

WIENER MITTEILUNGEN

WASSER · ABWASSER · GEWÄSSER

7. SEMINAR ÖWWV

WASSER UND ABFALLWIRTSCHAFT

BAND 7 - WIEN 1972

WIENER MITTEILUNGEN

WASSER-ABWASSER-GEWÄSSER

BAND 7

WASSER UND ABFALLWIRTSCHAFT
VORTRÄGE DES 7. ÖWWV-SEMINARS
RAACH, 6.3. – 10.3.1972

HERAUSGEBER:
PROF. DR.-ING. W. KEMMERLING
TECHNISCHE HOCHSCHULE WIEN
INSTITUT FÜR GEWÄSSERREGULIERUNG,
LANDWIRTSCHAFTLICHEN WASSERBAU
UND ABFALLWIRTSCHAFT

446.213 II
4

Vorwort

Der Österreichische Wasserwirtschaftsverband veranstaltete vom 6. bis 10. März 1972 in Raach am Hochgebirge, N.Ö., sein 7. Seminar mit dem Generalthema "Wasser und Abfallwirtschaft". Dieser umfangreiche und sehr vielschichtige Fragenkomplex hat in den letzten Jahrzehnten immer mehr an Bedeutung gewonnen. Auf der einen Seite steht die Forderung, alle noch vorhandenen geeigneten Wasservorkommen gegen jede Art von Verunreinigung zu schützen, um den mit steigendem Lebensstandard größer werdenden Bedarf an Wasser mit Trinkwasserqualität befriedigen zu können, auf der anderen Seite "produzieren" sowohl Gewerbe und Industrie als auch jeder einzelne Bürger immer mehr Abfallstoffe, die über die Verschmutzung von Grund- oder Oberflächenwasser zu einer ernststen Gefahr für die Gesundheit des Menschen werden können.

Um diese Gefahr richtig beurteilen zu können, muß man wissen, wie die anfallenden Abfälle beschaffen sind, und welche Möglichkeiten es gibt, sie so aufzubereiten, daß sie für die Umwelt keine Gefahr mehr darstellen. Der Schwerpunkt des Seminars lag daher nach einleitenden allgemeinen und kommunalen Aspekten bei der Darstellung und Diskussion der drei Behandlungsmethoden Deponie, Kompostierung und Verbrennung, jeweils aufgeteilt nach Grundlagen und Technik. Für flüssige oder feste Abfallstoffe aus Industrie und Gewerbe sind erforderlichenfalls spezielle Aufbereitungsanlagen zu erstellen. Hier kommt der Wiederverwendung von Rohstoffen (Recycling), die allgemein stärker beachtet werden sollte, eine besondere Bedeutung zu. Auch die Landwirtschaft muß in die Überlegungen einer großräumigen Abfallwirtschaft einbezogen werden, sowohl als Erzeuger von Abfällen, deren Behandlung manchmal große Schwierigkeiten bereitet, wie z.B. bei Massentierhaltungen, als auch als Abnehmer und Verwerter aufbereiteter Abfälle. Und bei allen Planungen spielt die Kostenfrage eine nicht unerhebliche Rolle.

Wirtschaftlichkeit und vor allem auch Wirksamkeit der Abfallwirtschaft werden aber nicht zuletzt davon abhängen, in welchem Maße es gelingen wird, großräumige Lösungen zu verwirklichen, die nicht nach oft zufälligen Verwaltungsgrenzen, sondern vor allem nach sachlichen und technischen Gesichtspunkten ausgerichtet sind. Die in der Schlußdiskussion vorgetragenen Kurzberichte einzelner Bundesländer zeigten hier sehr hoffnungsvolle Ansätze.

Es war nicht möglich, in der zur Verfügung stehenden Zeit alle Berührungspunkte der Abfallwirtschaft mit der Wasserwirtschaft aufzuzeigen. Vieles konnte nur angedeutet werden. Möge es Anstoß und Anreiz sein, sich auch weiterhin mit Fragen der Abfallwirtschaft zu beschäftigen, um weiter in dieses Fachgebiet einzudringen.

Die Teilnehmerzahl am Seminar war begrenzt. Um die Vorträge einem größeren interessierten Kreis zugänglich zu machen, werden sie im vorliegenden Band 7 der Wiener Mitteilungen "Wasser - Abwasser - Gewässer" veröffentlicht.

Allen Vortragenden sei auch an dieser Stelle nochmals gedankt.

o.Prof.Dr.-Ing. W. Kemmerling
Technische Hochschule Wien

Vortragende

Referate:

Braun, Rudolf Prof.Dr.

Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung,
Abwasserreinigung und Gewässerschutz, CH-8600
Dübendorf, Überlandstraße 133

Fischer, Franz Ob.Sen.Rat i.R. Dipl.-Ing.

1050 Wien, Kriehberggasse 16

Kemmerling, Walter Prof.Dr.-Ing.

Technische Hochschule Wien, 1040 Wien, Gußhausstraße 30

Klotter, Hans-Erich Min.Rat Prof.Dr.

Ministerium für Landwirtschaft, Weinbau und Forsten
(Rheinland-Pfalz), D-65 Mainz, Stiftstraße 4

Kojetinsky, Richard Ob.Sen.Rat Dipl.-Ing.

Stadtbauamtsdirektion, 1010 Wien, Rathaus

Lengyel, Werner Dipl.-Ing. Ziviltechniker

1030 Wien, Jacquingasse 13

Schenkel, Werner Dipl.-Ing.

Siedlungsverband Ruhrkohlenbezirk, D-43 Essen,
Kronprinzenstraße 35

Scherb, Karl Oberreg.-Chemierat Dr.

Bayerische Biologische Versuchsanstalt
"Demoll-Hofer-Institut", D-8 München 22, Kaulbachstraße 37

Stickelberger, Dietegen

Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasser-
reinigung und Gewässerschutz, CH-8600 Dübendorf
Überlandstraße 133

Supersperg, Harald Doz. Dipl.-Ing. Dr.

Hochschule für Bodenkultur, Institut für Wasserwirt-
schaft, 1180 Wien, Gregor-Mendel-Straße 33

v. Wickeren, Peter Dipl.-Ing.

Siedlungsverband Ruhrkohlenbezirk, D-43 Essen
Kronprinzenstraße 35

Wogrolly, Ernst Dipl.-Ing. Dr.

Laboratorium für Kunststofftechnik, LKT-TGM
1090 Wien, Severingasse 9

Diskussionsbeiträge:

Bernhart, Lothar ROBR Dipl.-Ing.Dr.

Amt der Steiermärkischen Landesregierung,
Landesbaudirektion, 8010 Graz, Landhausgasse 7

Bösch, Robert Landtagsabgeordneter

Bürgermeister der Marktgemeinde Lustenau
6890 Lustenau

Mayr, Hubert LOBR Dipl.-Ing.

Amt der Tiroler Landesregierung, Landesbaudirektion
Abteilung VI c, 6020 Innsbruck, Herrengasse 1

Säntti, Reino Dipl.-Ing.

EKONO, 1010 Wien, Schottenring 16

Stegmann, Rainer Dipl.-Ing.

Technische Universität Braunschweig,
D-33 Braunschweig, Pockelsstraße 4

INHALT

Vortragender	Seite
Kemmerling, W.: Wasser und Abfallwirtschaft (Einführung)	A-22
Kojetinsky, R.: Abfallwirtschaft als kommunales Problem	B-13
Scherb, K: Abfallstoffe aus der Landwirtschaft	C-25
Schenkel, W.: Grundlagen der Deponie	D-43
Schenkel, W.: Technik der Deponie	E-50
Braun, R.: Grundlagen der Kompostierung	F-16
Braun, R.: Technik der Kompostierung	G-24
Wogrolly, E.: Die Grundlagen der Verbrennung von Kunststoffabfällen	H-23
Fischer, F.: Grundlagen der Verbrennung	H-25-43
Fischer, F.: Technik der Verbrennung	I-25
Klotter, H.-E.: Feste Abfallstoffe aus Industrie und Gewerbe	K-18
Klotter, H.-E.: Flüssige Abfallstoffe aus Industrie u. Gewerbe	L-18
v.Wickeren, P.: Kosten der Abfallbehandlung	M-46
Supersperg, H.: Landwirtschaftliche Schlammverwertung	N-22

Vortragender	Seite
Stickelberger, D.:	
Abfallverwertung oder Abfallvernichtung?	0-22
Lengyel, W.:	
Raumordnung und Abfallwirtschaft	P-19
Diskussionsbeiträge	
Bernhart, L.:	
Regionale Planung zur Beseitigung fester Abfallstoffe in Steiermark	P-26
Bösch, R.:	
Der Müll und seine Beseitigung in Vorarlberg	P-31
Mayr, H.:	
Abfallplanung in Tirol	P-39
Säntti, R.:	
Neue Probleme der Schlammbehandlung Schlämme der Nährstoffeliminierung	N-29
Stegmann, R.:	
Versuche zur Reinigung von Müllsickerwasser	E-54

Walter Kemmerling

Wasser und Abfallwirtschaft

Die Wechselbeziehungen zwischen Organismen und Umwelt, seit Ernst Haeckel Ökologie genannt, sind in natürlichen Lebensräumen im Gleichgewicht. Energiezufuhr und Energieentzug gleichen sich aus in Kreislaufprozessen. Auch der Mensch, selbst nur ein Glied in terrestrischen Ökosystemen, ist primär von ökologischen Gegebenheiten abhängig, kann aber außerdem selbst in Strukturen und Funktionen von Ökosystemen eingreifen. Er kann den Kreislauf der Materie ändern und schließlich sogar durch lineare Abläufe ersetzen. Von dieser Möglichkeit hat der Mensch in seinem Streben nach besseren Lebensbedingungen und größerem Wohlstand in steigendem Maße Gebrauch gemacht. Man kann davon ausgehen, daß die Einwirkungen auf die Umwelt etwa im gleichen Maße zugenommen haben wie der sogenannte technische Fortschritt, der sich als die Summe aller Entdeckungen, Erfindungen, Rationalisierungen etc. darstellt. Diese Summe der technischen Neuerungen zeigt ein exponentielles Wachstum mit einem stark ausgeprägten Ansteigen in den letzten 250 Jahren, also etwa seit dem Zeitalter der Aufklärung. Ähnlich verläuft die Kurve des Wachstums der Weltbevölkerung. Um 7000 a. Chr. n. stand noch eine Landfläche (einschl. Gebirge, Wüsten etc.) von 15 km² je Person zur Verfügung. Heute sind es nur noch etwa 0,04 km² je Person. Außerdem steigt der Raumbedarf (Wohnflächen, Verkehrsflächen, Industrieflächen) je Person nicht unerheblich - in den westlichen Ländern z.B. fast proportional der Produktivität - an. Dies führt zu weiteren Umweltbelastungen.

Aus der Erkenntnis dieser Zusammenhänge definiert Basler (1) als Maß für die Umweltbelastung in erster Annäherung eine Größe als Funktion der Zeit (Q_t), die sich proportional zur Bevölkerungszahl (E) und dem spezifischen Güterverbrauch (g_s) dieser Bevölkerung verhält. Sie ist umgekehrt propor-

tional zum verfügbaren Lebensraum (LR) und einem Faktor (w), der berücksichtigen soll, in welchem Maße es diese Bevölkerung verstanden hat, sich umweltgerecht (fortschrittlich, zukunftsorientiert) zu verhalten (Wirkungsgrad).

$$Q_t = \frac{E \times g_s}{LR \times w}$$

Eine wesentliche Vergrößerung des Lebensraumes ist in einem überschaubaren Zeitraum nicht zu erwarten. Um das Maß der Umweltbelastung in tragbaren Grenzen zu halten, muß sich der Mensch also mit den verbleibenden Faktoren um so intensiver auseinandersetzen. Neben der Verhinderung einer Bevölkerungsexplosion und der Drosselung des Güterkonsums gilt es vor allem, den Wirkungsgrad unserer Tätigkeiten hinsichtlich der Umweltbeanspruchungen zu verbessern.

Umweltschutz ist keine Erfindung der Neuzeit, sondern lediglich ein modernes Wort für eine Tätigkeit, die es zumindest von dem Zeitpunkt an gibt, da wir von menschlicher Kultur sprechen können. Bisher war es allerdings überwiegend ein passiver Umweltschutz, der punktuell und defensiv gehandhabt wurde. Wenn man erkannte, daß die Belastung der Umwelt durch menschliche Tätigkeiten an irgendeiner Stelle unerträglich groß geworden war, bemühte man sich, mögliche Gefahren so gut es ging an Ort und Stelle zu beheben. Dabei geschah es nicht selten, daß die Umweltbelastung lediglich in einen anderen Bereich verschoben wurde.

Heute haben wir erkannt, daß die natürlichen Medien Wasser, Boden und Luft nicht isoliert betrachtet werden können und daß sie keine unerschöpflichen Abfallkübel sind. Das zwingt uns, vom passiven zum aktiven Umweltschutz überzugehen.

Vorausschauendes Planen, an keine zufälligen Verwaltungsgrenzen gebunden, ist das Gebot der Stunde. Im Mittelpunkt aller Überlegungen muß die Gesundheit des Menschen stehen, die in der Magna Charta der Weltgesundheitsorganisation als ein "Zustand des vollkommenen physischen, seelischen und sozialen Wohlbefindens" charakterisiert ist.

Das Wissen um die Gefahren, die der menschlichen Gesundheit aus einer gestörten, nicht im Gleichgewicht befindlichen und evtl. mit Giftstoffen angereicherten Umwelt erwachsen, hat zur Folge, daß wir hinkünftig einen weit höheren Anteil unseres Sozialproduktes als bisher werden aufwenden müssen, um Schäden zu vermeiden oder zu beheben, nachdem wir jahrzehntelang über unsere Verhältnisse gelebt haben. Umweltfreundliche Produktionsmethoden und Produkte werden an Bedeutung gewinnen. Letzten Endes aber sind alle Aufwendungen zur Erhaltung einer menschenwürdigen Umwelt ebenso notwendige Maßnahmen der Infrastruktur wie z.B. Straßen oder Schulen.

Die wichtigste Voraussetzung für das Gelingen einer aktiven Umweltpolitik ist die Bereitschaft der Bürger, sich selbst im Interesse einer auch hinkünftig gesunden Umwelt Beschränkungen aufzuerlegen und Lasten zu tragen; denn die finanziellen Lasten des Umweltschutzes hat letzten Endes immer der Bürger zu tragen, sei es als Kommunalabgabepflichtiger oder als Käufer (Verursacherprinzip), sei es als Steuerzahler, wenn die öffentliche Hand tätig wird.

Der Unterschied in der Wirkung für den einzelnen entspricht etwa dem bei indirekten und direkten Steuern. Es ist u.a. auch eine echte Aufgabe staatlicher Umweltpolitik, hier für eine gerechte Verteilung der Lasten zu sorgen.

Es wird noch viel Öffentlichkeitsarbeit und Erziehung, die bereits im Elternhaus und in der Schule beginnen muß, erforderlich sein, bis ein solches Umweltbewußtsein Allgemeingut geworden ist. Hier fällt auch den Massenmedien eine verantwortungsvolle Aufgabe zu. Der Sache ist weder mit einer Verharmlosung noch mit einer fragwürdigen, pseudowissenschaftlichen Übertreibung gedient. Wir müssen unserem Blick, der immer nur auf die Eroberung der Natur gerichtet war, eine andere Richtung, ein neues Ziel geben.

Wenn wir die gleiche Energie, Erfindungsgabe und Ausdauer aufwenden, die uns diesen gewaltigen technischen Fortschritt gebracht haben, muß es gelingen, auch zu diesem Ziel einen Weg zu finden.

In den Umweltbereichen Wasser, Boden und Luft bilden sich je nach örtlichen Verhältnissen sowie dem Grad der wirtschaftlichen und sozialen Entwicklung unterschiedliche Schwerpunkte aus, im wesentlichen als negative Begleiterscheinungen der zunehmenden Industrialisierung, der stärkeren Zusammenballung einer wachsenden Bevölkerung auf engem Raum und der fortschreitenden Technisierung aller Lebensbereiche. Dabei ist eine Verlagerung der Problem-
schwerpunkte von der Versorgung der Bevölkerung zur Entsorgung, vor allem in Industrie- und Ballungsräumen festzustellen.

In der Rangfolge aller Lebensvoraussetzungen nimmt das Wasser ohne Frage einen hervorragenden Platz ein. Diese bereits den Naturphilosophen vorchristlicher Zeit selbstverständliche Erkenntnis wurde am 6. Mai erneut bekräftigt, als der Ministerausschuß des Europarates in 12 Punkten die Grundsätze einer Europäischen Wasser-Charta formulierte. Die wichtigsten Leitsätze sind:

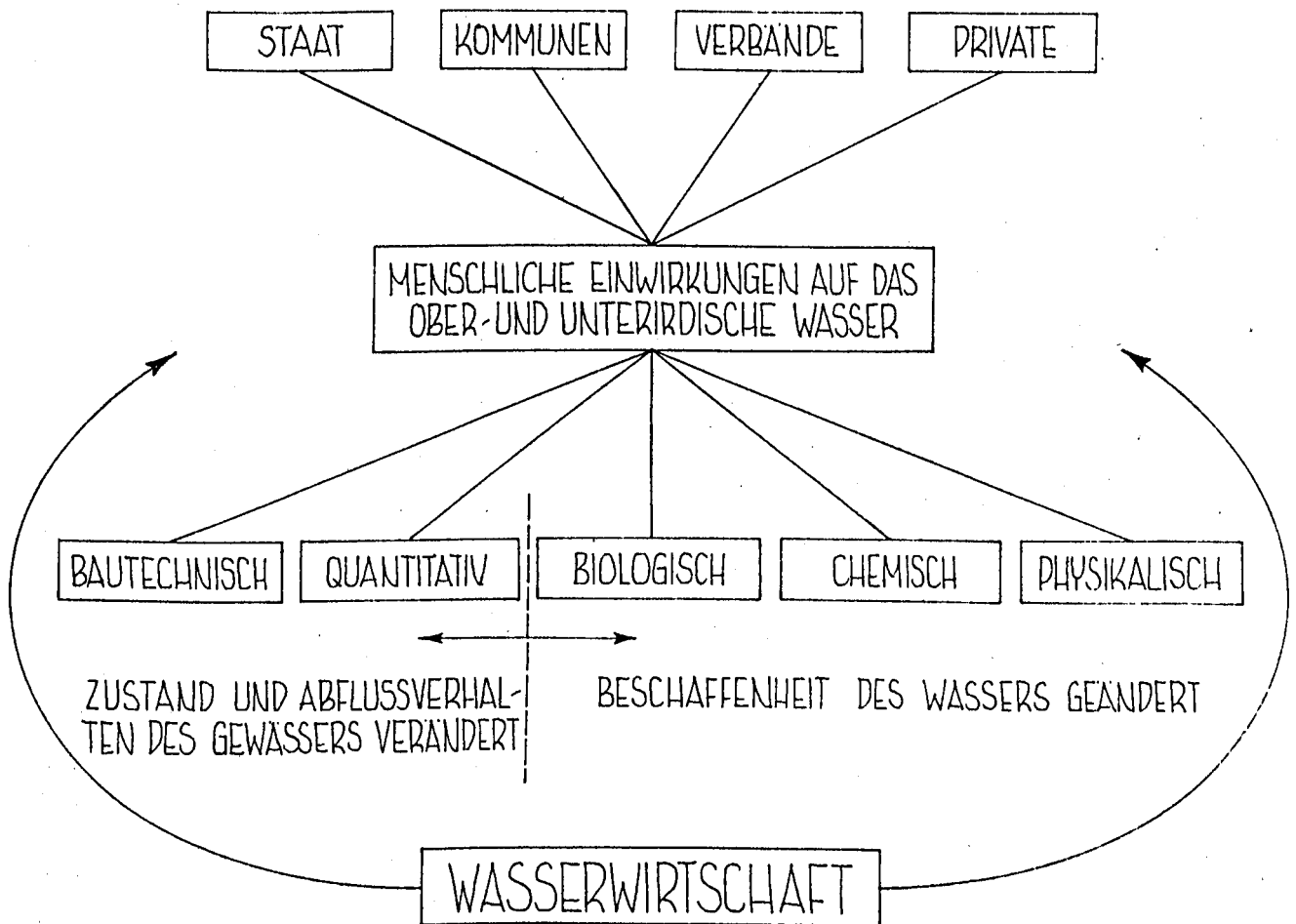
"Ohne Wasser gibt es kein Leben. Wasser ist ein kostbares, für den Menschen unentbehrliches Gut.

Jeder Mensch hat die Pflicht, für das Wohl der Allgemeinheit Wasser wirtschaftlich und mit Sorgfalt zu verwenden!"

Der vorhandene Wasserschatz ist im Gegensatz zu anderen Grundnahrungsmitteln praktisch nicht vermehrbar. Wasser kann also infolge seiner Begrenztheit und vor allem auch Unersetzbarkeit nicht zu den freien Gütern im Sinne der Theorien der klassischen Nationalökonomie gerechnet werden, sondern bedarf im Gegenteil eines besonderen Schutzes. Dies führt zu der Notwendigkeit der Bewirtschaftung des Wassers im Interesse der Allgemeinheit, also zur Wasser-

wirtschaft, die das sinnvolle Aufeinanderabstimmen aller das Wasser berührenden Maßnahmen oder Interessen beinhaltet. Wasserwirtschaft ist die zielbewußte Ordnung aller menschlichen Einwirkungen auf das ober- und unterirdische Wasser (Abb. 1).

Abb. 1: Zielbewußtes Ordnen aller menschlichen Einwirkungen auf das Wasser (2)



Diese kurzen Ausführungen zum Gesamtkomplex Mensch und Umwelt sollen darauf hinweisen, daß der Teilbereich Wasser und Abfallwirtschaft, der in diesem Seminar behandelt wird, nicht für sich isoliert untersucht werden kann, sondern wie

jede Untersuchung von Teilgebieten immer vor dem Hintergrund der großen Zusammenhänge und in Beziehung dazu gesehen werden muß.

Zwischen Wasserwirtschaft und Abfallwirtschaft gibt es sehr vielfältige Wechselwirkungen, manchmal mittelbar, oft aber auch unmittelbar. Die Gefahren für die Umwelt, die über das Wasser von den Abfällen ausgehen, sind ebenso verschiedenartig wie deren Zusammensetzung. In diesem Seminar wird besonders die Gruppe der festen Abfallstoffe behandelt, allerdings werden auch flüssige Abfallstoffe aus Landwirtschaft, Industrie und Gewerbe angesprochen sowie auf die Möglichkeiten einer gemeinsamen Behandlung fester und flüssiger Abfälle unter bestimmten Voraussetzungen hingewiesen.

Zu den festen Abfallstoffen zählen Hausmüll, Sperrmüll, Straßenkehricht, Gartenabfälle, der überwiegende Teil der gewerblichen und industriellen Abfälle, Aushubboden, Bauschutt u.a.m. Die Grenzen zwischen den einzelnen Arten sind fließend und nicht immer eindeutig festlegbar (z.B. Hausmüll-Sperrmüll). Immer mehr hat sich auch die Bezeichnung "Sonderabfälle" oder "Sondermüll" durchgesetzt. So werden Abfallstoffe bezeichnet, die wegen ihrer Eigenart oder auch chemischen Zusammensetzung in der Regel nicht mit häuslichen Abfällen zusammen behandelt werden können. Hierunter fallen u.a. Altöle, Autowracks, Altreifen, Lösungsmittel, Härtesalze, bestimmte Abfälle der chemischen Industrie, radioaktive Abfälle.

Menge und Zusammensetzung der Abfälle aus der Industrie sind meist produktionsspezifisch. In den Gewerbebetrieben fallen in der Regel hausmüllähnliche Abfallstoffe aus, die zumeist in den statistisch erfaßten Daten für Hausmüll mitenthalten sind. Nach Untersuchungen in der BRD (4) hat das Gesamtgewicht der produktionsspezifischen Gewerbeabfälle bisher jährlich um ca. 3-4 % zugenommen. Allgemeingültige Zahlen kann man aber hier nicht angeben.

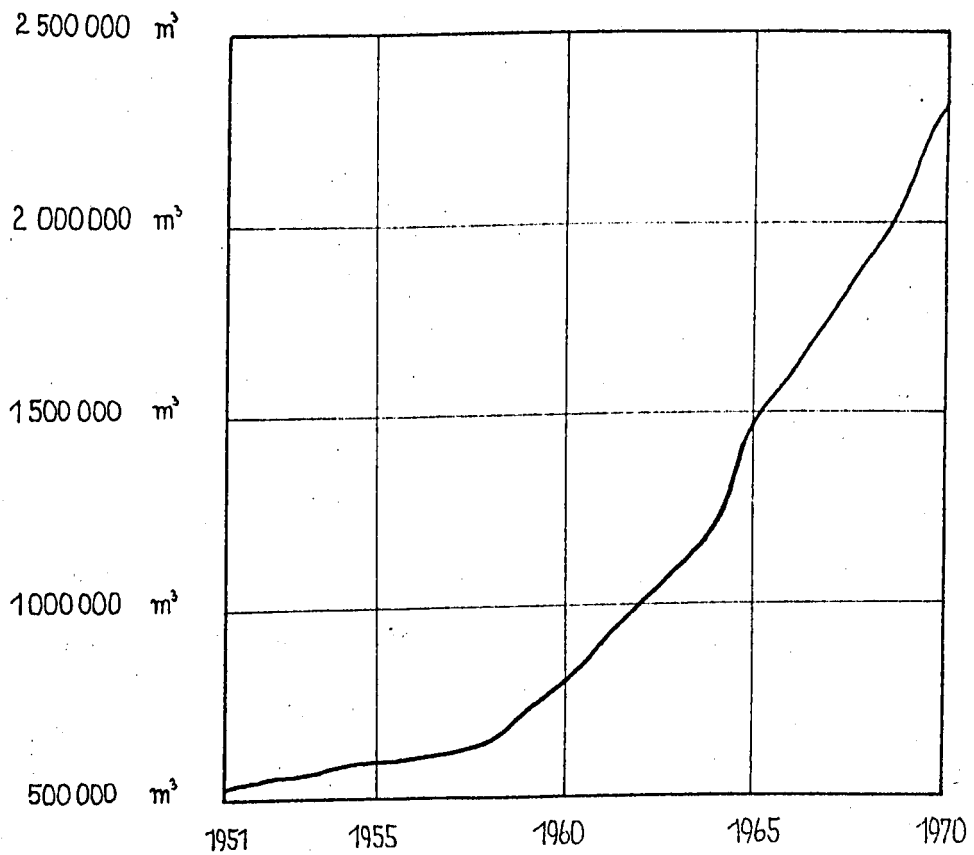


Abb. 2: Jährlicher Müllanfall in Wien in m^3 (5)

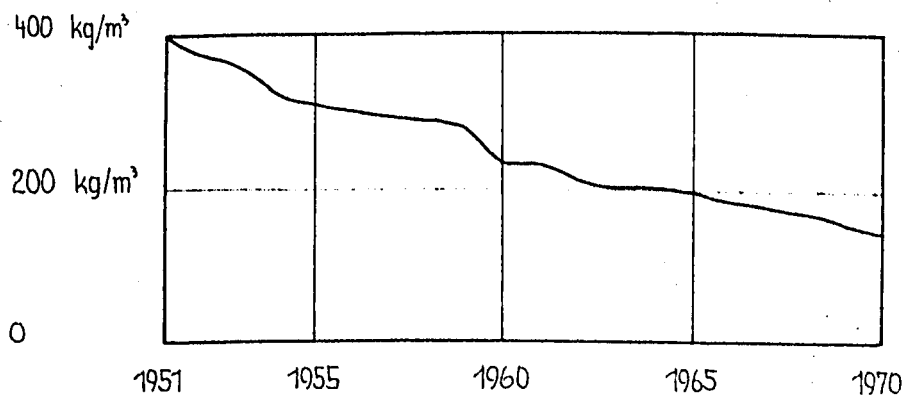


Abb. 3: Müllgewicht in Wien in kg/m^3 (5)

Beim Hausmüll kann man heute je nach den sozioökonomischen Strukturen der Einzugsgebiete mit etwa 0,1-0,4 t/E.a. und volumenbezogen mit etwa 0,4-1,3 m³/E.a. rechnen. Die oft zitierte "Mülllawine" bezieht sich hauptsächlich auf das Müllvolumen, das gegenüber dem Gewicht überproportional ansteigt (Abb. 2 und 3). Dies ist vor allem in einem sehr starken Ansteigen der Verpackungsmaterialien begründet. Von 1960 bis 1966 stiegen in Österreich der Verbrauch von Papier und Pappe von 43 auf 59 kg/E.a. (+37 %) und von Kunststoffen von 8,7 auf 20,3 kg/E.a. (130 %) an (5). Diese Tendenz dürfte sich noch verstärken, wenn die Produktion von Wirtschaftsgütern, die nach kurzem oder bereits nach einmaligem Gebrauch weggeworfen werden, weiter ansteigt.

Auch die Zusammensetzung des Hausmülls hat sich in den letzten Jahren erheblich geändert. Sie zeigt mit dem Vordringen rückstandsloser Feuerungen (Öl, Gas) und mit zunehmendem Lebensstandard eine Tendenz zur Vergleichmäßigung. Die früher oft erheblichen Jahresschwankungen werden geringer. Die Abnahme der Aschebestandteile und die Zunahme von Papier fördert die Kompostierbarkeit und erhöht gleichzeitig in Verbindung mit dem ebenfalls steigenden Kunststoffanteil den Heizwert. In der BRD ist nach derzeitigen Ermittlungen für 1980 mit der in Tabelle 1 angegebenen Zusammensetzung zu rechnen (4):

Bestandteil	1970	1980	±
	Gew. %	Gew. %	
Asche, Schlacke	20-35	10-20	-47
Glas (Bruch u. ganz)	8-10	6-7	-28
Metall	4-9	4-9	± 0
Steine, Porzellan	2-6	2-6	± 0
Papier, Verpackungen (klein)	20-35	30-45	+40
Textilien	2-4	1-3	-33
Holz, Leder, Gummi	2-4	2-4	± 0
Kunststoffe	2-3	3-5	+58
Küchenabfälle (org.)	10-20	15-25	+33

Tabelle 1: Voraussichtliche Zusammensetzung in der BRD im Jahre 1980

Aus hygienischen Gründen ist zu fordern, daß alle Abfallstoffe so schnell wie möglich aus dem Wohnbereich bzw. der Umgebung des Menschen zu entfernen und so zu behandeln sind, daß keine Gefahren mehr für Mensch, Tier oder Pflanze von ihnen ausgehen. Man kann also zwei Abschnitte unterscheiden:

- | | | |
|--------------------------|---|------------------|
| 1. Sammeln und Transport |) | |
| 2. Behandlung |) | der Abfallstoffe |

Vielfach wird auch von "Beseitigung" gesprochen, obwohl diese Bezeichnung sehr unglücklich gewählt ist, da sie zu leicht beim Nichtfachmann die Vorstellung eines völligen Verschwindens von Abfallstoffen hervorrufen kann.

Das Sammeln von festen Abfallstoffen am Entstehungsort einschließlich Transport muß als erstes Glied in der Kette der Abfallwirtschaft auf die anderen Glieder abgestimmt sein. Im Vordergrund stehen Fragen der Hygiene, der Staub- und Lärmbelästigung sowie der Organisation. Wasserwirtschaftliche Belange werden - wenn überhaupt - nur mittelbar berührt.

Anders liegen dagegen die Verhältnisse bei der anschließenden Behandlung der Abfallstoffe. Hier sind viele unmittelbare Berührungspunkte mit der Wasserwirtschaft gegeben. Im allgemeinen kommen drei Verfahren für die Behandlung in Betracht:

1. Geordnete Deponie. Die Abfallstoffe werden im Rohzustand oder nach einer Vorbehandlung mit geeigneten Geräten (z.B. Zerkleinerung) kontrolliert, das heißt unter Beachtung bestimmter Grundsätze abgelagert.
2. Kompostierung. Nichttrotten Reststoffe können entweder einer geordneten Deponie zugeführt oder verbrannt werden.
3. Verbrennung mit oder ohne Ausnutzung der frei werdenden Wärme. Die anfallenden mineralischen Reststoffe können genutzt oder auch deponiert werden.

Alle drei Verfahren haben das gemeinsame Ziel, die in den Abfällen enthaltenen organischen Bestandteile weitgehend zu stabilisieren. Bei der geordneten Deponie stehen anaerobe Vorgänge im Vordergrund. Die Umwandlungsprozesse bei der Kompostierung werden von Anaerobiern bestimmt. Am schnellsten verwandelt die Verbrennung die organischen Bestandteile in mineralische Reststoffe. Welchem Verfahren der Vorzug zu geben ist, kann nicht allgemein, sondern nur am konkreten Fall entschieden werden. Neben den Belangen der Wasserwirtschaft, der Hygiene sowie des Landschaftsschutzes sind auch viele örtlich bedingte Faktoren und nicht zuletzt Menge und Art der anfallenden Abfallstoffe zu berücksichtigen. Allgemein kann gesagt werden, daß die Wechselwirkungen zwischen Wasserwirtschaft und Abfallwirtschaft um so günstiger sind, je mehr Abfallstoffe wiederverwendet oder in den natürlichen Stoffkreislauf zurückgeführt werden können.

In Österreich werden nach dem Bundesraumordnungsgutachten 1968 (3) in 958 Orten (28 % aller österreichischen Gemeinden) die Abfallstoffe regelmäßig abgefahren. Damit sind einschl. Wien 70 % der Bevölkerung erfaßt. Von den Gemeinden unter 1000 bis 2000 Einwohnern haben nur wenige eine zentrale Müllabfuhr, die dann überwiegend von Privatunternehmern durchgeführt wird. Der Anteil der Zweckverbände ist sehr gering (insgesamt 2 %). Bei den meisten Gemeinden werden die Abfälle "wild" abgelagert und zum Verfüllen von künstlichen Bodenvertiefungen oder natürlichen Bodensenken benutzt. Eine wirklich geordnete Ablagerung ist sehr selten. Großräumige Lösungen sind z.T. bereits sehr dringlich geworden, denn 136 Gemeinden haben angegeben, daß eine Ablagerung nur noch für etwa 5 Jahre möglich sein wird.

Mit den erwähnten drei Verfahren - geordnete Deponie, Kompostierung, Verbrennung - ist es bei sachgemäßer Anlage und ordnungsgemäßen Betrieb möglich, fast alle Abfallstoffe so zu behandeln, daß die Gesundheit des

Menschen nicht gefährdet wird und unvermeidbare Beeinträchtigungen auf einen minimalen Umfang beschränkt bleiben. Für das Grund- und Oberflächenwasser ist generell zu fordern, daß es möglichst nicht beeinflusst wird. Zumindest aber darf es nicht so verändert werden, daß seine Nutzung für lange Zeit oder sogar für dauernd unmöglich wird.

Die größte Gefahr einer Verunreinigung von Grund- oder Oberflächenwasser geht von der Ablagerung aus. Sehr günstig hinsichtlich möglicher Beeinflussungen des Wasserhaushaltes ist die Kompostierung zu beurteilen.

Eine weit verbreitete Unsitte ist das Abkippen von Abfallstoffen unmittelbar an Flußufern oder in Überflutungsgebieten ohne besondere Sicherungsmaßnahmen. Manchmal hat man sogar den Eindruck, daß der Abtransport eines Teiles der Kippe durch Hochwasser einkalkuliert ist, damit immer wieder Platz für neue Abfallstoffe geschaffen wird. Das Ablagern an Seeufern oder das Verfüllen von natürlichen bzw. künstlichen Seen birgt große gesundheitliche Gefahren. Mit den gelösten und ungelösten Stoffen können auch Krankheitskeime in das Wasser gelangen. Bei größeren Gewässern wurde und wird z.T. noch heute unmittelbar in das Wasser gekippt. Die Folgen können nicht ausbleiben: Brutstätten für Ungeziefer, Verunstaltung der Landschaft, Geruchsbelästigungen, seuchenhygienische Gefahrenherde usw. Selbst die Nordsee, deren Aufnahmevermögen auf den ersten Blick unbegrenzt erscheinen mag, wird sicherlich kaum noch als Badegewässer verlocken, wenn bestehende englische Pläne, jährlich 400 000 t Industrieabfall zu verklappen, Wirklichkeit werden. Auch ist die Zerstörung der zur Zeit noch bestehenden wenigen Fischgründe zu befürchten.

Noch schwerwiegender als bei Oberflächengewässern können die Folgen sein, wenn Abfallstoffe über einem offenen Grundwasserträger abgelagert werden. Grundwasservorkommen, die sich auf Grund ihrer natürlichen Eigenschaften zur Trinkwassergewinnung eignen, sind besonders zu schützen, da der Bedarf an gutem Trinkwasser ständig steigt, während gleich-

zeitig die Verschmutzung unserer Gewässer immer mehr zunimmt. Bei geogenen Verunreinigungen, die eine menschliche Nutzung ausschließen, können spezielle Schutzmaßnahmen ebenso entfallen wie bei dichten Urgesteinsformationen, die kein Wasser aufnehmen. Besondere Vorsicht ist in Karstgebieten geboten. Natürlich gelagerte Böden haben im allgemeinen eine gute Reinigungskraft, die von verschiedenen Bodeneigenschaften abhängig ist. Als wichtigste seien hier nur das Wasserhaltevermögen, die Wasserleitfähigkeit, das Adsorptionsvermögen, die Austauschkapazität und die biologische Aktivität genannt.

Das Wasserhaltevermögen ist der höchste Wassergehalt, den ein Boden ohne Verdunstungsverluste durch seine Oberflächenkräfte längere Zeit gegen die Schwerkraft festzuhalten vermag. Es ist der Bereich des Adsorptionswassers, des Film- oder Häutchenwassers, des Porenwinkelwassers und des Kapillar- oder Porensaugwassers. Das Adsorptionswasser lagert sich als ganz dünne Schicht um die Bodenteilchen, wird durch Adhäsionsvorgänge verdichtet (2500 - 6000 atm) und durch Kräfte der Hydratation oder der Osmose gebunden. Die dünne Wasserhaut, die das Bodenteilchen über das Adsorptionswasser hinaus überzieht, nennt man Film- oder Häutchenwasser. An den Berührungsstellen der Bodenteilchen bilden sich Menisken aus, die das Porenwinkelwasser festhalten, das zum Kapillar- oder Porensaugwasser überleitet. Die Übergänge vom Adsorptions- zum Kapillarwasser - auch Haftwasser genannt - sind fließend.

Sickerwasser entsteht, wenn alle Haftwasserkräfte abgesättigt sind, in den gröberen, spannungsfreien Poren. In groben Schwundrissen und anderen weiten Hohlräumen tritt bei starken Niederschlägen Sinkwasser auf.

Wenn alle Poren mit Wasser gefüllt sind, also im gesättigten Boden, nennt man die Wasserbewegung Durchlässigkeit, Permeabilität oder Wasserleitfähigkeit. Auf schwer oder undurchlässigen Bodenschichten bildet sich durch Auffüllen der Hohlräume Stauwasser, das bei Stausohlen tiefer als 1.5 m unter Flur Grundwasser genannt wird. Grundwasser füllt die Hohlräume des Bodens

zusammenhängend aus und unterliegt nur der Schwerkraft.

Die Wasserleitfähigkeit (hydraulische Leitfähigkeit) ist ein wichtiges Kriterium zur Abschätzung des Bereiches, der z.B. von einer Deponie beeinflusst wird. Sie ist im wesentlichen abhängig von der Körnung und dem Gefüge. Das Wasser bewegt sich nur in dem mehr oder weniger spannungsfreien Porenraum um die Bodenteilchen herum. Der Durchfluß je Flächeneinheit (rechtwinkelig zur Bewegungsrichtung) ist nach dem Gesetz von Darcy abhängig vom Druckgefälle i und einem Durchlässigkeitsbeiwert K_f , der von Bodeneigenschaften bestimmt wird.

$$\frac{Q}{F} = K_f \cdot i = v; \quad K_f = \frac{v}{i} \text{ (cm/s) oder (m/s)}$$

Bei den für Trinkwasserversorgung am häufigsten benutzten Lockergesteinen liegt die hydraulische Leitfähigkeit bei $1 \cdot 10^{-2}$ bis $1 \cdot 10^{-5}$ m/s.

