

Wolfgang Vater

## Gemeinsame Verbrennung von

## festem und flüssigem Abfall

### 1. Vorbemerkung

Die gemeinsame Verbrennung von festen und flüssigen Abfallstoffen ist nicht die Regel. Das Gegenteil ist der Fall. Man verbrennt meist getrennt; und warum? Nun, nicht jeder Abfall kann in jedem Ofen gleich gut verbrannt werden. Art und Beschaffenheit der zu verbrennenden Materialien bestimmen weitgehend das zu wählende Ofensystem, d.h. seine Konstruktion ist auf das Brenngut zugeschnitten. Auch ändern sich Durchsatzleistung, Ausbrand und Betriebssicherheit, wenn das zu verbrennende Gut geändert wird.

Gemeinsam verbrannt werden bisher in einigen Anlagen kommunaler Klärschlamm und Hausmüll sowie industrielle Abfälle, die ähnlich wie die erstgenannten zusammengesetzt sind.

Seltener ist die gemeinsame Verbrennung flüssiger und fester Industrieabfälle. Sie sind hauptsächlich aus Produktionsrückständen zusammengesetzt.

### 2. Abfallarten

#### 2.1 Kommunale Abfälle

Diese sind trotz ihrer Schwankungen nach Art und Menge verhältnismäßig gut bekannt (1), (2), (3), (4) sowie Bild 1 und Bild 2.

In flüssiger Form fallen sie an als Klärschlamm (roh, stabilisiert und als Schwimmschlamm), als Fäkalschlamm und als Abscheiderschlamm aus Öl- und Fettabscheidern.

Als feste Abfälle liegen sie vor in Form von Haus- und Sperrmüll, als Gartenabfälle, und in Klärwerken als Rechen- und Sandfanggut.

Klärschlamm ist eine ziemlich homogene Masse und enthält praktisch keine Sperrstoffe. Somit können verhältnismäßig empfindliche Ofenkonstruktionen für seine Veraschung in Einsatz kommen. Die Zusammensetzung des Mülls ist demgegenüber sehr uneinheitlich. Für seine Verbrennung braucht man daher robuste Ofenkonstruktionen, die meist keine oder nur eine Grobzerkléinerung des Mülls nötig machen.

Der Wassergehalt des Mülls schwankt je nach Jahreszeit zwischen 25 und 50 Prozent. Derjenige des Klärschlammes liegt mit 90 bis 95 Prozent wesentlich darüber. Er wird von der Jahreszeit kaum beeinflusst, ist aber stark abhängig von der Abwasserart (häusliches oder gewerbliches Abwasser), vom jeweiligen Abwasserreinigungsverfahren (mechanische, biologische oder weitergehende Reinigung) und von der Art der Schlammbehandlung (Stabilisierung, Eindickung und Entwässerung).

Der Heizwert des Mülls reicht normalerweise für seine Verbrennung gut aus und läßt in der Regel noch zusätzlich eine Nutzung der freigewordenen Wärme zu. Dies geschieht meist durch Erzeugen von Dampf, den man für Heizzwecke oder zur Stromerzeugung verwendet.

## 2.2 Gewerbliche Abfälle

In der Industrie fallen neben flüssigen und festen Abfällen auch solche mit teigiger Konsistenz an (8). Industrieabfälle werden zum Teil stark geprägt von den jeweiligen Fabrikationsrückständen des Betriebs.

Manche der Industrieabfälle sind ähnlich zusammengesetzt wie die kommunalen Abfälle, wie z.B. Verpackungsmaterial und Klärschlamm. Diese Schlämme stammen meist aus der Nahrungs- und Genußmittelindustrie also z.B. aus der fleischverarbeitenden Industrie, aus Konservenfabriken, Molkereien, Krautfabriken sowie aus der Getränkeindustrie.

Flüssige Industrieabfälle liegen z.B. als Farben, Lacke, Altöl und Lösungsmittel vor. Dickflüssig sind Raffinerieschlamm, und Säureteer von Zweitraffinerien, teigig hauptsächlich die Abfälle der chemischen, kosmetischen und pharmazeutischen Industrie.

Feste Abfälle bestehen z.B. aus Kunststoffresten, Altreifen, Verpackungsmaterial und hausmüllähnlichen Stoffen.

### 3. Grundsätze der gemeinsamen Verbrennung

Von der gemeinsamen Verbrennung erwartet man, daß sie Vorteile bietet gegenüber der getrennten Verbrennung von festen und flüssigen Abfällen. Sie soll den Verbrennungsvorgang nicht erschweren sondern erleichtern. Die Verbrennungsrückstände Schlacke und Rauchgase sollen darüberhinaus leicht und umweltfreundlich zu handhaben sein.

Bei minimalem Wärmehaufwand muß die Wärme gleichzeitig gut ausgenutzt werden können. Das ist z.B. bei der gemeinsamen Verbrennung von Klärschlamm und Müll gegeben. Wenn der Klärschlamm allein für sich verbrannt wird, muß in der Regel Wärme zugeführt werden, um den Verbrennungsvorgang aufrecht zu erhalten. Bei der Müllverbrennung ist dies nicht nötig. Hier hat man sogar Wärme übrig, die man auf verschiedene Art und Weise nutzen kann. Meistens wird, wie schon erwähnt, mit ihr Dampf erzeugt, den man zum Heizen und zur Stromerzeugung verwendet. Kleine Anlagen verzichten wegen des maschinellen Aufwandes vielfach auf eine solche Ausnutzung. Besonders für sie, aber auch für große Anlagen stellt die gemeinsame Verbrennung von Klärschlamm und Müll ein sinnvolles Beseitigungsverfahren dar.

