich überall dort vorgenommen worden, wo man Verbrennungsanlagen plante oder sich mit den Problemen der Müllverwertung befaßte; so auch in Berlin bereits seit dem Jahre 1928. Von München ging eine Anregung zur regelmäßigen Feststellung der Zusammensetzung des Mülls der größeren Städte im Jahre 1933 aus. Die Arbeitsgemeinschaft der Leiter städtischer Fuhrparks- und Straßenreinigungsbetriebe Deutschlands gab zum ersten Male Anweisungen zur Feststellung und Sammlung mechanischer Hausmüllanalysen heraus. Hiernach sollen jährlich viermal, je eine Woche lang, Proben entnommen werden, und zwar jedesmal in der zweiten Woche des April, Juli, Oktober und Januar. In jeder Untersuchungswoche ist werktäglich eine Wagenladung Rohmüll einzusammeln, und zwar um einen Durchschnitt zu bekommen,

- |               |   |
|---------------|---|
| an 2 Tagen je | 1 Ladung aus ärmeren Haushaltungen              |
| an 1 Tag      | 1 Ladung aus Mittelstandshaushaltungen          |
| an 1 Tag      | 1 Ladung aus wohlhabenden Haushaltungen         |
| an 1 Tag      | 1 Ladung aus Schulen, Geschäfts- u. Bürohäusern |
| an 1 Tag      | 1 Ladung aus Randgebieten.                      |

Vom gutgemischten Rohmüll nimmt man vor der Unterteilung der Probe die Bestimmung des Raungewichtes in einem  $\frac{1}{4}$  m<sup>3</sup> fassenden Kasten vor. Genau 500 kg des gut vermischten Rohmülls werden ausgesondert und in folgende Gruppen aufgeteilt:

- |   |  |
|---|--|
| 1. Feinmüll bis 5 mm                                | 7. Lumpen  |
| 2. Grobmüll von 5—30 mm                             | 8. Gummi   |
| 3. Knochen  | 9. Glas  |
| 4. Sonstige tierische Abfälle (Felle, Fleisch usw.) | 10. Metalle  |
| 5. Gemüse- und Obstabfälle                          | 11. Sonstiges Brennbares (Holz, Kohle usw.)            |
| 6. Papier und Pappe                                 | 12. Sonst. Unbrennbare (Schlacken, Porzellan, Steine). |

Die sperrigen Stücke werden von Hand ausgelesen, das Übrige geht über die Siebe. Die Ausführung solcher Siebanalysen ist keine angenehme Arbeit. Sie muß jedoch mit großer Sorgfalt ausgeführt werden unter Berücksichtigung der Verlustmöglichkeiten, z. B. durch Verstauben und Verdunsten des Wassers. Mit dieser Aufteilung allein wird man aber die Arbeit nicht abschließen können, wenn es sich um Unterlagen für ein Verbrennungs- oder Verhüttungsverfahren handelt. Hier muß man noch ein Weiteres tun und mindestens Asche, Wasser und Heizwert bestimmen, weil man das Müll in diesem Falle als Brennstoff betrachtet. Da aber, wie bereits ausgeführt, die Werte der Untersuchungsdaten in Grenzen bis zu 200 % und darüber schwanken können, so ist die Gewinnung brauchbarer Analysendaten nicht so einfach wie etwa bei Kohlenuntersuchungen. Nicht ganz so schwierig gestaltet sich die Arbeit, sofern es sich nur um einen gewissen Teil des Mülls handelt, der verbrannt werden soll, wenn man über eine Müllsortieranlage verfügt, in der man es in Grob- und Feinmüll aufteilt. Das Brennbares befindet sich dann angereichert im Grobmüll und ist, je nach Art der Aufbereitung, von Asche, Schlacke usw. zum größten Teil befreit. In Berlin hat man auch schon vor längerer Zeit nach brauchbaren Wegen gesucht, und nach vielerlei Versuchen ist es gelungen, durch Vergrößerung der Zahl der Proben und deren sachgemäße und sorgfältige Aufarbeitung sowie feinste Zerkleinerung zu einer brauchbaren Methode zu kommen. Ein günstiger Umstand dabei war, daß Berlin im Besitze einer Sortieranlage ist, deren Vorhandensein der früheren Müllverbrennungsanstalt zu verdanken ist. Da im Rahmen dieser kurzen Besprechung nicht ausführlicher berichtet werden kann, so muß auf die diesbezügliche Literatur<sup>1)</sup> verwiesen werden. Als Beispiel mögen noch einige Angaben über Untersuchungsergebnisse folgen:

Tabelle 1.  
Siebanalysen aus Berlin-Schöneberg.

Versuchsdatum .....	20. 1. 28	24. 2. 28	19. 3. 28
Versuchsmenge .....	7380 kg	7740 kg	9600 kg
Grobmüll .....	39,87 %	31,78 %	20,42 %
Feinmüll .....	46,43 %	58,22 %	69,95 %
Büchsen .....	2,43 %	1,88 %	1,68 %
Emaillé und Eisen .....	0,72 %	0,48 %	0,51 %
Lumpen .....	0,88 %	0,80 %	0,79 %
Papier .....	7,74 %	5,38 %	5,33 %
Metalle .....	0,09 %	0,04 %	0,08 %
Knochen .....	0,60 %	0,38 %	0,30 %
Brot .....	0,12 %	0,08 %	0,05 %
Glas .....	0,73 %	0,69 %	0,66 %
Steingut und Porzellan .....	0,46 %	0,27 %	0,23 %

<sup>1)</sup> Käte Naumann, Die Städtereinigung 1928, Nr. 5, S. 110.