Als Adsorptionsvermögen bezeichnet man die Fähigkeit des Bodens, Gase, Flüssigkeiten und auch gelöste Stoffe aus den Grenzflächen fester Teilchen anzulagern. Dabei spielt die innere und äußere Bodenoberfläche, die bis zu 500 m² je Gramm Bodensubstanz betragen kann, eine große Rolle. Die Austauschkapazität hängt vom Gehalt an Bodenkolloiden (Tonminerale, organische Substanz, freie Metalloxide) ab, da nur diese die Fähigkeit haben, im Boden Ionen auszutauschen. Die biologische Aktivität eines Bodens hängt von den im Boden vorhandenen Organismen, also dem tierischen und pflanzlichen Edaphon ab.

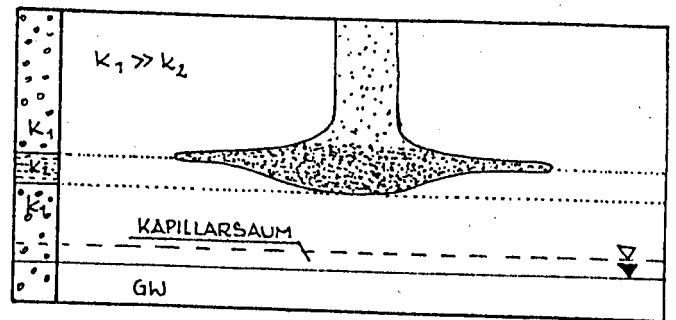
Die natürliche Reinigungskraft eines Bodens ist selbstverständlich nicht unbegrenzt. Bei Ablagerung größerer Mengen an Abfällen, werden die Grenzwerte immer überschritten, so daß ein wesentlich größerer Bereich als die eigentliche Ablagerungsfläche über das Grundwasser beeinflusst wird. Mit Sicherheit wird die für die Reinheit des Grundwassers so sehr wichtige große biologische Aktivität der oberen Humusschicht bei stärkerer Überlagerung vernichtet. Leider sind

wir beim derzeitigen Stand unseres Wissens noch nicht in der Lage, die Reinigungskraft des Bodens bei der Einrichtung einer Deponie so genau zu ermitteln, daß sie konkret in Rechnung gestellt werden könnte. Besonders schwerwiegende Gewässerverunreinigungen können von Mineralölprodukten ausgehen, sowohl durch Ölabfälle (z.B. Altöle, Ölschlämme) als auch - und diese Fälle sind allgemein bekannter - durch Unfälle. Mineralöle zählen zu den natürlichen organischen Stoffen, sind aber trotzdem - in Jahrmillionen als Endprodukte bestimmter Stabilisierungsprozesse entstanden - unter normalen Bedingungen mikrobiell nur sehr schwer und langsam abbaubar. Wenn sie in den Boden gelangen und mit Sicker- oder Grundwasser in Berührung kommen, können die in Lösung gehenden Mineralölinhaltsstoffe wegen ihrer sehr niedrigen Geschmacksschwelle große Grundwasservorkommen oft für sehr lange Zeiten für die Grundwassernutzung unbrauchbar machen. Es erscheint daher angebracht, im Rahmen dieses Seminars auf einige wesentliche Vorgänge der Ausbreitung von Mineralölprodukten im Untergrund und im Grundwasser einzugehen.

Mineralölprodukte sind zu einem geringen Teil echt löslich. Bei ihrer Versickerung ist daher grundsätzlich zwischen ihrer Ausbreitung als Phase und der Ausbreitung der in Wasser gelösten Stoffe zu unterscheiden. In Lockergesteinen bildet das Öl als Phase einen weitgehend zusammenhängenden Ölkörper. Gelöste Stoffe können mit dem Wasser wandern.

In Lockergesteine eindringende Mineralölprodukte versickern unter Wirkung der Schwerkraft. Der sich bildende Ölkörper hängt nach Form und Größe sowohl von Art und Struktur des Untergrundes als auch von Menge und Beschaffenheit des Öles ab. In gleichartigem Untergrund bildet sich ein regelmäßiger Ölkörper aus. Bei geschichtetem Untergrund bewirkt eine weniger durchlässige Schicht eine Verbreiterung des Sickerquerschnittes. Das Maß der Verbreiterung hängt vom Verhältnis der Infiltrationsrate zur Durchlässigkeit ab. Zwischenlagen mit sehr geringen K-Werten, die Sickerwasser in stärkerem Maße kapillar festhalten (z.B. Schluffe), können ein weiteres Einsickern von Mineralölen erheblich hemmen oder gar völlig verhindern (Abb. 4).

Abb. 4: Ausbreitung von Mineralöl auf einer wenig durchlässigen Schicht (7)



Die Eindringtiefe des Ölkörpers hängt von der Infiltrationsmenge und dem Ölrückhaltevermögen des Bodens im Sickerbereich ab. Das Ölrückhaltevermögen ist um so größer, je feinerporiger der Boden und je viskoser das Mineralölprodukt ist. Ist die zur Versickerung kommende Menge größer als das Ölrückhaltevermögen, dringt Öl bis zum Grundwasser vor. Es kann bei ausreichendem Druck unterhalb der Versickerungsstelle in das Grundwasser eindringen, steigt dann aber rasch wieder zur Grundwasseroberfläche auf und breitet sich vornehmlich in Richtung des Grundwassergefälles im Kapillarsaum aus. Die horizontale Ausbreitung im Kapillarsaum entspricht einer ovalen, in Grundwasserfließrichtung gestreckten Fläche (entspr. Fläche Agr in Abb. 8).

Die horizontale Ausbreitung von Mineralölen als Phase im Bereich des Kapillarsaums wird bei wechselnder Durchlässigkeit und damit Kapillarität gehemmt oder abgelenkt. Das Öl kann aus einer undurchlässigeren Schicht nicht ohne entsprechenden Überdruck in eine weniger durchlässige Schicht mit höherem Kapillarsaum übertreten. Es bleibt im durchlässigeren Bereich.

Nach Beendigung der Infiltration verbleiben im Ölkörper des Sickerbereiches nur noch die Restölgehalte entsprechend dem Ölrückhaltevermögen des Bodens. Dagegen reichern sich im Kapillarsaum freie Ölmengen an (Abb. 5 b), die selbst nach längerer Zeit noch zum Teil zurückgewonnen werden können. Sie werden bei steigendem Grundwasserstand gehoben (Abb. 5 c) und umgekehrt (Abb. 5 a). Dabei können sie einen größeren Bodenbereich "verschmieren".

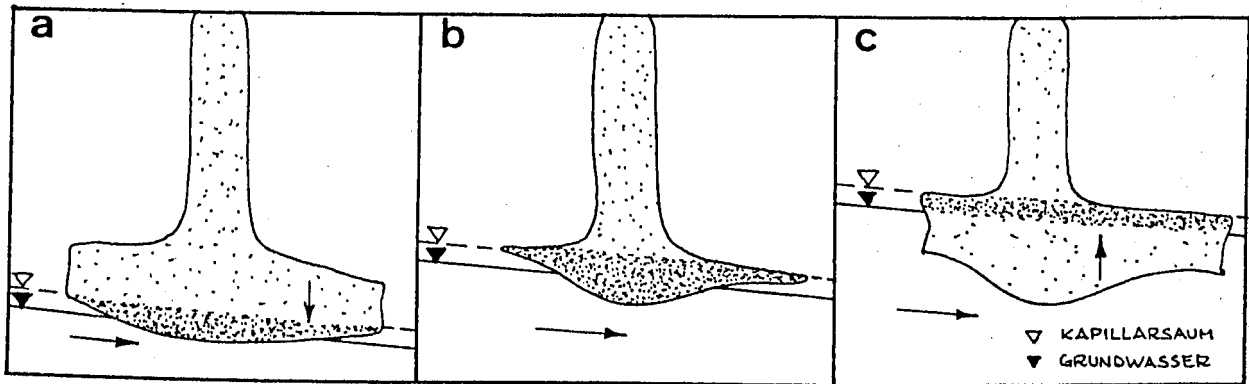


Abb. 5: Mineralöl im Schwankungsbereich des Grundwassers (7)

Wenn Öl als Phase mit Wasser in Berührung kommt, gehen bestimmte Bestandteile in Lösung und wandern mit dem Wasser. Bei Ölkörpern oberhalb des Kapillarsaumes kann nur Sickerwasser Ölbestandteile lösen und zum Grundwasser oder bis zu einer undurchlässigen Sohle führen. Von dort breitet sich das verunreinigte Wasser horizontal entsprechend dem Gefälle aus (Abb. 6).

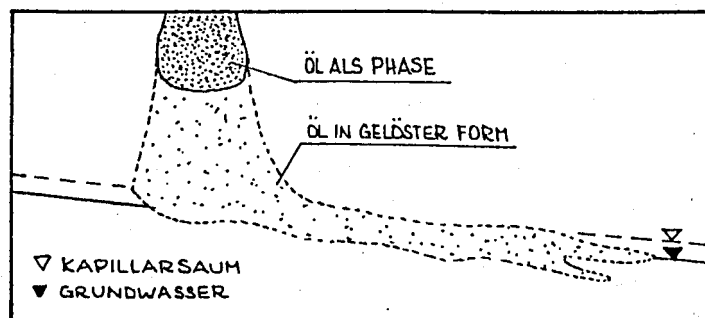


Abb. 6: Ausbreitung gelöster Mineralölbestandteile. Ölkörper liegt über dem Kapillarsaum (7).

Bei Ölkörpern im Bereich des Grundwassers löst der Grundwasserstrom Bestandteile des Öles und führt sie weiter (Abb. 7). Die Menge der gelösten Bestandteile ist von der Ölsättigung (der Porenraum des Ölkörpers im Grundwasserbereich ist teils mit Mineralöl, teils mit Wasser gefüllt) und von der Fließgeschwindigkeit des Grundwassers abhängig (Kontaktdauer Wasser - Öl).

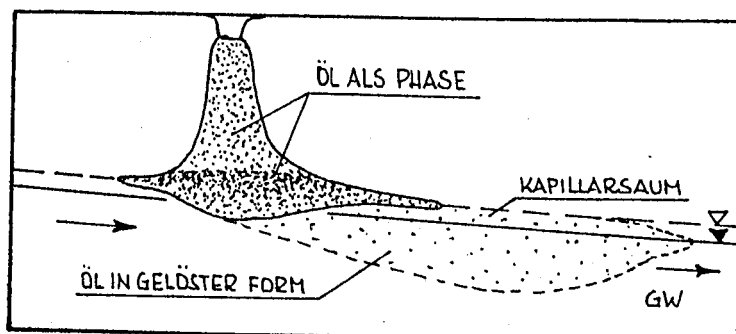


Abb. 7: Ausbreitung gelöster Mineralölbestandteile.
Ölkörper reicht bis ins Grundwasser (7)

Wenn die Infiltrationsquelle nur für einen relativ kurzen Zeitraum bestand, wandert einmalig eine begrenzte Menge der gelösten Stoffe mit dem Wasser. Dagegen werden von einem Ölkörper, der sehr lange existiert, gelöste Bestandteile über lange Zeiten in abnehmender Konzentration nachgeliefert. Beim Transport der herausgelösten Bestandteile in porösem Lockergestein findet eine "Auffächerung" statt, die eine Verdünnung zur Folge hat. Verbindet man um den Quellpunkt herum die Punkte gleicher Konzentration (z.B. Grenzkonzentration C_{kr}), ergeben sich eiförmige Körper, deren Spitzen in Grundwasserfließrichtung zeigen (Abb. 8). Grenzkonzentration sei hier als jene Konzentration definiert, bis zu der keine Wassernutzung möglich ist.

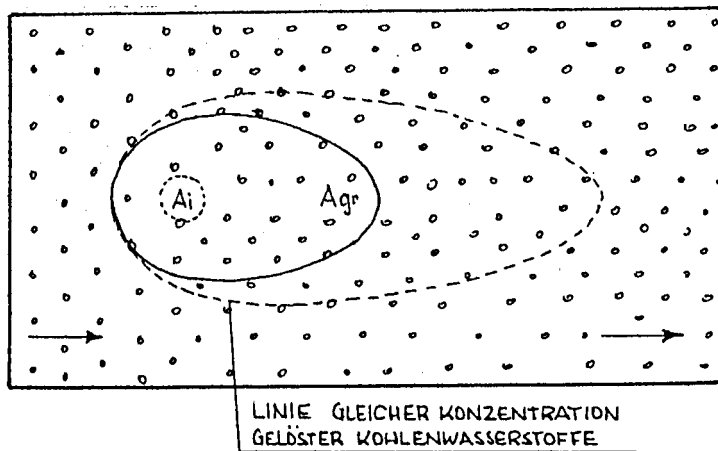


Abb. 8: Horizontale Verteilung gelöster Mineralölbestandteile im Grundwasser.

Die maximalen Reichweiten der Grenzkonzentration C_{kr} hängen ab von der Menge gelöster Bestandteile, die je Zeiteinheit den Ölkörper verläßt, von der Größe der Ausbreitungsfläche des Öles als Phase, von der Fließgeschwindigkeit des Grundwassers und von dem "Auffächerungsfaktor" des Untergrundes.

Mineralöl kann im Boden auch in gasförmiger Phase vorliegen, meist als Hülle von Ölkörpern im Boden. Ein Teil der Gasmoleküle diffundiert in das Sickerwasser und gelangt so in das Grundwasser, ein anderer Teil tritt in die Atmosphäre aus.

In Festgesteinen ist das Abschätzen der Ausbreitung von Mineralölen - sowohl als Phase als auch in gelöster Form - besonders schwierig und erfordert hinreichende hydrogeologische Erfahrung. In Karstgebieten entfällt diese Möglichkeit.

Eine weitere Gefährdung über das Wasser besteht in einer möglichen Verunreinigung mit cancerogenen Stoffen (z.B. 3,4 Benzpyren). Sie ist zwar noch kaum erforscht, kann aber von großer Tragweite sein. Zwar findet man in allen Oberflächengewässern und auch im Grundwasser Cancerogene, doch sind ihre natürlichen Konzentrationen so niedrig, daß sie außerhalb des bei Menschen allgemein wirksamen Bereiches liegen. Eine mögliche Anreicherung des Grund- und Oberflächenwassers mit cancerogenen Substanzen als Folge einer unsach-

gemäßen Abfallbehandlung birgt eine noch nicht in allen Konsequenzen zu übersehende Gefahr in sich. Abfälle mit cancerogenen Inhaltsstoffen müssen gesondert behandelt und evtl. verbrannt werden.

In diesem Zusammenhang sei eine kurze Bemerkung gestattet über die Gefahren, die über das Wasser von Bioziden - früher auch Pestizide genannt - ausgehen. Unter dem Begriff Biozide faßt man alle meist synthetisch hergestellten Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel zusammen, die geeignet sind, bestimmte Organismen abzutöten. Viele dieser Mittel sind vor allem deswegen so gefährlich, weil sie - und hier liegt eine Parallele zu den Mineralölen - nur langsam biologisch abgebaut werden und sich in Nahrungsketten anreichern können.

Die Föderation Europäischer Gewässerschutz hat in einem Symposium im Oktober 1970 festgestellt, daß weder auf die Verwendung von Mineralöl zur Deckung des Energiebedarfs noch auf den Einsatz von Bioziden zur Verbesserung der Lebensmittelproduktion verzichtet werden kann. Daher sind weitgehende Sicherungs- und Schutzmaßnahmen zu fordern. Schädliche Nebenwirkungen sind zu verhindern bzw. möglichst gering zu halten. Bei den Bioziden ist den Umwandlungsprodukten (Metaboliten) besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Das Herstellen und Verwenden nur leicht abbaubarer Biozide ist anzustreben.

Besondere Bedeutung hat in diesem Zusammenhang die Krautbekämpfung in und an Gewässern mit Herbiziden. Nach der Wirkung kann man drei Gruppen unterscheiden:

1. Die Pflanzen werden bis in die Wurzeln abgetötet.
2. Nur die oberirdischen Triebe werden verätzt und die Wurzeln bleiben unbeschädigt (chemische Sense).
3. Die Pflanzen werden im Wachstum gehemmt.

Es kann vorausgesetzt werden, daß die in das Amtliche Mittelverzeichnis der Bundesanstalt für Pflanzenschutz in Wien nach strengsten verschiedenartigen Prüfungen aufgenommenen Präparate bei sachgemäßer Anwendung keine besonderen Gefahren für Mensch und Tier erwarten lassen. So liegt z.B. die Warmblütertoxizität normalerweise sehr hoch über der Aufwandmenge.

Zu wenig beachtet wird aber manchmal die Tatsache, daß auch bei sachgemäßer Anwendung in der 1. und der 2. Gruppe je nach dem Umfang der Verkrautung mehr oder weniger große Mengen "Abfallstoffe" in Form von abgestorbenem Kraut anfallen. Verbleibt es im Gewässer, kann es beim Übergang in Fäulnis starke Sauerstoffdepressionen verursachen. Die meisten Fischsterben nach dem Einsatz chemischer Mittel zur Krautbekämpfung sind auf das Nichtbeachten dieser Zusammenhänge zurückzuführen. Das abgestorbene Kraut muß entweder aus dem Gewässer herausgeholt werden oder der Krautwuchs muß abschnittsweise in größeren Zeitabständen bekämpft werden.

Ein Spezialgebiet, das hier nur ganz kurz angesprochen werden kann, ist die Hygiene in der Abfallwirtschaft. Ihre Forderungen sind seuchenhygienischer, allgemeinhygienischer und ästhetischer Natur. Sie sind begründet in dem gesundheitlichen Gefahrenmoment, das allen Abfallstoffen anhaftet. Die normalen festen Siedlungsabfälle stellen in seuchenhygienischer Hinsicht keine besondere Gesundheitsgefährdung dar, wenn auch in diesen Abfallarten gelegentlich Krankheitserreger für Mensch oder Tier vorkommen können. Demgegenüber sind spezielle feste Abfälle aus Schlachthöfen, Molkereien, Gerbereien und verwandten Betrieben als gefährlich anzusehen. Sogenannte infektiöse Abfälle (Krankenhäuser, Tierkörperbeseitigungsanstalten u.ä.) erfordern ganz besondere Behandlung und Aufbereitung.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten der Forderung der Hygiene nach Desinfektion oder Entseuchung und Entwesung. Die ideale Erfüllung dieser Forderungen stellt die biologische Selbstreinigung der Kompostierung dar (9). Hier werden durch mikrobiellen Antagonismus unerwünschte Organismen vernichtet. Auch die Ver-

brennung ist eine Möglichkeit, die in Siedlungsabfällen vorkommenden Krankheitserreger unschädlich zu machen. Die größten Gefahren aus seuchenhygienischer Sicht gehen von unkontrollierten, wilden Ablagerungen aus.

Die Enge unseres Lebensraumes und die überaus starke Inanspruchnahme des Wassers zwingen uns, dem Bereich Wasser und Abfallwirtschaft immer mehr Beachtung zu schenken. Noch sind nicht alle Wechselbeziehungen, alle Auswirkungen auf die Umwelt wissenschaftlich abgesichert. Hier hat die Forschung wichtige Aufgaben zu erfüllen, damit zielsichere Maßnahmen (Verbote, Festlegen von Grenzwerten etc.) durchgeführt werden können. Aber ebenso müssen alle technisch-wissenschaftlichen Möglichkeiten ausgeschöpft werden, um vorhandene Technologien zu verbessern, neue zu entwickeln und ggfls. unerwünschte Produkte durch neue bessere Erzeugnisse zu ersetzen.

LITERATURHINWEIS

- (1) BASLER, E.: Umweltprobleme aus der Sicht der technischen Entwicklung.
Müll, Abfall, Abwasser Nr. 17/1971
- (2) BELLIN, K.: Gedanken über die Wasserwirtschaft
Bericht über den 7. Lehrgang des BWK,
Landesverband Niedersachsen, Berlin
und Bremen 1970
- (3) v.d.EMDE, W.: Abwasser- und Abfallstoffbeseitigung
in: Strukturanalyse des österreichischen
Bundesgebietes, Band 2, Österr. Ges. für
Raumforschung und -planung, Wien 1970
- (4) KLOTTER, H.-E.: Zukunftsaufgaben der Abfallbeseitigung.
Wasser und Boden, 23. Jg., Heft 5, 1971
- (5) LENGYEL, W.: Zentrale Abfallbeseitigung. Österreichische
Wasserwirtschaft, Jg. 21, Heft 3/4, 1969
- (6) STEUBING, L.: Ökologie als Grundlage des Umweltschutzes.
Umschau 72 (1972), Heft 2
- (7) AK WASSER und MINERALÖL: Beurteilung und Behandlung von
Mineralölaufällen auf dem Lande im Hinblick
auf den Gewässerschutz. 2. Auflage, Bonn 1970
- (8) KNOLL, K.-H.: Die Forderungen der Hygiene, in: Müll- und
Abfallbeseitigung, Erich Schmidt-Verlag
- (9) - : Umwelt + Wasser = Leben.
Information über Wasserwirtschaft und Umweltschutz
BMLF Wien

Richard Kojetinsky:

Abfallwirtschaft
als kommunales Problem

Es ist eine besondere Ehre und Freude für mich, heute in diesem Kreis über ein Thema zu sprechen, dem ich beruflich mehr als 3 Jahrzehnte und darüberhinaus heute durch meine internationale Tätigkeit aufs engste verbunden bin. Es lautet nach dem Programm "Abfallwirtschaft als kommunales Problem". Da aber Probleme bekanntlich einer Lösung bedürfen, wenn sie uns nicht über den Kopf wachsen sollen, entstehen für die Kommunalverwaltungen aus diesen Problemen auch Aufgaben. Ich will beides zusammenfassen und versuchen, die Abfallwirtschaft aus kommunaler Sicht überhaupt kurz zu durchleuchten.

Vor nunmehr fast 37 Jahren wurde ich zum 1. Mal als junger Ingenieur der Abteilung "Stadtreinigung und Fuhrpark" der Stadt Wien mit dem Problem der Müllbeseitigung als eines wesentlichen Teiles der Abfallbeseitigung schlechthin konfrontiert. Damals galt vielfach als Lehrsatz das Wort: "Die Müllbeseitigung ist primär ein Transportproblem". Es sollte damit auf die Schwierigkeiten der Bewältigung der für damalige Verhältnisse schon gewaltigen Menge der festen Abfälle im kommunalen Bereich bezüglich der Einsammlung und des Abtransportes hingewiesen werden, also auf die Quantität als Problem; mehr oder minder das Analogon dazu tritt uns heute in dem gern und häufig gebrauchten Schlagwort "Müll-Lawine" entgegen, auch wohl primär wieder die Anspielung auf die Quantität, wenn auch die Problematik der Qualität und damit der Verfahrensfrage in diesem Wort schon eher eingeschlossen sein können. Rückschauend muß anerkannt werden, daß im wesentlichen

nach dem 1. Weltkrieg das Transportproblem einer Müllabfuhr im städtischen Bereich im Vordergrund stand, steckte doch die Motorisierung des Abfuhrwesens noch in den Kinderschuhen. Für Wien z.B. kann ich mich noch gut an die animalische Traktion der primitiven hölzernen Truhenwagen, kurz gesagt, an den "Mistbauer" erinnern. Seine Tätigkeit in den Straßen der Stadt war von Staubwolken begleitet. Aber die Motorisierung und Mechanisierung dieses wichtigen Zweiges der kommunalen Aufgaben nahm bald eine lebhafte Entwicklung. Heute stehen eine Unzahl von Typen an modernen Müllabfuhrfahrzeugen zur Verfügung, meist Großraumwagen mit den verschiedensten Vorrichtungen zur Komprimierung des leichten Stadtmülls, um solcherart Tragkraft des Fahrgestells und Motorleistung weitgehend auszunützen. Staubfreie Einschüttöffnungen für normierte Gefäße sind ebenso Selbstverständlichkeit wie hydraulisch oder mit Preßluft bewegte Lift- und Kippvorrichtungen für die mühelose Entleerung der verschiedenen Gefäßtypen in die Sammelfahrzeuge.

Durch weitgehende Verwendung elastischer Stoffe an den bewegten Teilen von Gefäßen und Entleerungsmechanismus wird ein nicht unwesentlicher Beitrag zum Kampf gegen vermeidbaren Lärm geleistet. Derzeit ist - durch den auch in der Müllabfuhr katastrophalen Personalmangel beschleunigt - die Verwendung von Großgefäßen oder Containern im Vormarsch; Gefäßinhalte von 500 bis 1500 Litern und mehr tragen sicher wesentlich zu einer Rationalisierung des Abfuhrwesens bei, stellen allerdings größere Anforderungen an den Aufstellplatz in den Objekten und an die Transportwege und erschweren naturgemäß - als große Einheit - die Anpassung des zur Verfügung zu stellenden Gefäßvolumens an den steigenden Müllanfall eines Objektes.

Ich möchte übrigens an dieser Stelle in Erinnerung rufen, daß Wien die erste Millionenstadt der Welt war, und auch lange geblieben ist, die ein einheitliches staubfreies Müllabfuhrsystem mit stadteigenen Einheitsgefäßen einführte. Es war dies bald nach dem Ende des 1. Weltkrieges, vor nunmehr nahezu 50 Jahren. Die Wahl war damals auf das sogenannte Koloniasystem gefallen.

Die Frage der Müllbeseitigung stellte sich damals noch nicht mit besonderer Dringlichkeit; Ablagerungsflächen, Ödland, Schottergruben, ausgetrocknete Flußläufe in der Umgebung der Städte und Gemeinden gab es noch reichlich, sodaß der billigsten Methode, nämlich der Ablagerung des Mülls im freien Gelände, nichts im Wege stand. Freilich waren damals die Zusammenhänge einer insbesondere unregelmäßigen Ablagerung mit den Fragen der Reinhaltung des Wassers einschließlich des Grundwassers noch nicht Allgemeingut, wie das heute mehr oder minder doch der Fall ist. Belästigungen der Anrainer durch Staub oder Insekten mußten - vielleicht mit primitiven Mitteln etwas abgeschwächt - eben in Kauf genommen werden.

Wenn ich in der einleitenden Betrachtung nur der Müllkomponente aus der Abfallwirtschaft noch einmal speziell auf den Quantitätsbegriff zurückkomme, so will ich Sie zur Illustration nur mit 2 Zahlen für Wien belästigen:

1934 betrug der Hausmüllanfall Wiens rund 95.000 t

1971 dagegen etwa 370.000 Tonnen, wobei jetzt noch die stets steigenden Mengen an Sperr- und Industriemüll dazukommen, für deren Abfuhr aus dem Wohnbereich ebenfalls gesorgt werden muß. Das Problem des Mülls liegt aber heute trotz seiner gigantischen Mengen nicht mehr bei der Einsammlung oder der Abfuhr. Das ist dank der modernen technischen und organisatorischen Möglichkeiten wohl fast überall als gelöst zu betrachten. Freilich gilt das auch wieder nur sehr bedingt, da die verparkten und verkehrsdurchfluteten Straßen der Städte und Gemeinden vielfach das Einsammeln des Mülls durch die üblichen Sammelfahrzeuge nahezu unmöglich machen. Nicht nur aus diesem Grunde, sondern auch aus hygienischer Sicht stehen daher neue Mülltransportsysteme in praktischer Erprobung z.B. der pneumatische Transport durch Rohrsysteme direkt in eine Müllverbrennung, wie es z.B. in Sundyberg bei Stockholm ausgeführt ist oder im Olympiadorf in München zur Ausführung gelangt. Für bestehende, dicht verbaute Stadtteile ist dieses System wohl kaum anwendbar, weil abgesehen von den immens hohen Investitionskosten der

Straßenkörper heute schon von einer solchen Vielzahl von Versorgungsleitungen durchsetzt ist, daß die Führung eines Rohrsystems für den Mülltransport, das noch dazu ziemlich hohe Anforderungen in Bezug auf eine gestreckte Trasse stellt, kaum denkbar erscheint. Für die Verkehrsseite des Problems stellt das also zunächst keine Lösung dar, wohl aber einen hygienischen Fortschritt in neuen Wohnvierteln, da jede Manipulation des Menschen mit dem einmal abgelegten Müll entfällt. Ich möchte übrigens in diesem Zusammenhang auch kurz die Müllabwurf-schächte streifen, wie sie vielfach in Hochhäusern zum Einbau gelangen. Die Erfahrungen damit sind nicht gerade die besten, insbesondere wenn es an Disziplin bezüglich Zustand und Umfang des abzugebenden Mülls mangelt: Verstopfungen, Geruchsbelästigung, Brandgefahr und Schwierigkeiten im Keller beim Gefäßwechsel oder örtlichen Abtransport des Mülls treten leicht ein. Soviel also zum Transport des Mülls.

Das Problem hat sich heute stark zur Müllvernichtung bzw. zur Müllverwertung zu verschoben, bei der unzweifelhaft die Müllzusammensetzung, also die Qualität, die entscheidende Rolle spielt, gleichgültig an welche der 3 praktisch gehandhabten Grundformen der Beseitigung, Vernichtung oder Verwertung - Ablagerung, Kompostierung oder Verbrennung - wir dabei denken. Sie werden im Laufe des Seminars in eigenen Referaten eingehend über die Möglichkeiten aber auch Grenzen und Gefahren der einzelnen Verfahren hören, daß ich mir jedes Eingehen darauf ersparen kann.

Was ich an Beispiel der festen Abfälle bisher abgeleitet habe, gilt in ähnlicher Weise auch für die flüssigen. Unter den Druck von Krankheiten und Seuchen waren vielfach frühzeitig in bewohnten Ortsbereichen Kanalisationssysteme eingeführt worden, die die Schmutzwasser aber bestenfalls in den nächsten Bach oder in den nächsten See leiteten.

Noch waren die Abwässer nach Qualität und Quantität so beschaffen, daß die natürliche Selbstreinigungskraft der Gewässer genügte, um sie vor dauernden Schäden zu bewahren. Das hat sich mit der sprunghaften Industrialisierung und mit dem

steigenden Lebensstandard der letzten Jahrzehnte grundlegend geändert: Wasch- und Putzmittel in den Haushalten, vor allem aber die verschiedensten Industrieabwässer stellen nach Menge und Zusammensetzung eine ganz ernste Gefährdung unserer Wasser bis zu den Meeren dar. Ich brauche mich aber auch hierüber nicht zu verbreiten; das 6. Seminar 1971, auch hier in Raach abgehalten, hat sich ausführlich und anschaulich mit diesem Thema befaßt und auch aufgezeigt, daß es für fast alle dieser Probleme technische und wirtschaftlich zumutbare Lösungen gibt, daß die Kosten-Komponente in der Regel eigentlich nicht die ausschlaggebende Rolle spielt.

Probleme mit den Abfällen - fest oder flüssig, heute auch gasförmig - sind immer erst entstanden, wenn das Zusammenleben der Menschen auf einem begrenzten Raum eine gewisse Dichte überschritten hatte. Es liegt also in der Natur der Sache, daß die ersten Alarmzeichen über Belästigungen oder Gefahren aus fehlenden oder ungenügenden Vorsorgen für die Abfallbeseitigung aus den Siedlungsgebieten, also aus Städten und Gemeinden kommen. Dort wurden von einer Gefahr hunderte und tausende Menschen betroffen, dort wurden und werden Belästigungen durch Staub, üble Gerüche, Insekten usw. tausendfach als unzumutbar empfunden. Wir wissen, daß überall Verordnungen, Gesetze oder Verbote, die Abfälle betreffend, von den Städten ihren Ausgang nehmen. In Österreich sind die Stadtverwaltungen auf Grund des Artikels V des Reichsgemeindegengesetzes von 1862 für die Betreuung und Reinhaltung der Straßen und für die gesundheitspolizeilichen Maßnahmen im Stadtbereich zuständig; haben also für Straßenreinigung, Müll- und Abwasserbeseitigung in eigener Verantwortlichkeit zu sorgen. Die Gemeinden erlassen daher für die einzelnen Fachgebiete Gesetze und Verordnungen auf Grund deren sie auf diesen Gebieten tätig werden, wobei unter einem meist auch die Frage der Gebühr für die Pflichtinanspruchnahme von Müllabfuhr und Kanalisation geregelt ist.

Daß die Frage der Abfallbeseitigung primär ein kommunales Problem war, führte dazu, daß die Anfänge einer erst

nationalen und dann internationalen Zusammenarbeit auf diesem Gebiet von den Fachleuten der Stadtverwaltungen ausgingen. Um die Jahrhundertwende entstanden z.B. in Holland, England und Deutschland, nationale Verbände für Stadtreinigung und Müllabfuhr, durch deren Zusammenschluß im Jahre 1928 die Anfänge einer internationalen Zusammenarbeit entstanden. Schon 1931 trat die neue Vereinigung mit dem 1. Internationalen Kongreß für Städtereinigung in London, der unter der Schirmherrschaft der Königin von England stand, vor die Öffentlichkeit, damit erstmalig die große Bedeutung dieses wichtigen kommunalen Aufgabenbereiches, der meist abschätzig angesehen wird, offiziell demonstrierend.

Aus der Fortsetzung und dem Ausbau dieser internationalen Zusammenarbeit der Kommunalpraktiker aus Straßenreinigung, Müllabfuhr und Fuhrpark entwickelte sich der internationale Verband für Städtereinigung, abgekürzt INTAPUC genannt. Durch freiwilligen Zusammenschluß mit der von Zürich aus geleiteten, mehr wissenschaftlich ausgerichteten internationalen Arbeitsgemeinschaft für Müllforschung - als IAM weltbekannt - entstand im Jahre 1970 die heutige ISWA, die internationale Vereinigung für fest Abfälle und Städtereinigung, der 25 Staaten Europas und aus Übersee als Vollmitglieder angehören und deren periodisches wissenschaftliches Informationsblatt in rund 80 Ländern der Erde gelesen wird. Die ISWA wird neben ihrem statutarischen festgelegten Ziel wie Erfahrungsaustausch, Forschung, Fachpublikationen, Kongresse und Ausstellungen, Zusammenarbeit mit der Industrie usw. ihr Augenmerk im besonderen Maße der Aufklärung der breiten Öffentlichkeit über Wesen, Bedeutung und Notwendigkeit einer geordneten Abfallwirtschaft widmen müssen, da nur eine aufgeklärte Bevölkerung bereit sein wird, die ungeheuren Mittel zur Verfügung zu stellen, die dafür und im erweiterten Sinn für die Reinhaltung unseres Lebensraumes überhaupt in allen Belangen notwendig sein werden. Die internationale Vereinigung kann dabei natürlich nur Hilfsdienste leisten, weil ihr das umfassende Sprachrohr fehlt.

Ich habe in einem Vortrag 1969 in Basel diese Aufklärungsarbeit und Werbung als eine der wichtigsten Aufgaben der öffentlichen Hand im Kampf gegen Verunreinigung - und eine hygienisch einwandfreie Abfallbeseitigung bildet ja einen ganz wesentlichen Bestandteil davon - genannt. Ich habe bei der gleichen Gelegenheit - es war der 2.Hauptvortrag am 4.Internationalen IAM-Kongreß im Juni 1969 in Basel und hatte das Thema "Aufgaben von Staat und Gemeinde zur Reinhaltung unseres Lebensraumes" - noch einige weitere Aufgaben der öffentlichen Hand herausgearbeitet, die in etwas eingeschränktem Maße und mit gewissen sinngemäßen Variationen auch für die Abfallwirtschaft aus kommunaler Sicht zutreffen: es gehören dazu das rechtzeitige Erkennen der Probleme überhaupt, die Schaffung des geistigen und materiellen Rüstzeuges für ihre Lösungen, ihre Berücksichtigung bei der Raumordnung, Stadt- und Landesplanung, wobei neben den an 1.Stelle reichenden Forderungen der Hygiene natürlich auch Stadtbild, Ästhetik, Transportfragen sowie Wirtschaftlichkeit überhaupt beachtet werden müssen, um nur einige Einflußfaktoren aufzuzählen. Die weiteren Postulate betreffend die Schaffung der gesetzlichen Unterlagen zur Durchsetzung der notwendigen Maßnahmen im Interesse einer hygienisch einwandfreien Abfallbeseitigung in und um die Stadtregion und nicht zuletzt die Bereitstellung der nötigen Geldmittel für zeitgemäße erprobte Methoden und Ausrüstungen der Abfallbeseitigungsanlagen und -einrichtungen entsprechend dem letzten Stand der Wissenschaft und Technik.

Ich möchte hier einer Ansicht Ausdruck geben, die mir schon manchmal den Unwillen der Finanzverwaltung eingetragen hat: Wenn ich von der Anwendung nur erprobter Methoden oder Geräte gesprochen habe, so gilt das nicht ohne Ausnahme. Ich stehe nämlich auf dem Standpunkt, daß es zu den Pflichten einer großen leistungsfähigen Körperschaft - einer Stadtverwaltung z.B - gehört, Spezialfahrzeuge und -geräte oder Anlagen für kommunale Zwecke auch

dann erstmalig anzukaufen, wenn sie noch nicht in der Praxis mehrfach erprobt sind. Denn keine Industrie ist in der Lage, ein ausgereiftes, fehlerfreies und wirtschaftlich betreibbares Produkt auf dem Reißbrett allein oder im Laboratorium oder auf dem Versuchsfeld herzustellen, bzw. serienreif zu machen. Dafür ist die langdauernde praktische Erprobung im rauen Alltag eines städtischen Fuhrparks und Stadtreinigungsbetriebes unerlässlich. Natürlich dürfen solche Ankäufe nicht wahllos geschehen und ohne rigoroseste theoretische und kurzfristige praktische Durchleuchtung des Erwerbsgegenstandes, um solcherart die Wahrscheinlichkeit eines Erfolges richtig einschätzen zu können. Jeder Industrie- und Gewerbebetrieb wird dabei weitgehend und auf seine Kosten mitarbeiten. Ich habe diese Zusammenarbeit mit der einschlägigen Spezialindustrie, übrigens an anderer Stelle, als eine der statutarischen festgelegten Aufgaben der ISWA genannt. Aber einmal muß eine Betriebsanlage, ein Fahrzeug oder Gerät erstmalig in den alltäglichen Betrieb und damit auch in die Wartungs- und Instandsetzungspflicht eines kommunalen Betriebes übergehen. Dabei ist die Aufdeckung von "Kinderkrankheiten" nahezu unvermeidlich. Wir haben das in Wien in zahlreichen Fällen bei Müllwagen z.B., Schneepflügen, Abfallgefäßen, ja selbst bei der Müllverbrennungsanlage in wesentlichen Einzelheiten mehrfach erlebt. Erst in wiederholter Wechselwirkung zwischen Theorie und Praxis, in engster Zusammenarbeit zwischen Erzeuger und Verbraucher wird ein Endprodukt erreicht, das allen zumutbaren Beanspruchungen und Forderungen der täglichen Praxis und Wirtschaftlichkeit entsprechen kann.

Nach diesem kleinen Exkurs auf ein scheinbares Nebengeleise, will ich wieder mehr zum eigentlichen Thema zurückkehren. Die Zusammenhänge und Abhängigkeiten zwischen festen und flüssigen Abfällen, Wasser, Boden, Luft und schließlich auch Lärm sind zu bekannt, als daß ich Einzelheiten vor Ihnen wieder anführen müßte. Aber an 2 kleinen Beispielen will ich deutlich machen, daß das Problem der Abfallbeseitigung heute nur mehr in seiner ganzen Komplexheit und aus eben den Zusammenhängen und Abhängigkeiten die ich deutete, gesehen werden darf

und zu lösen versucht werden muß, wenn eine einwandfreie Lösung in jeder Hinsicht erreicht werden will oder besser gesagt, eine optimale, denn eine ideale in jeder Hinsicht gibt es nicht !