### 4. Ofenarten

#### 4.1 Muffelöfen

In Muffelöfen verbrennt man hauptsächlich heizwertreiche Schlämme (Ölschlamm, Schwimmschlamm) und Rückstände aus der chemischen und pharmazeutischen Industrie.

Eine solche Verbrennungsmuffel besteht aus einem liegenden Stahlblechzylinder, der innen feuerfest ausgemauert ist. Sie wird bevor die zu verbrennenden Abfallstoffe zugegeben werden, auf etwa 1200° C aufgeheizt. Dann gibt man die Rückstände zu. In der chemischen Industrie werden die Stoffe meist in Gebinden angeliefert (6). Damit diese noch gut zu handhaben sind und der Ofen nicht überlastet wird, sollten sie nicht schwerer als etwa 50 kg sein. Sie verbrennen entweder mit dem Abfallstoff oder werden nach dem Ausbrennen mit der Schlacke ausgetragen. Damit sie nicht zu schnell ausbrennen wird der Deckel des Gebindes nicht entfernt sondern lediglich einige Löcher in Deckel oder Boden eingeschlagen, bevor man sie in den Ofen gibt.

Auf dem Mantel des Muffelofens sind meistens noch sogenannte Dickstoff- oder Ölvergasungsbrenner angebracht, in den pumpfähige Abfallstoffe (7) (8) wie Säureteer und Ölschlamm verbrannt werden. Diese Brenner besitzen an ihrem Kopf einen Drallkörper an dem die Dickstoffe durch Druckluft oder Dampf verdüst werden. Um das innere Dickstoffrohr des Brenners ist konzentrisch ein zweites angeordnet, in dem Gas oder Heizöl für eine eventuelle Zusatzfeuerung zugeführt werden kann.

#### 4.2 Drehrohröfen

In solch einem Ofen kann man feste, teigige und flüssige Stoffe verbrennen. Er besteht ähnlich wie die Muffel aus einem feuerfest ausgekleideten liegenden Stahlblechzylinder (Bild 4). Er ist auf Rollen gelagert und dreht sich beim Betrieb langsam um seine Achse und wälzt so das Verbrennungsgut um. Anordnung der Dickstoffbrenner und Aufgabe der Gebinde erfolgen ganz ähnlich wie beim Muffelofen. Die Trommel ist leicht zur Schlackenentnahmeseite hin geneigt, so daß das Brenngut zu diesem Trommelende hin transportiert wird. An diesem Ende ist auch eine Nachbrennkammer angeordnet in welcher die Rauchgase vollkommen ausbrennen können.

Außer zur Verbrennung von Industrierückständen eignen sich Drehrohröfen auch zum Verbrennen von Rechengut und zum Ausglühen von Sandfanggut aus Kläranlagen. Die Zugabe dieser Stoffe erfolgt hierbei meist durch einen Einfüllstößel der einzelne Portionen von einem Beschickungsbehälter aus zuführt.

#### 4.3 Etagenöfen

Die in der Industrie für die Röstung von Schwefelkies bekannte Ofenart wird schon lange auch zur Verbrennung von Klärschlamm und Rechengut verwendet. Teilweise verbrennt man in ihnen sogar Raffinerieschlamm und Müll (Bild 5).

Ein solcher Ofen besteht aus einem senkrechten Stahlzylinder, der feuerfest ausgemauert und in mehrere Zwischenböden unterteilt ist. Der Schlamm wird oben zugegeben, die Asche unten abgezogen. Die Verbrennung des Schlammes findet in den mittleren Etagen statt. In den darüber liegenden Zonen wird der Schlamm durch die Rauchgase vorgetrocknet, in den unteren Etagen die Asche durch einströmende Verbrennungsluft gekühlt. Schlamm und Asche werden auf den einzelnen Etagen mittels Krählarms, die durch eine Mittelwelle angetrieben werden bewegt und gewendet.

Der Vertikaltransport geschieht dadurch, daß die Stoffe durch Öffnungen, die wechsellweise innen und außen an den Etagen angeordnet sind, hindurchfallen. Die Temperatur der Rauchgase in der Brennzone beträgt 700 bis 800° C, diejenige der den Ofen verlassenden 200 bis 400° C, je nach Ofenkonstruktion und Fahrweise. Verbrennungsgut und Rauchgase werden meist im Gegenstrom durch den Ofen geleitet.

#### 4.4 Wirbelschichtofen

Diese Öfen werden wie die Etagenöfen vorwiegend zur Verbrennung von Klärschlamm und Rechengut verwendet. Doch auch in der Industrie sind eine ganze Anzahl hiervon eingesetzt, die meisten hiervon zur Verbrennung von Raffinerierückständen. Für die Müllverbrennung ist der Ofen weniger geeignet, da eine weitgehende Zerkleinerung der Stoffe nötig ist und die Verbrennungsrückstände nur mit den Rauchgasen ausgetragen werden können (Bild 3).