Tabelle 2.

Im Müll aus Berlin, Bremen und Brüssel wurden festgestellt

Trockensubstanz .	87,0—98,4 %	Stickstoff . . . .	0,33—0,46 %
Organ. Substanz .	16,4—20,5 %	Phosphorsäure .	0,02—0,36 %
Asche . . . . .	70,6—80,7 %	Kali . . . . .	0,06—0,10 %

Die heute in Deutschland noch meist geübte **Unterbringung** des aus der Stadt beförderten Mülls ist die Geländeaufschüttung. Man benutzt dazu meist Ödländereien, auch alte Lehm- und Kiesgruben sowie sogenanntes Luchgelände. Vielfach wird es auch als Untergrund für Sport- und Schmuckplätze verwertet.

In dieser Geländeschüttung haben wir schon eine Verwertung des Mülls zu sehen, besonders wenn der erzielte Nutzen mit anderen Mitteln nicht erreicht werden kann. Es werden hierdurch wirtschaftliche Werte geschaffen, und dies gilt besonders für die Umgebung von Berlin. Kein Boden eignet sich mehr für die Verbesserung durch Müll als der der Mark Brandenburg. Das Müll spielt als Bodenverbesserungsmittel für Sandböden zur Anreicherung mit Humusstoffen, desgleichen für sumpfige Niederungen, moorige und anmoorige Böden eine bedeutende Rolle.

Als Musterbetrieb für unmittelbare landwirtschaftliche Verwertung des Mülls kann der Gutsbetrieb des verstorbenen Dr. Schurig in Markee b. Nauen angesehen werden. Dort wurden rd. 13 000 Morgen auf die Bedürfnisse der großstädtischen Gemüseversorgung umgestellt und rd. 80 % der Fläche mit Gemüse angebaut. Die Anbaufläche besteht teils aus leichtem, trockenem Sandboden, teils aus feuchtem Niederungsboden. Das Anbaugelände wird von einem ausgedehnten Feldbahnnetz durchzogen, auf dem das tägliche in einer Menge von etwa 16 Waggons mit der Eisenbahn ankommende Berliner Müll unmittelbar zur Ausbreitung auf das Land gelangt. Beim Entladen der Eisenbahnwagen in die Feldbahnkipper werden grobe Sperrstoffe, wie Konservendosen, Metalle, Emailgeschirr, Glas und Porzellan nach Möglichkeit entfernt. Dann wird das Müll in 20 cm Höhe auf dem Acker verteilt und sogleich mittels Dampfpflügen tief untergepflügt und gegebenenfalls nach einiger Zeit nochmals oberflächlich aufgelockert. In doppelter Ausnutzung durch Früh- und Spätkulturen wird laufende Unterbringung der Müllmengen ermöglicht und ausgezeichnete Ernteertrag von Blumenkohl, Rosenkohl, Weiß- und Rotkohl, Erbsen, Bohnen, Mohrrüben, Kartoffeln usw. erzielt. Bemerkenswert ist in Markee, daß die Verwendung des Mülls nicht nur auf sandigem, sondern auch auf Niederungsgelände stattfindet. Dies letztere fast wertlose, den größten Teil des Jahres unter Wasser gesetzte Gelände ist heute ein blühendes Kulturland. Durch den immer wiederholten Müllzusatz wächst der Boden jährlich um 1—2 cm, wird damit also dem Grundwasser immer weiter entrückt.

Diese in Markee mit großem Erfolg geübte Methode hat bisher bei den Landwirten verständlicherweise nur vereinzelt Nachahmung gefunden, müssen doch folgende Voraussetzungen gegeben sein: der verbesserungsbedürftige Bodenzustand, zweitens Erfahrung und drittens die nötigen Betriebsmittel. Es ist natürlich nicht anzuraten, einen in befriedigender Kultur befindlichen Boden für solche Versuche zu verwerten.

Ein älteres Verfahren besteht in der Aufschüttung des Mülls in Höhe von 1—2 m. Der Zweck ist hier die Überführung saurer Wiesen und Niederungsmoore usw. in Kulturboden. Nach dem Zusammensinken des Mülls und nachdem eine Verrottung eingetreten ist, kann es bis auf größere Tiefe umgepflügt werden. Man erhält so, durch aerobe Humusbildung eingeleitet, im Laufe einiger Jahre eine lockere schwarzbraune Ackerkrume, der man zweckmäßig noch Kalk zuführen kann. Diese Art der Kultur wendet man neuerdings auch in Berlin an. München hat mit ähnlichem Verfahren seit Jahren gute Erfolge erzielt. Zum Anbau haben sich auf solchem Boden besonders Futterrüben und Hanf als geeignet erwiesen.