Lautstark wurde und wird in Werbebroschüren der Müllwolf als ideale Lösung des Müllproblems in der Stadt gepriesen, das Gerät, das in den Ausguß der modernen Küchen einzubauen ist und dort mittels Motorkraft Küchenabfälle, Papier usw. zerkleinert und wegspült; für die Hausfrau sicher eine bequeme und arbeitssparende Angelegenheit. Nicht so für den Kanalbetrieb und erst recht für die Kläranlage. Die Schleppekraft der Kanäle ist im Normalfall bekanntlich nicht sehr groß und langt meist nicht einmal für den Transport der Feststoffe, die unvermeidlich in die Kanäle gelangen, schon gar nicht aber für mehrere 100 m³ täglich, die bei genereller Anwendung des Müllwolfs die Fracht im Unratskanal unzulässig vermehren würden. Das Schwemmgut muß sich zusätzlich in den Schotterfängen absetzen und mit viel Zeit- und Geldaufwand wassergesättigt mühsam an die Erdoberfläche gebracht werden, auf der es ursprünglich bereits nur feucht und leicht abtransportierbar bereitzustellen gewesen wäre. Noch schlechter natürlich der ebenso mögliche Fall, daß wesentliche Teile dieser unerwünschten und zusätzlichen Fracht doch bis in die Kläranlage gelangen und deren Leistungsfähigkeit überfordern, den Betriebsaufwand wesentlich steigern und letztlich den angestrebten und notwendigen Kläreffekt gefährden. Wir sehen, das Problem ist mit dem Müllwolf nicht gelöst, sondern nur - in diesem Fall sogar wörtlich - auf eine andere Ebene verschoben worden und das noch mit einem sehr wesentlichen Erschwernisfaktor. Wir haben in Wien - übrigens in Übereinstimmung mit über 80 % der deutschen Städte - den Einbau dieses Müllwolfs oder Abfallzerkleinerer aus den angeführten Gründen verboten.

Nicht anders verhält es sich mit Klein-Verbrennungsanlagen für Haus oder Gewerbemüll. Los Angeles z.B. hat die

Lösung seines Müllproblems mit ihrer Anwendung versucht. Mit dem Erfolg, daß Abgase, Ruß und Rauch aus den rund 15.000 Kleinanlagen der Stadt eine zusätzliche Verschmutzung der Luft in dieser ohnehin klimatisch und topographisch ungünstig gelegenen Region, die noch dazu von der dichtesten und wahrscheinlich absolut größten Zahl von KFZ gefährdet ist, herbeiführten, die schließlich unerträglich wurde. Auch hier war das Problem der Müllbeseitigung nicht gelöst, sondern nur verschoben worden und zwar auch wieder in ein noch viel schwerer beherrschbares Medium. Die Klein-Verbrennungsanlagen wurden radikal verboten und dafür, ich glaube 5 Groß-Verbrennungsanlagen errichtet, die natürlich in jeder Hinsicht besser ausgerüstet sind und insbesondere durch entsprechende mechanische und elektrische Filteranlagen die Emissionen in die Luft auf das mögliche Minimum reduzieren. Neben dieser technischen und daher auch hygienisch besseren Lösung ist natürlich bei Großanlagen auch die wirtschaftliche Seite wesentlich günstiger. Diese Tatsache sei vor allem unseren zahlreichen kleinen und kleinsten Städten und Gemeinden ins Stammbuch geschrieben: Sie müssen für jede Art der Abfallbeseitigung unbedingt regionale Lösungen anstreben durch Bildung von Interessenten-Verbänden. Ob es jetzt eine Ablagerung ist oder eine Kläranlage, eine Müllkompostbereitung oder gar eine Verbrennung, immer wird die größere Einheit naturgemäß die bessere Ausrüstung bieten können und den vielseitigen Anforderungen an eine ideale Abfallbeseitigung wesentlich näher kommen. Auf dem Gebiet der Mülleinsammlung mit Spezialfahrzeugen gibt es schon mehrfach solche Zweckgemeinschaften und auch bei Kanalisations- und Kläranlagen wird diese Praxis zum Vorteil aller da und dort schon geübt.

Es wird eine ernste Aufgabe aller Kommunalverwaltungen sein, unter Zurückstellung aller Einzelinteressen und Autonomiegedanken der Idee der Bildung von Interessengemeinschaften in der Abfallwirtschaft breitesten Raum zu geben und sie bis zu deren Verwirklichung mit allem Nachdruck zu verfolgen im

Hinblick auf das höhere Ziel und einen besseren Erfolg. Auch hier wird noch sehr viel Aufklärungsarbeit und Beratung notwendig sein.

Ich will damit nicht einer weiteren Vermehrung des Sensationsgeschreies um den Umweltschutz, wie es jetzt große Mode geworden ist, das Wort reden. Die Probleme der Abfallwirtschaft und des Umweltschutzes überhaupt sind sicher ernst genug und schwer genug zu lösen; dazu bedarf es aber nicht marktschreierischer Reissertitel, sondern wissenschaftlicher und sachlicher Aufklärung durch die zuständigen Stellen. Ich glaube die einschlägigen Fachverbände können da viel Ersprößliches leisten.

Die Abfallwirtschaft in ihrer Gesamtheit, die lange unbeachtet und unterbewertet war, steht heute in einer rasanten Entwicklung sowohl von der Basis her - ich denke nur beispielhaft an Kunststoffe - als auch von der Verfahrenseite her - ich denke wieder nur beispielhaft an Müllverbrennung, Veraschung, Verhüttung oder an die Klärschlammabeseitigung - daß eine dauernde Schulung aller in den verschiedenen öffentlichen Verwaltungen damit befaßten Kräfte unumgänglich notwendig ist. Diese Schulung muß natürlich in erster Linie die Leitungsschicht erfassen, muß aber in der richtigen Abstufung auch zu den mittleren Kräften und letztlich zu den Ausführenden gelangen, wenn wirklich optimale Leistungen erzielt werden sollen.

Ich will Sie abschließend nicht mit vielen Zahlen ermüden etwa über den Gesamtanfall von Hausmüll, Sperrmüll und Industriemüll in österreichischen Städten und Gemeinden - es mögen derzeit rd. 800.000 to. sein - oder über die Prozentsätze, die davon auf Ablagerungen deponiert werden, zu Kompost umgewandelt oder verbrannt werden. Bei weitem überwiegt natürlich nach wie vor die Ablagerung des Mülls, leider vielfach noch mehr oder minder wild, sodaß die Umgebung und das Grundwasser noch reichlich oft gefährdet sind. Die Stadt Wien hat das Problem einer einwandfreien Müllbeseitigung optimal gelöst. Circa 80 % des Anfalles werden in den beiden großen Anlagen am Flötzersteig und in

der Spittelau unter weitestgehender Energieausnutzung direkt als Wärme und zur Stromerzeugung verbrannt, 5-8 % in den wertvollen Mülldünger "Biomüll" umgewandelt und nur der geringe Rest am Stadtrand geordnet abgelagert.

Für die weitgehende schadlose Beseitigung aller Abwässer von Wien wird in wenigen Jahren die bereits in Betrieb befindliche Kläranlage Blumental und die in Bau befindliche Großkläranlage Kaiserebersdorf sorgen.

Die großen und größeren Städte haben ihre Probleme der Abfallwirtschaft heute im wesentlichen wohl gelöst, zumindest theoretisch, es sind wenigstens die dazu nötigen Verfahren und Werkzeuge bekannt und die finanzielle Seite auf Dauer meist auch nicht unlösbar. Viel schwieriger sehe ich die Situation bei den kleineren Einheiten, Klein- und Kleinstgemeinden und den Einzelgehöften. Es ist ja nicht mehr so, daß die Bewohner in diesen Streulagen ausschließlich Abfall produzieren, der am Mistbeet oder am Düngerhaufen zum wertvollen Bodenverbesserungsmittel umgesetzt wird und damit in den Kreislauf der Natur zurückkehrt. Verpackungsmaterial, Konserven, Flaschen, Wasch- und Putzmittel, Brennöl sind auf jedem Bauernhof heute ebenso Selbstverständlichkeit wie Traktoren und andere landwirtschaftliche Maschinen mit flüssigem Treibstoff und Ölen, und letztlich auch der PKW. Die Gefahren für die Landschaft und das Wasser liegen auf der Hand, auch wenn es sich im Gesamten gesehen nicht um große Mengen fester oder flüssiger Abfälle handelt. Die Abfallwirtschaft auch in diesen Bereichen unter Kontrolle zu bringen, bedarf es nicht nur großer finanzieller Mittel, sondern auch und vielleicht noch viel mehr der richtigen Einstellung der verantwortlichen Stellen und des guten Willens aller Betroffenen.

Mit steigendem Lebensstandard immer weiterer Kreise der Bevölkerung und mit fortschreitender Technisierung immer weiterer Lebensbereiche unterliegt das Problem der Abfälle und ihrer möglichst schadlosen Beseitigung einem raschen, ständigen Wandel. Dieser Prozeß findet naturgemäß primär im städtischen Bereich statt, sodaß die daraus entstehenden neuen

Aufgaben und Probleme zunächst immer eine kommunale Sorge bleiben werden; aber auch die Mittel um Abhilfe gegen zusätzliche Belästigung der Bevölkerung und zur Abwehr neuer Gefahren werden in den kommunalen Verwaltungen gesucht, gefunden und in die Wirklichkeit umgesetzt werden müssen in vereinter Anstrengung fast aller wissenschaftlicher Fachrichtungen, aber auch unter verantwortungsbewußter Mitarbeit der Wirtschaftsführung: Es wird einmal möglich sein müssen, auf die Materialauswahl für Gebrauchsgegenstände und Verpackung auch vom Standpunkt der Abfallbeseitigung her Einfluß zu nehmen, es wird einmal unausbleiblich sein, der Hypertrophie an Materialaufwand in vielerlei Richtungen Einhalt zu gebieten im übergeordneten Interesse der Reinhaltung unseres Lebensraumes und einer wohlverstandenen Gesamtwirtschaftlichkeit. Wenn ich jetzt abschließend noch den Begriff "radioaktive Abfälle" in die Debatte werfe, so soll damit angedeutet sein, daß die Menschheit im Allgemeinen und der Stadtreiniger im besonderen wohl immer um ein paar Schritte hinter befriedigenden Lösungen seiner stets wechselnden oder gar ganz neuen Probleme herlaufen muß. Wir dürfen aber wohl auch die selbstbewußte Überzeugung haben, daß uns bei zielstrebigem Forschung und unermüdlicher Arbeit die Probleme doch nicht über den Kopf wachsen, auch nicht die der kommunalen Abfallwirtschaft trotz Wachsens und Wechselns von Quantität und Qualität.

Bei den Seminaren des Österreichischen Wasserwirtschaftsverbandes in Raach spielt bekanntlich - und mit Recht - die Diskussion eine große Rolle. Vielleicht durfte ich mit meinem manchmal etwas sprunghaften Gedanken einen kleinen Anreiz dazu geben.

Karl Scherb

Abfallstoffe aus der Landwirtschaft1. Allgemeines

Die Landwirtschaft stellt in vielen europäischen Ländern einen wichtigen Erwerbs- und Wirtschaftszweig dar. Hinsichtlich der Größenordnung der landwirtschaftlichen Produktion gewinnt man eine Vorstellung, wenn man die Produktionswerte pro Wirtschaftsjahr betrachtet. Im Wirtschaftsjahr 1969/70 wurden z.B. in der BRD durch pflanzliche und tierische Produktion Erlöse von über 33 Milliarden DM erzielt. In Österreich wurden für Endprodukte und Wertschöpfung der Landwirtschaft im Jahre 1968 26.930 Millionen Schilling (ohne Minusvorlage) ermittelt.

Die landwirtschaftlich genutzte Fläche beträgt derzeit in Österreich über 38.900 km², entsprechend 46,5 % der Gesamtfläche, in der BRD rd. 135.000 km², entsprechend 55 %. Von den Nutzungen entfallen:

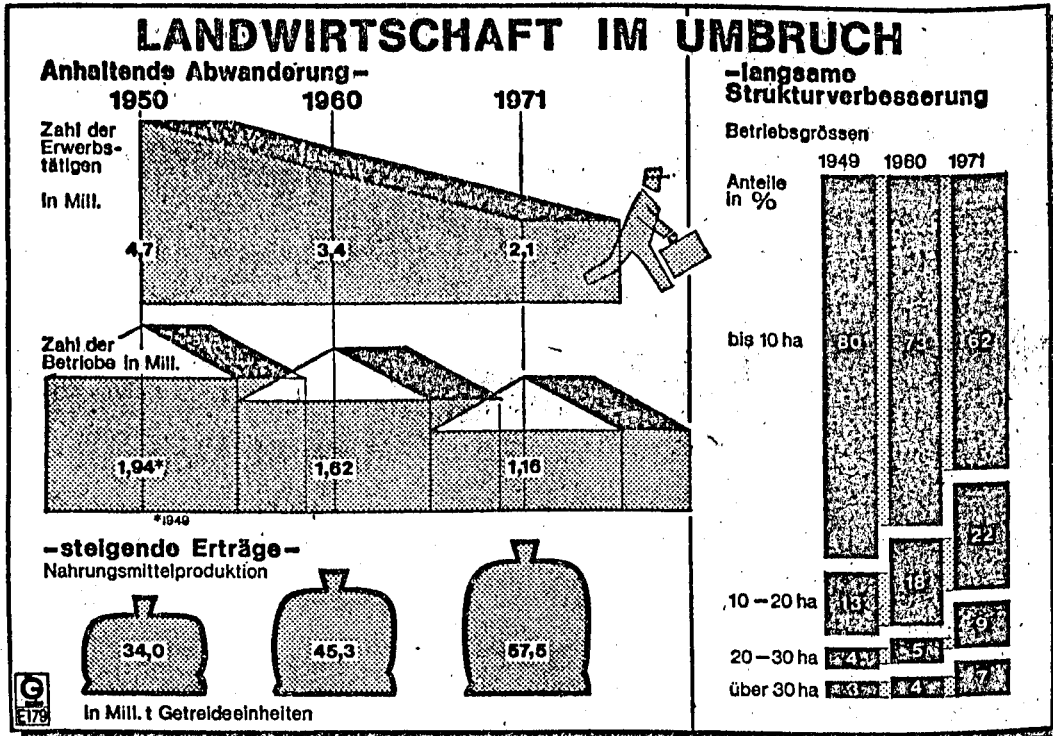
	Ackerland	Grünland	Dauerkulturen	
Österreich	1.544 000	2.258 000	94 000	ha
BRD	7.539 000	5.500 000	180 000	ha

Die landwirtschaftliche Nutzfläche wurde im Jahre 1971 in der BRD von 1.160 000 Betrieben bewirtschaftet. Im Jahre 1950 waren es noch fast 2 Millionen (Abb.1). In der Zwischenzeit hat sich die Zahl der Betriebe um etwa 40 % verringert.

In Österreich ist ebenfalls in diesem Zeitraum ein gewisser Strukturwandel eingetreten; die Zahl der land- und forstwirtschaftlichen Betriebe hat sich verringert, und zwar von 432 848 (1951) auf 375 598 (1969), d.s. 13,5 %.

Die Produktion an landwirtschaftlichen Erzeugnissen wird aber trotz dieses Rückganges einen Aufwärtstrend zeigen, selbst, wenn weitere Prozente an landwirtschaftlicher Nutzfläche über-

haupt aufgegeben werden, d.h. zu Bauland, Brachland etc. werden. Besonders ausgeprägt war bisher in der BRD der Rückgang bei den Kleinbetrieben bis zu 5 und bis zu 10 ha Nutzfläche. Bei größeren Betrieben war naturgemäß eine Zunahme zu verzeichnen.



In Österreich haben die Kleinbetriebe bis unter 2 ha Fläche um 20,6 % abgenommen, bis zu 5 ha um 22,3 % und bis zu 10 ha um 11,6 %, während die Betriebe über 20 ha eine leichte Zunahme aufwiesen.

In der Landwirtschaft ist in den letzten Jahren nicht nur in der BRD und in Österreich ein Strukturwandel im Gange, verbunden mit einem Übergang zu größeren Einheiten, rationelleren Arbeitsmethoden und intensiverer Produktion. Diese Entwicklung führt zwangsläufig zu stärkerer Vereinheitlichung der Betriebe und auf dem Sektor der Tierhaltung und -produktion zu einer Vergrößerung der Tierbestände. Dies wiederum bringt in stärkerem Maße einen Anfall an flüssigen und festen Abfallstoffen auf kleinem Raum mit sich. Dieser Prozeß steht derzeit in den Anfängen, scheint aber in Zukunft in ausgeprägterem Rhythmus zu verlaufen. Parallel mit dieser Entwicklung hat mancherorts bereits die Bedeutung der tierischen Exkrememente - wie zu zeigen sein wird - für den Landwirt eine Wand-

lung erfahren. Während diese bislang als Dünger geschätzt und im allgemeinen sorgfältig verwertet wurden, betrachtet man sie in neuerer Zeit als Abfallstoffe geringeren Wertes, da die Kosten, welche mit deren Verwertung als Dünger verbunden sind, gestiegen sind.

2. Anfall von Abfallstoffen in der Landwirtschaft

Bei der Nutztierhaltung fallen erhebliche Mengen an Exkrementen an, die getrennt als Festmist und Jauche oder in Mischung, ohne oder mit Wasser, als Flüssigmist gesammelt und bis zur Ausbringung auf landwirtschaftlich genutzte Flächen gespeichert werden. Außerdem fallen im landwirtschaftlichen Betrieb Abwässer aus der Milchkühlung, Reinigungswasser von Futterplätzen und Waschplätzen, sowie Oberflächenwasser von Hof- und Fahrflächen an.

Zu den Abfallstoffen gehört auch der bei der Silagebereitung anfallende Sickersaft.

In Betrieben mit besonderen Produktionszweigen (z.B. Winzerbetrieben, Betrieben mit Brennrechten u.a.) fallen spezielle Abfälle und Abwässer an. Diese Abgänge sollen hier außerhalb der Betrachtung bleiben.

Die von den Nutztieren ausgeschiedenen Mengen an Exkrementen hängen von Tierzahl, -art, Körpergewicht, Fütterungsart, Aufstallung und Entmistungssystem ab. Eine exakte Angabe über Menge und Inhaltsstoffe ist nicht leicht, da Futterart und -ration im Laufe eines Wirtschaftsjahres unterschiedlich zusammengesetzt sind. Das Haltungsverfahren bestimmt, in welchen Bereichen der Stallungen Kot und Harn abgesetzt werden. Aus arbeitswirtschaftlichen Gründen herrscht heute bei größeren Tierbeständen die Flüssigentmistung vor. Hauptsächlich wird das Treibmistverfahren angewandt. Probleme des Wasserpreises sowie der Ausbringungskosten führen in zunehmendem Maße zur spülwasserfreien Entmistung. Wird Wasser in größerem Umfang als Transportmittel verwendet, fallen mehr oder weniger verdünnte Exkremente an.

In kleineren landwirtschaftlichen Betrieben wird in der Regel Stroh als Einstreu verwendet. Hier erfolgt vorwiegend eine Festmistbereitung.

3. Menge, Nährstoffgehalt sowie abwassertechnische Kennwerte der wichtigsten Tierarten

3.1 Rind:

Bei der Flüssigmistbereitung werden Kot und Harn gemeinsam gesammelt. Ob Wasser zugesetzt wird, hängt vom Verfahren ab. Die Kenntnis des täglichen Volumens der Exkremente ist vor allem für die Festlegung des Lagerraumbedarfes wichtig. Eichhorn (27) legt einen täglichen Kot- und Harnanfall von 50 l/GV-Rind zugrunde und befindet sich damit in Übereinstimmung mit den Bayerischen Richtlinien. Im Arbeitsblatt des KfK-ATV-KTBL-Arbeitskreises der BRD wird als Normalanfall 48 kg/GV.d angegeben, wobei ca. 30 kg auf Kot und 15 kg auf Harn sowie ca. 3 kg auf Wasser entfallen. Der Mindestanfall beträgt 20 kg Kot, 15 kg Harn und 3 kg Wasser = 38 kg/GV.d.

Bei der Festmistbereitung sind ungefähr 15 kg Harn + 30 kg Wasser = 45 kg Jauche/GV.d anzusetzen. Bei normalen Einstreumengen sowie üblichen Ausbringungs- und Lagerzeiten von Festmist auf einer Dungplatte mit Jauchegrube werden in dieser neben dem Harn auch Reinigungswasser und das anfallende Regenwasser als Jauche gesammelt, welche zumeist zu gleichen Teilen aus Harn, Reinigungs- und Regenwasser besteht.

Die Zusammensetzung des täglich von 1 GV-Rind ausgeschiedenen Flüssigmistes zeigt die folgende Tabelle:

kg/GV.d					
Trockensubst.	org. Subst.	Ges.-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
5,08	3,83	0,21	0,092	0,23	0,191

3.1.1 Abwassertechnische Kennzahlen

Die Abgänge der Rinderhaltung sind außerordentlich konzentriert und zeichnen sich durch hohe BSB₅-Konzentrationen aus. Jauche allein weist BSB₅-Werte bis zu 18 000 mg/l auf. Die BSB₅-Fracht beträgt ca. 215 g/GV.d. In Einwohnergleichwerten ausgedrückt, ergeben sich für Jauche ca. 4 EGW. Für Kot + Harn muß man im Mittel 750 - 800 g/GV.d ansetzen, entsprechend 12 - 13 Einwohnergleichwerten.

3.2 Schwein:

Pro GV-Schwein - 1 GV: mittleres Lebendgewicht 60 - 65 kg = 8 Mastschweine bzw. 6 Tiere von etwa 80 kg - kann mit einem Flüssigmistanfall von 30 - 38 kg gerechnet werden (6). Deutliche Unterschiede im Flüssigmistanfall kann besonders die Futtermittelart bringen. Bei Trockenfütterung fallen ca. 30 kg/GV.d an, bei Hackfrucht-Getreidemast 34 kg/GV.d, bei Molkefütterung bis zu 38 kg/GV.d, wobei 15 - 25 l Harn enthalten sind. Die folgende Zusammenstellung zeigt die von verschiedenen Autoren genannten Anfallmengen der Exkreme (11, 14, 16, 17 u.a.).

Lebendgewicht kg	Kot kg/d	Harn kg/d	Flüssigmist		Harn kg/GV.d
			kg/d	kg/GV.d	
68	0,9	2,2	3,1	23	16
100-110	2 - 3,5	4,0	7,5	37,5	20
60	1,5	2,6	4,1	34,0	21
90	1,9	2,6	4,5	25,0	14,5
68	2,8	1,7	4,5	33,0	12,5
62,5	-	-	4,8	38,0	-

Die Zusammensetzung von Flüssigmist (Kot und Harn) ergibt folgendes Bild:

kg/GV.d					
Trockensubst.	org. Subst.	Ges.-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
3,2	2,5	0,25	0,16	0,10	0,13

3.2.1 Abwassertechnische Kennzahlen:

Der mittlere BSB₅ für Schweineharn beträgt etwa 8000 mg/l, (Schwankungsbreite des BSB₅ 6000 - 11000 mg/l), bei Kot 40 000 - 45 000 mg/l und bei Flüssigmist 24 000 - 30 000 mg/l. Pro GV-Schwein ergibt sich eine BSB₅-Fracht von 800 - 1000 g entsprechend 15 - 18 EGW ; pro Tier ist mit rd. 3 EGW zu rechnen. Wird Schweinejauche getrennt abgeleitet, so beträgt die BSB₅-Fracht ca. 185 g/GV.d, was 3 EGW entspricht.

3.3 Huhn:

Bei den Exkrementen von Hühnern muß zwischen Frischkot, Naßkot und Trockenkot unterschieden werden. Der Frischkotanfall liegt zwischen 120 und 200 je Henne und Tag, wobei als Faustwert 175 g/d genannt werden können. Dieser Wert entspricht ca. 10 % des Lebendgewichtes einer 1,7 kg Henne. In Ablegebetrieben sind für 1 GV-Huhn 290 - 300 Tiere zu rechnen, in Mastbetrieben - Durchschnittsgewicht bei Jungmastgeflügel ca. 1,3 kg - näherungsweise 400 Tiere.

Hühnerfrischkot hat von allen Tierarten den geringsten Wassergehalt. Bei der Batteriehaltung mit mehreren übereinander liegenden Käfigtagen fällt der Kot auf eine unter jeder Etage befindlichen ebenen Fläche, von welcher er sodann zur Kotgrube gefördert wird. Da hierbei der Kot praktisch nur sehr kurze Zeit lagert und wenig der Verdunstung ausgesetzt ist, bewirkt diese Form der Haltung kaum eine Volumenverminderung. Frischkot hat einen Wassergehalt von 78 - 80 %. Bei der Bodenhaltung von Hühnern werden die Abgänge auf der Bewegungsfläche gesammelt und entweder direkt ausgebracht oder von dort zu einem Zwischenlager befördert. Dabei können die flüssigen Bestandteile weitestgehend verdunsten. Es entsteht Trockenkot, welcher einen Wassergehalt von nur 20 % aufweist.

Nach Angaben mehrerer Autoren (zusammengestellt: 11) zeigen die Exkremente bei der Hühnerfrischkot- und Hühnertrockenkotentmischung folgende Zusammensetzung:

	Frischkot (ohne Wasserzusatz)		Trockenkot	
	kg/GV.d	%	kg/GV.d	%
Wassergehalt	39,0	78,0	2,3	20,0
Trockensubst.	11,0	22,0	9,3	80,0
org. Subst.	8,68	17,4	7,0	60,0
Asche	2,32	4,6	2,3	20,0
Gesamt-N	0,636	1,3	0,4	3,5
K ₂ O	0,296	0,59	0,29	2,5
Gesamtmasse	50,0	100	11,60	100

Aus 50 kg Frischkotproduktion mit einem Wassergehalt von 78 % werden demnach 11,6 kg Trockenkot und 20 % Wasser. Die Abnahme der organischen Substanz (Verlust bzw. Abbau) beträgt etwa 20 %, der Stickstoffverlust etwa 36 - 38 %.

An Faustzahlen für die Hühnerhaltung können genannt werden: Frischkotalfall (ohne Wasserzusatz) ca. 50 kg/GV.d, wobei sich bei einem Raumgewicht von 0,8 kg/l rd. 60 l/GV.d ergeben. Wird etwas Wasser zugesetzt (z.B. 10 - 15 %), entsteht Naßkot mit einem Volumen von annähernd 65 - 70 l/GV.d (6).

3.3.1 Abwassertechnische Kennzahlen:

Es ist schwierig zutreffende Werte anzugeben. Der BSB₅ schwankt bei Hühnerfrischkot zwischen 33 000 und 42 000 mg/l. An BSB₅-Frachten können je GV-Huhn 1500 g/d (6) bis 2000 g/d (11) angesetzt werden, was maximal 37 EGW entspricht.

4. Abgänge aus Wirtschafts- und Lagerräumen

Neben den tierischen Exkrementen fallen in landwirtschaftlichen Betrieben Schmutzstoffe in Form von Abwasser aus Milchräumen, Melkständen, Futteraufbereitungsräumen, evtl. Lagerräumen usw. an.

In Milchräumen mit Kannenkühlung wird Wasser zur Kühlung gebraucht, das aber nicht verschmutzt wird. Hinzu kommt eine Wassermenge von 200 - 500 l/d zum Waschen der Melkzeuge, Kannen sowie des Fußbodens. In Räumen mit Kühltanks werden ca. 300 - 600 l Wasser je Tag zum Reinigen der Kühlwanne und der Melkzeuge verwendet, Kühlwasser fällt dabei nicht an.

Im wesentlichen besteht die Verschmutzung aus Milchresten und Reinigungsmitteln. Als Faustzahl kann man angeben: Abwassermenge aus Milchräumen (ohne Kühlwasser) 50 - 100 % der gemolkenen Milchmenge je nach den besonderen Verhältnissen.

Die Verschmutzung aus Melkständen setzt sich ebenfalls im wesentlichen aus Milchresten und Reinigungsmittel zusammen. Hinzu kommen noch Kotreste. Die Abwassermenge ist mit über 100 % der gemolkenen Milchmenge anzusetzen, mindestens jedoch mit 500 l Reinigungswasser je Melkzeit (6).

Bei der Futteraufbereitung in der Zucht- und Mastviehhaltung

von Rindern, Kälbern und Schweinen fällt eine Abwassermenge von ca. 2 - 5 l/GV.d an. Eine geringe Verschmutzung entsteht auch durch Fütterungsverluste.

Abwassertechnische Kennzahlen:

Das Abwasser aus Milchräumen kann im allgemeinen zusammen mit dem Abwasser der Wohnräume behandelt werden: Ableitung in Kanalisationen und Kleinkläranlagen. Bei der Bemessung ist für je 150 l täglichen Abwasseranfall ein EGW anzusetzen. Dasselbe gilt für Melkstände, wenn die Wartepplätze der Tiere nicht angeschlossen sind und im Melkstand anfallende Kotfladen auf die Wartefläche abgeschoben werden.

Die Abgänge aus Futteraufbereitungsanlagen können ebenfalls zusammen mit dem Abwasser der Wohnräume behandelt werden. Für 40 GV ist bei der Bemessung der Kläranlage 1 EGW anzusetzen (6).

5. Approximativer Anfall an Exkrementen sowie deren Nährstofffrachten aus den Viehbeständen in Österreich und der BRD

Größenordnungsmäßig ist in Österreich und in der BRD täglich mit folgenden Mengen an tierischen Exkrementen zu rechnen:

	<u>Frischkot</u>	<u>Harn</u>
Österreich	60 000 t	40 000 t
BRD	330 000 t	230 000 t

In der folgenden Zusammenstellung ist der approximative Anfall an Stickstoff, Phosphor und BSB₅ aus den Viehbeständen Österreichs und der BRD im Vergleich dazu mit den menschlichen Exkrementen in 10³ t/Jahr aufgeführt.

	Viehbestand			Bevölkerung		
	N	P	BSB ₅	N	P	BSB ₅
Österreich	216	53	851	38	10	148
BRD	1319	284	5080	314	79	1212

Die Zahlen geben die Größenordnung wieder. Die vom Viehbestand ausgeworfenen Stickstoff, Phosphor- und BSB₅-Frachten liegen

demnach 4 - 6 mal höher als die der Bevölkerung.

6. Anfall und Zusammensetzung der Abgänge aus Silofutteranlagen

Weitere Schmutz- und Nährstoff-Frachten fallen bei der Gärfut-
terbereitung an. Zur Sicherung der Futtermittellieferung hat sich
das Einsilieren von Grünfutter, Mais, Gras, Klee, Rübenblatt,
Rübenschnitzel, Kartoffeln usw. bewährt. Je nach Art und Trok-
kenmasse der einsiliierten Pflanzen fallen in einem Silo an:
bei Naßsilagen, z.B. Rübenblatt 30 - 40 %, Weidegras, Klee -
gras, Luzerne, Grünmais 5 - 21 % der Füllmenge in m³, wobei
bis zu 75 % der Saftmenge in den ersten Wochen nach der Ein-
silierung der Pflanzen zum Abfluß gelangen,

bei angewelkten Silagen mit einem Trockengehalt von 20 - 35 %, z.B. Gras, Klee-
gras, Luzerne, Grünmais 0 - max. 10 % der Füllmenge in m³. Davon fallen in den ersten 20 Tagen nach der
Silofüllung 75 - 80 % der Gesamtsaftmenge an.

Stark vorgewelkte Silagen mit einem Trockenmassegehalt von 35 % , z.B. Gras, Klee-
gras und Luzerne zeigen keinen Saftan-
fall.

Die Errichtung von Siloanlagen wurde mancherorts in den letz-
ten Jahren in verstärktem Umfang betrieben. Häufig gibt es da-
bei im Landwirtschaftsbetrieb zwei Silierperioden, eine im
Frühjahr und eine im Herbst, so daß auch zwei Perioden des
Hauptanfalles von Sickersaft auftreten. Siloflüssigkeiten
sind reich an organischer Substanz, Nährstoffen und bei evtl.
Verwendung von Sicherungszusatzmitteln auch an Natrium und
Chloriden. Der pH-Wert liegt zwischen 3,6 und 4,9.

Ein Beispiel für die Zusammensetzung von Siloflüssigkeiten
zeigt die folgende Tabelle:

Grünfuttersilage:

Abdampfrückstand	26800-54200	mg/l	K ₂ O	2900-5700	mg/l
org. Substanz	20300-43600	"	Na ₂ O	1800-5800	"
Aschegehalt	6400-10600	"	Ca	590-1400	"
Stickstoff (N)	1300-3200	"	Cl	5800-31500	"
Phosphor (P ₂ O ₅)	240- 670	"	SO ₄	1380-4020	"

5.2 Abwassertechnische Kennzahlen:

Siloflüssigkeiten weisen einen ungewöhnlich hohen BSB_5 auf. Mit zeitweiligen Spitzenwerten von 80 000 mg/l und mehr kann die Schmutzfracht 200 - 250 mal so hoch liegen, wie die eines normalen Hausabwassers. Schon bei einem täglichen Anfall von 1 m^3 Silosaft, wie er sich in einem 100 m^3 fassenden Rübenblattsilo ergeben kann, lassen sich 1400 - 1500 EGW errechnen. Bei Grassilage können z.B. je nach Siloart bis zu 750 EGW als Siloflüssigkeit zu Abfluß gelangen.

Mittelwerte für BSB_5 -Frachten, bezogen auf den ha Anbaufläche sowie EGW für einige Pflanzenarten bei Naßsilage sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt (6):

	Sickersaftmenge		Schmutzmenge	
	% d. Füllmenge	m^3/ha	g BSB_5/ha	EG
Zuckerrübenblatt	35	10	648.000	12.000
Zwischenfrüchte	23	4	22.000	410
Mais	35	4	22.000	410
Gras, Klee gras	20	3	17.000	315

6. Lagerung und Nutzung der Abfallstoffe aus der Landwirtschaft

6.1 Tierische Exkremente

Der Normalfall für die Beseitigung von tierischen Exkrementen kann nur die landwirtschaftliche Verwertung sein.

Die Abgänge werden in der Regel gesammelt und die flüssigen Exkrementen durch Rinnen und Kanäle in die Jauchegruben geleitet. Die Lagerung der festen Bestandteile geschieht zumeist auf freien oder eingefassten, manchmal überdachten Gruben oder Hochbehältern. Je nach Zuordnung der Lagerbereiche für die festen und flüssigen Abgänge fließt Sickerjauche aus dem Festmistlager direkt in die Jauchegrube oder er wird in einer gesondert angeordneten Sickergrube aufgefangen. Die Bemessung der Lagerräume und -flächen wird von Art und Anzahl der Tiere und damit der Menge der Abgänge be-

stimmt. Wichtig sind außerdem die Speicherzeiten sowie die Menge an Wasserzusätzen. Grundsätzlich muß gefordert werden, bauliche Anlagen, in denen Abgänge gesammelt und gelagert werden so herzustellen, daß Gefahren, Schäden oder Belästigungen nicht eintreten können.

Als Faustzahlen für die Bemessung des Zwischenlagers von Festmist gelten:

Zwischenlager/GV bei 6-monatiger Lagerung (6)

	<u>Rind</u>	<u>Schwein</u>	<u>Huhn</u>
Jauchegrube in m ³ je nach Fütterung	3 - 4	2,5 - 4	10 - 12
Sickersaftgrube in m ³	0,3-0,5	- 0,5	-
Dungplatte in m ²	3 - 4	- 3	-

Bei der Bemessung des erforderlichen Lagerraumes bei Flüssigmistbereitung sind anzusetzen:

Lagerraum in m³/GV und Monat Lagerzeit, je nach Wasserzusatz und Fütterung (6)

	<u>Rind</u>	<u>Schwein</u>	<u>Huhn</u>
Treibmistverfahren	1,5	1,25	2,5 - 3,0*
Staurinnen- oder Schwemm- mistverfahren	1,8 - 2,5	1,5 - 1,75	2,5 - 3,0*
Lagerung unter dem Stall- boden	1,5	1,25	

*) mind. 50 % Wasserzusatz

Bei der Zwischenlagerung von tierischen Exkrementen kommen auch befestigte Auslaufflächen infrage. Solche Auslaufflächen werden für Rinder und Schweine mit und ohne Überdachung angelegt. Bei nicht überdachten Auslaufflächen vermischen sich Kot, Harn und Niederschlagswasser. Der zusätzlich erforderliche Lagerraum für das Niederschlagswasser in m³/Monat kann überschläglich ermittelt werden:

$1/2$ Auslauffläche in m^2 . mittlere Jahresniederschlagshöhe in m. Die Abgänge und Abwässer der Landwirtschaft werden in der Regel einer landwirtschaftlichen Verwertung zugeführt. Der Landwirt sollte sich über die zweckmäßigen Beschickungsmengen in Abhängigkeit von Standort, verfügbaren Flächen und Fruchtarten im Klaren sein. Die Abgänge können auf verschiedene Weise transportiert und auf landwirtschaftliche Nutzflächen verteilt werden. Während Festmist entweder mit Plattformwagen transportiert und von Hand verteilt oder mit Stallmiststreuern ausgebracht wird, gibt es für Flüssigmist mehrere Ausbringungsformen wie Tankwagen, hydraulische Ausbringung mit teilortsfesten oder vollbeweglichen Anlagen, Ausbringung mit Tankwagen in Verbindung mit hydraulischer Verteilung usw.

In jedem Betrieb gibt es dabei Zeitspannen, in denen für Abgänge keine aufnahmefähigen Flächen zur Verfügung stehen. Über diese Zeiträume müssen die Exkrememente unbedingt gespeichert werden. Sie dürfen keineswegs in Bäche, Flüsse oder Kanalisationen abgeleitet werden.

6.2 Abgänge aus Silofutteranlagen

Die Gäräfte treten in den Silos aus und gelangen normalerweise in Ablaufschächte. Meist findet man Siloanlagen mit Außenschacht oder mit einer direkten Ableitung zur Jauchegrube. Der zusätzlich erforderliche Jauchegrubeninhalte in m^3 sollte je nach Silierverfahren 10 - 20 % des Siloraumes betragen. Kann der Sickersaft nicht in die Jauchegrube eingeleitet werden, soll der Inhalt des Saftsammelschachtes 6 - 10 % des Siloinhaltes betragen. Für die Ausführung von Siloschächten sind weiterhin besonders folgende Grundsätze zu beachten: Der Schacht muß wasserdicht sein, um eine Verschmutzung des Grundwassers zu verhindern. Er muß über Erdgleiche geführt werden, um das Einlaufen von Oberflächenwasser zu vermeiden. Der Saftsammelschacht muß eine Abdeckung erhalten, außerdem sollte jeder Behälter einen verschließbaren Saftabfluß haben, der von der tiefsten Stelle des Silos nach außen in den Sammelschacht mündet.

Wenn man die Siloanlagen in der Praxis betrachtet, stellt man nicht

selten fest, daß die Siloschächte meist viel zu klein sind und nicht genügend Platz für die ablaufenden Flüssigkeiten gegeben ist. Auch die angeführten sonstigen Grundsätze finden nicht die gebührende Beachtung. Ältere Anlagen findet man manchmal in einem sehr schlechten Zustand, da auf die Instandhaltung der Behälter und Schächte wenig Wert gelegt wird. Im Hinblick auf den Gewässerschutz muß jedoch in Zukunft streng darauf geachtet werden, daß der Betrieb von Siloanlagen nicht zu Verschmutzungen von Grund- und Oberflächenwasser führen kann.

Der einzig gangbare Weg zur Beseitigung von Siloflüssigkeiten ist, die Flüssigkeiten zu sammeln und landwirtschaftlich zu verwerten. Die Mischung kann mit Jauche bzw. Flüssigmist durchgeführt werden, wenn anschließend ein gemeinsames Ausfahren auf landwirtschaftliche Flächen erfolgt. Wenn man Jauche und Silage im Verhältnis 5:1 bis 6:1 mischt, erhält man eine nahezu neutrale Flüssigkeit. Der Nährstoffgehalt der Jauche wird erhöht, während vonseiten des pH-Wertes keine ungünstige Beeinflussung des Pflanzenwachstums mehr gegeben ist.