Der Ofen selber besteht ähnlich wie der Etagenofen aus einem senkrechten Stahlzylinder der innen feuerfest ausgemauert ist. Er besitzt jedoch im Gegensatz zu diesem innen keine beweglichen Teile. Statt dessen liegt auf seiner Sohle eine 0,5 bis 1 m hohe Sandschicht. Diese wird durch heiße Verbrennungsluft, die man von unten her durch einen Düsenboden einbläst in der Schwebe d.h. am Wirbeln gehalten. In diese etwa 900° C heiße Sandschicht gibt man das Brenngut zu, indem man es von der Seite her hineindrückt oder von oben hineinfallen läßt. Dabei verdampfen darin enthaltene flüssige Stoffe unmittelbar während die organischen Bestandteile eventuell gemeinsam mit dem durch Öl oder Gas zugeführten Zusatzbrennstoff verbrennen. Rauchgase und Brüden verlassen zusammen mit der Asche den Ofen an dessen Oberseite. Sie werden, bevor sie in die Atmosphäre entweichen in Elektrofiltern oder Naßentstaubern gereinigt. Die den Ofen verlassenden Rauchgase und Brüden liegen mit ihrer Temperatur etwa 50° über der Ofentemperatur. Die in ihnen steckende Wärmeenergie nutzt man zur Dampferzeugung aus, oder man erwärmt damit in einem Luftvorwärmer die in das Wirbelbett einzu- blasende Wirbelluft. Reicht die Abkühlung der Rauchgase in dem Luftvorwärmer nicht aus um sie zur Entstaubung in das Elektrofilter leiten zu können, so sind weitere Maßnahmen zur Temperaturniedrigung zu treffen.

#### 4.5 Müllverbrennungsöfen

Müllverbrennungsanlagen dienen in erster Linie zur Verbrennung von festen Abfällen wie Haus- und Sperrmüll, Verpackungsmaterial, Gartenabfällen usw. Sie können aber auch ohne weiteres 10 bis 20 % flüssige oder teigige Abfälle verbrennen, ohne daß sich ihre Leistung und die Schlackebeschaffenheit wesentlich verändern würden (8) (Bild 6).

Im Gegensatz zu den Etagenöfen, die aus mehreren undurchlässigen Trocknungs- und Verbrennungsböden (Rosten) zusammengesetzt sind, besitzen Müllverbrennungsanlagen durchlässige Roste. Durch diese kann Asche hindurchfallen und Verbrennungsluft von unten eingeblasen werden. Vielfach lassen sie sich auch bewegen. U.a. unterscheidet man Stufenrost, Wanderrost, Rückschubrost, Walzenrost, Kipprost.

#### 5. Verbrennung von Rechengut

Schlammverbrennungsöfen in Klärwerken sollten so ausgebaut sein, daß sie Rechengut und Schwimmschlamm, die in der Anlage anfallen mitverbrennen können.

Hierzu sollte das Rechengut möglichst vorentwässert und zerkleinert werden. Das Entwässern hierfür kann durch Schwerkraft oder mechanisch in Walzen-, Strang- oder Paketierpressen erfolgen. Zum Zerkleinern verwendet man schnell laufende Messerwalzen.

Auch bei einer Verbrennung von Rechengut in Müllverbrennungsanlagen wirkt sich natürlich eine vorherige Entwässerung günstig aus. Wenn dies nicht oder nur unvollkommen durchzuführen ist, so sollte das Rechengut möglichst gleichmäßig im Bunker mit dem übrigen Müll vermischt werden. Man kann dies entweder mit dem Müllgreifer machen oder dadurch, daß man das Rechengut vom Lkw aus mit einem Dungstreuer im Bunker verteilt.

#### 6. Gemeinsame Verbrennung von Klärschlamm und Müll

Wie bereits erwähnt nutzt man hierbei die Müllwärme zur Vortrocknung des zu verbrennenden Schlammes aus. Dieser sollte vorher trotzdem möglichst entwässert sein. Damit will man erreichen, daß auch bei Einwohneräquivalenten Mengen nicht nur eine selbstgängige Verbrennung stattfindet, sondern noch Wärme für andere Zwecke übrig ist (9).

Bisher hat man Klärschlamm und Müll entweder in Müllöfen oder in Schlammverbrennungsöfen - meist Etagenöfen - gemeinsam verbrannt; d.h. man versuchte den Schlamm auf Müllrosten und den Müll in Etagenöfen mit zu verbrennen. Dies führte gelegentlich zu einigen Schwierigkeiten. Die Entwicklung in der Bundesrepublik Deutschland verlief etwa in folgender Reihenfolge:

### 6.1 Trocknung von Klärschlamm im Rauchgaskanal

Bei einer der ersten Anlagen zur gemeinsamen Verbrennung von Klärschlamm und Müll wurden die heißen Rauchgase aus der Müllverbrennungsanlage durch einen horizontalen Rauchgaskanal geleitet in dem sich eine mit Flüssigschlamm gefüllte Rinne befand. Hierbei verdampfte das Schlammwasser so weitgehend, daß der Schlamm mit dem Kratzerband in den Müllbunker gefördert werden konnte. Aus diesem wurde er zusammen mit dem Müll in den Ofen gegeben. Wärme- und förderungstechnisch ergaben sich dabei keine Schwierigkeiten, jedoch beim Geruch. Aufgrund der aufgetretenen Geruchsbelästigungen mußte nämlich die Schlammtrocknungsstufe bald nach ihrer Inbetriebnahme wieder stillgesetzt werden.