Eine weitere Art, das Müll in kulturlanderzeugender Weise zu verwenden, ist das sogenannte Spülverfahren, welches zur Urbarmachung des Golmer Luches bei Potsdam angewendet wird. Zu diesem Zwecke wird ein Teil des Berliner Mülls in Spezialkähne, Spülschuten genannt, ver-

laden, die etwa 600 t Fassungsraum haben. Die Entladung am Luch führt ein Spülbagger aus, der das durch starke Wasserstrahlen aufgerührte Müll mit einem Rüssel ansaugt und durch ein 600 mm Rohr von etwa 1000 m Länge und mehr in das sumpfige Luch drückt. Etwa 1500 Morgen werden hier in fruchtbares Land verwandelt. Durch die gründliche Durchnässung wird eine beschleunigte Zersetzung des Mülls bewirkt. Mehr als 100 Morgen liegen schon unter Müll und werden landwirtschaftlich bestellt. Gute Ernteerträge sind hier mit Rüben- und Kohlarten erzielt worden. In 6 Jahren etwa wird das ganze Gelände bespült und damit fruchtbares Kulturland vor den Toren Berlins gewonnen sein.

Älter als die geschilderten direkten Verfahren der landwirtschaftlichen Nutzbarmachung des Mülls ist seine **Überführung in Kompost**. Wie bei jeder Kompostierung ist hier das Ziel die Verwandlung des Ursprungsmaterials in eine humusreiche veredelte Masse. Da die Verrottung nur bei verhältnismäßig niedriger Schüttung einen vollkommenen und einigermaßen schnellen Verlauf nehmen kann, in jedem Falle bei Vermeidung besonderer Hilfsmaßnahmen aber auch bei vorschriftsmäßiger Lagerung mindestens 2 Jahre beträgt, kommt dies Verfahren wegen großen Platzbedarfes im allgemeinen nur für kleinere Siedelungen in Frage. Ein Verfahren, welches die Verrottungsdauer auf etwa 28 Tage abkürzen soll, ist das in Gärzellen von *Beccari* ausgeübt. In Berlin, Frankfurt a. M. und Wien wurde dieses Verfahren ausprobiert; es konnte sich nicht einführen, weil deutsches Müll hierfür ungeeignet war. Bei seiner Armut an zersetzungs-fähigen Stoffen und dem verhältnismäßig hohen Aschengehalt konnte man innerhalb einer wirtschaftlich tragbaren Zeit nicht zu einem brauchbaren Endprodukt kommen. Mit dem Müll aus Den Haag hat man dadurch ein gutes Produkt erzielt, daß man das Müll in Wällen stapelt, diese mit Wasser berieselt und trotz der hierdurch bewirkten Herabsetzung der Temperatur den Abbau der organischen Stoffe soweit fördert, daß in 3—4 Monaten eine humusreiche Masse entsteht (etwa 60—75 %), die 0,5 % N, 0,5 %  $P_2O_5$ , 0,1 %  $K_2O$ , 3,2 %  $CaO$  u. 22,7 % organische Stoffe enthält. Zwei weitere Verfahren zur Müllkompostierung sind in neuerer Zeit bekannt geworden, welche gleichfalls eine Beschleunigung der Umsetzung bezwecken. Das eine Verfahren wurde von dem bekannten populären Mikrobiologen *Francé* entwickelt. Nach beiden Verfahren sucht man den Ablauf des Umsatzes durch Zufuhr geeigneter Mikroorganismen zu beschleunigen und außerdem gleichzeitig eine Impfung des zu düngenden Bodens durch diese zu erreichen. In Salzburg wird dieser Dünger, „Edaphon“ genannt, hergestellt; man will dort gute Erfolge mit ihm erzielt haben. Ein ähnlicher Dünger wird in England unter dem Namen „Hyganic“ verwendet. Für deutsche Verhältnisse kommen beide Dünger augenscheinlich nicht in Betracht.

Der Erfolg, der mit der Müllschüttung besonders in Markee erzielt wurde, wird nicht so überraschen, wenn man die Untersuchungsergebnisse auf Tabelle 2 betrachtet und dabei berücksichtigt, daß 0,4 % Stickstoff selbst für einen schweren Marschboden einen durchaus beachtlichen Gehalt bedeutet. Daß ferner Lößlehm durchschnittlich 3,5 % Kali, Lehm Boden 0,175 % Kali enthält, und daß Böden, die 0,2 % Phosphorsäure führen, als sehr reich an Phosphorsäure gelten. Es ergibt sich daraus, daß bezüglich der Nährstoffzufuhr die Bemüllung einer Übererdung mit sehr hochwertigen Böden gleichkommt. In diesem Sinne mag auch nachstehende Analyse eines 13 Jahre alten Müllstapels betrachtet werden:

$SiO_2$ . . . . .	40,18 %	$MgO$ . . . . .	1,48 %
$Fe_2O_3$ . . . . .	13,31 %	$K_2O$ . . . . .	0,49 %
$Al_2O_3$ . . . . .	7,08 %	$SO_3$ . . . . .	7,26 %
$P_2O_5$ . . . . .	0,38 %	$CO_2$ . . . . .	7,69 %
$CaO$ . . . . .	13,97 %	Organ. Substanz . . . .	8,14 %