7. Möglichkeiten der Behandlung von Stallabgängen in Kläranlagen

Durch die Kanalisierung in Landgemeinden wird die Möglichkeit geschaffen, Stallabgänge auch auf diesem Wege abzuleiten. Kommunalkläranlagen sind jedoch nicht für die in landwirtschaftlichen Betrieben anfallenden Schmutzfrachten dimensioniert. Vielfach steigt bei Einleitung von landwirtschaftlichen Abgängen in Kläranlagen die Schmutzfracht im Ablauf auf mehrere 100 oder sogar über 1000 mg BSB₅/l. Störungen von Gemeindekläranlagen sind aus der Praxis hinlänglich bekannt. Schon geringe Mengen an landwirtschaftlichen Abgängen im Abwasser einer Gemeinde können die Reinigungswirkung erheblich beeinflussen (8, 11, 15, 24).

Nur in Sonderfällen, z.B. Massentierhaltungen bzw. düngeflächenunterversorgten Betrieben, kann der eventuelle Einsatz spezieller betriebseigener biologischer Behandlungsverfahren diskutiert werden. Mit dieser Art der Behandlung von tierischen

Exkrementen sind jedoch beträchtliche Kosten verbunden. Die anfallenden Schmutzfrachten müssen sorgfältig hinsichtlich Anfall und Konzentration beim Bau und Betrieb von Viehzuchtkläranlagen berücksichtigt werden.

Abwasserbehandlungsverfahren für tierische Exkremente haben in den letzten Jahren in den USA und Holland gewissen Anklang finden können. Mit Hilfe dieser Verfahren, welche praktisch geruchsfrei arbeiten, kann ein erheblicher Abbau der organischen Schmutzstoffe verbunden mit einer beträchtlichen Volumenreduktion erzielt werden. Neuerdings sind in Deutschland einige Anlagen zur Behandlung tierischer Exkremente in Planung bzw. Betrieb. Im großen und ganzen handelt es sich jedoch noch um Sonderfälle. Nach den bisherigen Erfahrungen können mit Hilfe von Langzeitbelebungsanlagen (Schlammstabilisierungsanlagen, z.B. Oxydationsgräben) bis zu 99 % der organischen Schmutzstoffe abgebaut werden. Bei der Beschickung der Anlagen mit Flüssigmist hat es sich als zweckmäßig erwiesen, den Zulauf zur Kläranlage mit Wasser zu verdünnen. Meist wird dabei ein Verdünnungsverhältnis 1:1 bis 1:2 angewandt. Die Anlagen sind weiterhin möglichst so auszulegen, daß Aufenthaltszeiten von 20 - 30 Tagen gegeben sind. Zur Belüftung der tierischen Exkremente eignen sich besonders Oberflächenbelüfter in Form von Belüftungswalzen oder Kreiselbelüfter. Kreiselbelüfter werden in Rund- oder Rechteckbecken installiert, während Walzenbelüfter in Grabenanlagen Verwendung finden. Die notwendige Belüftungskapazität in den Anlagen - sei sie von Walzen oder Kreisel, kann auf Grund des Sauerstoff-Lastwertes ermittelt werden. Der Sauerstoff-Lastwert muß mindestens mit 2 in Ansatz gebracht werden. Infolge des in Stallabgängen vorhandenen hohen Ammoniumgehaltes ist es außerdem zweckmäßig, für die Ammoniumoxidation zusätzlich Sauerstoff bereitzustellen ($\text{NH}_4^+ + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{H}^+$). Bei ausreichendem Sauerstoffgehalt und geeigneten Betriebsverhältnissen läßt sich im Klärsystem, wie die Erfahrungen zeigen, das Ammonium weitestgehend nitrifizieren.

Große Bedeutung für die Dimensionierung einer Viehzuchtkläranlage kommt der Schlammbelastung zu, dem Verhältnis täglich zugeführter NH_5 -Menge zur Trockenmasse des belebten Schlammes. Die Schlamm-

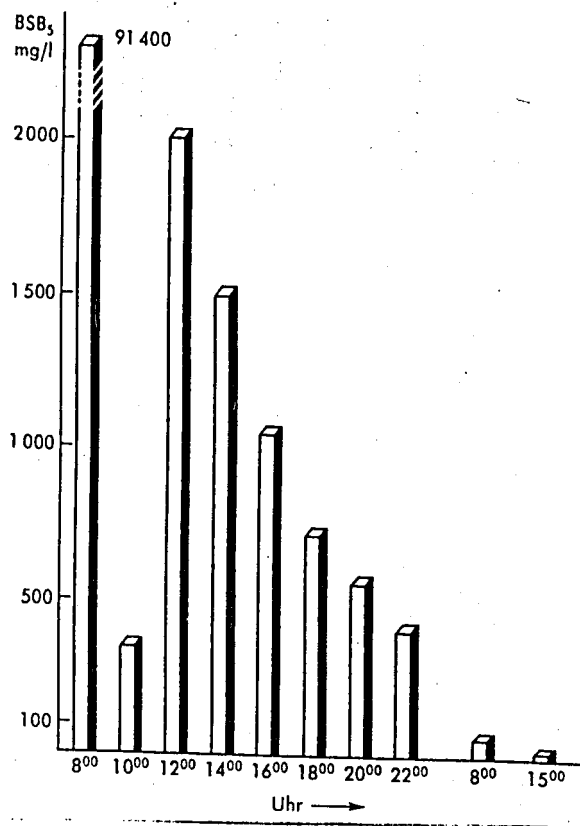
belastung sollte zwischen 0,02 und 0,04 kg BSB₅/kg TS .d liegen. Die meisten Kläranlagen arbeiten dabei mit Schlammkonzentrationen von 6 - 8 g/l verhältnismäßig betriebssicher. Bei sicherer Dimensionierung lassen sich im Ablauf von Kläranlagen für tierische Exkremente, wie Untersuchungen der Bayerischen Biologischen Versuchsanstalt zeigten, BSB₅-Werte unter 25 mg/l erreichen (16, 17). In manchen Fällen wird im Schrifttum auch von höheren Werten berichtet.

Die Stickstoff- und Phosphorelimination liegt erfahrungsgemäß bei 90 - 92 %. Infolge der hohen Eingangswerte enthält jedoch der Ablauf trotz hoher Eliminationsleistung immer noch ziemlich hohe Werte. Diese Eigenschaft der Abläufe muß sorgfältig beachtet werden, besonders dort, wo Fragen der Eutrophierung im Gewässer anstehen.

Der bei der Behandlung von tierischen Exkrementen anfallende Überschußschlamm ist auf landwirtschaftliche Nutzflächen auszubringen. Hierbei ist zu beachten, daß der Schlamm lebensfähige Eier von Wurmparasiten enthalten kann. Auf Wiesen und Weideflächen soll Schlamm nur untergebracht werden, wenn das Gras anschließend für mindestens 80 - 90 Tage siliert oder zur Braunheu bzw. Brennheugewinnung verwendet wird (17). Als günstig wird das Unterpflügen von Naß- und Trockenschlamm nach der Ernte in Böden angesehen, welche im Folgejahr mit Feldfrüchten bestellt werden und welche vor Verzehr oder Verfütterung durch Kochen, Sieden oder Backen hochohitzt und damit von ansteckungsfähigen Wurmeiern befreit sind. Gut geeignet ist für beschlammte Flächen zum Beispiel der Anbau von Kartoffeln und Getreide (Weizen, Roggen, Gerste usw.). Durch die lange Lagerung sterben die Wurmeier in den Böden zum größten Teil ab; die wenigen noch verbleibenden und ansteckungsfähigen Exemplare werden, wenn sie bei der Ernte tatsächlich vereinzelt mit den Feldfrüchten aus dem Acker gelangen sollten im anschließenden Aufbereitungsverfahren zerstört.

Durchaus nicht einfach ist auch die Behandlung von Abgängen aus der Gärfutterbereitung in einer Kläranlage (15, 20, 21). Die Kläranlage muß dabei in den ersten Monaten nach der Einlagerung mit extrem hohen Frachten beschickt werden. Entweder ist die

Kläranlage in dieser Zeit überlastet und nicht funktionsfähig, oder sie ist für diese Belastung bemessen und lange Zeit im Jahr unterbelastet und damit unwirtschaftlich. Durch die hohe BSB₅-Fracht von Siloflüssigkeiten kann die Konzentration eines Kläranlagenzulaufes innerhalb kürzester Zeit auf das Mehrfache steigen. Besonders negativ wirken sich Stoßbelastungen aus. Die folgende Abbildung vermittelt so recht ein Bild von den Verhältnissen wie sie vorliegen, wenn eine Kläranlage in einer kleinen Gemeinde plötzlich (ohne Adaption) mit einem Silosaftstoß belastet wird. Die Ablaufwerte liegen dann weit höher als die Zulaufwerte vor Beginn der Silosaftleinleitung. Auch bei kontinuierlicher Zugabe von Si-



BSB₅-Werte im Ablauf nach Zugabe von Silosaft

loflüssigkeiten sind Grenzen gesetzt. So ergaben Abbauversuche mit einem Silosaftanteil im Gesamtabwasser von über 1 % im Ablauf einer schwachbelasteten Belebungsanlage noch außerordentlich hohe BSB₅-Werte. Erst bei ca. 0,5 % Silosaftanteil und länger dauernder Adaption der Mikroorganismen verlief der Abbau nicht ohne Erfolg (15). Ebenso zeigten Oxydationsgräben bei nicht zu hoher Belastung und entsprechender Anpassung des Sauerstoffeintrages brauchbare Abbauleistungen (15, 20).

Die Untersuchungen zeigten insgesamt, daß einerseits zwar geringe Mengen an Siloflüssigkeiten in den Kläranlagen gereinigt werden können (Voraussetzung: Kläranlage genügend groß dimensioniert, Anpassung des Sauerstoffeintrags usw.), daß aber andererseits die damit verbundenen Kosten jeglicher Anwendung biologischer Verfahren engste Grenzen setzen.

8. Sonderformen der Behandlung landwirtschaftlicher Abgänge

Zu den Sonderformen der Behandlung landwirtschaftlicher Abgänge gehören die Deponie und die Trocknung von Abfällen. Eine Deponie von Abgängen aus landwirtschaftlichen Betrieben ist nur an Standorten möglich, an denen eine Gefährdung von Oberflächen- und Grundwasser nicht zu befürchten ist; die Auswahl eines aus geologischer und wasserwirtschaftlicher Sicht geeigneten Standortes ist Voraussetzung. Ferner ist zu beachten, daß durch die meist nicht zu vermeidende Geruchsentwicklung keine Belästigungen eintreten dürfen. Aus allen diesen Gründen ist eine Ablagerung der flüssigen Abgänge wenig gegeben. Auch eine Lagerung in "Düngerteichen", wie sie in einigen Ländern durchgeführt wird, ist wenig empfehlenswert (11). Aus den USA wird über die Flächendeponie verbunden mit einem Unterpflügen der Exkremeunte berichtet ("plow-furrow-cover-Methode"). Diese Methode, welche sich in der Verfahrenstechnik wenig, in der Zielsetzung jedoch grundlegend von der Ausbringung tierischer Exkremeunte unterscheidet, hat ausschließlich das Ziel, sich der Abfallstoffe zu entledigen (11). Dabei wird mit Gaben gearbeitet, die über die Verträglichkeitsgrenze bei landwirtschaftlicher Intensivnutzung stehen. Bei Hühnerfeuchtkot haben sich z.B. Einzelgaben von rd. 500 t/ha (50 mm) bewährt. Eine weitere Angabe lautet, daß in einer Furche von 130 m Länge ohne weiteres 2,5 m³ Feuchtkot untergebracht werden können. Aus einem Furchenabstand von 0,5 m errechnen sich die genannten 500 t/ha = 500 m³/ha. Diese Dosierung wird 2 mal im Jahr gegeben, was z.B. einem Besatz von 55 GV-Huhn/ha oder rd. 16.000 Hühnern/ha entspricht (11). Von einigen Autoren wird die Trocknung als vollständige Lösung zur Beseitigung tierischer Exkremeunte angesehen. Bei der Trocknung erfolgt ein sofortiger Wasserentzug der Exkremeunte. Der Wassergehalt des Trockengutes beträgt zwischen 10 % (Hühnerkot) und 14 % (Rinderflüssigmist). Nachteilig ist die bei diesem Prozeß auftretende Geruchsbildung. Zur Geruchsbeseitigung gibt es eine Reihe von Verfahren, welche jedoch noch einer Weiterentwicklung bzw. Verbesserung

bedürfen. Die Desodorierung sollte auf jedem Fall in einer Weise erfolgen, daß dadurch kein weiteres Umweltproblem entstehen kann. Getrocknete organische Dünger werden vom Markt aufgenommen (11).

Leistungsbilanz der künstlichen Trocknung von Flüssigmist (11)

	Flüssigmist unverdünnt		Flüssigmist getrocknet		Restvolumen %
	kg/GV.d	Wassergeh.%	kg/GV.d	Wassergeh.%	
Rind	44,0	88,4	5,9	14,0	16,8
Schwein	37,0	91,6	3,62	14,0	12,2
Huhn	50,0	78,0	12,22	10,0	30,6

9. Belastung der Gewässer durch die Landwirtschaft

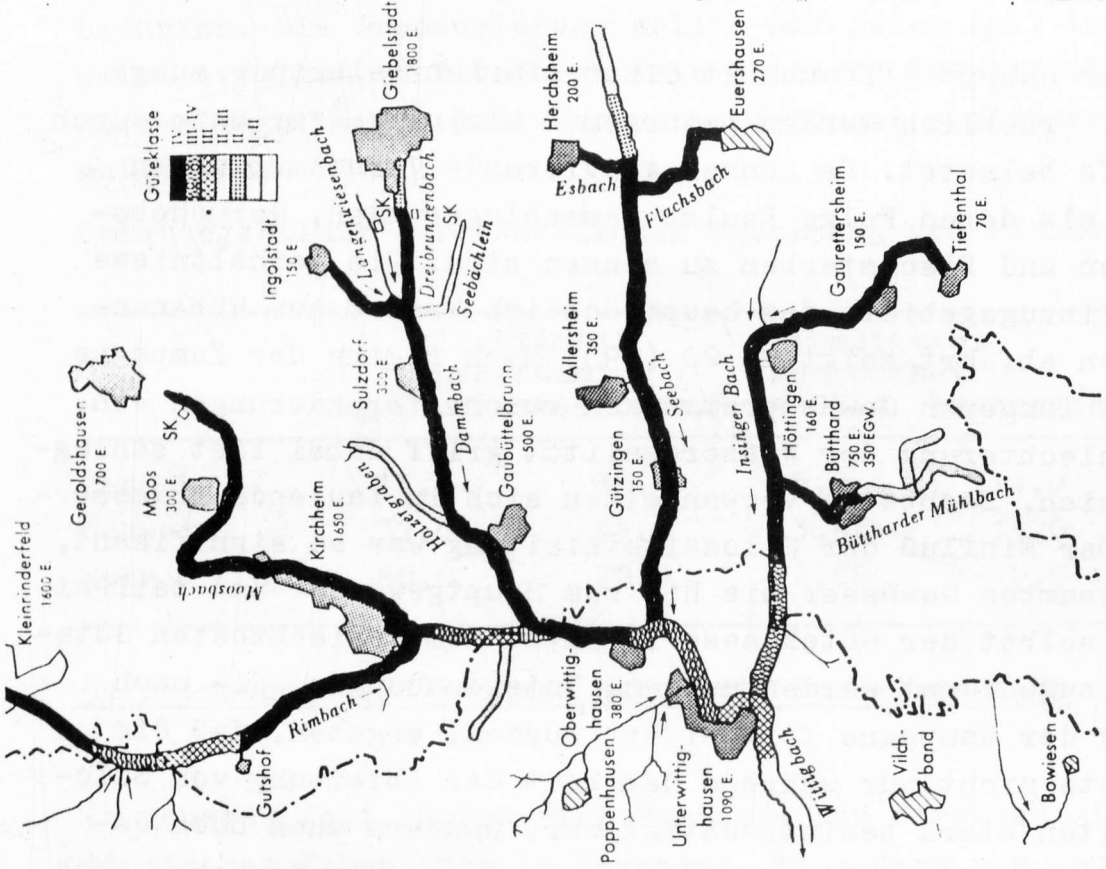
In neuerer Zeit häufen sich Berichte von direkten Einleitungen tierischer Exkremete in Gewässer, besonders von Jauche und Siloflüssigkeiten. Die Landwirtschaft hat angefangen Dorfbäche, Flüsse und Seen zunehmend mit Stallabgängen zu belasten. Besonders in Nebenerwerbsbetrieben stellt die Lagerung der Abfälle und Düngung der Felder nicht mehr überall die Regel dar. Handelsdünger ist dem Stalldünger aus arbeitswirtschaftlichen und ökonomischen Gründen überlegen. Hofabflüsse können aber auch dort in den Vorfluter gelangen, wo in spezialisierten Betrieben Beseitigungsschwierigkeiten für tierische Ausscheidungen entstehen. Schließlich kann auch die wenig sorgfältige Lagerung von Abfällen auf den Schmutz- und Nährstoffgehalt der Gewässer von Einfluß sein.

Gelangen zum Beispiel Siloflüssigkeiten direkt in den Vorfluter, können katastrophale Folgen eintreten. Die Gefährlichkeit der Silosäfte liegt besonders in ihrer extrem hohen Konzentration, gemessen am BSB₅. Silosaft wird im Vorfluter - entsprechende Verdünnung vorausgesetzt - wesentlich rascher abgebaut als häusliches Abwasser; der Abbau verläuft äußerst spontan mit großer Atmungsintensität,

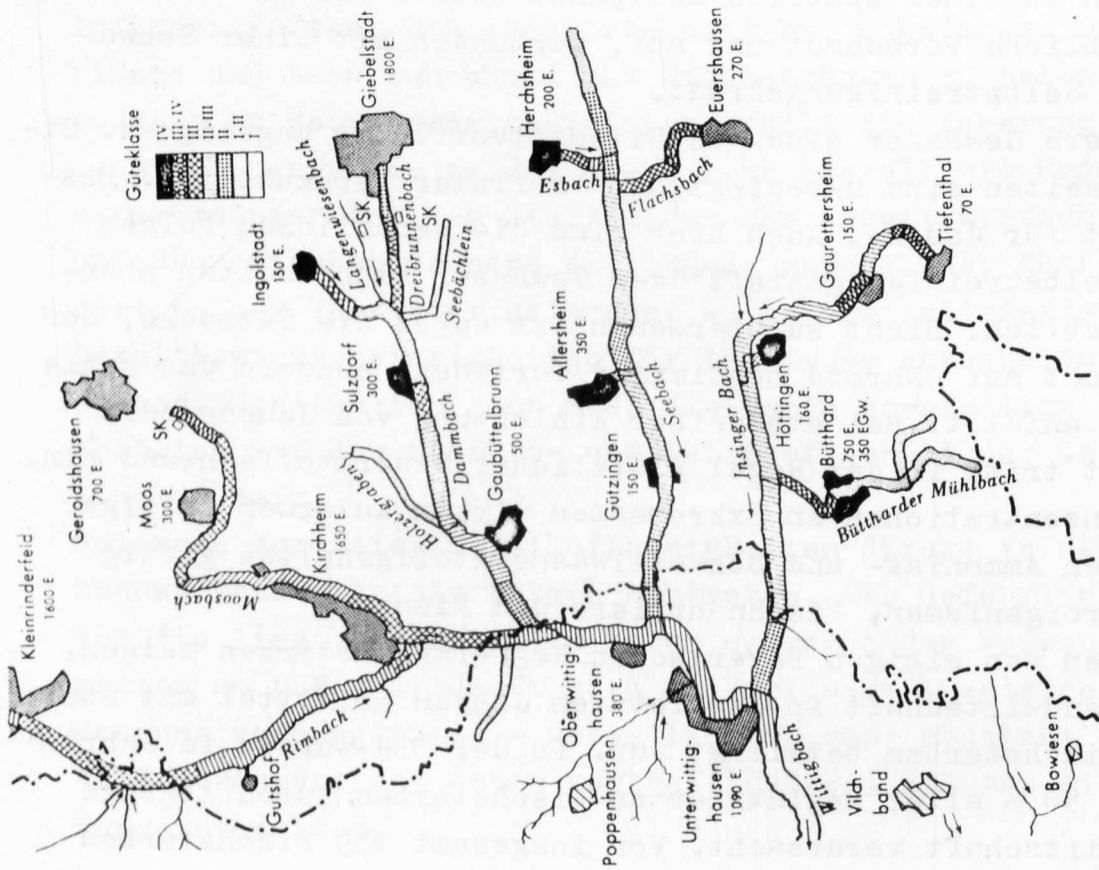
wodurch der Sauerstoffhaushalt einer starken Belastung ausgesetzt ist. Erheblich werden naturgemäß kleine Wasserläufe durch Siloabläufe belastet. Es können gravierende Verschmutzungen auftreten als deren Folge Faulschlammablagerungen, Geruchsbelästigungen und Fischsterben zu nennen sind. Die Verhältnisse in einem Einzugsgebiet, das hauptsächlich Wasser aus Rübenanbaugebieten abführt, zeigt S. 20 (19). Nach Beginn der Kampagne traten auf längeren Gewässerstrecken rasche Veränderungen ein. Die Verschlechterung der Wasserqualität griff dabei fast schlagartig um sich. Bachbette verwandelten sich in faulende Abwassergerinne. Der Einfluß der Silosafteinleitung war so signifikant, daß die gesamten Gewässer bis hin zum Hauptgewässer und teilweise dieses selbst der Güteklasse IV, also dem schlechtesten Gütezustand, zugeordnet werden mußten. Untersuchungen, die nach Beendigung der Kampagne fortgeführt wurden, ergaben, daß die Gewässergüte nicht nur während der Zeit der Ableitung von Siloflüssigkeiten stark beeinträchtigt war, sondern auch noch danach; auch zu einem späteren Zeitpunkt wiesen die Gewässer noch eine erhebliche Verschmutzung auf, verbunden mit einer Schwächung der Selbstreinigungskraft.

Auch größere Gewässer sind als Silosaftvorfluter ungeeignet. Siloflüssigkeiten sind unbedingt dem Vorfluter fernzuhalten. Dasselbe gilt für Jauche. Auch hier sind die schädlichen Folgen für die Selbstreinigungskraft der Gewässer nicht selten ebenfalls erheblich. Nicht zu übersehen ist dabei die Tatsache, daß Jauche nicht nur während bestimmter Perioden, sondern das ganze Jahr über anfällt. Bei stoßweiser Einleitung von Jauche oder Schwemmist tritt in der Regel plötzlicher Sauerstoffschwund ein, höhere Konzentrationen an Exkrementen wirken außerdem infolge ihres hohen Ammoniak- und Schwefelwasserstoffgehaltes giftig auf Wasserorganismen, Fischnährtiere und Fische.

Statistiken von einigen Bayerischen Regierungsbezirken zeigen, daß die Landwirtschaft in den letzten Jahren im Mittel mit über 40 % an Fischsterben beteiligt war. In der DDR wurden im Jahre 1968 fast 50 % aller registrierten Fischsterben durch Abgänge der Landwirtschaft verursacht. Von insgesamt 139 Fischsterben entfielen allein 41 auf Jauche- und 22 auf Silosafteinleitungen.



Silokampagnebelastung



Gewässergüte-Übersichtskarte: Normalbelastung (19)

Auch in der Schweiz betrug der Anteil der Landwirtschaft an Fischsterben ca. 40 %; bei 985 von 2494 aufgeklärten Fischsterben in der Zeit von 1952 - 1967 waren landwirtschaftliche Abgänge die Ursache.

Nur größere Wachsamkeit der mit dem Gewässerschutz beauftragten Stellen, verbunden mit umfassender Aufklärung der Landwirtschaftsbetriebe über die Folgen ihrer oft für harmlos gehaltenen Abgänge kann diese Entwicklung bremsen. Noch über diese direkt feststellbaren Schäden hinaus verursachen die Abfälle aus der Landwirtschaft in vielen stehenden Gewässern unerwünschte Eutrophierungsprozesse. Durch die mit Jauche- und Silosafteinleitung verbundene Düngung des Wassers wird das Wachstum phototropher Organismen gefördert, was zu Wasserblüten führen kann. So kann das Problem der landwirtschaftlichen Abfälle ebenso unter dem Gesichtspunkt der Fischttoxikologie als auch der Gewässereutrophierung gesehen werden. Die verschiedenen Problemkreise überschneiden sich teilweise.

Stallabgänge müssen grundsätzlich sorgfältig gesammelt werden. Der Normalfall für deren Beseitigung kann nur die regelmäßige und sachgemäße landwirtschaftliche Verwertung sein.

Zu erwähnen ist in diesem Zusammenhang noch, daß die Landwirtschaft auch Gewässer ungewollt durch intensive Bodendüngung, z. B. in Ufernähe von Flüssen oder Seen, beeinflussen kann. Von den auf landwirtschaftliche Nutzflächen aufgebrauchten Dünger gelangt in manchen Fällen eine gewisse Fraktion durch Nährstoffaustrag in Gewässer. In der modernen Landwirtschaft werden außerdem in den letzten Jahren steigende Mengen an Mineraldünger eingesetzt. Die mittleren wahrscheinlichen Verluste nicht überdüngter Böden liegen bei Stickstoff in der Größenordnung von $0,5 - 1,5 \text{ g/m}^2$ und Jahr und bei Phosphor zwischen $0,01$ und $0,03 \text{ g/m}^2$. Jahr (23). Je nach Bodenart, Bodenbeschaffenheit, Geländetopographie sowie Bewirtschaftungsform können die Werte für Phosphor bis auf 2 g/m^2 und für Stickstoff bis auf 14 g/m^2 und Jahr steigen. Der Belastung der Gewässer durch Nährstoffe wird in Zukunft besondere Aufmerksamkeit zu schenken sein. In Ufernähe von Flüssen oder Seen, besonders bei geneigten Flächen, sollte jegliche Düngung überhaupt unterlassen werden, um die zunehmende Eutro-

phierung der Gewässer durch Nährstoffaustrag zu vermeiden. Der Landwirt muß in Zukunft wie alle anderen Bürger aktiv mithelfen, damit keine weitere Verschlechterung der Gewässergüte eintreten kann. Durch vermehrte Aufklärungs- und Beratungstätigkeit müssen der Landwirtschaft die Belange des Gewässerschutzes näher gebracht werden.

Literatur

- 1) Amberger, A.: Möglichkeiten und Probleme der modernen Düngeweise der Landwirtschaft und ihre Auswirkung auf Wasser- und Abwasserwirtschaft.
Münchener Beitr. z. Abwasser-, Fischerei- u. Flußbiologie 16 (1969), 24-37
- 2) Arnold, K. H.: Nährstoffabtrag von landwirtschaftlich genutzten Flächen.
Fortschritte der Wasserchemie 8 (1968), 131-142
- 3) Bernhardt, H.: Der Einfluß der Gewässereutrophierung auf stehende Gewässer und erforderliche Gegenmaßnahmen.
Gewässerschutz, Wasser, Abwasser 2 (1968), 243-275
- 4) Engelbart, P.: Wird die Landwirtschaft zum größten Gewässerverschmutzer.
Wasser und Boden 18 (1967), H.1
- 5) Karlgreen, L.: Der Einfluß von Jauche und Siloabwasser auf die Gewässer.
Informationsbl. d. Förd. Europ. Gewässerschutz 13 (1966), 33-37
- 6) KfK-ATV-KTBL : Abwasser aus landwirtschaftlichen Betrieben.
Arbeitsblatt A 116, 1970, Vertrieb: Ges. z. Förd. d. Abwassertechnik e.V. Bonn
- 7) Leuthier, H.: Das Abwasser im landwirtschaftlichen Großbetrieb.
Leipzig 1968: Hirzel Verlag
- 8) Liebmann, H.: Der Einfluß von Jauche auf Kleinkläranlagen in Landgemeinden.
Münchener Beitr. z. Abwasser-, Fischerei- u. Flußbiologie 10 (1965), 205-208
- 9) Löwe, G.: Maßnahmen zur Verhinderung des Nährstoffeintrags aus landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebieten.
Fortschritte der Wasserchemie 8 (1968), 257-267
- 10) Müller, H.: Fischsterben in der DDR während des Abflußjahres 1968.
Deutsche Fischereizeitung XVI, Dez. 1969
- 11) Rager, K.: Abwassertechnische und Wasserwirtschaftliche Probleme der Massentierhaltung.
KTBL- Bauschrift 11 (1971)
- 12) Reichenbach-Klinke, H. und Scherb, K. : Jauche als Ursache von Fischsterben.
Allg. Fischereizeitung 85 (1960), 335-337
- 13) Riley, C. T.: Current Trends in Farm Waste Disposal.
Journal Water Poll. Control 69 (1970), 174-179

- 14) Scheltinga, M.J.: Farm Wastes.
Water Poll. Control 68 (1969), 403-413
- 15) Scherb, K.: Die Gärfutterbereitung und ihre Auswirkung auf Vorfluter und Kläranlagen kleiner Gemeinden.
Münchner Beitr. z. Abwasser-, Fischerei- u. Flußbiologie 16 (1969), 147-168
- 16) Scherb, K.: Zur Frage der Bemessungsgrundlagen für Kläranlagen in Gemeinden mit landwirtschaftlichen Betrieben.
Münchner Beitr. z. Abwasser-, Fischerei- u. Flußbiologie 17 (1970), 309-319
- 17) Scherb, K. und Forstner, M.J.: Die derzeitigen Möglichkeiten der abwassertechnischen Behandlung von Flüssigmist aus Schweinegroßbeständen.
Berl. Münchn. Tierärztliche Wochenschr. 78 (1971), Nr.7
- 18) Schmidt u. Weigelt: Grundsatzfragen zur Eutrophierung der Seen in Oberbayern.
Zeitschr. f. Kulturtechnik u. Flurbereinigung 12 (1971), H.2
- 19) Schua, L.: Abläufe von Gärfuttersilos.
GWf 111 (1970), 388-392
- 20) Viehl, K. und Kollatsch, D.: Die Abläufe der landwirtschaftlichen Betriebe. Ein neues Abwasserproblem.
Wasser u. Boden 18 (1967), H.14
- 21) Viehl, K.: Jauche und Silageflüssigkeit.
Korrespondenz Abwasser Nr.7 (1967), 4-6
- 22) Vogel, H.E.: Über die Gefährdung schweizerischer Gewässer durch Silowasser.
GWf 108 (1967), H.14
- 23) Vollenweider, A.: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Seen und Fließgewässereutrophierung unter besonderer Berücksichtigung des Phosphors und des Stickstoffs als Eutrophierungsfaktoren.
Techn. Bericht, durchgeführt im Auftrag des OECD, Paris 1968
- 24) Wachs, B.: Einfluß von Jauche auf Kläranlagen kleiner Gemeinden.
Münchner Beitr. z. Abwasser-, Fischerei- u. Flußbiologie 16 (1969), 130-147
- 25) Zölsmann, H.: Die Abwässer aus landwirtschaftlichen Betrieben.
Vortragsveröff. Haus d. Technik Essen 70 (1966), 56-67
- 26) Bundesministerium f. Ernährung Landwirtschaft u. Forsten der BRD Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der BRD.
Hamburg u. Berlin 1971: Verl.P.Parey

- 27) Eichhorn, H. Flüssigmist.
Boxberger, J. u. Beton-Verlag GmbH, Düsseldorf 1970
Seufert, H.
- 28) Österr. Statistisches Statistisches Handbuch für die Repu-
Zentralamt blick Österreich.
Österreichisches Zentralamt 1970

DIPL.-ING. Werner Schenkel:

Grundlagen der geordneten Deponie

1.0 Definition

Seit Menschengedenken werden bewegliche Sachen, deren sich der Besitzer entledigt hat, abgelagert. Die Art und Weise, wie dies geschieht, hängt von der Abfallart, den geographischen Voraussetzungen und den zur Verfügung stehenden technischen Hilfsmitteln ab.

Ich erinnere an die archäologischen Grabungen in Schüttplätzen der Vorzeit, an die Stadt Troja, die nach jeder Zerstörung auf der eigenen Trümmerschuttschicht wieder aufgebaut wurde und nicht zuletzt an das Ruhrgebiet, in dem die sogenannten Halden, d.h. die Ablagerungen der Abfälle aus dem Bergbau den optischen Eindruck einer Region mitgeprägt haben (gegenwärtig 230 Stück).

Als geordnete Ablagerung oder geordnete Deponie definiert das Handbuch der Müll und Abfallbeseitigung von Kumpf, Maas, Straub das Verfahren, bei dem Abfälle systematisch ausgebreitet, verdichtet und mit geeignetem Material abgedeckt werden, so daß keine Gefährdung des Grund- und Oberflächenwassers zu befürchten ist und den hygienischen und ästhetischen Belangen Rechnung getragen wird. Dabei wird vorausgesetzt, daß die Ablagerung oder Deponie als Methode der Abfallbeseitigung angesehen wird, bei der Abfälle mit dem Ziel abgelagert werden, sich ihrer auf die Dauer zu entledigen.

Die amerikanische und englische Literatur kennt dieses Verfahren unter der Bezeichnung 'controlled tipping'

bzw. 'sanitary Landfill'. Es wird, wie aus der einschlägigen Fachliteratur zu entnehmen ist, seit Jahrzehnten dort mit sehr gutem Erfolg angewendet. Merkwürdigerweise ist das Verfahren in der BRD erst nach den erfolgreich abgelaufenen Versuchen in Bochum in den Jahren 1961/62 bekannt und im größeren Umfang angewendet worden. 1970 bestanden 34 geordnete Deponien, die den Standards der Zentralstelle für Abfallbeseitigung (ZfA) in Berlin genügten (siehe Tabelle 1).

Um das mir gestellte Thema weiter einzugrenzen, definiere ich die Deponie nach den dort abzulagernden Abfällen.

Tabelle 1: Vorbildliche Mülldeponien

Stand April 1970

Standort	ange-schl. Ein-wohner 1000	beschäftigte Personen a.d.Dep.	vorhandene Planir-raupen	Geräte sonstige Geräte	Abfallarten, die angenommen werden	Haus-müll-menge pro Jahr in 1000 t	Abfall-menge insges. pro Jahr in 1000 t	
0	1	2	3	4	5	6	7 8	
1	Köln (5 Dep.)	864	je 2	4 x 120 PS	4 Schaufellader	HM, SM, GM, BS	250	390
2	Hannover	522	26	5 x 65-100 PS	1 Radlader 80 PS	HM, SM, GM, IA, BS, IS	135	314
3	Wuppertal (2 D.)	400	je 3	2 x 120 PS		HM, SM, GM, IA	85	163
4	Bochum	350	2	1 x 65 PS		HM, SM, IA	80	113
5	Aachen	244	3	2 x 70 PS		HM, SM, GM, IA, KS	48	187
6	Braunschweig	225	15	3 x 70 PS		HM, GM, IA, BS, AO, IS	71	151
7	Augsburg	213	8	2		HM, SM, GM, BS	72	589
8	Geisenkirchen	160	7	1 x 85 PS		HM, SM, GM, IA, BS, IS	40	130
9	Bremenharven	150	4	2 x 70 PS	1 Bagger 22 PS	HM, SM, GM, IA, BS	50	161
10	Bietfeld	140	2	1 x 70 PS		HM, SM	41	43
11	Kiel	140	5	1 x 75 PS	1 Schaufell., 25 PS	HM, SM, GM, IA	33	54
12	Regensburg	130	2	1 x 50 PS		HM, SM, GM, IA, BS, IS	25	95
13	Ulm	130	2	1 x 60 PS		HM, SM, GM, IA	39	60
14	Kaiserslautern	110	3		2 Laderaupen 75 PS	HM, SM, GM, IA	25	31
15	Bottrop	109	3	1 x 65 PS	1 Radlader 96 PS	HM, IA, BS	30	210
16	Marl	100	2	1 x 75 PS		HM, SM	42	50
17	Erlangen	94	2	1 x 65 PS	1 Radlader 80 PS	HM, SM, IA, BS	26	36
18	Itehohe	86	3		1 Schaufellader	HM, SM, GM	30	59
19	Viersen	85	2	1 x 74 PS		HM, SM, GM, BS	8	25
20	Neumünster	76	2		1 Laderaupen 60 PS	HM, SM, GM, IA, BS	16	24
21	Paderborn	75	3		1 Laderaupen 105 PS	HM, SM, BS, IS, KS	19	9
22	Weinheim/Mannheim	70	2	1 x 70 PS		HM, SM, GM, BS, KS	9	37
23	Minden	60	2	1 x 75 PS		HM, SM, GM, IA, BS, IS, KS	14	44
24	Velbert	57	2	1 x 75 PS		HM, SM, GM, IA, BS	11	25
25	Offenburg	55	3	1 x 45 PS		HM, SM, GM, IA, BS, AO, IS	6	65
26	Wolfenbüttel	50	2	1 x 65 PS	1 LKW	HM, SM, GM, IA, BS	9	13
27	Detmold	45	2	1 x 180 PS		HM, SM, GM, IA, BS	10	39
28	Meschenich/Köln	43	2	1 x 75 PS		HM, SM, GM, BS	23	39
29	Speyer	42	3	1 x 75 PS		HM, SM, GM, IA, BS, IS, KS	11	19
30	Straubing	38	2	1 x 75 PS		HM, SM, GM, IA, BS	7	72
31	Passau	36	2	1 x 72 PS		HM, SM, GM, IA, BS	9	5
32	Schwenningen	35	2	1 x 90 PS		HM, SM, GM, IA, BS	5	136
33	Newic	30	2	1 x 40 PS	1 LKW a 5 t	HM, SM, GM, IA, BS	9	15
34	Schwabach	29	2	1 x 43 PS		HM, SM, GM, IA, BS	6	18
35	Eckernförde	25	2		1 Schaufell., 62 PS	HM, SM, GM, BS	8	20
36	Echtingen	20	1		1 Laderaupen 75 PS	HM, SM, GM, IA, BS, IS, KS	ca. 5	

Abkürzungen:

Abfälle, die angenommen werden

- HM Hausmüll
- SM Sperrmüll
- GM Geschäftsmüll
- IA (nicht produktionspezifische Abfälle)
- IA (Produktions- und Gewerbeabfälle, fest)
- IA (Produktionspezifische Abfälle)

- BS Bauschutt
- AO Altpapier, verbrauchte organische Lösungsmittel, Bohr- und Schleifemulsionen
- IS Industrieschlämme
- KS Klärschlamm

Quelle:

MÖLL und ABFALL 2/71

Die Abfälle lassen sich gliedern in:

Tabelle 2: System, Gliederung der Abfallstoffe

1.1 feste Abfallstoffe		1.2 flüssige Abfallstoffe
1.11 Hausmüll Stoffgruppen: Feinmüll und Schlacke kompostierbare oder verbrenn- bare Stoffe Glas und Steine Eisen u.a. Metalle	1.17 Gewerbe und In- dustriemüll Papier und Ver- packungsmaterial verdorbene Waren Leder- und Stoff- reste Verbrennungsrück- stände Industrieschlacken Formsand Abraum Waschberge Flugasche Flotationsrück- stände explosive Abfälle toxische Abfälle u.a.	1.21 Klärschlämme
1.12 Sperrmüll Gegenstände der Wohnungseinrich- tung Verpackungs- material u.a.		1.22 schlammige Ölabfälle
		1.23 Altöle
		1.24 Abfälle der Industrie Neutralisations- und Fällschlämme Abfallsäuren und -laugen Salzsolen Bohrölemulsionen Lösungsmittelrück- stände
1.13 Straßenkehrricht Abrieb auf den Straßen Laub- und Astab- wurf Abfall von Märk- ten und Markt- hallen Material des Streu- dienstes, Papier- reste u.a.	1.18 ölgetränkte Abfälle	1.25 radioaktive Abfälle
	1.19 Schrott Autowracks u.ä.	
	1.110 Abfälle von Vieh- und Schlachthöfen	
1.14 Gartenabfälle	1.111 Krankenhausabfälle	
1.15 Bodenaushub	1.112 radioaktive Abfälle	
1.16 Bauschutt		

Mein Vortrag wird sich mit den spezifischen Problemen beim Ablagern von Abfallstoffen der Gruppe 1.11 - 1.17 beschäftigen. Die Lagerung von besonders produktionsspezifischen Stoffen, z.B. aus der Kohle- und Stahlgewinnung, der Bauindustrie, der chemischen Industrie und der energieerzeugenden Industrie innerhalb des Punktes 1.17 werden ebenso wie diejenigen von Sonderabfallstoffen nicht behandelt.