### 6.2 Etagenofen zur Müll- und Schlammverbrennung

Zur Veraschung von Müll in einem Schlammverbrennungsöfen benützte man erstmals in den 60iger Jahren einen Drehetagenofen (10). Der zu verbrennende Schlamm wurde dabei zuvor in einer Zentrifuge auf etwa 70 % Wassergehalt entwässert, bevor man ihn in die obere Etage des Ofens gab. Den Müll führte man in der zweiten Etage zu. Um den Transport innerhalb des Ofens nicht zu behindern war er zuvor jedoch in einer Hammermühle zerkleinert und mit einem Magnetabscheider von Eisenteilen befreit worden (Bild 7).

In Weiterentwicklung dieses Verfahrens wurde dann eine Anlage gebaut, in welcher der Schlamm flüssig aufgegeben und auf 5 Etagen vorgetrocknet wurde. So behandelt fiel er dann in den Müllverbrennungsteil wo er alsbald mit dem Müll zusammen verbrannte (11) (Bild 8).

Obwohl wärme- und verfahrenstechnisch auch diese Anlage einwandfrei funktionierte, scheiterte auch sie wieder am Geruchsproblem das mit den vorhandenen Mitteln nicht beherrscht werden konnte.

### 6.3 Müllverbrennungsrost zur Müll- und Schlammverbrennung

Noch früher, als bei den beiden vorgenannten Verbrennungsmethoden hat man in konventionellen Müllverbrennungsanlagen versucht Schlammfilterkuchen zu veraschen (5) (Bild 6).

Um einen guten Ausbrant zu gewährleisten, sollte dabei der Klärschlamm möglichst gleichmäßig über das Müllbett im Feuerraum verteilt werden. Dies ist jedoch kaum möglich, weil der Schlamm in der Praxis entweder in den Müllbunker oder in den Einfülltrichter zugegeben wird. Nachteilig ist ferner, daß bei gemeinsamer Müll- und Schlammverbrennung der Anteil des Unverbrannten in der Asche höher ist als wenn Müll allein verbrannt wird.

Hat man viel Abfallwärme zur Verfügung, so kann Flüssigschlamm direkt auf einem Dünnschichtverdampfer getrocknet werden. Die auf einer dampf-beheizten Trockenfläche gebildete Schlammkruste wird dabei durch Schaber abgekratzt und dem Müll beigemischt oder direkt in den Feuerraum gebracht (12).

Muß man mit der Wärmeenergie haushalten, und das müssen wir bei der jetzigen Energielage, dann ist es zweckmäßig, wenn man den Schlamm zuvor staubfein trocknet, bevor man ihn in den Feuerraum einbläst (5). Bei dieser neuerdings fast ausschließlich für die gemeinsame Verbrennung angewandten Methode wird der Klärschlamm zunächst auf Zentrifugen oder Schlammpressen entwässert. Diesen entwässerten Schlamm bringt man in einem Schwebetrockner über eine Käfig- oder eine Gebläseschlägermühle mit den heißen Rauchgasen der Müllverbrennungsanlage in Kontakt. Brüden und getrockneten Schlamm leitet man am Ende der Trocknungsstrecke in den Feuerraum (Bild 10).

## 7. Pyrolyse von Klärschlamm und Müll

Obwohl man in den USA schon seit über 30 Jahren sich mit der Abfallpyrolyse beschäftigt ist man dort erst jetzt soweit, Anlagen in technischem Maßstab und in Entsorgungsgröße zu bauen.

Bei dem Verfahren werden die Abfälle entweder unter Luftabschluß entgast oder bei unterstöchiometrischer Sauerstoffzufuhr vergast. Findet der Vorgang bei niedrigen Temperaturen von ca. 500° C statt, so enthalten die festen Restprodukte noch organische und mineralische Ver-

bindungen in gelöster Form. Hochtemperaturverfahren liefern demgegenüber geschmolzene wasserfeste Schlacken (14), (15).

Als Reaktortypen verwendet man Vertikalretorten, Drehtrommeln und Wirbelbettkonverter.

Die erste Anlage zur Abfallpyrolyse in der Bundesrepublik Deutschland wird nunmehr nach dem System Kiener für eine mittelgroße Süddeutsche Stadt gebaut, nachdem umfangreiche Versuche, die vom Bund und Land unterstützt wurden, vorgegangen waren (Bild 11).

## 8. Emissionen

### 8.1 Gerüche

Von den Emissionen, die von einer Abfallverbrennungsanlage ausgehen, werden die Gerüche am meisten als störend empfunden. Sie können sowohl von den Rauchgasen und Brüden herrühren, als auch von den zu verbrennenden Stoffen selbst. Besonders wenn Frischschlamm behandelt wird, kann es bei der Eindickung, Konditionierung und Entwässerung zu Belästigungen kommen. Seine Speicherung sollte deshalb in überdeckten Behältern, der Transport in geschlossenen Leitungen und Transporteinrichtungen geschehen. Die Zugabe von fäulnishemmenden und geruchsüberdeckenden Chemikalien ist meist nur wenig wirksam. Die abgesaugte geruchsbeladene Luft kann in Wäschern behandelt oder in Nachverbrennungsanlagen bei 800° C geruchlos gemacht werden. Das gilt in ähnlicher Weise auch für Brüden und Rauchgase, die einer derartigen Behandlung bedürfen. Dort stammen die Gerüche meist aus der Trocknungszone in der bei niederen Temperaturen gearbeitet wird.