Es wäre aber ein Fehlschluß, anzunehmen, daß das Müll auf Grund seiner Nährstoffmengen oder seines Gehaltes an organischer Substanz den Wettbewerb mit marktgängigen Düngern aufnehmen könnte. Dagegen sprechen einmal der schwankende Gehalt und die unterschiedliche Wurzellöslichkeit der fraglichen Nährstoffe sowie die zu bewegendenden Massen. Die Bedeutung des Mülls für die Landwirtschaft liegt aber besonders in seinem Gehalt an organischen Stoffen und anorganischen Kolloiden (Asche). Mit diesen stellt das Müll ein ausgezeichnetes Bodenverbesserungsmittel dar, das nach Art und verfügbarer Menge oft nicht zu ersetzen ist. Beim minderwertigen Sandboden tritt die humusbildende Eigenschaft des Mülls in den Vordergrund. Durch Einbringung von Müll wird der nährstoff-, bakterien- und humusarme Boden mit diesen Stoffen angereichert. Die Folge ist eine Verbesserung des Wärmehaushaltes und des Wasserhaltungsvermögens des Bodens, die Bildung der notwendigen Sorptions- und Basenaustauschkomplexe und der erwünschten bindigen Krümelstruktur. Daß auch für schweren Lehm- und Tonboden eine Humusgabe erwünscht sein kann, die ihn lockermacht und eine Verkrustung verhindert, ist beachtenswert. Andererseits wird solchen Böden ein gewisser Kalkgehalt notwendig sein, der die Acidität des Bodens, wie sie durch Huminsäuren und andere Vorgänge mehr hervorgerufen wird, derartig regelt, daß die Bodenkolloide und Silicatkomplexe wirksam bleiben.

Die Frage der **landwirtschaftlichen Verwertung des Mülls** ist nun aber keineswegs, selbst durch den in Markee erzielten Erfolg nicht, als gelöst zu betrachten. Die Beobachtungen über die Müllwirkung bei Versuchen, welche vom Laboratorium der Städtischen Müllbeseitigungsanstalt in Gemeinschaft mit der Biologischen Reichsanstalt in Berlin fortlaufend durchgeführt werden, widersprechen sich verschiedentlich ziemlich weitgehend. Sehr günstigen Erfahrungen auf der einen Seite standen Berichte von beträchtlichen Wachstumsschäden auf der anderen Seite gegenüber. Diese Widersprüche sind noch zu klären, ehe man eine allgemeine Empfehlung der Anwendung des Mülls in gedachtem Sinne geben kann. Bei der Wichtigkeit der Ernährungsfrage jedoch ist der möglichen Bodenverbesserung durch unmittelbare Beschickung mit Müll oder durch bereits auf alten Halden verrottetes Müll die größte Aufmerksamkeit zu schenken. Die deutsche Landwirtschaft kann an dieser Frage heute nicht mehr uninteressiert vorübergehen.

Wenn im allgemeinen für die Städte früher die Beseitigung des Mülls durch Abfuhr im Vordergrund des Interesses stand, so darf dies zurzeit nicht mehr der Fall sein. Das Ziel der heutigen Müllfrage ist die möglichst restlose Gewinnung der im Müll steckenden Werte. Diese setzen sich zusammen aus der geschilderten landwirtschaftlichen Verwertbarkeit des Mülls einerseits und der in ihm enthaltenen Abfallstoffe andererseits. Die **Wiedergewinnung des Altmaterials** wie Metalle, Lumpen, Knochen, Papier, Felle, Leder, Gummi, Glas usw., ist eine nationale Pflicht. Sie geschieht am einfachsten zumeist durch Aussuchen auf den Abladeplätzen. Eine bereits im Haushalt einsetzende Teilung des Mülls in Küchenabfälle, Asche und Kehrlicht, Lumpen und Papier usw., wie sie in Nordamerika den dortigen Lebensverhältnissen entsprechend schon seit langen Jahren ausgeübt wird, hatte sich in Deutschland nicht allgemein einbürgern können. Während des Krieges hatte man in Berlin-Charlottenburg einen Versuch damit gemacht und vor allem Küchenabfälle für Schweinemast in gesonderten Gefäßen gesammelt. Nach Kriegsende ist diese Methode jedoch wieder aufgegeben worden. In neuester Zeit sammelt man Küchenabfälle gesondert schon in vielen Städten, so auch in Berlin-Schöneberg und Berlin-Wilmersdorf. Die in Schöneberg arbeits-

täglich gesammelte Menge beträgt zurzeit etwa 200 Zentner. In manchen Städten, namentlich dort, wo es sich um Vorbereitung des Mülls für seine weitere technische Verwertung usw. handelt, hat man mechanische Sortieranlagen errichtet. Diese bestehen gewöhnlich aus Siebvorrichtungen, durch welche das Müll in sogenanntes Grob- und Feinmüll aufgeteilt wird. Das Grobmüll bildet den Siebüberlauf, das Feinmüll den Siebdurchfall. Vom Siebe gelangt das Grobmüll auf ein Leseband, auf welchem das wertvolle Altmaterial ausgesucht wird. Das Feinmüll fällt auf Transportbänder, welche es in die zur Abfuhr bereitstehenden Waggons leiten. Das gesammelte Altmaterial wird über den Zwischenhändler den einschlägigen Industrien zugeführt. Die Altmaterialsammlung im Jahre 1936 bei der Berliner Müllindustrie mit rd. 9400 t und einem Wert von etwa 270000,— RM. kann als recht befriedigend bezeichnet werden. Was in den Sortieranlagen auf den Klaubebändern verbleibt, kann durch Müllverwertungsverfahren, wie Müllverbrennung und Aufarbeitung zu Baustoffen und anderem mehr, Verwendung finden, sofern die dazu notwendigen Stoffe nicht zu vollkommen entfernt wurden. Das durch die Siebung abgetrennte Feinmüll, welches seiner Hauptmenge nach aus Asche besteht und reichliche Mengen von pflanzlichen Küchenabfällen enthält, ist ein wertvolles Meliorationsmittel.