Die Notwendigkeit der geordneten Deponie bei der zukünftigen Abfallbeseitigung wird häufig unterschätzt. Die bekannten Reduktionsmethoden Kompostierung und Verbrennung beziehen sich im wesentlichen nur auf die chemische und physikalische Veränderung des in den Abfällen enthaltenen Kohlenstoffs bzw. der organischen Stoffe und des Wassers.

Die Erfahrung lehrt, daß die verbleibenden Reste, die infolge ihrer chemischen Zusammensetzung nicht reduzierbaren Abfälle, die nicht dem Anschluß und Benutzungszwang unterliegenden und damit steuerbaren Stoffe und die bei den Reduktionsanlagen benötigten Reserven Deponien verlangen. Ihre Größe wird meist weit unterschätzt.

Man kann zwar unter günstigen Voraussetzungen Deponien ohne Reduktionsanlagen betreiben, nie aber Reduktionsanlagen ohne Deponie, wenn man alle Abfallstoffe des Planungsgebietes in einer geordneten Abfallwirtschaft bewältigen will.

2.0 Vorgänge in der Deponie

Ich erkenne das Problem der Abfallbeseitigung als einen Kampf mit den von Maier und Lavoisier formulierten Gesetzen von der Erhaltung der Energie und der Materie. Eine Abfallbeseitigung findet nicht statt, sondern allenfalls eine Stoffumwandlung in Produkte, von denen wir hoffen oder wissen, daß sie die Medien Boden, Luft und Wasser nicht zusätzlich belasten.

Ich glaube, daß man den Problemen der geordneten Deponie am nächsten kommt, wenn man die Lagerung von Stoffen als einen künstlichen geologischen Prozess versteht und die heutigen Kenntnisse der Geologie und Hydrogeologie darauf überträgt.

Die abgelagerte Materie wird im Laufe der Zeit unter dem Einfluß der Atmosphäre oder der Mikroorganismen zersetzt. Die chemische Zusammensetzung und der Aufbau der Deponien entscheidet über die Stärke der Einwirkung. Die einzelnen Vorgänge haben Bucksteeg [17] und Wolters [18] ausführlich beschrieben. Ich greife im folgenden auf diese Ausführungen zurück.

2.1 Alterung

Als Alterung seien hier die Vorgänge bezeichnet, die sich im abgelagerten Material vollziehen, ohne daß wesentliche Einwirkungen von der Oberfläche her mit beteiligt sind. Voraussetzung ist allerdings eine Durchfeuchtung des Materials, die sich in dem humiden Klima Mitteleuropas in jedem Falle einstellt.

2.11 Verdichtung

Infolge des Eigengewichtes der abgelagerten Stoffe tritt im Laufe der Zeit eine zunehmende Verdichtung ein, die von der Schütthöhe, der Struktur der Stoffe und der Wassersättigung abhängt. Die Verdichtung wird wesentlich

beschleunigt, wenn während der Ablagerung Schicht für Schicht eine Pressung durch Befahren mit schweren Fahrzeugen, zum Beispiel Walzen oder LKW, durchgeführt wird.

2.12 Umwandlung organischer Substanz

2.121 organogene Stoffe

Bei diesen handelt es sich um pflanzliches oder tierisches Material, sowie um ihre Abbau- und Umwandlungsprodukte. Sie werden biologisch abgebaut, und zwar vorwiegend durch Mikroorganismen. Die Zersetzung findet überwiegend anaerob statt, da die dichte Packung und das Dargebot an Verbindungen mit reduziertem Kohlenstoff den Zutritt von Luftsauerstoff verhindern. Durch Bildung von CO_2 und CH_4 tritt eine Verarmung an Kohlenstoff ein. Zwischenprodukte sind meist Fettsäuren, Aldehyde und Alkohole. Bei Gegenwart geeigneter Basen, insbesondere Erdalkalien, entsteht ein nährstoffreiches, vorwiegend Kolloide von Grauhumus enthaltendes Sapropel, Stickstoff, Phosphor und Schwefel liegen überwiegend in organischer Bindung vor. Das Produkt ähnelt den in der Tiefenzone von Gewässern abgelagerten organischen Sedimenten und der Flachmoormudde (Gyltja).

Bei Mangel an geeigneten Basen entsteht stattdessen ein saurer, nährstoffarmer Rohhumus (Dy), wie er auch als Zwischenprodukt bei der Braunkohlenentstehung aufgetreten sein dürfte. Der organisch gebundene Stickstoff wird mineralisiert und entweicht überwiegend als elementarer Stickstoff, während ein kleiner Teil in Ammoniumion übergeht. Der Vorgang entspricht den Stickstoffverlusten bei der Düngung kalter, bindiger Böden. Auch der organische Phosphor wird zunächst in lösliche Phosphate übergeführt, die in der Lagerstätte selbst (syngenetisch) oder in der Umgebung (epigenetisch) ausgefällt und in Phosphatmineralien umgewandelt werden. Der organische Schwefel wird zu H_2S abgebaut, das entweder gasförmig entweicht oder epigenetisch Sulfide bildet, zum Beispiel Pyrit und Markasit als Begleiter von Braunkohlenvorkommen.

2.122 organisches Material nichtorganogener Entstehung

Hierunter fallen in erster Linie zahlreiche Produkte der organisch-chemischen Industrie. Die meisten werden, wenn auch zum Teil sehr langsam, mikrobiell abgebaut. Die durch den Abbau entstehenden Zwischen- oder Endprodukte sind organogen und unterliegen somit den in Absatz 2.121 besprochenen Vorgängen.

Unter den nicht abbaubaren Substanzen sind die unlöslichen in diesem Zusammenhang ohne Interesse, da sie keine Wanderungstendenz zeigen. Die löslichen Stoffe dagegen können in unveränderter Form lange Zeit überdauern und dabei durch Diffusion und Transport mittels fließenden Wassers aus der Lagerstätte entweichen. Nun sind sowohl Ton als auch Humus ausgezeichnete Adsorptionsmittel. Je mehr ein Gestein davon enthält, um so stärker wird die Wanderung organischer, nicht abbaubarer Stoffe behindert. Als derzeit besonders interessierende Beispiele organischer Materialien nicht organogener Entstehung seien Kunststoffe und Mineralölprodukte genannt. Z.B. sind vollpolymerisierte Kunststoffe nur in sehr geringem Maße dem bakteriellen Abbau zugänglich. Wegen ihrer Unlöslichkeit im Wasser ist damit aber keine Gefahr verbunden. Kunststoffvor- und -zwischenprodukte sowie oligomere Bestandteile werden aber zum allergrößten Teil als Nahrungsquellen von Mikroorganismen ausgenutzt. Zwar ist die Muttersubstanz der Mineralöle organogener Herkunft, durch Umwandlung während ihrer geologischen Geschichte und durch die Raffinationsprozesse ist der organogene Charakter aber so sehr verwischt, daß sie besser an dieser Stelle behandelt werden. Von zahlreichen Bearbeitern ist nachgewiesen worden, daß Mineralölprodukte dem mikrobiellen Abbau zugänglich sind, daß dieser Abbau aber recht lange dauert. Der Grund dafür dürfte darin liegen, daß diese in Wasser praktisch nicht löslichen Stoffe nur von der Grenzfläche Öl-Wasser her angegriffen werden. Außer bei emulgierten Ölen ist diese Grenzfläche vergleichsweise klein. Es muß daher davon ausgegangen werden, daß mit Feststoffen zusammen abgelagerte Mineralölprodukte, z.B. Öl-

reste in Verpackungsmaterialien, u. U. mehrere Jahre bis Jahrzehnte als solche existent bleiben.

2.13 Mineralbildung

Hierunter seien die Vorgänge verstanden, bei denen aus den abgelagerten Feststoffen mineralische oder überwiegend mineralische Dauerprodukte steinartiger Konsistenz entstehen.

2.131 Vererzung

Bei der Lagerung im Untergrund gehen Metallhydroxide in wasserärmere Oxidhydrate bzw. in Oxide über. Dadurch wird die Löslichkeit in Wasser und schwachen Säuren vermindert. Bei Anwesenheit von Schwefelwasserstoff bilden sich Sulfide. Der Schwefelwasserstoff kann entweder aus organisch gebundenem Schwefel entstehen oder durch Reduktion von Sulfaten gebildet werden. Letzterer Vorgang ist in der Natur von weit größerer Bedeutung. Er verschiebt zugleich die Reaktion in den alkalischen Bereich, was zur weiteren Herabsetzung der Löslichkeit von Metallionen beiträgt. Auf diesem Wege entstehen Pyrit, Markasit, Zinblende, Bleiglanz, Kupferkies usw.

Metallkarbonate sind durchweg schwer- bis unlöslich. Bei Überschuß von CO_2 bilden sich aber Bikarbonate mit erheblich höherer Löslichkeit. Insbesondere Eisen- und Manganverbindungen können daher durch überschüssige Kohlensäure aufgelöst werden. Sofern die Lagerstätte von basenreichem Material umgeben ist, kommt es hier zur epigenetischen Bildung von Karbonaten aus löslichen Bikarbonaten. Lösliche Kieselsäure bildet mit vielen Schwermetallionen Silikate, zum Beispiel Kieselzinkerz oder Nickelhydrosilikat. Zur Anlagerung an Silikate führt der Ionenaustausch, der bewirkt, daß alle anderen Metallionen im Austausch gegen Alkali- und Erdalkalitionen an tonige Substanz gebunden werden, sofern diese in der Lagerstätte oder in ihrer Umgebung vorhanden ist. Humussäuren wirken ebenfalls fällend auf Schwermetalle, zum Beispiel durch Bildung von Ortstein oder Torferzen. Als Zwischenprodukte entstehen dabei echt oder kolloidalgelöste

Verbindungen (Eisenhumat in vielen Grundwässern).

Als weiteres Anion bei der Bildung unlöslicher Metallverbindungen kommt Phosphat in Betracht. Schwermetallphosphate sind aber meist nur im neutralen bis alkalischen Bereich beständig, während sie im sauren aufgelöst werden. Bei den beschriebenen Vorgängen der Vererzung werden metallfreie Stoffe als sogenannte Gangart mit eingeschlossen. Dadurch können diese Erscheinungen, auch wenn Metallsalze nur in geringerer Konzentration vorliegen, wesentlich zur Verfestigung des gesamten Materials beitragen.

2.132 Petrifizierung von Nichterzmineralien

Ein hydraulisches Abbinden tritt nur bei bestimmten Materialien, zum Beispiel manchen Abfällen der Steine- und Erden-Industrie, auf. Auch Verbrennungsrückstände können hydraulische Verfestigung zeigen. Wenn auch die Geschwindigkeit derartiger Effekte wesentlich geringer ist als die der Abbindung des Zementes, so können doch in längeren Zeiträumen und bei gleichmäßiger Wasserdurchfeuchtung beachtliche Verfestigungen eintreten. Wenn das abgelagerte Gut Kalziumhydroxid, zum Beispiel Karbidkalk, enthält, so wird dieses durch CO_2 in Kalziumkarbonat überführt. Bei dieser Kalksteinbildung können inerte Materialien eingeschlossen werden, so daß dieser Vorgang zur Versteinung der gesamten Masse führen kann.

Tabelle 3: Vorgänge bei der Ablagerung

	physikalische chemische biologische	physikalische
Voraussetzung: →	2.1 Alterung anaerobe Prozesse keine wesentliche Einwirkung der Atmosphäre Eigenfeuchtigkeit des Materials und Durchfeuchtung	2.2 Verwitterung aerobe Prozesse Einwirkung der Atmosphäre
	Folgen: →	2.3 Auslaugung Lösungsprozesse Einwirkung von Nieder- schlagwasser sowie von Grund- und Oberflächen- wasser
	Verfestigung Unlöslichmachung Grenzzone: Zementation durch Kristallisationsvor- gänge	Erhöhung der Wasserdurch- lässigkeit, Verunreini- gung und Aufsalzung von Grund- und Oberflächen- wasser

Tabelle 4: Vorgänge bei der Alterung

2.11 Verdichtung mechanische Verfestigung	2.12 Umwandlung organischer Substanz biologischer Abbau durch Mikroorganismen in überwiegend anaerobem Medium (Faulung)	2.13 Mineralbildung Bildung von Dauerprodukten steintiger Beschaffenheit
2.121 Substanzen organo- gener Entstehung	2.122 Substanzen nichtorganogener Entstehung	2.131 Vererzung
Pflanzliches und tierisches Material	Produkte der organisch-chemischen Industrie (Kunststoffe, Mineralöl- produkte)	Umwandlung von Metallhydroxiden in Sulfide, Carbonate, Silikate, Phosphate
biologischer Abbau durch Mikroorga- nismen	sehr langsamer mikrobieller Abbau entsprechend 2.121	hydraulische Verfestigung
Zwischenprodukte:		
organische Säuren, Alkohole, Aldehyde, organische Verbindungen der Eiweiß- zersetzung, Schwefelwasserstoff, Löslich- machung von Metall-, Karbonat-, Phosphat-Ionen		
Endprodukte		
bei ausreichendem Angebot von basi- schen Stoffen	bei Mangel an basischen Stoffen	Kohlendioxid, Methan
Sauresel	Reichwasser	Produktion von elementarem Stickstoff, Ammoniumverbindungen, Phosphationen, Schwefel- wasserstoff, Lösung von Metallionen
nährstoffreich enthält organische Verbindungen des Schwefels, Stick- stoffs, Phosphors	nährstoffarm	Produktion von elementarem Stickstoff, Ammoniumverbindungen, Phosphationen, Schwefel- wasserstoff, Lösung von Metallionen

2.2 Vorgänge bei der Verwitterung

Tabelle 5: Vorgänge bei der Verwitterung

2.21 physikalische Verwitterung	2.22 chemische Verwitterung	2.23 biologische Verwitterung (Verrottung)
Spalten- und Rissebildung durch wechselnden Wassergehalt und Frosteinwirkung	primär durch die im Niederschlag gelösten Gase der Luft: Sauerstoff und Kohlendioxid	Umwandlung organischer Substanz durch Mikroorganismen in aerobem Medium
Intensivierung der chemischen und biologischen Verwitterung	Senkung des pH, Auflösung von Feststoffen (Erdalkali- und Schwermetallverbindungen) durch Kohlensäure, Oxidation und Auflösung von Produkten der Vererzung von Eisen, Mangan, Schwefel	durchgreifende Oxidation organischer Verbindungen zu Kohlendioxid sowie organischer Verbindungen des Stickstoffs, Schwefels, Phosphors zu Nitrat, Sulfat, Phosphat

Mit Verwitterung bezeichnet man die Gesamtheit aller physikalischen, chemischen und biologischen Vorgänge, die von der Oberfläche her auf eine Lagerstätte einwirken. Ausmaß und Auswirkungen dieser Vorgänge hängen von klimatischen Faktoren und von der Zusammensetzung des verwitternden Gesteins ab.

2.21 Physikalische Verwitterung

Durch Frosteinwirkung findet eine Auflockerung in der Rinde einer Lagerstätte statt, die u. U. auch zu breiten Spalten und Rissen führen kann. In Mitteleuropa ist die Frosteinwirkung auf etwa 1,00 bis 1,50 m Tiefe begrenzt. In Lockergesteinen ist nicht die bei Festgesteinen beobachtete Spaltwirkung des Frostes, sondern die Auflockerung als Wegbereitung für die anschließende chemische und biologische Ver-

witterung von Bedeutung. Bei bindigem Material spielt der Wechsel von Durchnässung und Austrocknung in der Rinde eine Rolle, durch die hier ausgesprochene Trockenrisse gebildet werden können.

2.22 Chemische Verwitterung

Primär sind an der chemischen Verwitterung die in Luft gelösten Gase beteiligt, die mit dem Regenwasser in das Gestein eingebracht werden. Die Kohlensäure entfaltet ihre lösende Wirkung durch Senkung des pH-Wertes und durch Bildung von Bikarbonaten. Aus Schwefeldioxid wird durch Oxidation mit dem Luftsauerstoff Schwefelsäure und aus nitrosen Gasen Salpetersäure. Beide greifen mineralische Feststoffe unter Bildung löslicher Salze an. Der Luftsauerstoff oxidiert in Verbindung mit Feuchtigkeit zahlreiche Mineralien, besonders Eisen-, Mangan- und Schwefelverbindungen.

2.23 Die biologische Verwitterung

Mikroorganismen zersetzen unter den aeroben Bedingungen der Verwitterungszone organische Substanz unter Bildung von Kohlendioxid, Nitrat, Sulfat und Phosphat. Außerdem bildet sie aus sulfidischem Material Schwefelsäure, die ihrerseits die chemische Verwitterung vorantreibt. Während die physikalische Verwitterung weitgehend an die Eindringtiefe des Frostes gebunden ist und ca. 1,00 bis 1,50 m weit in den Boden eindringt, sind chemische und biologische Verwitterung durch den Einwirkungsbereich des Sauerstoffgehaltes der Luft bzw. des Sickerwassers begrenzt. Je nach Korngröße und Packungsdichte des abgelagerten Materials kann der Sauerstoff nur bis zur Grenze der physikalischen Verwitterung oder, in lockeren, wenig Sauerstoff verbrauchenden Sedimenten, wesentlich tiefer eindringen.

2.3 Wechselwirkungen von Alterung und Verwitterung

Während die Alterung ganz generell zur Verfestigung und Un-

löslichkeit der abgelagerten Substanzen beiträgt, wirkt die Verwitterung gegensinnig. Sie lockert das Material und führt viele Stoffe in lösliche Verbindungen über. Die Grenzlinie zwischen dem Überwiegen von Alterungsprozessen und Verwitterungsprozessen ist abhängig von der Dichte des Materials. Je größer die Verdichtung ist, um so mehr sind Verwitterungsprozesse auf die äußerste Rinde der Lagerstätte beschränkt. Durch klimatische Einwirkungen kann diese Grenzlinie etwas schwanken, wobei im Übergangsbereich durch wiederholtes Auflösen und Ausfällen von Mineralien eine sogenannte Zementationszone entsteht. Diese verfestigt sich durch Kristallisationsvorgänge sehr stark und setzt damit dem weiteren Vordringen der Verwitterung beträchtlichen Widerstand entgegen.

2.3 Vorgänge bei der Auslaugung

Tabelle 6: Vorgänge bei der Auslaugung

2.31 spontan lösliche Stoffe	2.32 lösliche Zwischenprodukte der Alterung	2.33 lösliche Endprodukte der Verwitterung
Lösung von Feststoffen, z.B. von Salzen aus Abfällen	organische Säuren, Aldehyde, Alkohole, sowie Metallionen, Bikarbonate, Phosphate, Schwefelwasserstoff	Kohlendioxid, Sulfate, Nitrate, Phosphate, Kieselsäure, Metallionen
Erhöhung der Wasserdurchlässigkeit Aufsalzung von Grund- und Oberflächenwasser	Verhinderung der Bildung unlöslicher Endprodukte Organische und anorganische Verschmutzung von Grund- und Oberflächenwasser	Erhöhung der Wasserdurchlässigkeit Aufnahme von Endprodukten des biologischen Abbaus durch Grund- und Oberflächenwasser

Adsorption ausgelaugter Stoffe in Abhängigkeit von ihrer Art und der Beschaffenheit der Bodenschichten

2.31 Lösliche Stoffe

Die Auslaugung erfaßt alle löslichen Stoffe, soweit sie nicht adsorbiert sind und befördert sie in den Untergrund bzw. von der Rinde in das oberflächlich abfließende Wasser.

2.311 Spontan lösliche Stoffe

Hier seien die Substanzen betrachtet, die bereits bei der Ablagerung in löslicher Form vorliegen. Bei Schlämmen, die im Zuge der Wasser- und Abwasserreinigung anfallen, steht das Schlammwasser im Gleichgewicht mit dem abfließenden gereinigten Wasser. Der Schlamm enthält daher nur in dem Maße lösliche Stoffe, wie sie im Lösungsgleichgewicht zum abgeschiedenen Wasser beständig sind. In der überwiegenden Zahl der Fälle ist daher der Gehalt an löslichen Stoffen sehr gering und ohne Bedeutung. Demgegenüber können in festem Zustand gesammelte Abfälle größere Mengen spontan löslicher Stoffe enthalten.

2.312 Lösliche Zwischenprodukte der Alterung

Wie gezeigt worden ist, treten bei der Alterung lösliche Produkte auf, die der Auslaugung unterliegen können, bevor sie zu unlöslichen Endprodukten umgeformt werden. Im organischen Bereich kommen hierfür in erster Linie Fettsäuren, Aldehyde und Alkohole in Betracht. Von anorganischen Stoffen sind Metallionen, Bikarbonationen, H_2S und Phosphat zu nennen.

2.313 Lösliche Endprodukte der Verwitterung

Bei der Verwitterung gehen, wie gezeigt wurde, zahlreiche Stoffe in Lösung, wobei Erdalkalitionen und Schwermetallionen sowie Sulfate, Nitrate, Phosphate und Kieselsäure hervorzuheben sind.

2.32 Wasserdurchlässigkeit

Um die Vorgänge bei der Auslaugung abgelagerter Feststoffe zu verstehen, sei zunächst die Elution natürlicher Sedimente

betrachtet. Von der Bodenuntersuchung zur Beurteilung der Aggressivität ist bekannt, daß Ton im allgemeinen den höchsten Salzgehalt, Sand den geringsten aufweist. Das gilt auch dann, wenn beide Bodenarten gleichermaßen seit Tausenden von Jahren, zumindest seit der letzten Eiszeit, den Auslaugungsvorgängen ausgesetzt sind. Die Auslaugung ist also direkt proportional der Wasserdurchlässigkeit. Alle Vorgänge, durch die die Wasserdurchlässigkeit verringert wird, schränken gleichzeitig die Auslaugung ein. Als Maß für die Wasserdurchlässigkeit gilt der Durchlässigkeitsbeiwert k_f des Darcy'schen Gesetzes. Er gibt die Fließgeschwindigkeit von Wasser in porigen Feststoffen bei einer Temperatur von 10°C und einem Gefälle von 100 Prozent in cm/sec an. Bei Grobsanden liegt er in der Größenordnung von 10^{-1} cm/sec, bei Feinsanden von 10^{-3} cm/sec und bei Ton $<10^{-6}$ cm/sec. Bei künstlich geschütteten Materialien ist die Wasserdurchlässigkeit außer von der Art des Materials abhängig von Alterung und Verwitterung, wobei die Alterung generell die Wasserdurchlässigkeit senkt, die Verwitterung dagegen den Durchtritt von Wasser fördert. Ferner ist die Art der Ablagerung von Bedeutung. Durch folgende Maßnahmen kann dabei eine geringe Wasserdurchlässigkeit erzielt werden: Lagerung in waagerechten, nicht zu dicken Schichten; Verfestigung jeder Schicht unmittelbar nach Ablagerung durch gleichmäßiges Befahren mit den Transportfahrzeugen und geeigneten Planiergeräten; Abdecken der ganzen Kippe mit wasserundurchlässigem Material, auf das Mutterboden aufgetragen wird, der dann geeignet bepflanzt wird.

2.33 Adsorption bereits ausgelaugter Stoffe

Die Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete tragen der Erkenntnis Rechnung, daß es nur wenig Stoffe gibt, die dem Festhalte- und Abbauvermögen des Untergrundes auf die Dauer erfolgreich zu trotzen vermögen. Zu den wenigen Stoffen rechnen sicher die Verbindungen der Alkalimetalle, vor allem

deren Chloride.' Die Adsorption im Untergrund vollzieht sich vorwiegend an Ton und Humusstoffen, wobei Nebengruppenelemente und mehrwertige Ionen der Hauptgruppen bevorzugt werden. Alkalichloride werden zwar nicht nennenswert adsorbiert, wandern im Ton jedoch sehr langsam. Es ist nachgewiesen, daß aus einer gesättigten Kochsalzlösung die ersten Chloridspuren erst nach drei Jahren eine Tonschicht von 2,00 m Stärke durchwandert hatten. Daraus folgt, 'daß schon eine absperrende Tonschicht geringerer Mächtigkeit die Gefährdung eines Grundwasservorkommens durch Diffusion ausschließt'. Organische Materialien werden außerordentlich stark von Ton adsorbiert. Die bereits besprochene epigenetische Bildung von Mineralien führt ebenfalls zu einer Zurückhaltung bereits aufgelöster Stoffe und läßt sich chemisch von der Adsorption nicht exakt trennen.

3.0 Auswirkungen auf den Wasserhaushalt

Aus den Ausführungen im vorangegangenen Kapitel ergibt sich, daß zur Beurteilung der Schädlichkeit abzulagernder Feststoffe eine Vielzahl von Merkmalen von Bedeutung sind. Nicht nur die spontan, unter spezifischen Laborbedingungen löslichen Stoffe dürfen zur Beurteilung herangezogen werden. Die komplexen Zusammenhänge lassen sich nur in Eluationsversuchen bei Standsäulen bzw. Lysimetern darstellen. Eine andere Methode ist die Untersuchung an vorhandenen Deponien.

Diese Versuche hatten folgendes Ergebnis:

Gelagerte Stoffe werden vom Niederschlag durchflossen.
(Das Schichttortenmodell von Langer ist tot.)

Homogenisierte Schüttung ist anzustreben.

Selbst sehr dicke Abdeckschichten verhindern die Durchfeuchtung nicht.

Die Sickerwassermenge, seine Geschwindigkeit und die Inhaltsstoffe sind abhängig vom oberflächigen Zu- und Abfluß, unterirdischem Zu- und Abfluß, Niederschlag und Verdunstung, Wasserspeicherung.

Ich rechne gegenwärtig mit 0,05 - 0,1 l/sec/ha Sickerwassermenge unabhängig von der Schütthöhe, das sind bis zu 25 % des Niederschlags. Während im gewachsenen Boden die Verdunstung der Bodenfeuchtigkeit durch Kapillar aufsteigendes Wasser stark gefördert wird, ist dies bei der inhomogenen Struktur des Mülls nicht der Fall. Daher muß bei Mülldeponien die Oberfläche möglichst geneigt und hydraulisch glatt und möglichst wasserundurchlässig sein.

Als Beispiel für organische und mineralische Verschmutzung mögen die Werte der Tabellen 7 und 8 dienen. Sie stammen aus Messungen im Jahr 1970 auf der Zentraldeponie Emscherbruch in Gelsenkirchen (ZDE).

Tabelle 7: Organische Inhaltsstoffe

Sickerw. ZDE	BSB ₅ (mg/l)		COD (mg/l)		TOC (mg/l)
	orig.	filtr.	orig.	filtr.	filtr.
Mittel	1 700	1 130	2 230	1 740	650
Min.	485	250	1 150	660	250
Max.	2 400	2 200	3 800	3 160	893

Analytik: BSB₅ (mg/l) Verdünnungs- und Warburg-
methode

COD (mg/l) Standard Methods, 12.th Edition

TOC (mg/l) TOC-Analyser, Fa. Beckmann.

Tabelle 8: Mineralische Inhaltsstoffe

Gesamthärte	99°
Carbonathärte	196°
Nichtcarbonathärte	0°
Ca-Härte	16°
Mg-Härte	83°
Ammonium (NH ₄)	45 mg/l
Nitrit (NO ₂)	0 mg/l
Nitrat (NO ₃)	10 mg/l
organ. Stickstoff (org. N)	20 mg/l
Calcium (Ca)	114 mg/l
Magnesium (Mg)	359 mg/l
Eisen (Fe)	n. n.
Mangan (Mn)	0,3 mg/l
Kalium (K)	261 mg/l
Natrium (Na)	3 776 mg/l
Chloride (Cl)	615 mg/l
Sulfat (ber. als SO ₄)	69 mg/l
Sulfat (ber. als SO ₃)	58 mg/l
Kohlensäure (ber. als HCO ₃)	317 mg/l
Gesamphosphor als P	1,4 mg/l
PO ₄ -Phosphor	0 mg/l
Blei (Pb)	n. n.
Chrom (Cr)	n. n.
Kupfer (Cu)	0,44 mg/l
pH	7,5
Leitfähigkeit	7 900

Tabelle 9: K-Werte verschiedener Schüttungen

Sand (2-3 mm)	k = 13,1	. 10^{-3} m/s
Schlacke, locker	k = 0,727	. 10^{-3} m/s
Schlacke, verdichtet	k = 0,311	. 10^{-6} m/s
Zerkleinerter Müll		
locker	k = 28,3	. 10^{-3} m/s
Zerkleinerter Müll,		
verdichtet	k = 1,45	. 10^{-3} m/s

Daß diese Auslaugungen nicht nur bei geordnet abgelagertem Müll auftreten zeigt Tabelle 10:

Tabelle 10: Inhaltsstoffe aus verschiedenen Materialien

Material	Abdampfrückstand mg/g TS	Glühverlust	COD
Frischmüll	72	-	-
Raspelgut	106	63	64
2-jähr. zer- kleinerter Müll	34	-	-
Kompost	20 - 40	18	9
Müllschlacke	13 - 46	16	3

Die Auslaugung erfolgt im Bereich von Sickersträhnen und -bahnen. Dort streben die Auslaugungen langfristig einem endlichen Wert zu. Die Bilanz zwischen eingebrachten und gelöstem Stoff ist aber nicht ausgeglichen, so daß noch erhebliche Mengen in der Deponie verbleiben und sie auch in Zukunft zumindest eine potentielle Gefahr bietet.

Wie sich diese auswirken kann, zeigt Tabelle 11. Allerdings sind diese Werte an sogenannten ungeordneten Deponien gemessen worden:

Tabelle 11: Grundwasserbeeinflussung durch Müllagerung

Müllart	Betriebs- alter der Halde in Jahren	Durch- schnitt- liche Tiefe des Grund- wassers unter der Halde	Grundwasserbeeinflussung durch Halde (Differenz Grundwasser oberhalb unter- halb)			
			Organ. Substanz % Zu- nahme	Ges. Härte °dH	Sulfat (SO ₄ --) mg/l	Chlorid (Cl-) mg/l
Haus- und Industriemüll	15	5 m	+ 800 %	+ 86°	+ 1500	+ 65
Haus- und Industriemüll	20	8 m	+ 350 %	+ 12°	+ 79	+ 65
Hausmüll	40	10 m	+ 560 %	+ 15°	+ 300	+ 375
Hausmüll	50	10 m	+ 500 %	+ 24°	+ 310	+ 520
Raspelmüll + Kompost	20	10 m	± 0 %	+ 3°	+ 73	± 0

Die mit diesen Auslaugungen verbundenen Gefährdungen gibt Tabelle 12 wieder.

Tabelle 12: Grundwassergefährdung durch Auslaugungen aus Abfallstoffen

Abfallarten	Art der Beeinflussung des Grundwassers	Folgen der Beeinflussung im Grundwasser
Feste Abfallstoffe	Vorwiegend chemische Beeinflussung	Verhärtung Aggressivität Vergiftung Anreicherung organischer Substanz
Flüssige, ölige und schlammige Abfälle	Bakterielle (Biologische) und chemische Beeinflussung	Krankheitser- reger, Gifte Geruchs- und Geschmacks- schäden Ungenießbar- keit
Gas- und rauch- förmige Abfälle	Physikalisch-chemische Beeinflussung	Aggressivität Verhärtung

Als weitere gesicherte Erkenntnisse gelten:

Feuchteprofile bestätigen, daß sich ein Wasserhaushalt aufbaut, der den Verhältnissen und Gesetzmäßigkeiten im gewachsenen Boden weitgehend entspricht (mittlere Feuchte 30 % mit jahreszeitlicher Schwankung).

Der Wasserhaushalt verhält sich ähnlich wie ein gewachsener Bodenkörper. Im Spätherbst und Frühjahr füllt sich der vorhandene Porenraum auf und sorgt für weitreichende Durchfeuchtung der Abfallstoffe.

Bei Zwischenschichten mit grobsperrigem Material ist mit Sickerwasserstau an den Grenzflächen und seitlichem Wasseraustritt zu rechnen (Quellen, Hangrutschung) analog zur Schichtstufenlandschaft, Basisdichtung ohne langjährig funktionsfähige Drainage ist problematisch.

Stauwasseranstieg bei Verfüllung von Gruben, wenn nicht ständig abgepumpt wird.

Oberflächliche Abdeckung setzt Verdunstungsrate herab.

Mögliches grobsperriges Material dünn auftragen.

Kein bindiges Material zur Oberflächenabdeckung benutzen - Befahrbarkeit und Gasaustausch stark beeinträchtigt.

Gegenwärtig werden in der Fachwelt drei Gesichtspunkte besonders diskutiert:

1. Selbstreinigung des verunreinigten Grundwassers und Möglichkeiten zur Bemessung der Reinigungswirkung.
2. Verbesserung der Auslaugungen durch aerobe Rotte.
3. Abschätzung der Verschmutzungen durch Deponien gegenüber anderen Gewässerverschmutzern.

Die Selbstreinigung des verunreinigten Grundwassers im Boden ist nachgewiesen.

Sie ist zurückzuführen auf:

1. Verdünnung,
2. chemische Ausfällung und Mitfalleffekte,
3. Adsorption und Ionenaustausch,
4. Mikrobieller Abbau

(Analogie zum Tropfkörper in der Abwasserreinigung).

Selbstreinigungskraft des Bodens ist abhängig von Art und Menge der Verunreinigung, Reinigungsvermögen des Untergrundes

(Grundwasserleiter, Deckschichten - Sauerstoffdurchlässigkeit, Fließgeschwindigkeit).

- zu_1: Fließgeschwindigkeit in geeigneten Porengrundwasserleitern (Kies, Sande) 0 - 10 m/T
 " in wenig und nicht geeigneten Kluftgrundwasserleitern (Kies, Sande) - 8.000 m/T
 " in wenig und nicht geeigneten Karstgrundwasserleitern - 26.000 m/T

Beste Grundwasserneubildung bei Deckschichten aus Sanden und Kiesen sowie Klüfte und Karste.

- zu_2: Für die Beseitigung der Schwermetalle aus verunreinigtem Grundwasser ist eine Reduktionszone mit stark negativem Red-Ox-Potential eine wichtige Voraussetzung.

In der Übergangs- und Oxydationszone fallen Fe_{III} Hydroxide und Mangan-Hydroxide sowie andere schwer lösliche Verbindungen, z.B. Calciumcarbonat, aus.

- zu_3: Bester Ionenaustauscher: durchlässige Deckschichten und Grundwasserleiter aus Tonmineralien und Humusstoffen.

Bei Grundwasserleitern mit wenig sorbierenden Stoffen (Sande, Kiese, Huminstoffe erschöpfen mit der Zeit ihre Sorptionsfähigkeit) wird durch die Ausbildung einer Reduktionszone im Unterstrom (bei Abbau organischer Verunreinigungen bilden sich ständig neu adsorptionsfähige Hydroxydgele aus) mittels organischer Verunreinigung die Reichweite der Verunreinigung verringert (Folge Mischdeponie HM+IM+Schwermetalle etc.). Dieses Adsorptionsvermögen des Untergrundes läßt sich berechnen und stellt nach Schöttler einen guten Be-

messungswert für die Aufnahmefähigkeit von Deponien mit begrenzter Gewässerreinigung dar.

zu 4: Die organischen und teilweise auch anorganischen Verbindungen werden in hohem Maße von Mikroorganismen abgebaut, die den spezifischen Verhältnissen in den biochemischen Zonen angepaßt sind (mehrere Biozonosen).

Bei selbstreinigenden Böden unterscheidet man in Grundwasserströmungsrichtung folgende Zonen: Oberstrom,
Übergang bis Reduktion,
Übergang,
Oxydation.

In der Reduktionszone findet der stärkste mikrobielle Abbau durch Reduktion des chemisch geb. Sauerstoffes aus anorganischen Verbindungen, z.B. der Sulfate und Nitrate, aber Oxydation der organischen Verbindungen statt. Kein gelöstes O_2 . Höchste Keimzahl.

CO_2 : in die Luft und Anreicherung des Grundwassers durch freies gelöstes CO_2
 NH_4 : gelöst in der Reduktionszone des Grundwassers
 N_2 : in die Luft
 H_2S : in der Reduktionszone als Schwermetallsulfide ausgefällt
S : Einbau in Mikroorganismen und Anreicherung im Boden

Übergangszone: zeitweise gelöster O_2

Ausfällung des Fe II als Fe III durch Bakterienoxydation.

Die Tätigkeit der Mikroorganismen in der Oxydationszone führt zu einer vollständigen Mineralisierung der organischen Stoffe.

Zonen: nach 650 m chemisch-physikalisch keine Verunreinigung mehr nachweisbar
nach 1.000 m keine Geruchs- und Geschmacksstoffe mehr nachweisbar
bei 1 m/Tag Grundwasserfließgeschwindigkeit

Über den Unterschied geordnete Deponie mit anaerobem oder aeroben Ablauf werde ich im Abschnitt Deponietechnik näher eingehen.

Was die Beurteilung der wasserwirtschaftlichen Kriterien angeht, so ist vieles noch ungeklärt. Man muß die Versuche im technischen Maßstab auf der ZDE abwarten, um gesicherte Aussagen machen zu können.

Zur Bewertung der Auslaugungen im Hinblick auf andere Verschmutzer gebe ich das von Klotter und Hantke errechnete Beispiel wieder:

Beispiel	Fläche 100 ha in Rheinland-Pfalz	
Müll und Abfallflächen	0,037 %	0,037 ha
Friedhöfe	0,23 %	0,23 ha
Kanalflächen	0,38 %	0,38 ha
Landwirtschaftliche Nutzflächen	41,5 %	41,5 ha
Waldflächen	38,9 %	38,9 ha
Sonstige	18,9 %	18,9 ha
		<u>Σ 100,0 ha</u>

Belastungswerte sind einzeln errechnet und hier eingesetzt.

Grundwasserbelastung in kg/a je km² Grundwassereinzugsgebiet.

Einzugsgebiet	SO ₄	Cl	N	BSB 5
Deponien	25	78	13	8,8
Friedhöfe	0	0,3	4,3	<u>930</u>
Kanalflächen	0,3	0,4	0,08	1,3
Landwirtschaftl. Nutzfl.	996	1.494	1.370	0
	<u>1.021</u>	<u>1.573</u>	<u>1.387</u>	<u>940</u>

Diese Belastung führt bei großräumiger Betrachtung zu folgender Erhöhung der Grundwasserinhaltsstoffe je Jahr

9,3	mg/l	SO ₄
14,3	"	Cl
12,6	"	N
8,5	"	BSB ₅

Diese Ausführungen ergeben für die Lagerung von Abfallstoffen unter dem Gesichtspunkt des Gewässerschutzes folgende Konsequenzen, die auch in den Empfehlungen der Zentralstelle für Abfallbeseitigung beim Bundesgesundheitsamt Eingang gefunden hat:

Alle Stoffe können gelagert werden.

Unterscheide folgende Abfallgruppen bei der Lagerung:

1. Erfordert eine natürliche oder künstliche Dichtung gegen die Umwelt und in der Regel eine besondere Behandlung vor dem Ablagern (Monokomponentendeponie), z.B. Cyanide, Chromate.
2. Erfordert einen natürlichen dichten Untergrund, eine besondere Basisabdichtung oder eine besondere Deckenabdichtung einschl. Oberflächendrainage, aber keine vorherige Behandlung. Die Sickerwässer sind restlos zu erfassen und zu beseitigen. Eine Behandlung der Stoffe vor dem Ablagern ist nicht notwendig, z.B. radioaktive Stoffe, wasserlösliche und schwer abbaubare Gifte (Monokomponentendeponie).
3. Keine Vorbehandlung, Grundwasserverunreinigung ist zu erwarten, die in Ausdehnung, Intensität und Dauer abhängig ist vom Auslaugungsverhalten der Stoffe und der Selbstreinigung des Untergrundes, z.B. Haus- und Industiemüll, Öle, Klärschlämme u.ä. (Folge Multikomponentendeponie).