### 8.2 Stäube

Bei Müllverbrennungsanlagen spielt neben den Gerüchen die Belästigung durch Staubentwicklung beim Transport und bei der Aufbereitung des Mülls eine große Rolle. Deshalb saugt man die Verbrennungsluft normalerweise aus den Müllbunkern, damit die dort entstehenden Stäube nicht nach außen treten können.

Die Beseitigung der Stäube aus den Rauchgasen erfolgt in Elektrofiltern oder Naßentstaubern. Beides sind wirkungsvolle und erprobte Einrichtungen.

### 8.3 Schadgase

Als Schadgase betrachtet man Chlorwasserstoff, Fluorwasserstoff und Schwefeldioxid. Neben ihnen sind auch die zulässigen Emissionen von Kohlenmonoxid und Stickoxiden begrenzt. Wenn Klärschlamm allein verbrannt wird, so ist der Anteil an Schadgasen meist so gering, daß eine Reduzierung nicht nötig ist.

Bei der gemeinsamen Verbrennung von Klärschlamm und Müll kommt man dagegen ohne eine Anlage zur Auswaschung von Schadgasen normalerweise nicht aus. Wenn mehrere Gase entfernt werden sollen, so muß man dies u.U. in mehreren Stufen eventuell auch unter Beimischung von Chemikalien zum Waschwasser durchführen.

Der Schwefeldioxidgehalt im Rauchgas ist maßgebend für die Höhe des Schornsteins. Manchmal muß man auch noch den Anteil des Chlorwasserstoffgases mitberücksichtigen. Schließlich spielt auch noch die Vorbelastung des Gebiets, die Geländeform, der Bewuchs und die Bebauung eine entsprechende Rolle.

### 9. Schlußbetrachtungen

Die derzeitige und die künftig zu erwartende Energieverknappung zwingt dazu, die Abfallstoffe energiesparend zu beseitigen. Hierfür stellt die gemeinsame Verbrennung von festen und flüssigen Abfällen eine brauchbare Lösung dar.

Ziel muß dabei sein, die Stoffe mindestens selbstgänglich zu verbrennen und eventuell vorhandene Restenergieen sinnvoll zu nutzen. Hierfür sind oftmals zusätzliche Einrichtungen zu schaffen, die sich bei den früheren Brennstoffpreisen nicht gelohnt haben.

Literatur

- (1) Immhof, K. Taschenbuch der Stadtentwässerung, Verlag R. Oldenbourg, München-Wien
- (2) Stief, K. Art, Menge und Zusammensetzung kommunaler Abfälle, Stuttgart Berichte zur Abfallwirtschaft 1, Erich Schmidt Verlag, Bielefeld 1976
- (3) Jäger, B. Zusammensetzung des Mülls, Müll- und Abfallbeseitigung von Kumpf-Maas-Straub, Erich Schmidt Verlag, Berlin
- (4) Shin, K.C. Einfluß von Struktur und Wirtschaft eines Siedlungsraums auf die Müllbeschaffenheit, Müll- und Abfallbeseitigung von Kumpf-Maas-Straub Erich Schmidt Verlag, Berlin
- (5) Körbel, W. Sondereinrichtungen der Verbrennungsanlagen - gemeinsame Verbrennung von Klärschlamm und Müll, Müll- und Abfallbeseitigung von Kumpf-Maas-Straub, Erich Schmidt Verlag, Berlin
- (6) Fabian, H. und Weber H.-O. Die neue Rückstandsverbrennungsanlage der Farbenfabriken Bayer AG, Leverkusen, Brennstoff-Wärme-Kraft 1967, S. 484 ff.
- (7) Wulf, H. Beseitigung von giftigen Abfallflüssigkeiten durch Verbrennen, GWF Wasser-Abwasser 1968 S. 326 ff.
- (8) Leib, H. V Verbrennung flüssiger, teigiger und fester Produktionsrückstände. Industrielle Schlämme und Abfallstoffe, IWL-Forum 70/I-II S. 55 ff.
- (9) Sontheimer, H. Die wesentlichen Probleme der gemeinsamen Verbrennung von Klärschlamm und Müll, Kommunalwirtschaft 1965 H. 9
- (10) Haller, R. Gemeinsame Verbrennung von Klärschlamm und Müll in Ebingen, Kommunalwirtschaft 1965 H. 9
- (11) Defêche, J. Verbrennung des mit Hausmüll vermischten Abwasserschlammes. ISWA-Kongreß Prag 1972

- (12) Gale, R.S. Joint Incineration of Refuse and Sludge, General Report 1976, EUROGOP-COST Aktion 68/3
- (13) NN Joint Refuse Disposal Works Altrincham/UK  
Festschrift zur Inbetriebnahme der Verbrennungsanlage 1973
- (14) Tabasaran, O. Pyrolytische Abfallbehandlung, ATV-Fortbildungskurs A/2, Schlammbehandlung und -beseitigung Okt. 1977
- (15) Besemer, G. Bedeutung und Technik der Pyrolyse von Altreifen. Verwertung kommunaler Abfälle als Zielvorstellung S. 61 ff. Stuttgarter Berichte zur Abfallwirtschaft 11  
Erich Schmidt Verlag Bielefeld 1979
- (16) Hämmerli, H. Müllverbrennung Olten; Leistungssteigerung durch Schlamm-trocknung  
Sonderdruck Buchau-Wolf, Reichling, Walter