Die Separationsanlagen verdanken ihr Entstehen besonders den Bestrebungen, Müll unter Ausnützung seiner Verbrennungswärme für **Kraftanlagen oder Heizzwecke** zu verwenden. Durch Abtrennung der im Müll sehr stark auftretenden Aschenmengen wird die Brennbarkeit und der Heizwert erhöht. Dies gilt besonders für Berliner Müll, welches große Mengen von Braunkohlenasche enthält. Die Heizwerte, mit denen man bei Braunkohlenaschenmüll rechnen kann, liegen etwa bei 950 WE im Sommer und 1150 WE im Winter. Durch gute Separationen kann man den Heizwert auf 3200 WE steigern. In England liegen die Verhältnisse anders, da dort in der Steinkohlenasche ein sehr beträchtlicher Teil unverbrannter Kohle vorhanden ist. Das Müll erhält dadurch einen hohen Verbrennungswert, der das Vielfache von dem des deutschen Mülls aus Braunkohle beträgt (rd. 29 % im englischen gegen 1 % im deutschen). Müll aus Braunkohlengenden brennt wesentlich schlechter als das aus Steinkohlengenden stammende. Dies ist auch der Hauptgrund, daß die in England bewährten leistungsfähigen Öfen beim deutschen Müll in den meisten Fällen versagten. Nach dem Kriege trat auch eine wesentliche Verschlechterung der Beschaffenheit des deutschen Mülls bezüglich seiner Zusammensetzung ein. Sie war die Veranlassung, daß eine Anzahl von Verbrennungsanlagen stillgelegt wurde, so daß 1930 nur noch 5 davon in Betrieb waren. Zu diesen gehörte die Stadt Hamburg, die es verstanden hatte, die Verbrennung von der Zeit an, in der sie den ersten Ofen anblies (1893/94), ohne Unterbrechung bis heute durchzuführen. Die Hamburger Anlage verbrennt Müll ohne Zusatz hochwertiger Brennstoffe, was bei anderen Systemen nicht allgemein zugänglich ist. Die Wärme wird zur Heizung von Dampfkesseln verwendet, die Verbrennungsrückstände werden in Form von Schlacken gewonnen. Die neueste der drei Hamburger Anlagen, welche zufriedenstellend arbeiten soll, ist von der „Lurgi“, Frankfurt a. M., gebaut worden. Bei dieser werden die schmelzbaren und schwerer verbrennbaren Bestandteile des Feinmülls im Feuer durch Windsichtung abgeschieden und, getrennt vom Grobmüll, in einer besonderen Veraschkungskammer verascht. Das Müll wird also hier nicht vor der Verbrennung in einer Separationsanlage getrennt.

Dies geschah in Köln a. Rh. bei der von der „Musag“ daselbst erbauten Anlage, wo das Grobmüll, vom Feinmüll getrennt, verbrannt und das Feinmüll sodann unter Zuhilfe-

nahme von fremden Brennstoffen gesintert oder geschmolzen wurde. Dieses Verfahren hatte nicht den gewünschten Erfolg. Es wird jedoch in der neuesten Verbrennungsanstalt in Aachen, die nach den in Köln gemachten Erfahrungen verbessert wurde, ausgeführt. Das Aachener und Kölner Verfahren kann als Müllverhüttung bezeichnet werden, da hierbei in einem besonderen Ofen eine Schlacke erschmolzen wird, die ähnlich saurer Hochofenschlacke basaltartige Struktur und Eigenschaften hat. Dieses synthetische „Müllgestein“ soll sehr gut und der Absatz gesichert sein. Von der „Gutehoffnungshütte“ wurde ein Verfahren vorgeschlagen, welches außer Schlackensteinen ein Ersatzprodukt für Thomasmehl erzeugen sollte. Es scheint jedoch, als seien hier noch nicht alle Schwierigkeiten überwunden. Eine Müllverhüttung mit derartigem Endziel würde sehr zu begrüßen sein. Die Schwierigkeit scheint aber weniger bei der Herstellung zu liegen, als in dem Umstand, daß die nötigen Phosphate in Deutschland nicht in gewünschter Güte zur Verfügung stehen.