Differenziert nach der Abfallart lassen sich zur geeignetsten Beseitigung folgende Aussagen machen:

Abfallart (2)	Beschreibung der Abfallart (3)	Geeignet für die Beseitigung durch		
		geordnete Ablagerung (4)	Kompostierung (5)	Verbrennung (6)
Hausmüll	Feste Abfälle aus Haushaltungen und Abfälle aus Gewerbebetrieben mit hausmüllähnlichem Charakter mit Ausnahme des Sperrmülls	ja*)	ja	ja
Sperrmüll	Feste Abfälle, die aus Haushaltungen und Gewerbebetrieben stammen und wegen ihrer Sperrigkeit gesondert gesammelt werden müssen	ja*)	sehr beschränkt nach Zerkleinerung	beschränkt nach Zerkleinerung
Straßenkehrsicht	Straßenkehrsicht mit Marktabfällen	ja*)	beschränkt	beschränkt
Gartenabfälle	Rasenschnitt, Baumschnitt, Laub, Unkraut und sonstige Gartenabfälle	ja*)	ja	ja
Krankenhausabfälle	Abfälle aus ärztlicher Verrichtung aus Krankenhäusern, Entbindungsheimen und Arztpraxen und alle anderen infektiösen Abfälle	nein	nein	ja
Bodenaushub, Bauschnitt	Bei Bauarbeiten anfallende Abfallstoffe	ja*)	nein	nein
Klärschlamm	Bei der Reinigung vorwiegend häuslicher Abwässer anfallender Schlamm sowie Kanalschlamm	nur nach Stabilisierung und Entwässerung*)	ja, nach Entwässerung	
Industrieabfälle	Feste und schlammige Abfälle aus der Produktion oder Verarbeitung oder aus Industrieabwasserreinigungsanlagen	ja, mit Einschränkungen*)	muß von Fall zu Fall geprüft werden	
Feste Öl-abfälle	Ölhaltige Putzwolle und Putzlappen, Schmierfettabfälle u. ä.	ja*)	ja, in geringen Beimengungen	ja
Ölgetränkte Erde	Ölgetränkte Erde aus Tank- und Transportunfällen	ja*)	nein	ja, in Spezialanlagen
Schlammige Öl-abfälle	Bodensätze aus Öltanks, Ölabscheidern, ölhaltigen Härtebädern sowie ölhaltige Schieflschlämme u. ä.	ja*)	ja, in geringen Beimengungen	ja, in geringen Beimengungen oder in Spezialanlagen
Flüssige Öl-abfälle	Ölhaltiger Schwimmschlamm aus Kläranlagen, ungespaltene Ölemulsionen, flüssige ölhaltige Abfälle aus Benzinabscheidern u. ä.	nein	nein	ja, in geringen Beimengungen oder in Spezialanlagen
Altöl	Altöle, gespaltene Ölemulsionen aus der Metallverarbeitung	ja*)	nein	ja, in Spezial-einrichtungen

Abfallart	Beschreibung der Abfallart	Geeignet für die Beseitigung durch		
		geordnete Ablagerung	Kompostierung	Verbrennung
(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Altautos	Altautos, Autowracks	beschränkt*)	nein	nein
Tierexkreme- mente	Nicht landbaulich verwertete Tier- exkreme aus Massentierhaltungen	ja*)	ja	ja
Schlacht- abfälle	In Viehhöfen, Schlachthäusern u. sonst. fleischverarbeitenden Betrieben sowie in Abdeckereien anfallende Abfälle mit Aus- nahme der Abfallarten unter lfd. Nr. 18 und 19	ja*)	ja	ja
Kadaver	Kadaver mit Ausnahme der Tierkörper im Sinne des Tierkörperbeseitigungsgesetzes. Vgl. lfd. Nr. 18	ja*)	nein	ja
Tierkörper im Sinne des Tier- körperbe- seitigungs- gesetzes	Gefallene nicht zum Zwecke des Genusses für Menschen getötete sowie totgeborene Einhufer, Tiere des Rindergeschlechts, Schweine, Schafe, Ziegen und Hunde	Beseitigung gemäß besonderen gesetzlichen Bestimmungen		
Kon- fiskate	Zum Genuß für Menschen untauglich befundene Teile von Schlachttieren	Beseitigung gemäß besonderen gesetzlichen Bestimmungen		
Radio- aktive Abfälle	Radioaktive Abfälle	Beseitigung gemäß besonderen gesetzlichen Bestimmungen		

Im einzelnen ergeben sich an die geordnete Deponie von Hausmüll folgende Forderungen:

1. Konzentration der Abfälle auf wenigen Plätzen.
Zentrale Deponien mit kleiner Grundfläche.
2. Abfallstoffe verschiedenster Herkunft und Beschaffenheit gemeinsam lagern - keine Schichten - Homogenisieren als Multikomponentendeponie.
3. Abfallstoffe sollten über der Grundwasseroberfläche als Halde abgelagert werden. Die Halde bietet gegenüber der Grube leichtere Wasserhaltung und bessere Durchlüftung.
4. Abfallagerplätze sollten in niederschlagsarme Gebiete gelegt werden.
5. Abfallagerplätze sollten in Gebieten mit großen Flurabständen zur Grundwasseroberfläche hin angelegt werden.
6. Unter den Abfallagerplätzen und im Grundwasserunterstrom sollten gut luft- und wasserdurchlässige sowie soptionsfähige Deckschichten vorhanden sein.
7. Die Abfallagerplätze sollten in Gebieten geringer Grundwasserfließgeschwindigkeit (Abstandsgeschwindigkeit) angelegt werden. Hohe Fließgeschwindigkeiten sind ein wesentlicher Faktor für eine große Reichweite der Verunreinigungen im Grundwasserunterstrom. Daher sind Abfallagerplätze in Gebieten mit Porengrundwasserleitern in der Regel wesentlich günstiger als Lagerplätze in Gebieten mit Kluft- oder Karstwassergrundleitern.
8. Abfallagerplätze sollten in Gebieten mit Grundwasserleitern guter Reinigungswirkung angelegt werden. Gute Reinigungswirkung besitzen vor allem Sande und fein- bis mittelkörnige Kiese der Talauen sowie lehmiger Hangschutt. Ein Abfallagerplatz mit Basisdichtung bietet gegenüber der üblichen Ablagerung nur dann Vorteile, wenn gewährleistet

ist, daß die auftretenden Sickerwässer restlos erfaßt und schadlos beseitigt werden können. Solche aufwendigen Maßnahmen sind wohl nur dann notwendig und auch volkswirtschaftlich vertretbar, wenn sehr wertvolle Grundwasservorkommen geschützt werden müssen oder wenn von sehr giftigen, gefährlichen oder schlecht abbaubaren Abfallstoffen eine sehr weitreichende Verunreinigung des Grundwassers zu befürchten ist. Bei bestimmten hydrogeologischen Verhältnissen, z.B. in Gebieten mit gut durchlässigem, aber schlecht reinigendem Untergrund (Karst, stark zerklüftete Festgesteine u.a.) sollten daher alle Abfallstoffe so gelagert werden, daß eine Grundwasserunreinigung ausgeschlossen ist.

9. Aus geotechnischen Gründen sollte die Anlage von Abfalllagerplätzen auf wenig geneigtem Gelände erfolgen.
10. Die Abfallstoffe sollten mit wenig wasserundurchlässigem Material abgedeckt werden, um die Sickerwassermenge möglichst niedrig zu halten. Diese Maßnahme verhindert außerdem weitgehend eine Geruchsbelästigung.
11. Im Gebiet von Abfalllagerplätzen sollte der beeinflusste Grundwasserbereich durch Kontrollbrunnen überwacht werden, die besonders zur Beweissicherung notwendig sind.
12. Abfalllagerplätze sollten außerhalb von Überschwemmungsgebieten angelegt werden, um eine Ausbreitung und Verschwemmung des Materials bei Hochwasser zu verhindern.

4.0 Auswirkungen auf den Gas- und Wärmehaushalt

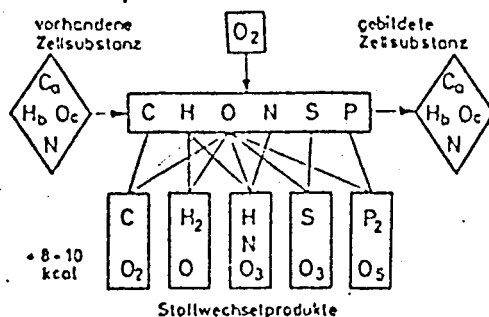
In Tabelle 13 wird eine systematische Übersicht der einzelnen Vorgänge gegeben.

Tabelle 13:

Oxydation	Einsatz von Sauerstoff	Vorgang	Prozeßcharakteristiken
chemisch	mit O_2	Verbrennung	Wärme- und Gasentwicklung
	ohne O_2	Vergasung	
biologisch	mit O_2 aerob	Verrottung	
	ohne O_2 anaerob	Verfaulung	

Die Vorgänge bei der Verbrennung und Vergasung bleiben hier außer Betracht.

4.1 Verrottung



Abbauversuche von C sind mit spezifisch definierten Nährlösungen gemacht worden. Im Dewargefäß wurde versucht, die gewonnenen Ergebnisse bei Gas und Wärmeentwicklung auf Komposte zu übertragen. Laborversuche mit Müll sind mir nicht bekannt.

4.1.1 Wärmeentwicklung

Assimilationsphase:

1 gr Zellsubstanz benötigt 1,604 kcal Wärme zum Aufbau

1 gr oxydierter C bildet 2 ./ 3 gr Zellsubstanz

Dissimilationsphase:

Abbaugeschwindigkeit 0,2 ./ 0,4 % pro h

1 gr. oxydierter C bildet 8 ./ 10 kcal in 10 ./ 20 h

bzw. in 1 kcal müssen 0,1 ./ 0,12 gr C veratmet werden

bzw. Aerobier erzeugen 0,6 ./ 0,8 kcal pro h und veratmen

dabei 0,06 ./ 0,1 gr C/h

Bei der Neubildung von Zellsubstanz aus dem biologischen Abbau von C verbleiben demnach 6 ./ 8 kcal/gr C, d.h. ca. 80 % der entstehenden Wärme ist freie Wärme. Die Neubildung ist abhängig u.a. vom Anfangswassergehalt, der Temperatur u.a.

Spezifische Wärme von Müll mit 45 % H₂O ist $0,56 \frac{\text{cal}}{\text{g } ^\circ\text{C}}$

Diese Tatsachen führen im Müllkörper zu einem Temperaturanstieg bis zu 90 °C in 2 - 3 Tagen. Er erstreckt sich über einen langen Zeitraum. Nach einem Jahr waren die Abbauvorgänge in einer 4 m hohen Schüttung im Rand- und Basisbereich noch nicht abgeklungen.

4.1.2 Gasentwicklung

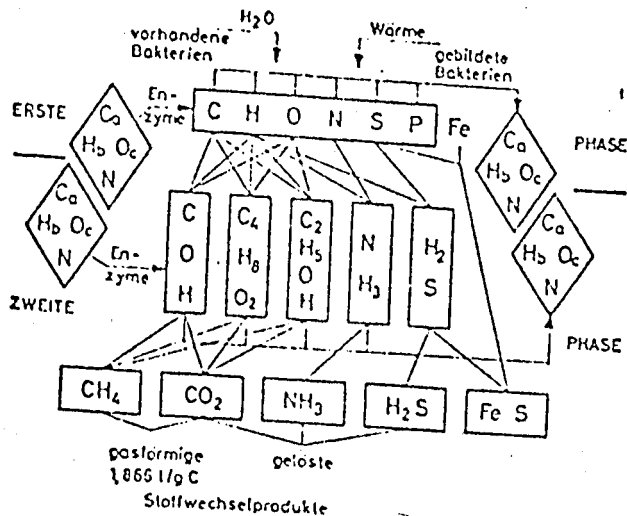
Gase CO₂, SO₃, P₂O₅, H₂O, HNO₃ ca. 5 - 6 Nm³/kg Müll.

Wird üblicherweise nicht gemessen.

Aerober Abbau wird charakterisiert durch biochemischen Sauerstoffbedarf.

Experimentell wurde bei Kompostierung eine Luftüberschußzahl von 1 bis 2 zum vollständigen C-Abbau angesetzt, d.h. die Abluftmengen entsprechen etwa denjenigen der Verbrennung.

4.2 Verfaulung



4.21 Wärmeentwicklung

Temperaturanstieg im Müllkörper 50 °C kurzfristig und allmählicher Abfall auf 20 - 30 °C.

Einfluß der Außentemperatur bei geringer Schichtdicke.

Keine einheitliche Temperaturverteilung (Abfall zur Wetterseite und Tiefe hin).

Die Wärme beim anorganischen Abbau von C wird nicht direkt freigesetzt. Vielmehr enthält das entstehende Faulgas (bei ca. 65 % CH₄) etwa 8 - 10 kcal/gr abgebauter C, d.h. die Wärmemenge entspricht der beim aeroben Abbau.

4.22 Gasentwicklung

Gase CO₂, CH₄, H₂S, H, CO u.a.

Anteile an der Gesamtmenge	34 %	65 %	1 %
----------------------------	------	------	-----

1 gr C erzeugt 1,8 l Faulgas (CH₄, CO₂ u.a.).

Bei 20 % abbaubarem C im Müll werden z.B. in
 1 kg Müll = 200 gr C x 1,8 = 360 l Faulgas erzeugt
 1 t Müll = 0,36 m³ Faulgas erzeugt.

In welcher Zeit dieser Abbau vor sich geht, ist unbekannt (Vermutung sehr langfristig), H₂S in Gasform nur bei Deponien mit Sickerwasserrückständen (Versuppung) sonst in eindringenden Niederschlagswasser gelöst und zur Sulfidbildung benötigt.

Bodenwerte CH₄ - 40 ./.. 60 % der Bodenluft. Gasverteilung in der Deponie gleichmäßig starke Abnahme zum Rand hin, bei aerober Rotte Abnahme mit zunehmender Tiefe (Nachrotte auch verdichtet ohne CH₄ Bildung).

Tabelle 14: Maximale Arbeitsplatzkonzentration von Gasen, die bei anaerobem Abbau entstehen

Stoff	Formel	MAK		Gefahr
		ppm	mg/m ³	
Kohlendioxyd	CO ₂	5.000	9.000	-
Kohlenmonoxyd	CO	50	55	-
Methan	CH ₄	keine Werte angegeben		-
Butan	C ₄ H ₁₀	1.000	2.350	-
Schwefelwasserstoff	H ₂ S	10	15	-

Tabelle 15: Beispiel einer Deponie-Gasverteilung in einer anaeroben Schüttung

Meßpunkt (Abstand jeweils 5 m)	(Mitte oben der Schüttung)					(Böschungsfuß außen)
	1	2	3	4	5	
Methan	59,5	32	8	4	1	
Kohlendioxyd	33	38	37	35	7	
Sauerstoff	-	0,1	0,1	0,1	4,8	

Tabelle 16: Zusammensetzung des Deponiegases

	CH ₄	CO ₂	O ₂
anaerob			
verdichtete Schüttung	60 %	40 %	-
Winter	30 %	27 %	-
Sommer	60 %	40 %	-
aerob			
unverdichtete Schüttung	10 %	?	?

Vermutlich enger Zusammenhang zwischen Sickerwassertemperatur (Temperaturschock) und produktiven methanerzeugenden Bakterien.

Je größeres Porenvolumen Abfälle haben, umso stärker neigen sie zur Gasaufnahme (Wasserrückhaltevermögen und Gasspeichervermögen Korresp.).

Gefahr: Verpuffung CH₄ : Luft = 5,3 ./ . 13,9 : 100

Schwelbrände (Vorsicht Sommer, kein Wasser zum Löschen einsetzen, flache Böschungen zum Ausgleich der unterschiedlichen Setzungen (Spaltenbildung begünstigt Eindringen von O₂ in die Kippe).

5.0 Arbeitsunterlagen

5.1 Merkblätter der Zentralstelle für Abfallbeseitigung beim Bundesgesundheitsamt in Berlin

Diese Merkblätter sind der Stand der Technik. Sie sind aus den Erfahrungen vieler Mitarbeiter entwickelt worden und stellen eine brauchbare Arbeitsunterlage dar.

2.1 Einführung in die Abfallbeseitigung und Vorarbeiten bei der Planung der Abfallbeseitigung.

Merkblatt M 1 und 2 der ZfA Berlin

(Rd.Erl. IM NW vom 22.8.1967
Min.Bl. 128/67)

2.3 Die geordnete Ablagerung (Deponie) fester und flüssiger Abfälle aus Siedlung und Industrie.

Merkblatt der ZfA Berlin

(Rd.Erl. IM NW vom 30.9.1969
Min.Bl. 156/69)

2.4 Technisch wirtschaftliche Richtlinien für die Beurteilung von Abfallbeseitigungsanlagen.

(Rd.Erl. IM NW vom 28.4.1969
Min.Bl. 72/69)

2.2 Planungsgrundlagen für die Abfallbeseitigung.

Merkblatt M 4 der ZfA Berlin

(Rd.Erl. IM NW vom 16.2.1971
Min.Bl. 34/71)

5.2 Literaturverzeichnis. (siehe Anhang)

5.2 Literaturhinweise

1. Bericht der Projektgruppe 'Abfallbeseitigung' zum Umweltschutzprogramm der Bundesregierung Deutschland 1971.
2. GEP 'Regionale Infrastruktur' - Teil Abfallbeseitigung, SVR, 1971.
3. Nicht veröffentlichte Marktstudie 1970.
4. Leonhardt, H.W. - Erhebungen der Anlagen zur Müllaufbereitung und -beseitigung in der BRD, Müll und Abfall 1/1969, S. 71 - 74, E. Schmidt-Verlag.
5. Planungsgrundlagen für die Abfallbeseitigung, Rd.Erl. d. IM NW vom 16.2.1971 Min.Bl. 34/71.
6. Die geordnete Ablagerung fester und flüssiger Abfälle aus Siedlung und Industrie Rd. Erl. d. IM NW vom 30.9.1969 Min.Bl. 156/69.
7. Einführung in die Abfallbeseitigung und Vorarbeiten bei der Planung der Abfallbeseitigung Rd.Erl. d. IM NW vom 22.8.1967 Min.Bl. 128/67.
8. Technisch-wirtschaftliche Richtlinien für die Beurteilung von Abfallbeseitigungsanlagen Rd.Erl. d. IM NW vom 28.4.1969 Min.Bl. 72/69.

9. A. Golwer, G. Mattheß, W. Schneider - Einflüsse von Abfalldeponien auf das Grundwasser, Der Städtetag 2/1971, S. 119 - 124.
10. Mündliche Mitteilung d. Abteilung Landespflege d. SVR vom August 1971.
11. M. Mersmann, Geograph. Untersuchungen der Halden, Kippen und Müllplätze im zentralen Ruhrgebiet (Essen, Mülheim, Oberhausen, Bottrop). Nicht veröffentlichte Studienarbeit d. Uni Münster, Juli 1966.
12. I. Bergmann - Franke, Halden, Kippen und Müllplätze i.d. Kulturlandschaft des östlich - zentralen Ruhrgebiets (Hattingen, Bochum, Wattenscheid, Gelsenkirchen, Wanne-Eickel). Nicht veröffentlichte Studienarbeit der Uni Münster, November 1969.
13. Berggewerkschaftskasse - Wassergewinnung und Lagerung von Abfallstoffen im Ruhrgebiet.
14. Nöhring, Farkasdi, Knoll, Matthes, Schneider - Über Abbauvorgänge von Grundwasserverunreinigungen im Unterstrom von Abfalldeponien, GWF 6/1968, S. 137 - 142.
15. Klotter, Hantge - Abfallbeseitigung und Gewässerschutz, Müll und Abfall 1/69, S. 1 - 6

16. Kumpf, Maas, Straub - Bisheriger Zustand der Abfallab-
lagerung und seine Folgen, Handbuch Müll und Abfallbe-
seitigung K 4510, S. 1 - 3
17. W. Bucksteeg, Abfalldeponien und ihre Auswirkungen auf
Grund- und Oberflächenwasser, GWF 20/1969, S. 529 - 537
18. N. Wolters, Alterung, Verwitterung und Auslaugung abge-
lagerter Feststoffe, Wasser, Luft und Betrieb 3/1965
19. W. Schenkel, Vortragsmanuskript HdT Essen 1968
Laboruntersuchungen zur Abschätzung von Verunreinigungen
aus Abfallablagerungen.
20. W. Steinbach, Wasserlöslichkeit und Durchlässigkeit ver-
schiedener Abfallarten. Stuttgarter Berichte zur Sied-
lungswasserwirtschaft Nr. 41, Oldenburg -Verlag, München.
21. H. Pierau, Kritische Anmerkungen zum 'Schichttorten-
Modell' der geordneten Ablagerung, der Städtetag
10/1967, S. 582 - 584
22. H. Pierau, Die Bedeutung des aeroben Abbaues unver-
dichteter häuslicher Abfallstoffe im Rahmen der geord-
neten Ablagerung, Kommunalwirtschaft 1/69, S. 11 - 22
23. H. Pierau, Ergebnisse der Untersuchungen an Versuchs-
deponien und bestehenden Ablagerungsplätzen, Stuttgarter
Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft Band 41, 1968,
Oldenburg-Verlag
24. H. Pierau, Untersuchungen über das Deponieverhalten zer-
kleinerter häuslicher Abfälle, Kommunalwirtschaft 1/1971,
S. 23 - 29

25. Bundesgesundheitsamt, Abschluß des Forschungsvorhabens Wasser 9/8 über die Möglichkeiten einer schadlosen Ablagerung von häuslichen Abfallstoffen, von Schlacke und Asche im Hinblick auf den erforderlichen Schutz von Boden und Wasser.
26. A. Golwer, G. Matthes und W. Schneider, Selbstreinigungsvorgänge im aeroben und anaeroben Grundwasserbereich, Vom Wasser Band XXX VI, S. 64 - 92.
27. Knoll, Hyg. Bedeutung natürlicher Selbstreinigungsvorgänge für die Grundwasserbeschaffenheit im Bereiche von Abfalldeponien, Müll und Abfall 2/1969.
28. Klotter, Hantge, Vortrag vor der Jahreshauptversammlung des Verbandes privater Fuhrunternehmer 1968 in Kassel 'Regionale Abfallbeseitigung unter Beteiligung privater Abfuhrunternehmer'.
29. Prof. Reploh/Dr. Nehr^{kon} - Untersuchungen über die Bedeutung des Feinmülls bei der Abfallstoffbehandlung, Archiv für Hygiene- und Bakteriologie, Bd. 150 Nr. 3/4 (1966).
30. R. Braun, Zur Frage der Beeinflussung des Grundwassers durch Ablagerung von Verbrennungsrückständen und Müllkompost, Schweiz, Bauzeitung 84 Heft 36 (1966).
31. Vereinigung Deutscher Gewässerschutz (VDG) e.V. 'Gewässerschäden durch Ablagerung von Abfallstoffen' 1967, Schriftenreihe Nr. 16.

32. O. Wolfskehl/E. Boye: Einwirkungen abgelagerter Müllasche und Müllkompostes auf das Grundwasser, Schweiz. Bauzeitung 84, 61 - 63 und 358, 1966.
33. G. Farkasdi/K.H. Knoll: Mikrobiologische und hygienisch bakteriologische Untersuchungen von Grundwasser und Bodenproben an 2 Abfalldeponien.
Forschungsbericht a.d. Hess. Minister für Wirtschaft und Verkehr, Gießen 1967.
34. Schöttler, TH Aachen mündl. Mitteilung 19.10.71.
35. Anonym (TH Stuttgart), Auslaugung und Wasseraufnahmen bei Mülldeponien, Städtetag 9/71, S. 534-536.
36. F. Pöpel, Energieerzeugung beim biologischen Abbau organischer Stoffe, GWF 8/1971, S. 407 - 411.
37. H. Pierau, Über den Einfluß von Zersetzungsgasen bei der Ablagerung von Siedlungsabfällen, Kommunalwirtschaft 1/1971, S. 11 - 22.
38. F. Pöpel, Das Wesen der Vergärung organischer Stoffe, Kumpf, Maas, Straub, Müllhandbuch, Nr. 5305, Erich Schmidt-Verlag.
39. H. Pierau, Praktische Hinweise für das Verfüllen aufgelassener Tongruben mit Industrieabfällen, Kommunalwirtschaft 1/1969.
40. Günz, Kurzes Handbuch der Brennstoff- und Feuerungstechnik, 3. Auflage, Springer Verlag.

41. Palm, Kennwerte der Brennbarkeit, Kumpf, Maas, Straub, Müllhandbuch, Nr. 7010, S. 1 ff.

42. Landesanstalt für Immissions- und Bodennutzungsschutz, Vorbericht zum Gutachten Verfahren zur Verminderung von Emissionen aus Müllverbrennungsanlagen.

43. Deutsche Forschungsgemeinschaft, Maxim. Arbeitsplatz - Konzentrationen - Mitteilung VII der Kommission zur Prüfung gesundheitschädlicher Arbeitsstoffe vom 29.6.1971.

44. Municipal Refuse Disposal
APWA Research Foundation Project 104/1961
Public Administration Service, Chicago

45. Pollution of Water by, tipped refuse.
London 1961, Ministry of Housing and Local Government

46. R.E.Bevan, Notes on the science and practice of the Controlled Tipping of Refuse
Institut of Public Cleansing, London 1967

47. H.E. Klotter, Karbidschlamm - seine Verwertung und Ablagerung
Städtetag 2/1965

Dipl.-Ing. Werner Schenkel

Technik der geordneten Deponie

1.0 Deponiepotentialbestimmung

Ich gehe davon aus, daß für einen größeren Planungsbereich, z.B. einen Landkreis die geeignetste Abfallbeseitigungsmethode entwickelt werden soll. Zu den benötigten Entscheidungsunterlagen gehört eine Übersicht über die Summe der für eine Ablagerung geeigneten Flächen, d.h. Bestimmung des Deponiepotentials.

Ich will eine Methode vortragen, die sich gut für die systematische Flächenfindung und die Flächenbewertung eignet.

1.1 Flächenfindung

Ich unterscheide

1.1.1 Flächen, die für die Deponie bevorzugt genutzt werden sollten:

wertloses Ödland, Grenzertragsböden, Sand-, Kies-, Tongruben ohne anstehendes Wasser, Bergsenkungsgebiete des Untertagebaues, Anlehnung an Hänge und Kuppen, Nutzung von Restflächen bei Verkehrsanlagen, Hinterfüllung von Deichen und Dämmen, Aufhöhung kaltluft gefährdeter Gebiete u.a.

1.1.2 Flächen, die nur eine beschränkte Möglichkeit zur Anlage einer Deponie bieten:

Gruben mit gering anstehendem Wasser, Landschaftsschutzgebiete, stark genutzte Erholungsgebiete, Waldflächen mit hoher Produktion, landwirtschaftliche Vorranggebiete, Täler, Steinbrüche, vernähte Grünlandflächen, Moor- und Sumpfgebiete u.a.

1.1.3 Flächen, die nicht für eine Deponie geeignet sind: Wasser in Heilquellenschutzgebieten (die tatsächlich - nicht nur die ausgewiesenen Schutzzonen), Überschwemmungsgebiete, Naturschutzgebiete, Naturdenkmale, Schutz- und Erholungswälder, Bodendenkmale, Baggerseen und Flächen, die nach Planung ander genutzt werden sollten.

Für die Auswahl der Flächen sind weiter folgende Gesichtspunkte wichtig:

1.1.4 Größe der Flächen und Kubatur (Einzugsbereich und Abfallmengen, Laufzeit, Gestaltung)

1.1.5 Lage zum Einzugsgebiet
(Transportleistung, Straßenverkehrsverh.)

1.1.6 Lage zu Wohngebieten
(Mindestabstand, Wind- u. Geländeverh.)

1.1.7 Eignung des Untergrundes
(Wasserwirtschaft, Hydrogeologie, Grundbau)

1.1.8 Beachtung der Landschaftspflege

Zur ersten Standortfindung verwenden wir Luftbildpläne und Grundkarten mit Höhenlinien 1 : 5 000. Darüberhinaus sind Begehungen und die Auswertung thematischer Karten unerlässlich.

Flächenbestimmung planimetrisch aufgrund topographischer Karten 1 : 25 000 (besser 1 : 5 000) ebenso die Physiognomie der Standorte.

Geländeform und Kubatur wird durch Begehung festgelegt (Ebenheit, Böschung, Grube, Talung), wobei die spätere Nutzung eine wichtige Rolle spielt (Aufhaldung, Auffüllung, Wälle, Hinterfüllung u.a.)

Neben der Entfernungsangabe zwischen Anlieferungscentren und zukünftiger Deponie werden auch schwierige Ortsdurchfahrten, Kreuzungen und schienengleiche Bahnübergänge festgelegt.

Die Bodenarten werden einer Bodenübersichtskarte 1 : 300 000 entnommen.

Bodenwert und landwirtschaftliche Eignung sind entsprechenden Karten 1 : 25 000 entnommen.

Anzahl der Eigentümer sind Katasterkarten bzw. Grundbucheintragungen entnommen.

Die gegenwärtige Widmung wird einer Bestandskarte 1 : 25 000 entnommen (Wohnbauflächen, Industrie- und Gewerbeflächen, Freiflächen, geplante zukünftige Flächenwidmung).

Die Lage (Entfernung und Windrichtung) zum Wohngebiet ist aus der Grundkarte entnommen (Wohngebiet dichte Bebauung von mehr als 5 Häusern - keine Einzelhöfe).

Durchlässigkeit des Untergrundes und mittlerer Grundwasserstand, die Wassernutzung, der nächste Vorfluter, seine Wassergüteklasse und die Grundwasserfließrichtung sind den hydrogeologischen Karten 1 : 50 000, sowie Spezialkarten der Wasserverbände bzw. unserer Abfallagerkarte entnommen.

Es liegt auf der Hand, daß ein Gelände um so geeigneter für die Errichtung von Lagerplätzen ist, je bindiger, toniger der Untergrund ist. Aus der Hydrogeologie ist bekannt, daß es bestimmte oberflächennahe Formation gibt, in denen praktisch keinerlei Grundwasserbildung eintritt. In erster Linie sind das tonig-letttige Sedimente. So unerwünscht solche Areale sind, wenn man auf die Regenerationsfähigkeit eines Grundwassereinzugsgebietes angewiesen ist, so erwünscht sind gerade diese Flächen bei der Suche nach geeigneten Plätzen zur Abfallagerung.

Bisher sah man feste Abfälle in erster Linie als Material zur Geländeaufhöhung an und wählte als Ablagerungsstelle die Flußtäler. Gerade deren diluviale Sedimente sind aber in den meisten Fällen als Untergrund für Abfalldeponien völlig ungeeignet. Selbst tonige und mergelige Gesteine des Quartärs sind infolge Kreuzschüttungen, Fensterbildungen u.ä. in manchen Fällen nicht ausreichend abgedichtet. Die Tongesteine des Mesozoikums und zum Teil auch des Paleozoikum sind daher meistens besser geeignet.

Auch bei künstlichen Abdichtungen ist dem bindigeren Untergrund gegenüber dem grobporigeren, dem grundwasserfernen Gelände gegenüber dem grundwassernahen der Vorzug zu geben.

A		Standortkennzeichnung
3 Standortkennzahl		
1	Grundkarten- bezeichnung	Name der Grundkarte (1:5000)
2	Rechts- und Hochvert	nach Gauß-Krüger (linke untere Ecke der Grundkarte)
3	Beschaffenheit des Standortes	Gegenwärtiges Aussehen und gegenwärtige Nutzung des Standortes und seiner unmittelbaren Umgebung
4	Standort- oberfläche	Aufriß der eigentlichen Deponiefläche
5	Untergrund	Beschaffenheit des Untergrundes der Deponiefläche nach geologisch-hydrogeologischen Gesichtspunkten
6	Flächengröße	Maximale Ausdehnung der potentiellen Deponiefläche in m^2 , planimetrisch ermittelt
7	Auffüllhöhe	Geschätzte Höhe in m unter Berücksichtigung möglicher Planung
8	mögliche Form	Die durch die Geländeform bedingte mögliche Ablagerungsart
9	Planungsabsicht	Vom Bearbeiter als möglich angesehener Endzustand, z.B. Erholungs- fläche (Freizeitpark), Wald, Sportplatz, landwirtschaftliche Nutzfläche, Sonderkulturen, Sicht- oder Lärmschutzwahl
10	Straßenanschluß	Direkte Zufahrt zum Standort

3, 4, 7, 8, 9, 10 ermittelt durch Geländebesichtigung
1, 2, 5, 6 aufgrund von Kartenmaterial angegeben

A		
5	Standortkennzeichnung	
1	Grundkarten- bezeichnung	Wardt-Ost
2	Rechts- und Hochwert	R 25.30 H 57.28
3	Beschaffenheit des Standortes	Ehemalige Auskiesungen innerhalb der Rheinaue heute als Weideland genutzt bzw. Unwertfläche
4	Standort- oberfläche	Ödland
5	Untergrund	Porengestein
6	Flächengröße	125 000 qm
7	Auffüllhöhe	5 m
8	mögliche Form	Aufhaldung bis zur Deichkrone
9	Planungsabsicht	Rekultivierung in Weideland
10	Straßenanschluß	Nicht vorhanden

B			
5	Geologisch-hydrogeologische Faktoren		
	2530		2533
5730	A	A	A
	A	A	A
	A	A	A
5727			

C

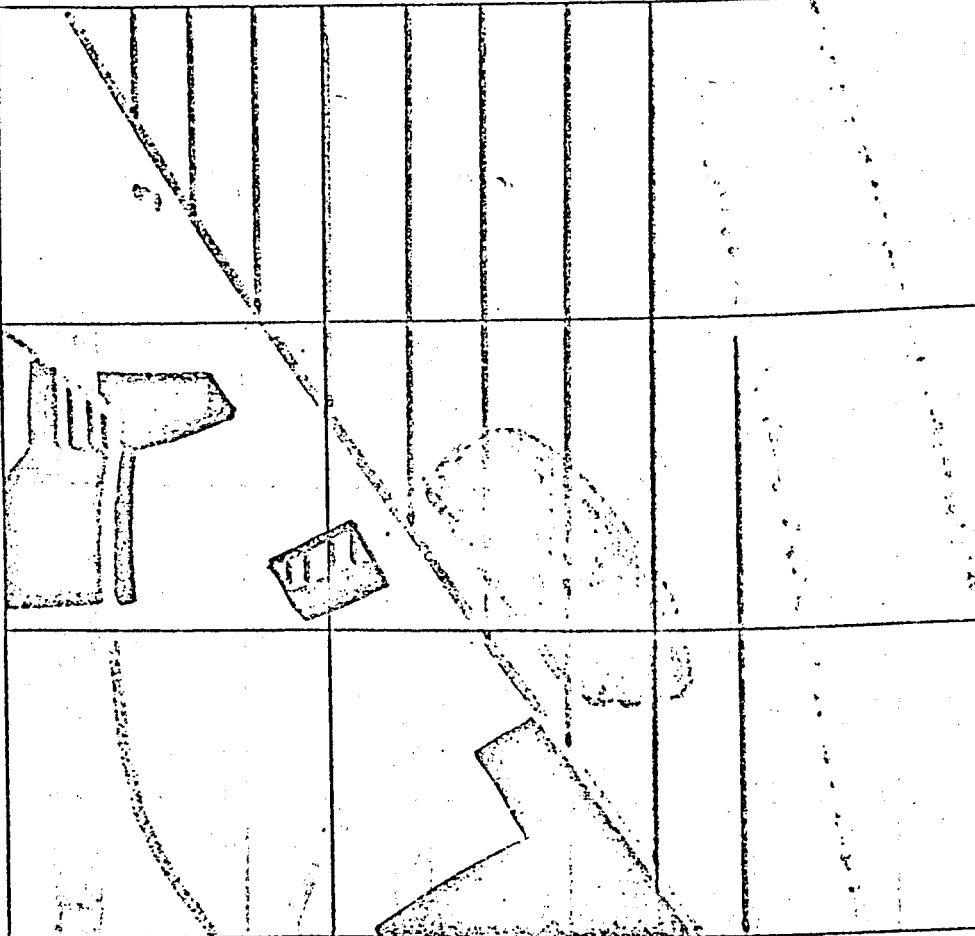
5

Flächenbeanspruchung

25₃₀

25₃₃

57₃₀



57₂₇

LEGENDE (Blatt B)

Deponiestandort



Deponiestandort mit anstehendem Wasser

Untergrund:

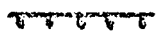
durchlässig

klüftig

Deckschicht über porösem Untergrund

Deckschicht über klüftigem Untergrund

undurchlässig



Überschwemmungsgebiet



Trinkwasserschutzgebiet



Freibad



Quelle



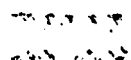
Hausbrunnen + Grundwasserreserven



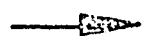
Trinkwasser aus Hausbrunnen



Entnahme von Grundwasser



Oberflächengewässer



Grundwasserfließrichtung




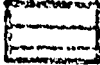


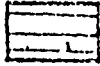













Wasserscheide



Pumpwerk

LEGENDE (Blatt C)

Bestand Planung

		Wohnbebauung	(verdichtet) (aufgelockert oder in Einzelhoflage)
			
		Industrie- und Gewerbebereiche	
		Wald	
		Grün- Parkanlagen	
		Naturschutzgebiet	
		Verbandsgrünfläche	
		Gewässer	
		Straße	
		Eisenbahn	
		Fluß o. Kanal	
	EZ	Erholungszentrum	
		Deponiestandort	

Alle diese Faktoren werden systematisch festgestellt und in einem Raster dargestellt.

1.2 Flächenbewertung nach Rütten

Nach der Bestandsaufnahme besitze ich einen Überblick über die Abfallarten, ihre Anfallorte und die möglichen Lagerflächen. Erst die Wertung aller Faktoren ergibt die Entscheidung über Eignung oder Nichteignung.

Dabei ist zu beachten, daß die Bewertung von Flächen stark von den zu lagernden Abfällen abhängig ist oder anders gesagt: Für jeden Abfall gibt es eine spez. geeignete Lagerfläche. Lagerflächen in diesem Sinne müssen bewirtschaftet werden.

Das Problem ist diese Bewertung durchzuführen, obwohl nur ein Teil der Faktoren einer monitären Betrachtung zugänglich ist. Einen Lösungsansatz bietet dazu die Nutzwertanalyse.

Das Wertsystem und die Vorgehensweise hier vorzustellen würde zu weit führen. Es soll nur gesagt sein, daß

die geologisch-hydrologischen Verhältnisse

die Flächenbeanspruchung

die physiognomische Auswahl

die Kubaturwertung

die Planungsabsichten und die Erschließung

durch spezifische Indikatoren beschrieben werden können (z.B. Legende B für geologisch-hydrologische Verhältnisse)

Diese Indikatoren, d.h. objektive Planungsunterlagen, werden vom Planer im Hinblick auf die Lagerung von Stoffen subjektiv bewertet. Den Indikatoren werden Qualitäten und Wertungen zugeordnet. Jeder Quadrant innerhalb des untersuchten Planungsrasters von 3 x 3 km erhält entsprechend den in ihm vorhandenen Indikatoren seine Bewertungsziffern. Diese maximal 9 Bewertungsziffern je Planungsraster werden addiert und nach einem wiederum subjektiv aufgestellten Schlüssel:

zulässig - nicht zulässig

bewertet. Es ist damit möglich, einen potentiellen Standort bereits dann zu eliminieren, wenn ein Indikator als "nicht zulässig" bewertet wird.

Zum Vergleich der Standorte bei dem alle Indikatoren als zulässig bewertet werden, wird die sogenannte Kontraktionswertung eingesetzt. Diese läßt sich verfeinern, wenn Kosten für Investitionen, Betrieb und Transport eingeführt werden.