Bildunterschriften

Zum Beitrag "Gemeinsame Verbrennung von festem und flüssigem Abfall"

- Bild 1: Brennwert der Schlamm-trockensubstanz
- Bild 2: Beispiel über den Einfluß der Jahreszeit auf die Müllbeschaffenheit
- Bild 3: Schlammverbrennungsöfen
- Bild 4: Drehrohrofen (5)
- Bild 5: Etagenöfen
- Bild 6: Müllverbrennungsöfen (5)
- Bild 7: Etagenöfen zur Verbrennung von Müll und entwässertem Schlamm (10)
- Bild 8: Etagenöfen zur Verbrennung von Müll und Flüssig-schlamm (11)
- Bild 9: Müllverbrennungsanlage und Schlamm-trommeltrockner (16)
- Bild 10: Müllverbrennungsanlage und Schlamm-Schwebetrockner
- Bild 11: Pyrolyseanlage System Kiener (14)

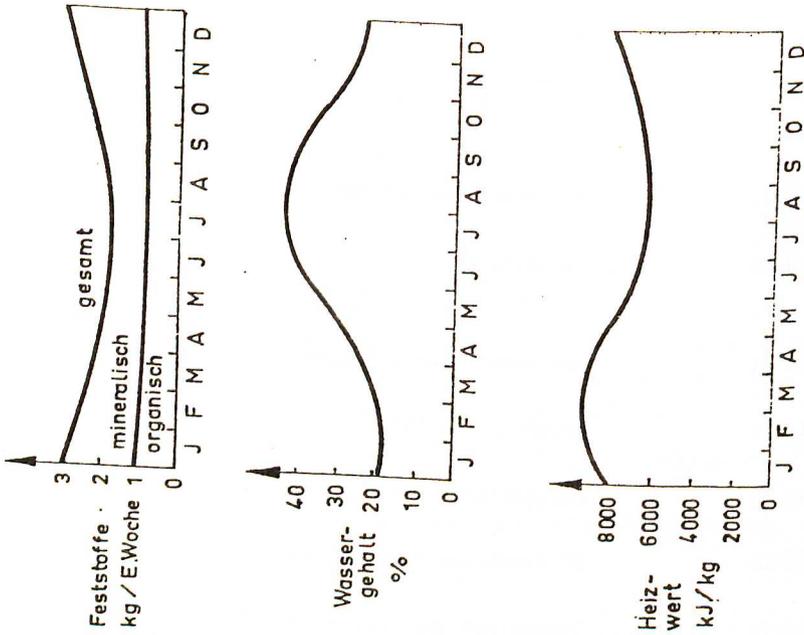


Bild 2: Beispiel über den Einfluß der Jahreszeit auf die Müllbeschaffenheit

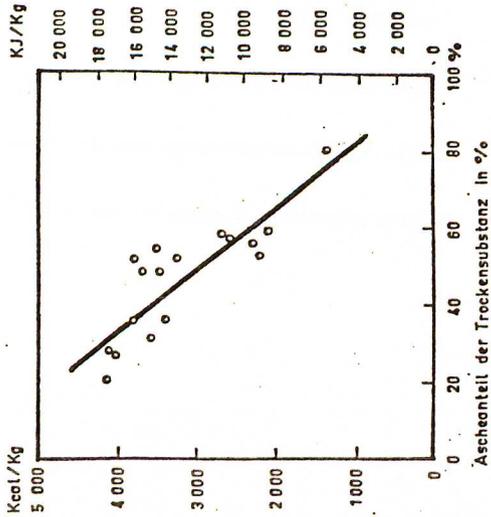


Bild 1: Brennwert der Schlamm Trockensubstanz

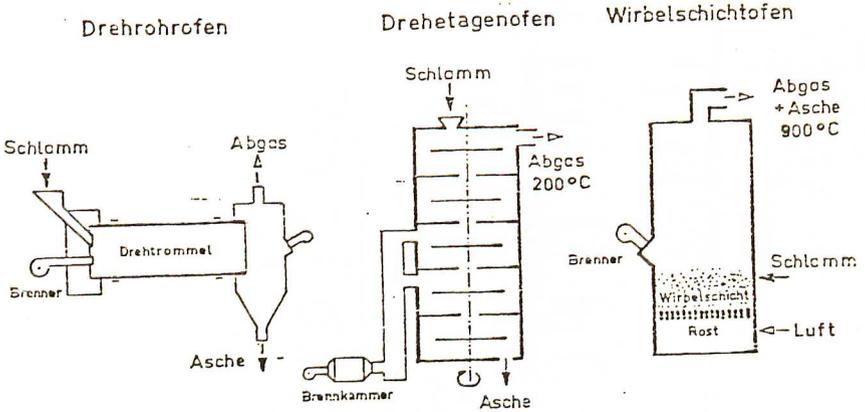


Bild 3: Schlammverbrennungsöfen

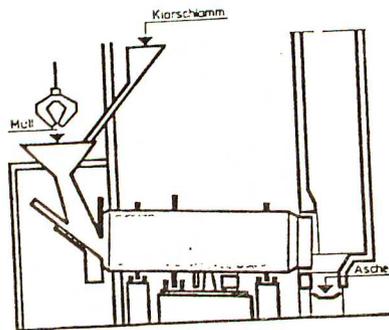


Bild 4: Drehrohröfen (5)