Neben der unmittelbaren Verbrennung des Mülls hat man auch Versuche unternommen, das Müll zu vergasen und das gewonnene **Müllgas** für Heizzwecke und zum Betrieb von Gasmotoren zu verwerten. Die etwa zu Beginn des 20. Jahrhunderts unternommenen Versuche in Wien, Stuttgart, Paris und Versailles sollen nicht günstig ausgefallen sein. Von der Schöneberger Müllindustrie A.-G. in Berlin wurden 1927/28 Versuche unternommen, das Müll zu schwelen, um hierbei Teer, Schwelwasser und Gas zu gewinnen. Für den Teer und das Schwelwasser, welche Produkte den aus Holz gewonnenen ähnlich waren, fanden sich damals keine Abnehmer. Die Versuche wurden aber nicht aufgegeben und zur Verbesserung des Verfahrens und Aufarbeitung des Teeres auf Treibstoffe fortgesetzt. Es war hierbei schon 1930 gelungen, Benzin mit Antiklopfeigenschaften herzustellen. Im Verlaufe dieser Versuche wurde auch zum ersten Male Müll brikettiert, nachdem man zuvor die bei der Müllschwelung anfallende Müllkohle unter Zusatz von Bindemitteln brikettiert hatte. Die Formlinge, auf einer Strangpresse hergestellt, hatten das Äußere der üblichen Braunkohlenbriketts, waren ohne jeden Bindemittelzusatz hergestellt und eigneten sich sehr gut zur Heizung der Berliner Kachelöfen. Bei weiteren Versuchen gelang es, Briketts in kleiner Form, sogenannte Kissenbriketts, herzustellen, welche bei Schüttung auf Rosten industrieller Feuerungsanlagen eine erheblich größere Oberfläche boten und damit auch eine größere Verbrennungsgeschwindigkeit ermöglichten. Wenn es sich also um die Vergasung bzw. Verbrennung des gut brennbaren Teiles des Mülls, also des Grobmülls ohne den Aschenballast, handelt, ist mit diesen Briketts die Möglichkeit gegeben, Müll auf jedem beliebigen Rost zu verbrennen. Die Briketts hatten zu jener Zeit eine Verbrennungswärme von 3200 WE. Ferner ermöglichten sie eine einwandfreie Vergasung im Generator. Versuche haben gezeigt, daß hierbei ein Gas erzeugt werden kann, welches eine vollständige Übereinstimmung mit dem aus Holz gewonnenen ergab. Daß auch im Schwelgenerator bei geeigneter Betriebsweise ein gegebenenfalls für Generatorwagen geeignetes Reich- bzw. Flüssiggas dargestellt werden kann, wurde durch Versuche mit diesen Briketts erwiesen.

Da im Müll ein großer Teil Küchenabfälle sich vorfindet, so läge es nahe, das in ihnen vorhandene **Fett** zurückzugewinnen. Die fetthaltigen Speisereste sind aber recht ungleichmäßig im Müll großer Städte verteilt, da sie meist nur in den Abfällen aus Gegenden wohlhabender Einwohner vorhanden sind. Der größte Anfall solcher fettreichen Abfälle stammt aus Gaststätten, doch gelangt er nicht in das Müll, sondern wird an private Abnehmer zur Verwendung als Viehfutter abgegeben. In Amerika,

wo Küchenabfälle aus Privathaushaltungen in weit größerem Maße anfallen und getrennt gesammelt werden, sind Verfahren zur Fettgewinnung, z. B. in New York, angewandt worden. Man arbeitet dabei so, daß die in Digestoren gefüllten Abfälle zunächst mit einem Lösungsmittel überpumpt und darauf 12 Stunden hindurch einer Temperatur von 98° ausgesetzt werden, wobei der Inhalt des Digestors durch einen Rührer ständig bewegt wird. Der Digestor wird indirekt mit Dampf beheizt. Durch Öffnen eines Schiebers am unteren Teil gelangt der Inhalt in einen Trockenapparat. Nach dem Trocknen wird die Masse in einen Extraktionsapparat überführt, in welchem durch ein Lösungsmittel das in der Masse enthaltene Fett aufgenommen wird. Die Trennung des letzteren von dem Lösungsmittel erfolgt dann in einem Separator. Die entfetteten Abfälle sollen als Düngemittel guten Absatz finden. Das Verfahren ist von *Cobwell* ausgearbeitet worden.

Mit der Verwertung des Mülls zur Herstellung von **Bauelementen** hat man sich vielfach beschäftigt, der anorganische Teil, der nach Herausnahme des Klaubegutes übrig bleibt, besteht ja hauptsächlich aus Aschen, Schlacken und Steintrümmern. Hier ist vor allem das Verfahren von Professor *Schönhöfer*, das sogenannte „Weckverfahren“ zu erwähnen, wonach es möglich ist, aus Asche mit etwa 15–20% Feuchtigkeit in Kollergängen besonderer Bauart durch Kneten bis zur Schollenbildung überraschend druckfeste Steine herzustellen. Die „geweckte Masse“ wird in Pressen unter hohem Druck zu Steinen verformt. Beim Lagern zeigten solche Steine, die aus Flugasche von Müllverbrennungsanlagen hergestellt wurden, teils Abnahme teils Zunahme der Druckfestigkeit. Vielerlei Versuche mit dem erwähnten anorganischen Teil des Mülls sind zur Erzeugung von Bausteinen unter Zusatz von Kalk, Gips und Lehm ausgeführt worden. Auch Zement hat man dadurch herzustellen gesucht, daß man die in der Asche vorhandenen Kalk- und Tonerdeanteile durch Zusatz der erforderlichen Mengen auf Zementbasis brachte. In die Praxis ist fast keines dieser Verfahren übergegangen.