Meine Ausführungen zu diesem Kapitel schließe ich mit der Bemerkung, daß alle diese Hilfsmittel nur dazu dienen, aus der Notwendigkeit der Abfallagerung im Sinne einer Zwischennutzung, später volkswirtschaftlich etwas Sinnvolles mit einem Minimum von Umweltschäden verbundenes zu schaffen.

2.0 Gestaltungs- und Betriebsplan

Der Gestaltungsplan legt die Gestalt der Deponie in Höhe und Form nach Eigenart der Landschaft, Geländeform und späterer Nutzung fest.

Der Gestaltungsplan ist Grundlage des Betriebsplanes. In ihm werden die Bau- und Erschließungsmaßnahmen, die Schüttabschnitte, die Einbauvorschriften, die Kontrollmaßnahmen, die Betriebsordnung mit Festlegung der aufzunehmenden Stoffe, der Haftung, der Entgeltsätze u.a. festgelegt. Dabei setze ich voraus, daß über die Bemessungsgrößen an anderer Stelle innerhalb der Vertragsveranstaltung gesprochen wurde.

Grundsätzlich sollte man aber davon ausgehen, daß die Deponie wenigstens für 20 Jahre ausreicht.

Die Abschreibung der festen Investitionen und die Vergleichbarkeit mit anderen Methoden ist hier das Kriterium. Weiter sollte man im Interesse eines geregelten und einigermaßen wirtschaftlichen Betriebes davon ausgehen, daß die Größen 25 000 jato bei 5 Tagebetrieb/Woche
5 000 jato bei 1 Tagebetrieb/Woche nicht unterschritten werden.

Die Einrichtungen und der Betrieb haben sich nach folgenden Zielen der geordneten Deponie zu richten

kein Rauch

kein Geruch außerhalb der Abkipfstellen

keine Verwehungen

kein unästhetischer Anblick

keine Grund- und Oberflächenbeeinträchtigung
kein Ungeziefer
kein unzumutbarer Lärm

2.1 Erschließung und bauliche Einrichtung

2.1.1 Rodung

Das Deponiegelände ist vor der Nutzung von aufstehendem Buschwerk oder Wald zu befreien. Wurzelstöcke sollten nicht herausgenommen werden.

2.1.2 Ableitung von Oberflächenwasser

Hangwasser ist durch Gräben an der Deponie vorbeizuleiten. Diese Gräben dürfen durch den laufenden Betrieb nicht zerstört oder zugesetzt werden. Hangdränagewasser muß in Schotterschüttungen gefaßt und über Drainagen abgeleitet werden. Genauso ist in den Fällen zu verfahren, in denen Hangrutschungen durch Sickerwasser befürchtet werden.

In einem Bett fließende Wässer sind umzuleiten oder zu verrohren. Ihre Bemessung erfolgt nach den örtlichen Auflagen. Läuft die Verrohrung in der Deponie so sind parallel zu den Rohren beidseitig Sickerstränge zu verlegen. Außerdem sind die Rohre vor mech. Beschädigungen durch genügende Überdeckung zu schützen. Als Rohrmaterial kommt Schleuderbeton ohne besondere Zusätze aber lange ausgehärtet, mit Schutzanstrichen in Frage. Belastung 1 t/m^3 vorbehaltlich weiterer Nachweise. Die Verrohrung sollte begehbar sein weil sicher im Laufe späterer Jahre Ausbesserungsarbeiten vorzunehmen sind. Zwischenschächte haben den Nachteil, daß sie häufig als Geruchs-

auslässe wirken.

Der Einlauf der Leitung ist als Geröll- und Schlammfang auszubilden. Die Leitung ist vor unzulässigem Zutritt zu sichern (Gase, Vergiftungs- und Explosionsgefahr).

2.1.3 Flächenentwässerung

Unter Annahme, daß die Deponie auf einem wasserwirtschaftlichen unbedenklichen Platz angelegt wird, ist keine flächenhafte Entwässerung erforderlich.

Ist eine Verunreinigung des Grundwassers zu besorgen, so muß die Fläche entwässert werden. Hierzu ist sie abzudichten.

1. Der Einbau von bindigem Material in einer Schicht von ca. 50 cm Höhe hat nach den Regeln der Erdbautechnik zu erfolgen. Besonders bei weiten Flächen, bei denen das Austrocknen der Lehmdichtung verhindert werden muß, treten erhebliche Schwierigkeiten auf. Sofern der Lehm nicht innerhalb der Deponie selbst gewonnen werden kann, bietet seine Verwendung kaum Vorteile, zumal die gegenüber Folien weitgehend dickere Schicht entweder eine Verminderung des Deponievolumens mit sich bringt, oder bei gleichem Lagerplatzinhalt größere Erdbewegungen erfordert.

2. Kunststoffolien

Die Verwendung von Kunststoffolien aus Niederdruckpolyäthylen oder Polyvinylchlorid weich hat sich bei der Abdichtung von offenen Kanälen, Deichen und Erdbecken bereits bewährt. Die Preise für die Folien schwanken je nach Länge und Breite der Bahnen sowie Foliendicke. Der Preis (1969) für eine 1 mm starke NPE-Folie beträgt rd. 9,-- DM/m², für eine ebenso starke PVC-Folie 4,-- DM/m². Er wächst nahezu proportional mit der Folienstärke. Die Verlegungskosten betragen nach Auskunft von Spezialfirmen je nach Schwierigkeitsgrad zwischen 5,-- DM und 17,-- DM/m². Der Nachteil der NPE- bzw. PVC-Folien liegt darin, daß sie gegen UV-Strahlen durch eine 20 bis 30 cm starke Abdeckung zu schützen sind. Neben den Mehrkosten für diese Abdeckung, die meist nicht mit dem zu deponierenden Material vorgenommen werden kann, wirkt sich zusätzlich noch die Verminderung des Deponievolumens ungünstig aus.

Eine auf dem Markt befindliche Folie aus synthetischem Kautschuk ist nach Angaben der Herstellerfirmen von o.g. Nachteilen frei. Der Preis für Lieferung und Verlegung soll sich auf 14,-- DM/m² belaufen.

Es ist darauf hinzuweisen, daß das Verlegen der Folien und die Möglichkeiten der Beschädigung beim Einbau von Sperrstoffen in der untersten Lage erhebliche Schwierigkeiten aufweist.

3. Asphaltabdichtungen

Die umfangreichsten Erfahrungen im Wasserbau liegen zweifellos für die Verwendung von Asphalt vor. Eine 8 cm starke Dichtung bestehend aus Kaltasphaltanspritzung, Bitumenkiesbinderlage, Asphaltbetondecklage und Mastixvorsiegelung erfordert etwa 26,-- bis 28,-- DM/m². Verwendet man Trevira-verstärkte Asphaltmatten anstelle der Binder- und Decklage, so lassen sich die Kosten auf 16,-- bis 17,-- DM/m² senken.

Mir ist allerdings kein Fall bekannt, in dem dieses Verfahren bei geordneten Deponien von Hausmüll Verwendung gefunden hat.

4. Sonstige Verfahren

Mir sind Untersuchungen bekannt mit Hilfe von organischen, polymersierbaren Kohlenstoffverbindungen (z.B. auf Acrylamidbasis) und Stüttschichten Dichtungen aufzubauen. Die Kosten für die Chemikalien allein betragen aber 1969 schon 50,-- DM/m²

Ein anderes Verfahren basiert auf dem Verbund von Hydroxydschlämmen, Sand, Natriumcarbonat und Wasserglas. Die Chemikalienkosten sollen bei 15 cm Schichtstärke bei 3,-- DM/m² liegen. Allerdings ist die Witterungsbeständigkeit noch ungeklärt. Klotter gibt als anorganische Dichtung noch die Verwendung von entwässerten Karbidschlämmen an.

Wird eine Dichtung des Untergrundes vorgenommen, so ist für die Sammlung und Abführung des aufgestauten Sickerwassers zu sorgen. Drainstränge Abstand 20 - 25 m \varnothing 100 mm als Ton oder Kunststoffrohre müssen vor der starken Verockerung durch Filterschichten und Syphonabschlüsse

geschützt werden.

2.1.5 Schmutzwasserbehandlung

Je nach Menge und Verschmutzung muß über die weitere Behandlung der Sickerwässer entschieden werden.

Wann eine Behandlung an Ort und Stelle notwendig wird, läßt sich aufgrund einschlägiger Laborversuche auf der Zentraldeponie Emscherbruch für deren Verhältnisse folgendes zeigen.

Die org. Verschmutzungen in Sickerwasser anaerober Deponien sind biologisch abbaubar.

Die Abbauleistungen betragen bis zu:

Belebungsverfahren (2-stufig, 22 h Aufenthaltszeit)

BSB₅ fi = 98 %

COD fi = 85 %

TOC fi = 85 %

belüfteter Teich (Durchlaufsystem)

	original	filtriert
BSB ₅	92 %	95 %
COD	71 %	78 %
TOC	-	77 %

Hemmwirkungen wurden nicht beobachtet.

Bei Ablagerung in Gruben ist zu beachten, daß diese in der Regel keine Vorflut besitzen. Das heißt, daß mögliche Sickerwässer im Sammel-schacht gesammelt und abgepumpt werden müssen, wenn keine Versuppung entstehen soll (Moorbildung).

Um die verschmutzte Wassermenge gering zu halten, ist die Grube abschnittsweise bis zur Geländeoberkante aufzuschütten und die Oberfläche ausreichend zu neigen. Es sollte sofort mit der Endabdeckung und der Begrünung begonnen werden.

2.1.6 Stützdamm

Zumindest auf hängigem Gelände oder bei Lage in einem Taleinschnitt ist die Deponie auf der Tal-seite mit einem Fußdamm abzugrenzen und zu sichern

Dieser Damm - mit einer Mindesthöhe von 3 m ist nach den Regeln der Erdbautechnik als durch-lässiger Steindamm mit talseitiger Wasserablei-tung zu erstellen.

Die bisweilen geübte Praxis, einen Damm aus dem häufig anstehenden bindigen Material zu er-richten, sollte aufgegeben werden.

Generell weise isch besonders darauf hin, daß auch beim späten Schüttrieb auf die Regeln der Erdbautechnik zu achten ist.

2.1.7 Erschließungsstraßen

Die Steigungen sollten 10 % nicht übersteigen. (Winter - Angst bei Anlieferern). Die Straßen sollten staubarm sein. Es sind Vorkehrungen wie Abrollstrecken 450 m, Reifenwaschplätze, ständige Kehrmaschine zu treffen, um Straßen des öffentlichen Verkehrs nicht zu beschmützen.

Die Bemessung der Wege nach Breite und Stärke richtet sich nach dem zu erwartenden Verkehr, den anfallenden Lasten und der Benutzungszeit.

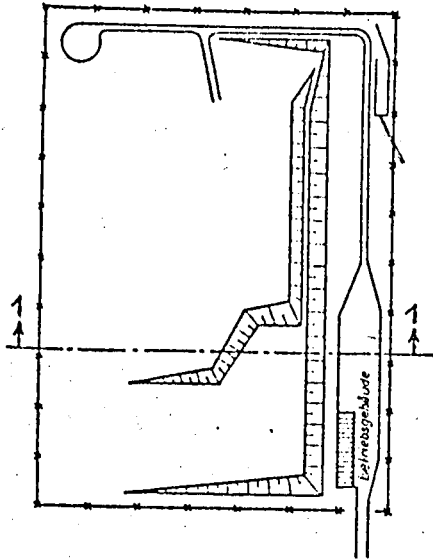
Bei der Festlegung der Wegbreite ist der in den Sammelgebieten vorhandene oder noch einzurichtende Abfuhrturnus zu beachten. Wird eine Wegbreite von 3,5 m gewählt, so sind auf Sichtentfernung und unmittelbar am Eingang des Deponiegeländes reichlich Ausweichstellen einzurichten, um auf diese Weise Schäden an anliegenden Grundstücken zu vermeiden. Hinsichtlich des Aufbaus der Wege sind folgende Vor- und Nachteile gegenüberzustellen:

	Vorteile	Nachteile
Beton-Decke	geringe Wartung hohe Beständigkeit	hohe Kosten schwierige Ausbesserung
Bituminöse Decke	niedrigere Kosten leichte Ausbesserung	erhöhte Wartung
Rüttelschotter-Decke	billig anpassungsfähig leichte Ausbesserung	häufige Wartung schwierige Entwässerung

2.1.8 Wege im Deponiegelände (nach Dunz)

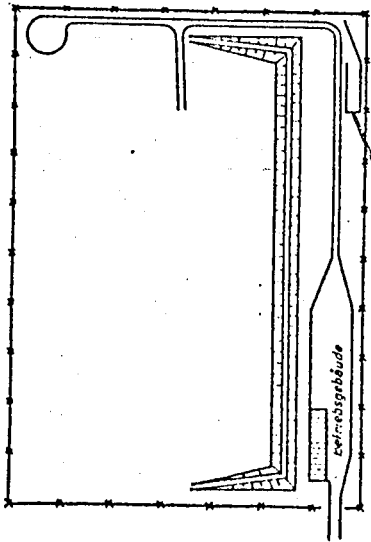
Entsprechend dem Betriebsplan sind möglichst weitgehend feste Zu- und Abfahrten auf dem Deponiegelände anzulegen. Die Gestaltung dieses Wegenetzes richtet sich maßgeblich nach den topographischen Gegebenheiten und den zur Verfügung stehenden Grundstücken (Abb. 1 - 7 nach Dunz). Zusammen mit den Wegen sind die zugehörigen Maßnahmen zur Wasserableitung festzulegen und auszubauen. Diesen Einrichtungen, deren wesentlichste Teile (z.B. Schlammfang) zumindest vor Inbetriebnahme des jeweiligen Deponieabschnittes zu erstellen sind, ist große Bedeutung beizumessen.

Abb. 1

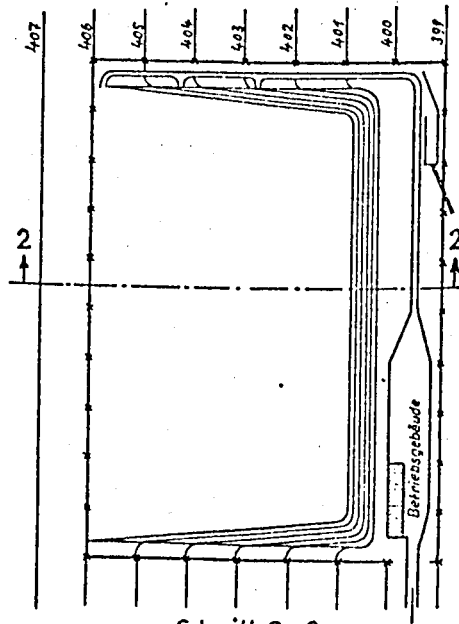


Geordnete Ablagerung
Flacher Hang

Zufahrt: von unten
 Abfahrt: nach unten und/oder oben



Schnitt 1-1



Schnitt 2-2



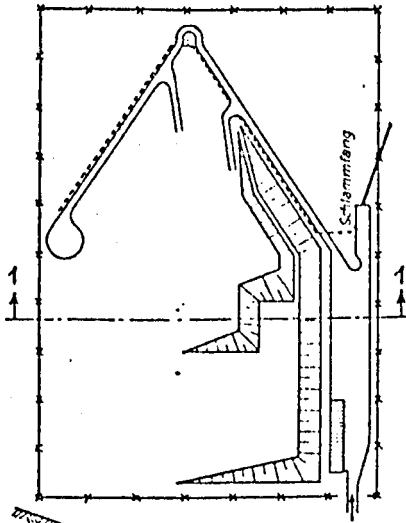
Abb. 2

Geordnete Ablagerung

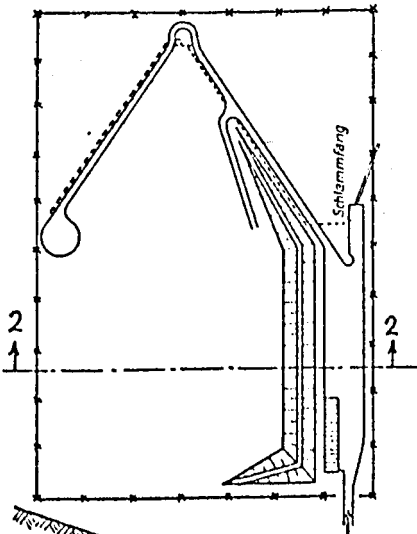
Steiler Hang

Zufahrt: von unten

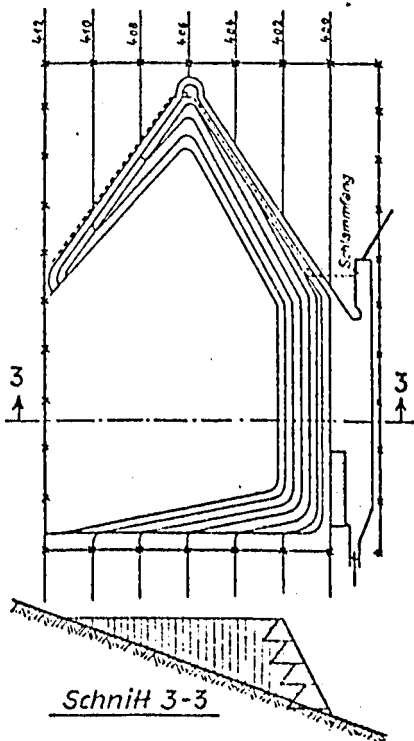
Abfahrt: nach unten und/oder oben



Schnitt 1-1



Schnitt 2-2



Schnitt 3-3

Abb. 3

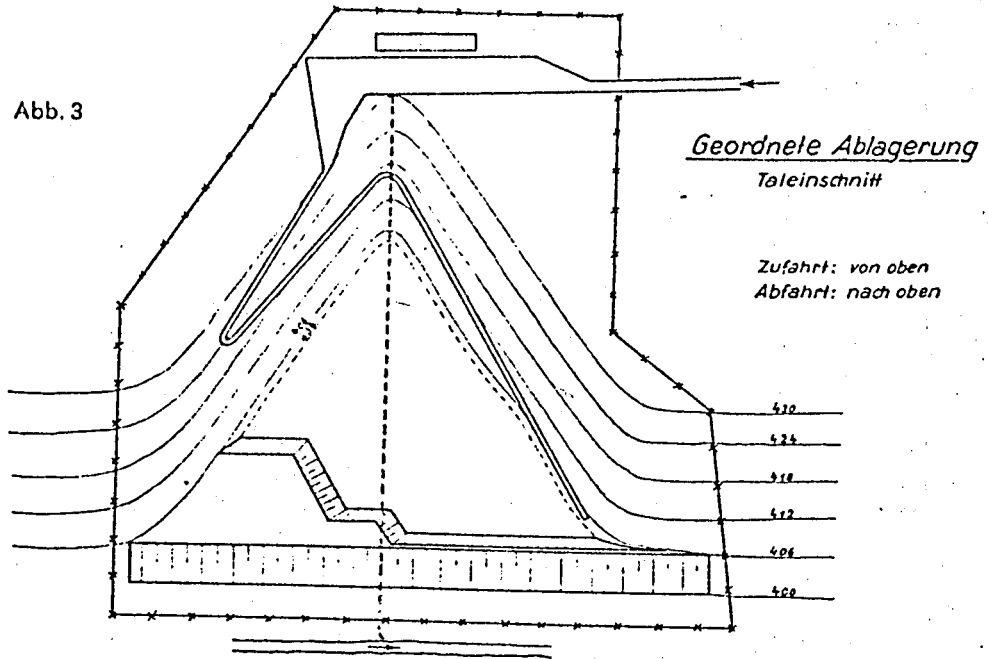


Abb. 4

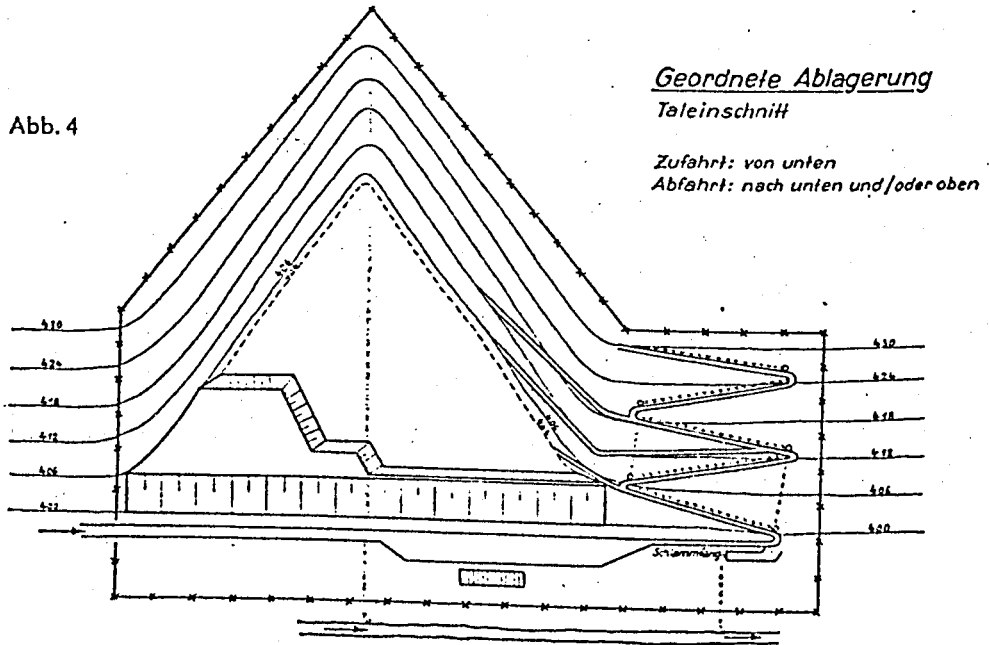
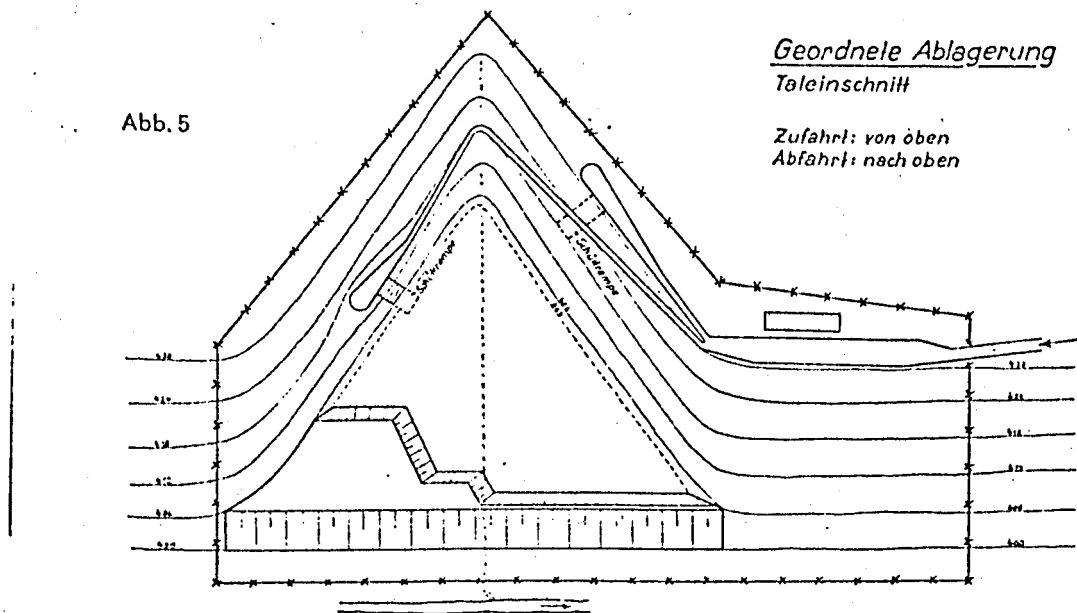


Abb. 5



Man unterscheidet grundsätzliche Lösungen bei denen die Wege mit Fortschreiten der Deponie sukzessive verschwinden oder daß sie erhalten bleiben und auch nach Abschluß der Deponie noch als Erschließungsstraßen benutzt werden können.

Im ersten Falle stellt man sie aus Rüttelschotter oder aus feinkörnigem Ziegelschutt mit Granulatauflage her.

Abb. 6

Geordnete Ablagerung
Ebene

Zufahrt: von unten
Abfahrt: nach unten

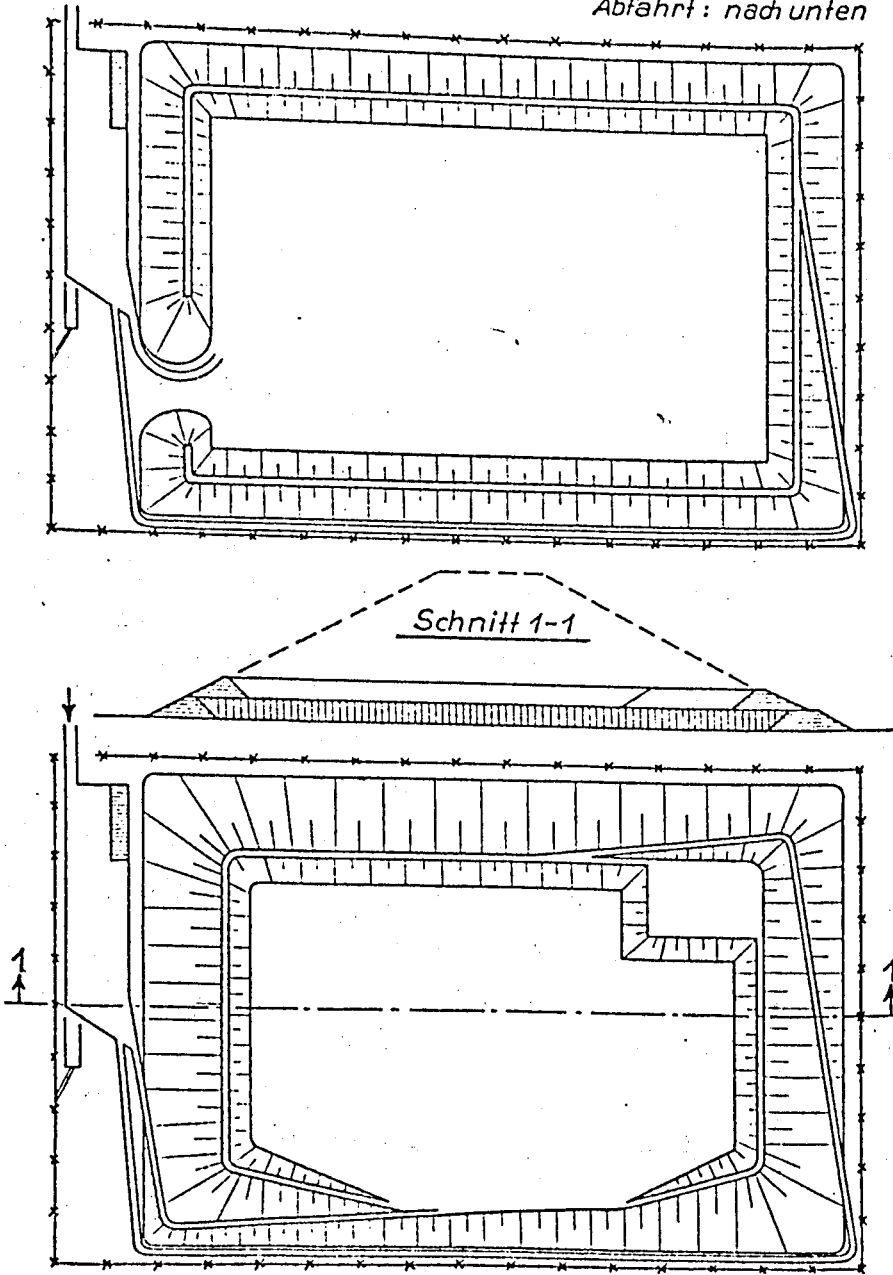


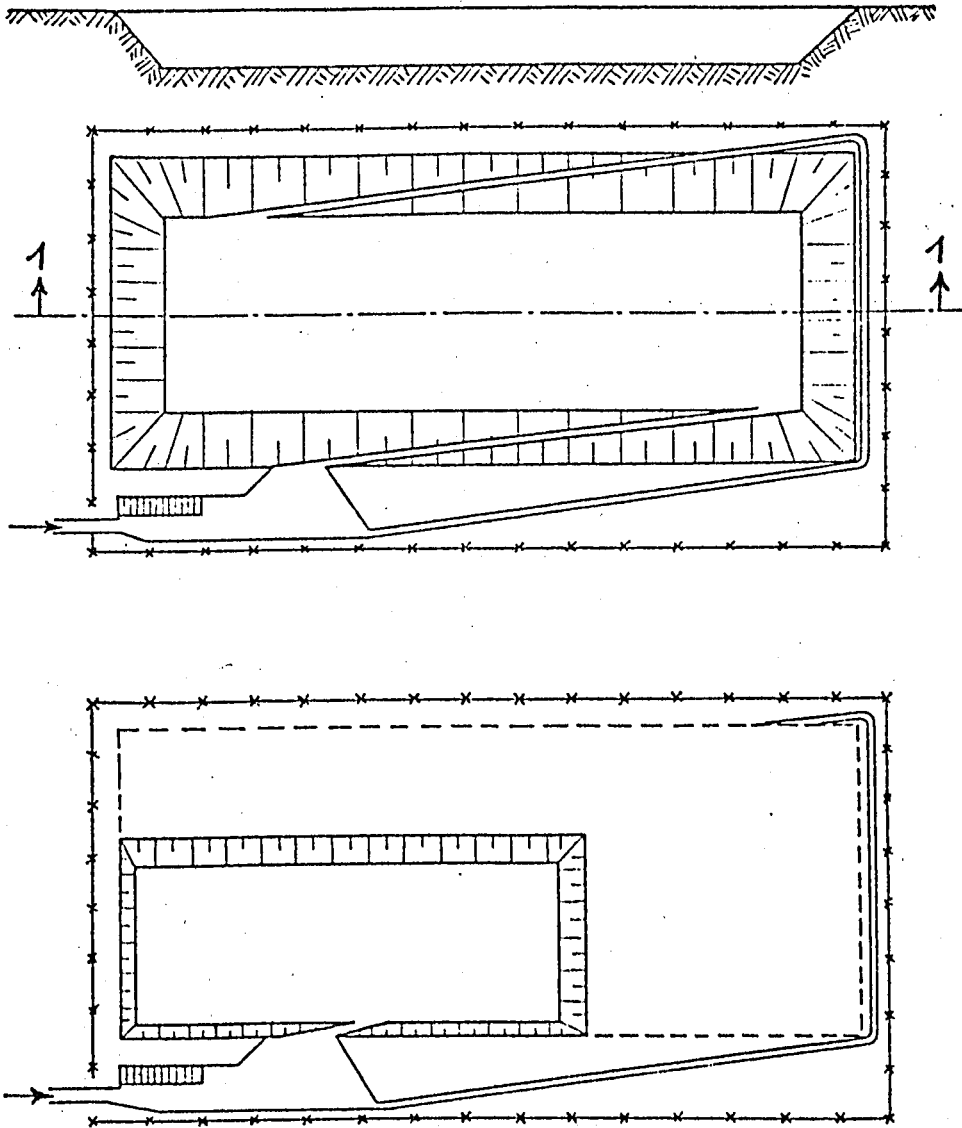
Abb. 7

Geordnete Ablagerung
Grube

Zufahrt: von oben

Abfahrt: nach oben

Schnitt 1-1



2.1.9 Umzäunung

Das Deponiegelände ist vollständig zu umzäunen und mit einem Tor auszustatten, das nur während der Anwesenheit des Betriebsmeisters geöffnet ist.

Die Art der Umzäunung sollte gegebenenfalls in Verbindung mit der Bepflanzung der Art sein, daß zumindest größere Haus- und Wildtiere ferngehalten werden.

Im Bereich begrenzter Flächen, auf denen häufig Müll oder Papierabfälle entleert werden, ist ein mindestens 4 m hoher Maschenzaun aufzuführen.

2.1.10 Betriebs- und Wartungsgebäude

Obgleich dieses Gebäude meist nur für einen begrenzten Zeitraum erstellt wird, ist es dauerhaft und wetterfest herzustellen. Wichtig erscheint Fenster und Türen widerstandsfähig verschließen zu können, da mit Einbruchversuchen gerechnet werden muß. Wesentlich ist ferner, die Außenseite der Gebäudewände so herzustellen, daß sie gelegentlich mit dem Wasserschlauch abgespritzt werden können (Druckerhöhung für Kfz-Wäsche).

Grundsätzlich ist anzustreben, das Gebäude sowohl hinsichtlich seiner Anordnung als auch seiner Ausstattung so zu gestalten, daß sich ein Facharbeiter - der auf lange Sicht für diese Arbeiten gewonnen werden muß - darin wohl fühlt.

Hierzu gehört insbesondere auch, daß ordentliche sanitäre Verhältnisse geschaffen werden. Ein Wasseranschluß ist daneben auch aus Gründen der Feuerbekämpfung und der Staubbekämpfung vorteilhaft.

In aller Regel wird das hierbei anfallende Abortwasser nicht über eine Kanalisation abgeleitet werden können. Es ist daher in einer geschlossenen Grube zu sammeln. Der Grubeninhalte ist nach Bedarf zu leeren und in die Deponie einzubauen.

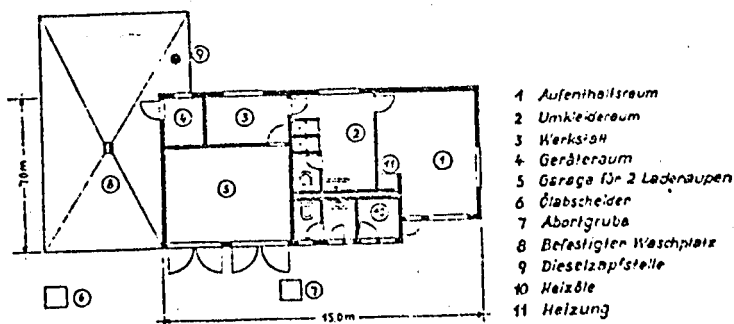
Aus den Anlagen (Abb. 8 nach Dunz) ist eine schematische Grundrißlösung für verschiedene Gebäude zu ersehen.

Dieses Haus soll die Ausrüstung für erste Hilfe enthalten. Es muß über einen Telefonanschluß verfügen. Weiter muß eine präzise Betriebsanweisung besonders im Fall der Anlieferung von Sonderabfallstoffen vorhanden sein.

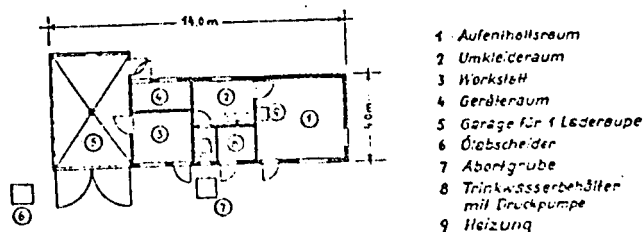
Abb. 8

Geordnete Deponie
Betriebsgebäude

Größere Deponie



Kleine Deponie



erhöhten Anforderungen nach der...
Verfahren...
haben...
Stützpunkt...

2.1.11 Kontrolleinrichtungen

Es ist immer empfehlenswert, vor Beginn der
Deponie Kontrollbrunnen anzulegen und
Immissionsmessungen durchzuführen. Für die

Betriebskontrolle empfiehlt es sich, bei
größeren Anlagen eine 38 t Waage einzurichten
und neben Prüfung der angemeldeten Stoffe
noch folgende Daten festzuhalten:

Dieses...
von...
mit...
der...