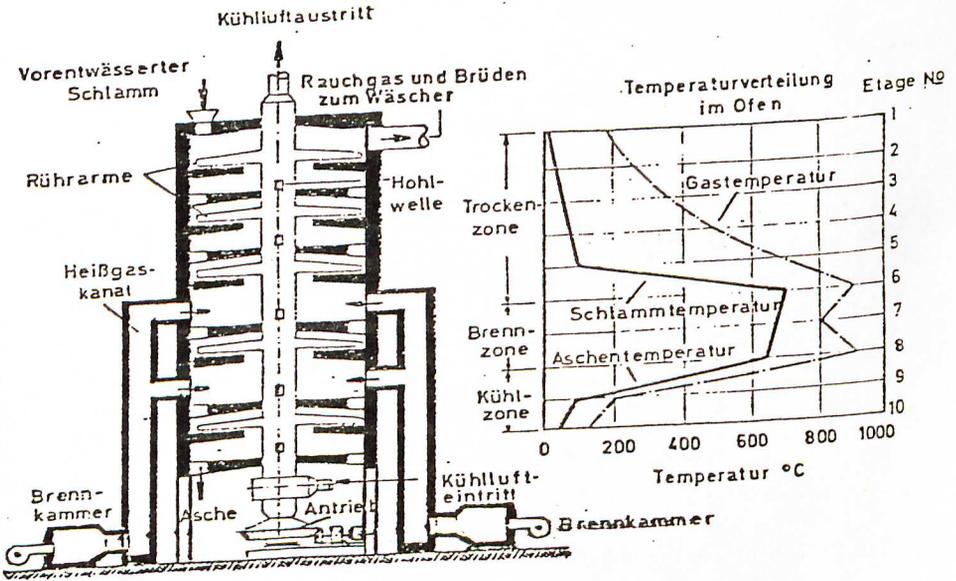


Bild 5: Etagenofen

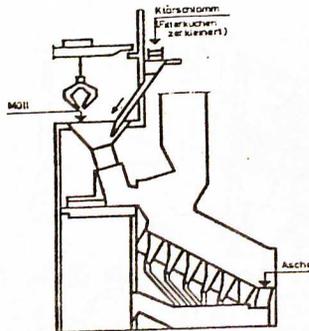


Bild 6: Müllverbrennungsofen (5)

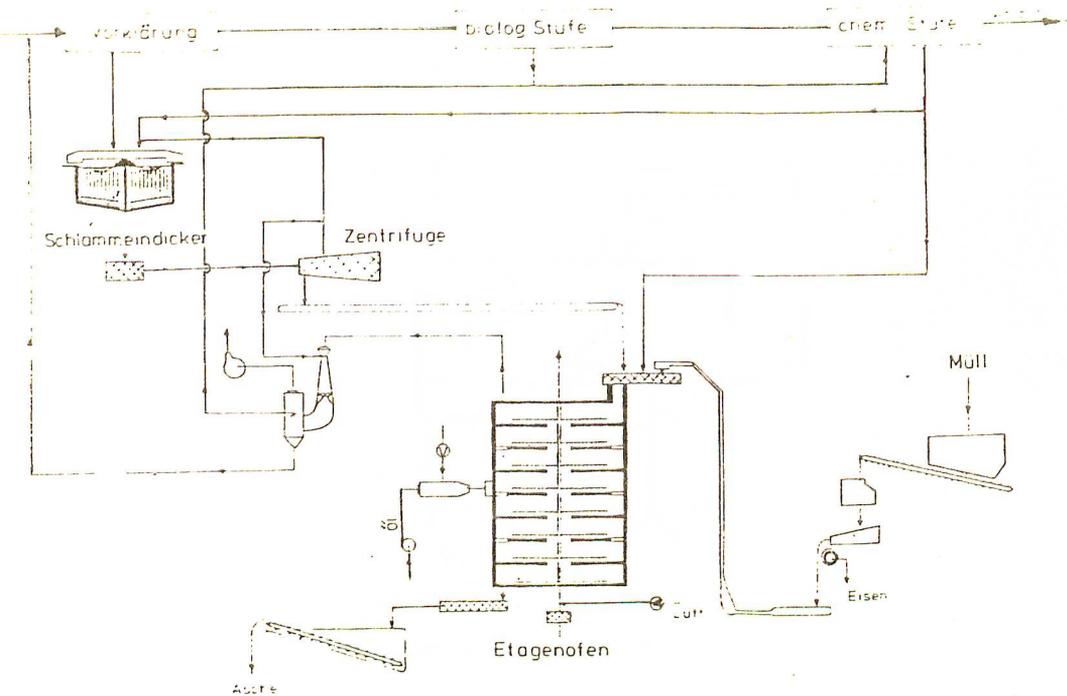


Bild 7: Etagenofen zur Verbrennung von Müll und entwässertem Schlamm (10)