Nun ist in den **Vierjahresplan** auch die Müllverwertung mit einbezogen, und somit hat auch die Verwertung der Haushaltsabfälle an Bedeutung erheblich gewonnen, insbes. derjenigen Teile, die unmittelbar an die Industrie abgegeben und leicht von Hand oder Maschinen ausgelesen und klassiert werden können. Hierzu muß auch das Papier gerechnet werden, welches namentlich im Berliner Müll einen beträchtlichen Raum einnimmt. Es wird, soweit es nicht zu stark verschmutzt ist, Papierfabriken zugeführt, die es vornehmlich zu Packpapier verarbeiten. Da auch eine getrennte Sammlung des Papiers allgemein durchzuführen beabsichtigt ist, wie dies mit Küchenabfällen auch in den meisten Stadtteilen Berlins bereits geschieht, so wird in Zukunft die Zusammensetzung des Mülls eine Änderung erfahren, die auf die Verwertung des übrigbleibenden Teiles sich auswirkt. Jedenfalls wird die Verbrennung des Mülls mit ihrer Erzeugung von Wärme, Kraft, Schlackensteinen usw. nicht mehr im Vordergrund des Interesses stehen können, wie sie es bisher tat. Es fehlt in Zukunft im Müll eben ein großer Teil dessen, was seinen Brennwert ausmachte. Immerhin wird im Hausmüll der großen Städte, zum Beispiel Berlins, noch ausreichend Material für Bauelemente sowohl auf Faserstoffgrundlage als auch auf dem Aschenanteil vorhanden sein.

Die **Erfindertätigkeit** auf dem Gebiete der Müllbeseitigung und Müllverwertung war immer rege, wie die vorhandene Patentliteratur und vielfach auch die Tagespresse erkennen läßt. Von diesen Patenten, noch mehr von den der Stadt Berlin angebotenen Verfahren ist bislang recht wenig verwendungsfähig gewesen. Der größte Teil ist über Versuche nicht hinausgekommen. Die Müllverbrennung bzw. -verhüttung hat sich durchsetzen können,

obwohl auch bei diesen beiden Verfahren, die gern als die schwungvollsten der Müllbeseitigung und -verwertung bezeichnet werden, ein unmittelbarer Geldgewinn — soweit es sich um Anlagen in Deutschland handelt — nicht erzielt werden konnte. Augenscheinlich ist dies bei keinem Verfahren der Müllbeseitigung bisher der Fall gewesen. Man wird gut tun, seine Hoffnungen hier nicht zu hoch zu spannen und sich vorläufig noch damit zu begnügen, wenn das betreffende Müllverwertungsverfahren die Unkosten deckt.

Im Vordergrund des Interesses steht für Deutschland heute die landwirtschaftliche Verwertung des Mülls. Der Feinmüllanteil mit seinem hohen Aschengehalt ist hierbei, wie schon gezeigt, von Wichtigkeit. Daß man aus ihm Thomasmehlersatz herzustellen versuchte, wurde bereits erwähnt. Es gelang jedoch bisher nicht, das Verfahren so einfach und billig zu gestalten, daß es praktisch durchführbar wurde. Auch die Umsetzung dieses Produktes mit Staßfurter

Kalisalzen führte nicht zu dem erwarteten Erfolg. Mancherlei aufklärende Arbeit ist weiterhin noch zu leisten. So ist z. B. über die im Müll vorhandenen Spurenelemente und ihre Wirkung auf den Pflanzenwuchs noch recht wenig bekannt. Ungeklärt sind auch verschiedene Krankheitserscheinungen der Pflanzen auf bemüllten Böden, so das Schorfigwerden der Kartoffeln und verschiedentlich dabei auftretende Geschmacksverschlechterung. Zur technischen Verwertung des Aschenanteiles im Müll soll nicht unerwähnt bleiben, daß er auf Aluminiumsalze oder Tonerde verarbeitet und, bei etwaiger Verhüttung des Mülls im Schachtofen, aus ihm auch Eisen und Schwefel gewonnen werden könnten. Der Lösung der hier geschilderten Aufgaben der Müllverwertung für Landwirtschaft und Industrie kommt nur eine bescheidene Bedeutung zu, wenn man sie mit anderen Problemen der Chemie und Technik vergleicht; immerhin wird sie aber ein Beitrag sein zur Sicherung der Nahrungs- und Rohstofffreiheit des deutschen Volkes. [A. 125.]