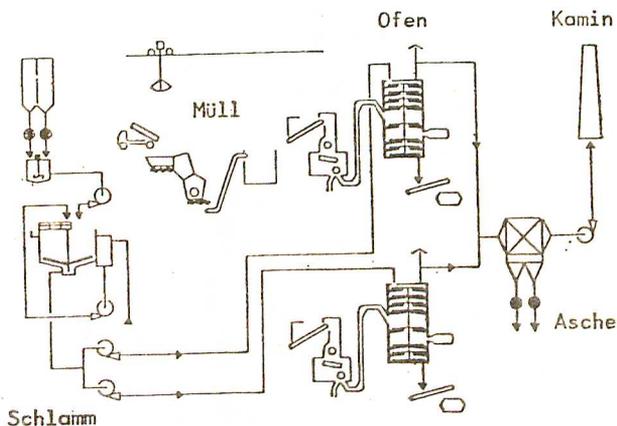


Bild 8: Etagenofen zur Verbrennung von Müll und Flüssigschlamm (1)

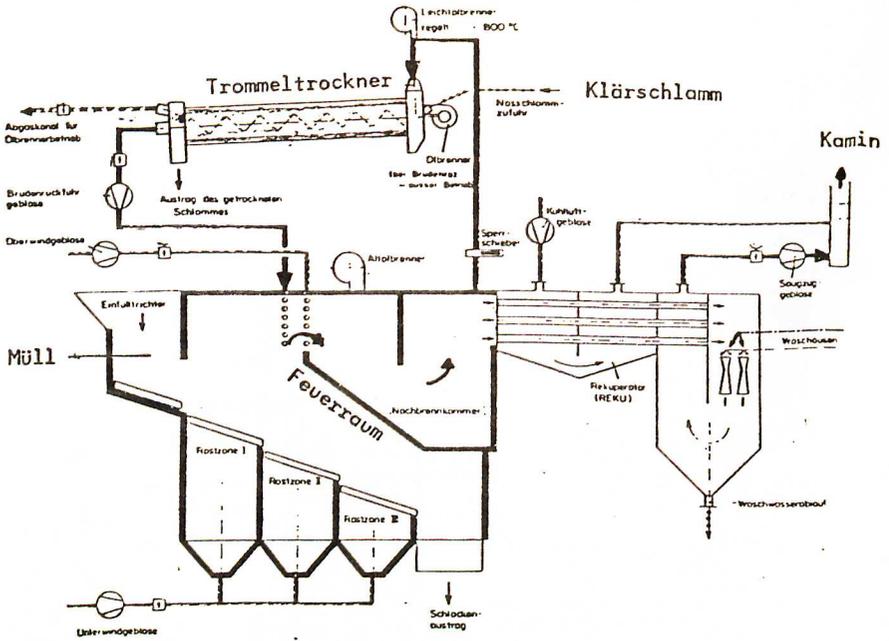


Bild 9: Müllverbrennungsanlage und Schlammtrommeltrockner (16)

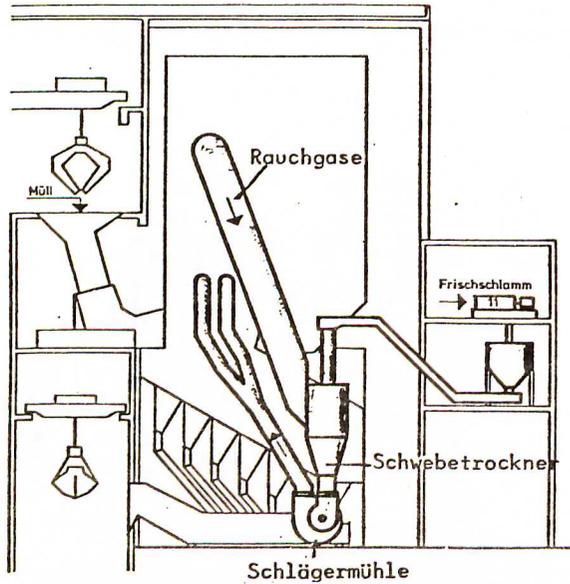


Bild 10: Müllverbrennungsanlage und Schlamm-Schwefelwasserstoff

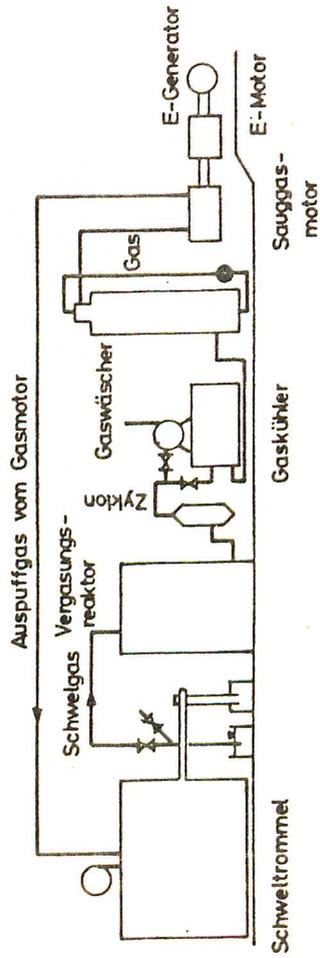


Bild 11: Pyrolyseanlage System Kiener (14)