## Zur Kenntnis der Anwendung der Chinhydronelektrode

Von Prof. Dr. Ing. YRJÖ KAUKO und Magister LAINA KNAPPSBERG

Aus dem propädeutisch-chemischen Institut der Universität, Helsinki

Eingeg. 24. November 1937

Bekanntlich kann die Chinhydronelektrode weder in reduzierenden noch in oxydierenden Lösungen angewandt werden (vgl. a. Wengel<sup>1</sup>). Bei vielen physiologischen Messungen muß die Anwendung äußerst unsicher sein, wie z. B. aus der Arbeit von Wolfers<sup>2</sup>) ersichtlich ist, und nach Pfeil<sup>3</sup>) hat man sich bei der Bestimmung der Säurestufe in Bodenaufschlammungen dahin geeinigt, daß der  $p_H$ -Wert nicht mehr angewandt werden kann, wenn er sich in 10 bis 60 s nach Zusatz des Chinhydrons um mehr als 0,2 verändert. Weiter ist u. a. von Parks u. Barnes<sup>4</sup>) festgestellt worden, daß die Chinhydronelektrode bei der Untersuchung der Milchprodukte bedeutend höhere  $p_H$ -Werte gibt als die Glaselektrode. Und schließlich gibt die Chinhydronelektrode nach Kauko u. Vällkilä<sup>5</sup>) bei Spinatsaft allzu hohe Werte.

Diese letzten Versuche machen wahrscheinlich, daß  $p_H$ -Messungen der Pflanzenflüssigkeiten mit Chinhydron überhaupt unzulässige Werte geben. Wir haben deshalb einige Fruchtsäfte in dieser Hinsicht untersucht.

Die ersten Messungen wurden mit einer Glaselektrode allein ausgeführt. Das Asymmetriepotential wurde nach jeder Messung so geprüft, daß die Elektrode und eine Chinhydronelektrode in eine Veibelsche Lösung ( $n \cdot 0,01 \text{ HCl} + n \cdot 0,09 \text{ KCl}$ ) eintauchten, und das Potential ermittelt wurde. Das Asymmetriepotential war, abgesehen von einigen Ausnahmen,  $\pm 0,0 \text{ mV}$ . — Die Potentiale der Ketten wurden mit Hilfe eines Lindemann-Elektrometers ermittelt. Die Temperatur war etwa 19°. Die ersten Versuche sind in Tab. 1 wiedergegeben.

Es ist einleuchtend, daß die Säurestufe des Saftes derselben Früchte recht verschiedene Werte annehmen wird. Auffallend ist jedoch, daß die mit Chinhydron ausgeführten

<sup>1</sup>) E. Wengel, Die  $p_H$ -Bestimmung mit der Glaselektrode, Technik Ind. Schweizer Chemiker-Ztg. **19**, 187 [1936].

<sup>2</sup>) M. D. Wolfers, Mesures de  $p_H$  au moyen de l'électrode de verre. II Mesures de  $p_H$  urinaire. Bull. Soc. Chim. biol. **17**, 1559 [1935].

<sup>3</sup>) E. Pfeil, „Über Messungen mit der Glaselektrode“, diese Ztschr. **49**, 57 [1936].

<sup>4</sup>) L. R. Parks u. C. R. Barnes, Anwendung der Glaselektrode auf Milchprodukte, Ind. Engng. Chem., Analyt. Edit. **7**, 71–72 [1935].

<sup>5</sup>) Y. Kauko u. Y. Vällkilä, Beiträge zur Kenntnis der Konservierung des Grünfutters. Noch nicht erschienen.

Tabelle 1.

Die Kette: Chinh./Veib./Glas/Saft/ges. KCl/Veib./Chinh. = e

Versuch	e mV	$p_H$	$p_H$ aus der Literatur
1. Zitronensaft	2→21,5	2,05→1,71	2,1→2,5
2. Traubensaft	—4,5	2,15	3,0→3,3
3. Apfelsaft ..	0,8→11,7	2,07→1,98	3,5→5,8
4. Birnensaft.	—1,8	2,11	

$p_H$ -Bestimmungen der Literatur nach Kordatzki<sup>6</sup>) bedeutend höhere Werte geben, als wir gefunden haben.

Nach diesen Vorversuchen haben wir nun den  $p_H$ -Wert von Apfel- und Preiselbeersaft mit der Glas- und der Chinhydronelektrode nebeneinander ausgeführt und die allmähliche Veränderung der Angaben der Chinhydronelektrode verfolgt. Diese Messungen sind in Tab. 2 wiedergegeben.

Tabelle 2.

I. Kette: Chinh./Veib./Glas/Saft/ges. KCl/Veib./Chinh. = e

II. Kette: Chinh./Saft/ges. KCl/Veib./Chinh. =  $E'_n$   $n = 0, 15, 60$

Versuch	Glas- elektrode		Chinhydronelektrode		
	Asym. mV	e mV	$E'_0$ sofort mV	$E'_{15}$ nach 15 min mV	$E'_{60}$ nach 60 min mV
5. Apfelsaft .....	0,0	11,7	—62,0	—62,8	—
6. Preiselbeersaft					
a) unverdünnt ..	0,0	0,0			
b) 2fach verd. ..	0,0	0,0			
7. Preiselbeersaft					
a) unverdünnt ..	0,0	0,0	—34,1		—41,9
b) 2fach verd. ..	0,0	—0,8	—38,2		
c) gekocht .....	0,0	—0,5	—38,2	—39,0	

Die Glaselektrode hat in allen Versuchen das Asymmetriepotential 0,0 mV. Sie gibt aber um 40–50 mV positivere Werte als die Chinhydronelektrode. Versuch 7a zeigt, daß

<sup>6</sup>) W. Kordatzki: Taschenbuch für praktische  $p_H$ -Messungen für wissenschaftliche Laboratorien und technische Betriebe, München 1934.