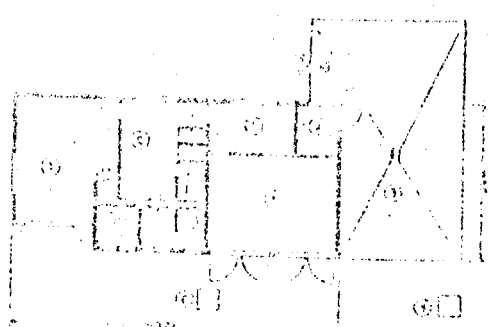
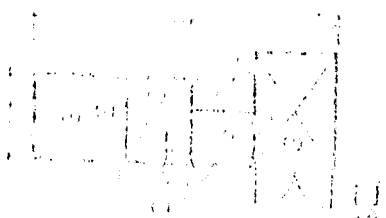


Abbildung 1



Zentraldeponie Emscherbruch GmbH		Erfaßte Daten		Grund der Erfassung																																																													
43 Essen Kronprinzenstraße 35 Postfach 1529 Telefon (0214) 23691		Fax-Nr. 445 Gelsenkirchen Westdeutsche Straße 30 Telefon (0232) 73174 72514		Abfallerzeuger mit rechtsverbindlicher Unterschrift Rechnungsempfänger / Kunde																																																													
DEPONIERUNGSANZEIGE		Name Firma / Sperrgut () _____ M = S B = R		Ort und Straße Statistische Erfassung von Ort, Ortsteil, Branche, Adresse																																																													
MWS Rechnungsschreibung		Branche Statistik		Kunden-Nummer Rechnungsschreibung Einzelauftrag oder Dauerauftrag																																																													
Abfallart Normalabfall Sonderabfall Ermittlung des zu zahlenden Preises		Abfallmenge Betriebliche Folgerungen über Einsatz von Menschen und Material		Sachbearbeiter Verkürzung des Dienstweges bei Rückfragen																																																													
Fahrzeughalter mit rechtsverbindlicher Unterschrift Verhinderung von Anfuhren auf Kosten eines unbekannteren Abfallerzeugers oder umgekehrt		Pol. Kennzeichen des Kfz. Identifikation bei gelegentlichen Rückfragen		Brutto- und Tara-Gewicht Errechnung des Netto-Gewichtes Rechnungsschreibung, was muß bezahlt werden? Statistik: Welche Mengen sind in der Zwischenzeit angeliefert worden?																																																													
Lfd. Nr., Datum und Uhrzeit Identifikation des Anlieferers und stat. Ermittlung von Spitzenwerten		Deponie-Platz Wegweiser für den einzelnen Fahrer, damit er sich nicht auf dem Gelände verliert. Ursprüngliche farbige Kennzeichnung hat sich nicht bewährt. Zusätzliche schriftliche Kennzeichnung ist besser		Auftragsbearbeitung Hier werden Daten eingetragen, die mit der Anmeldung des Abfallstoffes, seiner Freigabe für die Deponierung, der Schablone-Herstellung u. ä. befaßt sind																																																													
<table border="1"> <tr> <td colspan="6"> Für die Abfallart (1 Eisen- u. je 2 für je 2 anderen 2 weiteren Kategorien) </td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>Russchutt</td> <td>20</td> <td>Staub</td> <td>30</td> <td>5-Klassen-Edelmetalle</td> </tr> <tr> <td>01</td> <td>Metalle (eisen)</td> <td>11</td> <td>Stehne, Schieber</td> <td>21</td> <td>Asche</td> </tr> <tr> <td>02</td> <td>Sand</td> <td>12</td> <td>Erdenschutt (in 4 Strassen)</td> <td>22</td> <td>Schlacke</td> </tr> <tr> <td>03</td> <td>Erdenschutt (sonstige)</td> <td>13</td> <td>Grundmorde</td> <td>23</td> <td>Chalkensand</td> </tr> <tr> <td>04</td> <td></td> <td>14</td> <td></td> <td>24</td> <td>Stroh- u. Holzschutt</td> </tr> <tr> <td>31</td> <td>Kunststoffe</td> <td>41</td> <td>Gewebeabfälle</td> <td>51</td> <td>Sperrgut</td> </tr> <tr> <td>32</td> <td>Leinwand und Textilreste</td> <td>42</td> <td>Reinigungsmittel</td> <td>52</td> <td>Streuwerk</td> </tr> <tr> <td>33</td> <td>Leinwand</td> <td>43</td> <td>Leinwand</td> <td>53</td> <td>Marktabfälle</td> </tr> <tr> <td>34</td> <td>Leinwand</td> <td>44</td> <td>Leinwand</td> <td>54</td> <td>Aufschutt</td> </tr> </table>						Für die Abfallart (1 Eisen- u. je 2 für je 2 anderen 2 weiteren Kategorien)						10	Russchutt	20	Staub	30	5-Klassen-Edelmetalle	01	Metalle (eisen)	11	Stehne, Schieber	21	Asche	02	Sand	12	Erdenschutt (in 4 Strassen)	22	Schlacke	03	Erdenschutt (sonstige)	13	Grundmorde	23	Chalkensand	04		14		24	Stroh- u. Holzschutt	31	Kunststoffe	41	Gewebeabfälle	51	Sperrgut	32	Leinwand und Textilreste	42	Reinigungsmittel	52	Streuwerk	33	Leinwand	43	Leinwand	53	Marktabfälle	34	Leinwand	44	Leinwand	54	Aufschutt
Für die Abfallart (1 Eisen- u. je 2 für je 2 anderen 2 weiteren Kategorien)																																																																	
10	Russchutt	20	Staub	30	5-Klassen-Edelmetalle																																																												
01	Metalle (eisen)	11	Stehne, Schieber	21	Asche																																																												
02	Sand	12	Erdenschutt (in 4 Strassen)	22	Schlacke																																																												
03	Erdenschutt (sonstige)	13	Grundmorde	23	Chalkensand																																																												
04		14		24	Stroh- u. Holzschutt																																																												
31	Kunststoffe	41	Gewebeabfälle	51	Sperrgut																																																												
32	Leinwand und Textilreste	42	Reinigungsmittel	52	Streuwerk																																																												
33	Leinwand	43	Leinwand	53	Marktabfälle																																																												
34	Leinwand	44	Leinwand	54	Aufschutt																																																												
Die Anlieferung erfolgt unter gleichzeitiger Anerkennung der Betriebsordnung durch Kfz. Nr.																																																																	
<table border="1"> <tr> <td>An die EDV-Zentrale</td> <td>Adressenkarte anlegen</td> <td>I</td> <td>I</td> <td>Datum</td> <td>gelocht</td> <td>geprüft</td> <td>Datum</td> </tr> <tr> <td>An den Betreiber</td> <td>überprüfen u. obliegen</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>						An die EDV-Zentrale	Adressenkarte anlegen	I	I	Datum	gelocht	geprüft	Datum	An den Betreiber	überprüfen u. obliegen																																																		
An die EDV-Zentrale	Adressenkarte anlegen	I	I	Datum	gelocht	geprüft	Datum																																																										
An den Betreiber	überprüfen u. obliegen																																																																
<table border="1"> <tr> <td colspan="6"> Für die Richtigkeit der 1. Wägung </td> </tr> <tr> <td colspan="6"> Unterschrift des Wägemasters </td> </tr> <tr> <td colspan="6"> WÄGEKARTE </td> </tr> <tr> <td colspan="6"> Unterschrift des Wägemasters </td> </tr> </table>						Für die Richtigkeit der 1. Wägung						Unterschrift des Wägemasters						WÄGEKARTE						Unterschrift des Wägemasters																																									
Für die Richtigkeit der 1. Wägung																																																																	
Unterschrift des Wägemasters																																																																	
WÄGEKARTE																																																																	
Unterschrift des Wägemasters																																																																	
<table border="1"> <tr> <td colspan="6"> ZENTRALDEPONIE EMSCHERBRUCH GMBH 43 Essen Kronprinzenstraße 35 Geschäftsführer: Dipl.-Ing. Werner Scherf Oberverschaltungsl. Ludwig Frickmann S 12 Essen Registergericht: Amtsgericht Essen Handelsregisternr.: Abt. B Nr. 1480 </td> </tr> </table>						ZENTRALDEPONIE EMSCHERBRUCH GMBH 43 Essen Kronprinzenstraße 35 Geschäftsführer: Dipl.-Ing. Werner Scherf Oberverschaltungsl. Ludwig Frickmann S 12 Essen Registergericht: Amtsgericht Essen Handelsregisternr.: Abt. B Nr. 1480																																																											
ZENTRALDEPONIE EMSCHERBRUCH GMBH 43 Essen Kronprinzenstraße 35 Geschäftsführer: Dipl.-Ing. Werner Scherf Oberverschaltungsl. Ludwig Frickmann S 12 Essen Registergericht: Amtsgericht Essen Handelsregisternr.: Abt. B Nr. 1480																																																																	

Antrag auf Einzelanlieferung

Abb. 9

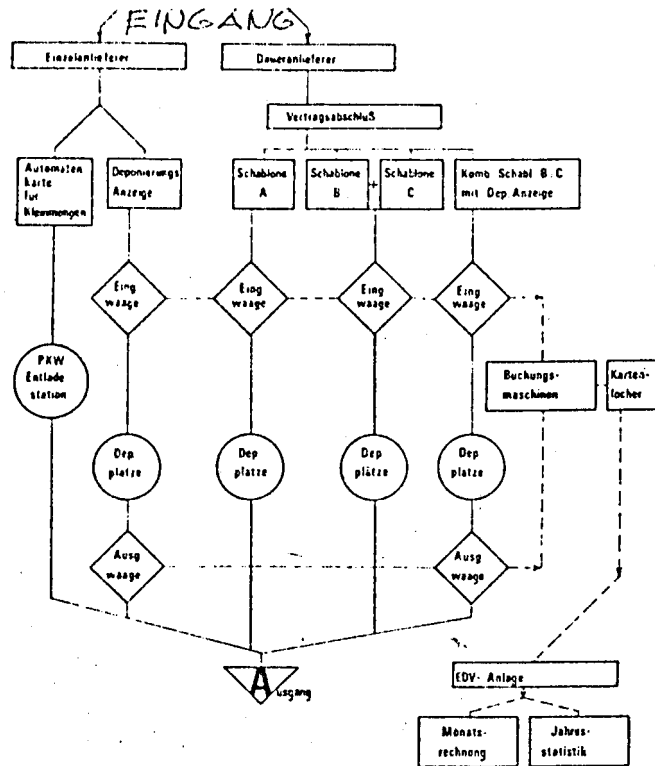


Abb. 10 Beispiel einer integrierten Datenerfassung und -verarbeitung

Weiter ist es wichtig, Arbeitsberichte anfertigen zu lassen und regelmäßig das noch verbleibende Schüttvolumen zu bestimmen.

Sonderkontrollen dienen dazu, die Korrektheit der Bedienungsmannschaft und die Einhaltung der Anlieferungsbestimmungen zu überprüfen.

2.2 Betriebsweise, Geräteausstattung und Personalbedarf nach Wahrmann

2.2.1 Betriebsweise bei verdichtete- tem Einbau

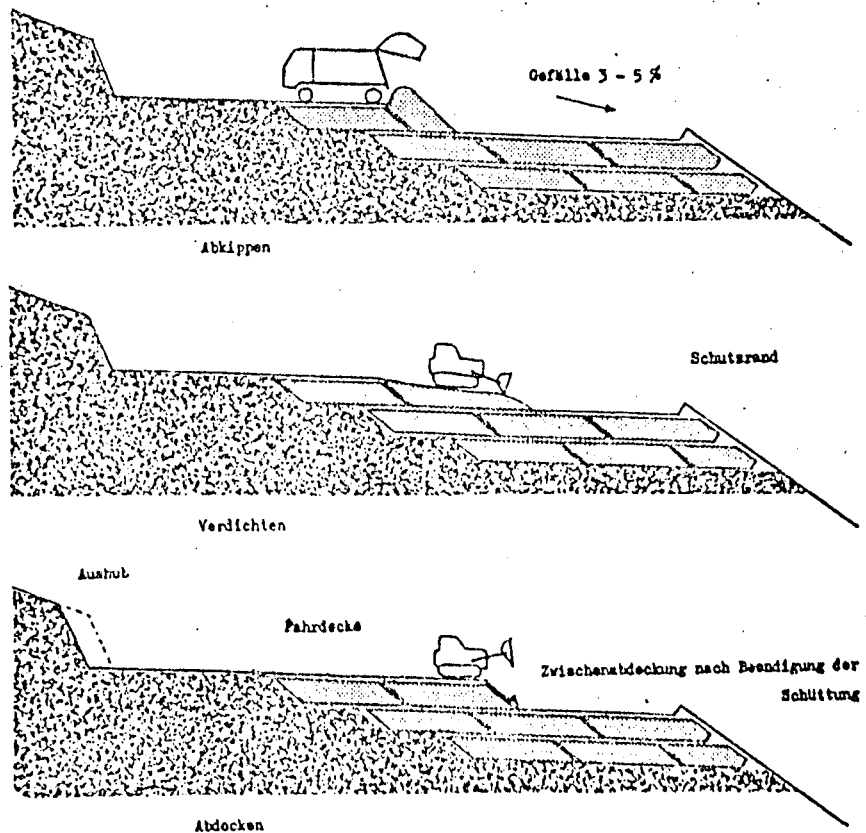


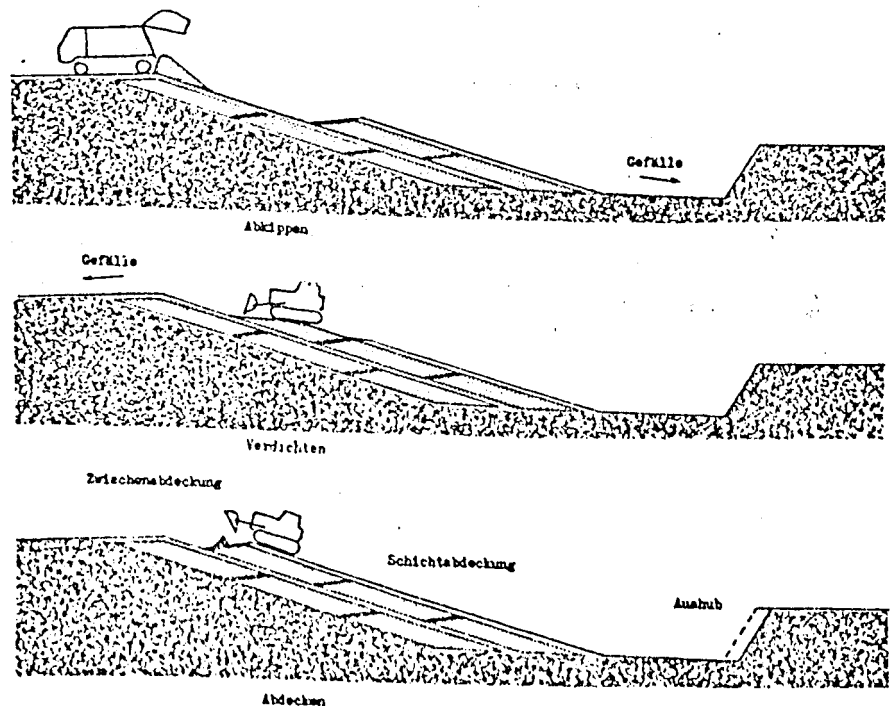
Abb. 11

Die drei Phasen der Ablagerung in schwach geneigten Schichten
(z. B. an Hanglagen)

Man unterscheide zwischen abzudeckenden und nicht abzudeckenden Deponien. Bei den letzteren ist das Deponiematerial selbst als Abdeckung geeignet. Bei den abzudeckenden Deponien gibt es solche, die ausschließlich mit zugeführtem Abdeckmaterial betrieben werden, sei es, daß genügend Aushub von Baustellen, Müllschlacke oder ähnliches vorhanden ist, oder sei es, daß das Abdeckmaterial eigens zu dem Zweck andernorts abgegraben wird. Derartige Deponien sollten stets mit einem solchen Vorrat an Abdeckmaterial versehen sein, daß auch bei einer gelegentlichen Unterbrechung der Zufuhr, insbesondere bei starkem Frost, abgedeckt werden kann.

Die andere Betriebsweise besteht darin, daß das Abdeckmaterial auf dem Deponiegelände selbst abgegraben wird. Die dabei anzuwendende Betriebsweise richtet sich nach der Topographie des gewählten Geländes.

Abb. 12



Die drei Phasen der Ablagerung in stark geneigten Schichten
(z. B. in der Ebene)

Durch Einhaltung eines leichten Gefälls erreicht man eine bessere Entwässerung der Fahrdecke, auch wenn das Abdeckmaterial sich nicht gut entwässert. Führt der Aufbau der Deponie zu einer Böschung, wie im dargestellten Fall, so ist rechtzeitig ein Schutzrand aus Abdeckmaterial zu errichten, da sonst leicht rollende Gegenstände, insbesondere Reifen, Fässer usw., das Gelände verlassen und einen unordentlichen Eindruck vermitteln. (Abb. 11)

Das Verdichten geschieht gleichzeitig mit dem Ausbreiten des Ablagerungsmaterials und zwar meistens fächerförmig von einer gut befahrbaren Kippstelle aus.

Über den Einsatz der anliefernden Fahrzeuge zur zusätzlichen Verdichtung der Deponie gehen die Meinungen auseinander. Sicher ergibt der beladene Lkw eine zusätzliche und höhere Verdichtung als die Raupe. Im Gegensatz zur Raupe führt der Luftreifen bei inhomogenem Material jedoch zu keiner ebenen Fahrbahn, außerdem bleibt das Regenwasser wegen der höheren Verdichtung meist in Tümpeln an der Oberfläche. Als Folge tritt sehr rasch eine Verschlammung und Verschmutzung der Fahrzeuge ein im Sommer eine Staubplage.

Die Technik der Verdichtung in geneigten Schichten wird vor allem in ebenem oder schwach ansteigendem Gelände angewendet. Sie wird im Prinzip so betrieben, daß langfristig an der gleichen Stelle gekippt, dafür aber mit der Raupe im Durchschnitt weiter gefahren wird. Deshalb lohnt es sich bei diesem Verfahren unter Umständen, die ganze Zufahrt einschließlich der Kippstelle mit einem Schwarzbelag zu versehen, so daß bei jedem Wetter ohne Reinigung der Räder der Transportfahrzeuge auszukommen ist.

Dieses Verfahren, das sich besonders für die allmähliche Geländeaufhöhung eignet (die Zufahrt wird dann mit einer sanften Steigung gegen die Kippstelle hin angelegt), zeichnet sich auch durch eine ausgezeichnete Verdichtung aus, weil das Ablagerungsmaterial beim Aufwärtsfahren der Raupe gleichzeitig zerrieben und gepreßt wird. Dieser Effekt wird mit einer höheren Arbeitsleistung seitens der Raupe erkauft; andererseits stehen die geringeren Unterhaltskosten für die Transportfahrzeuge zu Buch.

Beide beschriebenen Verfahren lassen sich mit einer Rutsche kombinieren, die sich vor allem dann aufdrängt, wenn die Zufahrt höher als der Deponieplatz liegt und wenn sich der Bau einer Rampe samt Belag oder Waschanlage nach Maßgabe des Deponievolumens nicht lohnt (Abb. 13). Sollen die eingangs genannten Kriterien eingehalten werden so kommt man dabei allerdings im Falle von zur Verwehung neigenden Gütern um gewisse Schutzmaßnahmen nicht herum, die vor allem in einem entsprechenden Windschutz an der Kippstelle bestehen.

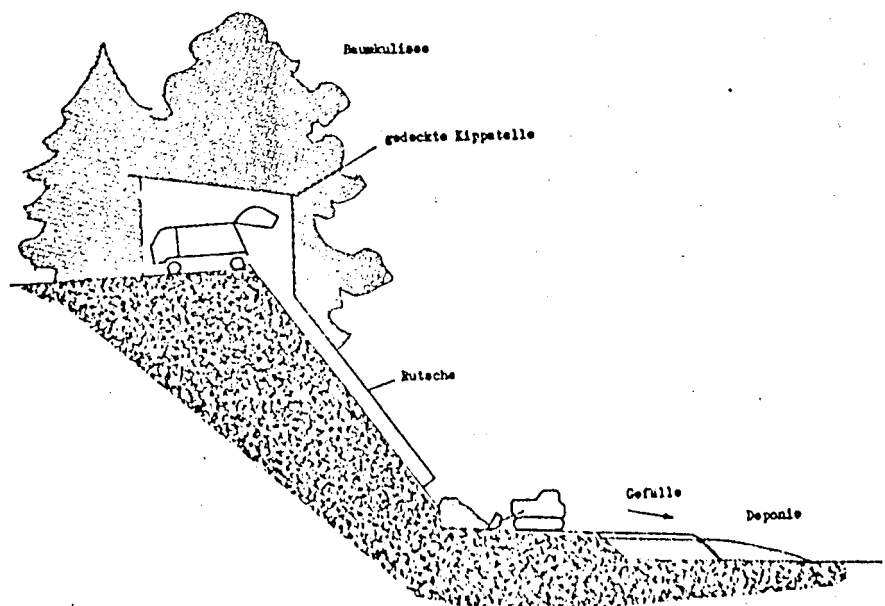
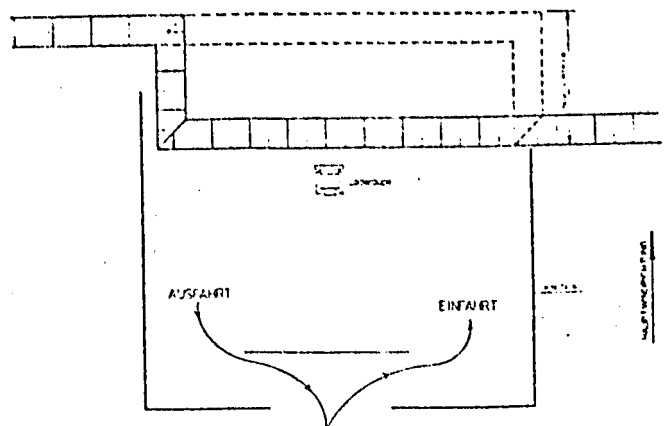


Abb. 13

Deponie mit fester Kippstelle und Rutsche

Für den Betrieb einer geordneten Deponie von Hausmüll gilt grundsätzlich:

1. Die angelieferten Abfälle sind noch am Tag der Anfuhr einzubauen. Keine Separation - Multikomponenten
2. Die Deponie ist schichtweise aufzubauen. Sie sollen 3 - 5 % geneigt und nicht dicker als 2 m sein.
3. Die Abfälle sind hohlraumarm einzulagern (Verdichtung durch Raupe, Lkw oder Spezialgerät).
4. Die Arbeitsbreite einer Raupe soll 50 m nicht übersteigen. Dadurch wird die Kontrolle des Aufsichtspersonals verbessert und Abdeckmaterial gespart.
5. Die Böschungen sind arbeitstäglich abzudecken. Die Oberfläche kann mit nichtbindigem Material abgedeckt werden (geeignet Altmüll, Granulat, Schlacke, Sand und Kies). Es werden ca. 0,25 t Inertstoffe pro t Hausmüll benötigt.
6. Altstoffauslese, Abbrennen von Sperrmüll und Rauchen ist verboten.
7. Schädlings- und Ungezieferbekämpfung sollte prophylaktisch vorgenommen werden.
8. Deponien sind immer mit der Hauptwindrichtung anzulegen. Verwehte Stoffe wehen über die Schüttkante. Der Luftstrom reißt dort ab. Die Stoffen fallen zur Erde und werden mit laufendem Fortschritt überkippt. Ansonsten sind selbstreinigende 4 m hohe Netze nach Anordnung in Abb. 14 aufzustellen.



Anordnung der Fangnetze auf der Deponie

2.2.2 Betriebsweise bei unverdichtetem Einbau (Rottedeponie)

Abweichend von der geschilderten Betriebsweise kann die geordnete Ablagerung von Abfällen so durchgeführt werden, daß ein großer Teil der im Abfall enthaltenen organischen Stoffe unter Zutritt von Luftsauerstoff verrottet. Dies kann im Hinblick auf die spätere Nutzung der Deponiefläche von Vorteil sein, da bei solchen Deponien Methan nur mehr in geringer Menge auftritt und Setzungen auf der Deponie in geringerem Umfang eintreten als bei Ablagerungen, in denen Zersetzungs Vorgänge unter Ausschluß von Luftsauerstoff stattfinden. Diesen Vorteilen steht jedoch gegenüber, daß das im folgenden beschriebene Verfahren einen höheren betrieblichen Aufwand und eine größere Mindestfläche erfordert als das beschriebene Ablagerungsverfahren.

Um anfänglich eine zu starke Verdichtung der Abfälle zu vermeiden und eine möglichst gute Versorgung der Abfälle mit Luftsauerstoff zu gewährleisten, sollen bei der hier beschriebenen Verfahrensvariante die frisch geschütteten Abfallschichten nicht mit den Sammelfahrzeugen befahren und verdichtet werden. Von einer ringförmig angelegten Straße, auf der die Sammelfahrzeuge verkehren, werden die Abfälle mit der Planierraupe über die Ablagerungsfläche verteilt. Auch bei diesem Verfahren sollte eine Schichtdicke von 2 m nicht überschritten werden. Die Oberfläche der relativ locker geschütteten Abfallschichten wird durch das Befahren nur mit einer Planierraupe nur leicht verdichtet. Zur Vermeidung von Papier- und Staubverwehungen und gegen Ungeziefer wird die Oberfläche mit nichtbindigem Material abgedeckt.

Nach Abschluß des Rottevorganges (etwa 4 - 6 Monate), der sich durch das Absinken der Temperatur im Müllkörper anzeigt, wird die Ablagerungsschicht von den Sammelfahrzeugen zur Aufbringung der nächsten Abfallschicht befahren, so daß dann die erwünschte Dichtung erfolgt. Durch dieses Verfahren wird eine höhere Verdichtung erreicht als bei einer sofortigen Verdichtung der Abfälle unmittelbar nach der Ablagerung.

2.2.3 Zusammenfassender Vergleich zwischen verdichteter und unverdichteter Schüttung

Abfälle in Schichten unverdichtet

Biologisch-chemischer Abbau im aeroben Bereich

Sehr weitgehender Abbau der organischen Substanz, teilweise bis zur Mineralisierung bei anhaltend hohen Temperaturen über 50 Grad C (während 4 - 6 Monate).

Abfälle in Schichten verdichtet

Biologisch-chemischer Abbau im anaeroben Bereich

Langsamer, unvollständiger Abbau der organischen Substanz. Bildung von z.T. wasserlöslichen Zwischenabbauprodukten (Geruchs- und Geschmackstoffe). Vollständiger Abbau und Mineralisierung, wenn überhaupt, erst nach sehr langen Zeiträumen. Kurzfristiger Temperaturanstieg über 50 Grad C, danach schnelles Absinken der Temperaturen meist bis unter 30 Grad C.

Sehr weitgehende, intensive Hygenisierung

Hohe Verdunstungsrate. Neben Wind- und Sonneneinwirkung vor allem durch Eigenwärme

Trotz unverdichteter Schüttung großes Wasserrückhaltevermögen während des Rotteprozesses. Sickerwasser erreicht in dieser Phase nur in geringen Mengen die Basis eines Müllkörpers. Auch der Anteil an Inhaltstoffen im Sickerwasser ist während der Rottephase verhältnismäßig gering.

Bildung sauerstoffreicher Verbindungen (z.B. Sulfat)

Bei dünner Abdeckung keine Geruchsbelästigung

Das Einbringen von flüssigen und schlammigen Abfällen in größeren Mengen möglich. Öl-Rückstände unterliegen weitgehend einem biologisch-chemischen Abbau.

Langsame Hygenisierung

Verdunstung bei freier Oberfläche (bei nur dünner Abdeckung) durch Wind- und Sonneneinwirkung. Einfluß der Eigenwärme nimmt sehr schnell ab.

Großes, über lange Zeiträume jedoch nachlassendes Wasserrückhaltevermögen über den gesamten Müllkörper. Kontinuierlicher, im Winterhalbjahr meist stärkerer Sickerwasser-Austritt an der Müllkörperbasis. Schon nach relativ kurzer Zeit langfristig hoher Gehalt an Inhaltstoffen im Sickerwasser, z.T. übelriechender Ablauf.

Bildung sauerstoffarmer Verbindungen; Rückhaltung von Schwermetallen als Sulfid.

Bei dünner Abdeckung keine Geruchsbelästigung.

Das Einbringen von flüssigen und schlammigen Abfällen in relativ eng begrenzten Mengen möglich. Öl-Rückstände unterliegen praktisch keinem biologisch-chemischen Abbau.

Abbau unter aeroben Bedingungen und anschließende Verdichtung der Abfälle führt zu beträchtlicher Volumenreduktion und ermöglicht eine sehr hohlraumarme Lagerung nach dem Rotteprozeß. Geringe Wasserdurchlässigkeit.

Gefahr von Oberflächenbränden bei Schichtung ohne Abdeckung relativ groß.

Methangas-Bildung praktisch ausgeschlossen; Schwelbrände sind nicht zu befürchten.

Ansiedlung von Ungeziefer nicht begünstigt.

Hohlraumarme Lagerung schon nach Einbringen und Verdichten der Abfälle. Die weitere Volumenreduktion verläuft entsprechend dem Abbau unter anaeroben Bedingungen in langen Zeiträumen. Die Wasserdurchlässigkeit nimmt im Laufe der Zeit zu.

Gefahr von Oberflächenbränden bei Schichtung mit und ohne Abdeckung gering.

Methangas-Bildung stark begünstigt; Gefahr von Schwelbränden ist groß.

Ansiedlung von Ungeziefer nicht begünstigt

2.2.4 Arbeitsgeräte

Ich habe nur mit den Geräten der Firma Hanomag Erfahrung. Es sind Laderaupen des Typs K 8 80 PS, die gegenüber der Normalausführung in folgenden Details geändert wurden:

Kabinenabdichtung mit Schaumgummi und Gummibändern. Dadurch geringere Staub- und Geruchsbelastigung für die Fahrer.

Lampenanordnung vorne und hinten höher gelegt wegen Sperrmüll. Trotzdem wird die gesamte Arbeitsstelle bei Dunkelheit von Flutlicht erleuchtet.

Ansaughutze zur Ansaugung von Kühlluft für die Motorkühlung. Grobes Streckmetall, dahinter auswechselbare feinmaschige Drahtgeflechtgitter. Außerdem Überwachung der Temperatur im Kühlwasserkreislauf durch zusätzliche optische und akustische Warnanlage bei 120 ° C.

Turbulator als Vorabscheider für Heizluftsaugung. Tangentiale Luftführung bewirkt Staubausfällung.

Contergewicht 500 bis 600 kg, bewirkt ruhigeren Lauf der Raupe. Vorher war durch das kurze Laufwerk zu starkes "hoppeln" störend.

Der Motor ist seitlich restlos mit Blech verkleidet. Durchlässe für Gestänge und

Kabel sind zusätzlich mit Blech und Gummimanschetten abgedichtet. Außerdem ist der Bauchsenschutz unter dem Motorblock durch Längs- und Querrippen wesentlich verstärkt.

Der Kühler ist durch zusätzliches Lochblech, Flacheisenrost geschützt worden. Dies war notwendig, um speziell bei der Verarbeitung von Sperrmüll ein Hineinstoßen zu verhindern.

Die Plattenbreite der Ketten ist von 400 mm auf 350 mm verringert worden. Als Grund ist die bessere Flächenpressung anzugeben. Die Schmutzdurchlaß-Löcher in den Bodenplatten werden vergrößert, damit eine bessere Selbstreinigung erfolgt. Die Schleißkante an der Ladeschaufel ist ohne Zähne ausgeführt.

Hart verchromte und vergütete Hubzylinder der Ladeschaufel gegen Riefenbildung beim Aufschlagen von harten Metallen und damit verbundenen Ölauslauf haben sich bewährt. Weitere Verbesserungsvorschläge, die im nächsten Jahr zur Ausführung gelangen sollen, sind einmal Anschnallgurte, die das Vornüberschlagen gegen die Frontscheibe verhindern sollen sowie ein Überschlagbügel am Fahrerhaus.

Der Bedarf an solchen Arbeitsgeräten läßt sich in Abhängigkeit von der Abfallmischung (Gr. 30 Hausmüll, Gr. 31 hausmüllähnlicher Gewerbemüll, Gr. 51 Sperrmüll) aus dem Diagramm 1 entnehmen.

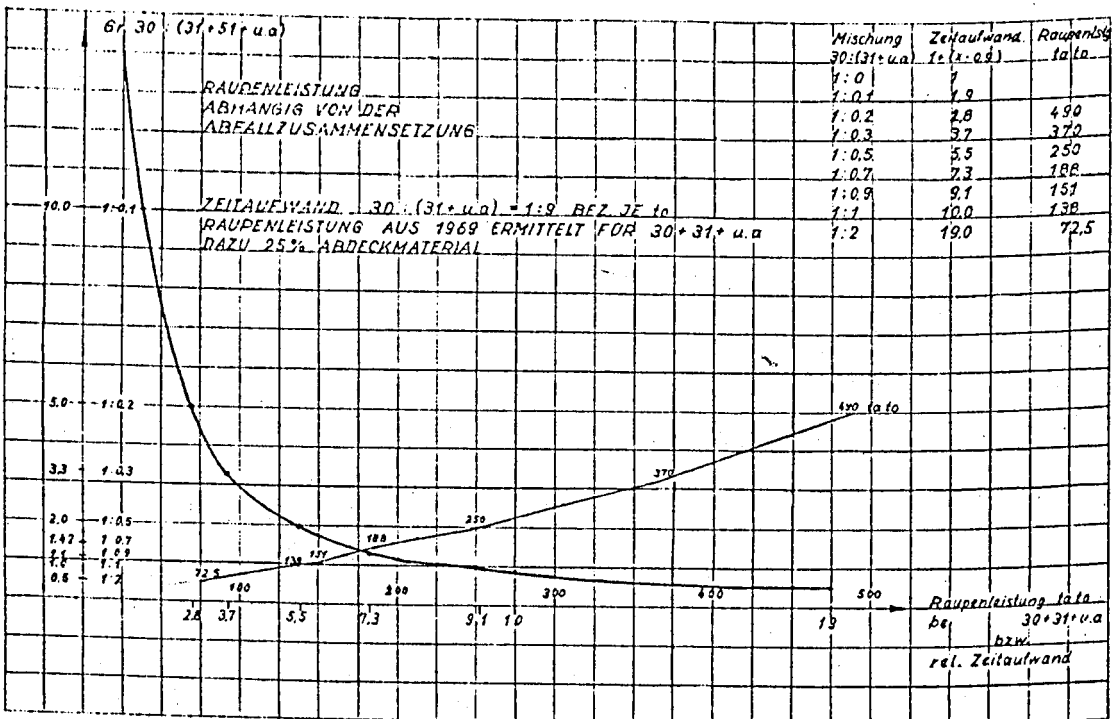


Diagramm 1: Theor. Leistung einer K 8 im Müllbetrieb bei 9 h Einbringungszeit und 1 h Abdeckzeit.

Gegenwärtig finden auf dem deutschen Markt spez. Verdichtungsgeräte Verwendung. Ein beim Siedlungsverband Ruhrkohlenbezirk (SVR) gemachter Test wird über ihren wirkungsvollsten Einsatz nähere Auskunft geben.

Neben diesen Einbring- und Verdichtungsgeräten werden benötigt: Straßenkehr- und -sprengmaschinen, fahrbare Beleuchtungsaggregate für den Winterdienst, Schneepflug und je nach Bedarf Radlader, Planierdraupe und Lkw.

2.2.5 Personalausstattung

Die Meinungen darüber gehen weit auseinander. Ich bin der Auffassung, daß für 1 Deponie immer 2 Mann einzusetzen sind. Selbst wenn der Betrieb im Krankheits- und Urlaubsfall auch von 1 Person bewältigt werden kann.

Qualifikation	25 000 jato	250 000 jato	600 000 jato
Betriebsleiter	-	1	1
Schachtmeister	-	1	1
Vorarbeiter	-	-	1
Wiegemeister	(1)	1	2
Raupen und LKW-Fahrer	1	3	6
Bauhelfer	1	2	3

Auf der Deponie sollten ausschließlich gesunde und voll einsatzfähige Personen beschäftigt werden

Ausschlaggebend für den Betrieb - insbesondere bei den kleineren Deponien - ist der Fahrer der Laderaupe. Dieser sollte handwerklich veranlagt und geschult und persönlich einsatzbereit sein. Ihm allein muß es gelingen, die Deponie in Ordnung

und die Anlieferer in Schach zu halten. In der Wertschätzung durch die Gemeinden sollte er das gleiche Ansehen wie z.B. der Wassermeister, der Feldhüter oder der Hausmeister einer Schule genießen.

Bei der Notwendigkeit, mehrere Deponien gegebenenfalls mit derselben Raupe bedienen zu müssen, sollte der Raupenfahrer einen Führerschein für das Fahren des für den Transport der Raupe notwendigen Fahrzeugs besitzen.

2.3 Rekultivierung

Im Zuge der Deponie werden die einzelnen Lagerschichten stark verdichtet. Die Absicht, die Deponie zu bepflanzen, erfordert jedoch, daß die obere Abfallschicht in einer Mächtigkeit von mindestens 1,50 m in lockerem Zustand erhalten bleibt. Das Kippmaterial darf aber nicht zu grob sein (kein Sperrmüll). Am besten eignet sich dazu u.a. Bauschutt und Straßenkehricht. Diese Materialien werden bei der Anfuhr von den Kippwärtern so gelenkt, daß sie nicht in die unteren Deponieschichten geraten, sondern tatsächlich über die fertiggestellten Flächen aufgebracht werden. Sollten vorübergehend keine Flächen für die Endabdeckung bereitstehen, so wird das Material an anderer Stelle zwischengelagert.

Auf diese zuletzt genannte Schicht wird eine weitere Lage mit kulturfähigem Substrat wie Bauaushub, Mutterboden aufgetragen. Die optimale Schichtstärke beträgt dabei im Optimum 60 - 100 cm. Die Fläche wird dann pflanzfertig hergerichtet, d.h. grobe Unebenheiten werden beseitigt.

Diese Maßnahme ist nicht unumstritten. Besonders die Arbeiten von Neumann haben zum Ziel direkt in ein gut verrottetes Müllsubstrat zu pflanzen. Es gibt dafür auch sehr gelungene Beispiele.

Voraussetzung ist die richtige Temperatur im Wurzelbereich (nicht höher als 25 ° C, d.h. 2 Jahre nach der Schüttung). Hier dürften die Rottedeponien entscheidende Vorteile haben.

Der Vollständigkeit halber muß erwähnt werden, daß die Verhältnisse bei landwirtschaftlich genutzten Mülldeponien, die einen nicht geringen Teil der Flächen ausmachen, etwas anders liegen. Obwohl verschiedentlich in früheren Jahren Mülldeponien ohne Abdeckung mit Erfolg als Grünland und sogar als Acker genutzt wurden, muß allein aus arbeitstechnischen Gründen davon abgesehen werden. Die Abdeckung sollte doch Pflugtiefe haben, damit bei der Feldbestellung keine Störungen auftreten. Durch die Abdeckung bedingte Nachteile können weitgehend durch Bodenpflege und -bearbeitung ausgeglichen werden.

Um zu verhindern, daß fertiggestellte Deponieflächen vor der Bepflanzung verwildern, werden sie durch Aussaat von Lupine oder Klee oder einer Mischung aus beiden Arten geschützt. Diese Maßnahme bewirkt eine biologische Anreicherung des Bodens, verhindert Wind- und Wassererosionen, Verunkrautung und schränkt den Papierflug ein. Außerdem gestaltet sie die Oberfläche ansehnlicher. Die Aussaat von Lupine (1-jährige oder perennierende), erfolgt auch in bepflanzten Flächen. Sie erfüllt in den ersten Jahren der Bestandsgründung die gleichen Zwecke,

wie auf den unbepflanzten Flächen. Die im übrigen aufwendigen Maßnahmen der Bestandspflege werden somit auf ein Minimum reduziert.

Um möglichst wenig fertiggestellte Deponieflächen brach liegen zu lassen, wird stets die frühest mögliche Bepflanzung angestrebt. Dabei wird der Herbstpflanzung in der Regel der Vorzug gegeben. Junge Gehölze nehmen die Winterfeuchtigkeit auf und überstehen mögliche Frühjahrs-trockenperioden.

Die Auswahl der Gehölze ist bei der Bepflanzung von Deponieflächen eingeschränkt. Auch wenn durch Übererdung mit kulturfähigem Substrat und mit Mutterboden gute Wachstumsvoraussetzungen im Wurzelbereich geschaffen werden, so engen schädliche Einwirkungen auf die oberirdischen Pflanzenteile doch häufig die Auswahl ein. Mit zunehmender Höhe der Deponie steigt der Windeinfluß. Die Südhänge sind starken Sonneneinstrahlungen und damit Erwärmung und Austrocknung des Bodens ausgesetzt. Immissionen aus benachbarten Industrien hemmen das Wachstum. So wird verständlicherweise in Bezug auf die Gehölzauswahl viel experimentiert, um so die am besten wachsenden Gehölze herauszufinden. Gute Erfahrungen wurden auf ähnlichen Standorten mit folgenden Gehölzen gewonnen: Rot- und Weißerle, einzelne Pappelarten (u.a. *Populus regenerata*, *Populus Rochester*, *Populus canescens*, *Populus Berolinensis* W. Schleswig,) dazu in zum Teil hervorragender Weise Bergahorn, Vogelkirsche, Feldahorn, späte Traubenkirsche, Liguster, Cornelkirsche, Hartriegel, Wildrosen, Feldulme, Roteiche, Robinie, Weißdorn, Pfaffenhütchen, Strauchweide u.a. Diese Auswahl ist

letztlich doch reichhaltig genug, um einen artenreichen widerstandsfähigen Bestand begründen zu können.

Die Pflanzung der Gehölze erfolgt in Mischungen, d.h. in Gruppen zu 6 - 8 Stück der gleichen Art. Reinbestände werden wegen des noch nicht auszuschließenden Risikos und wegen ihrer Unnatürlichkeit vermieden. Fällt eine Art aus, so wird die entstehende Lücke durch die anderen, sich besser durchsetzenden Arten geschlossen. Die Gehölze werden meistens als Forstware der Größe von 2 x c. 80-100 - 120 cm, von den Baumschulen bezogen. Junge Gehölze geben bekanntlich die größere Gewähr des Anwachsens als ältere Ware. Der Pflanzabstand beträgt in der Regel 100 x 100 cm. Dieser Pflanzenverband ist zwar eng, bewirkt aber ein frühezeitiges Schließen des Bestandes, einen guten Aufschluß des Bodensubstrats, schnellen Schutz vor Erosionen und früh einsetzende Humusbildung.

3.0 Kosten

Die Investitions- und Betriebskosten sind nach Goepfert und Reimers in einer vom SVR bestellten Studie auf dem Kostenspiegel 1970 festgestellt worden.

Die Ausstattung der Deponien wurde nach einheitlichen Gesichtspunkten und Erfahrungswerten aus der Praxis festgelegt.

Die Wiedergabe der Ausarbeitung übersteigt den mir hier gesetzten Rahmen. Sie wird in einem gesonderten Referat (P. van Wickeren - Kosten der Abfallbehandlung) mit behandelt.

R. Stegmann

Versuche zur Reinigung
von Müllsickerwasser

Problemstellung

Bei der geordneten Deponie sickert ein Teil des durch Regen aufgebrauchten Oberflächenwassers durch die einzelnen Müllschichten, wobei dieses mit anorganischen und organischen Stoffen angereichert wird. Dieses meist schwarz gefärbte, stark riechende Müllsickerwasser gelangt bei einer zum Untergrund nicht abgedichteten Deponie irgendwann ins Grundwasser. Da über den Zustand des Sickerwassers bei Eintritt ins Grundwasser keine exakten Angaben gemacht werden können, sollte dieses auf alle Fälle gesammelt und gereinigt werden; es sind jedoch keine Verfahren bzw. Erfahrungen zur Reinigung bekannt. Aus diesem Grunde hat die Auskunfts- und Beratungsstelle Müll (ABM) im Siedlungsverband Ruhrkohlenbezirk Essen (SVR) vom Institut für Stadtbauwesen der Technischen Universität Braunschweig Versuche durchführen lassen, um Art und Reinigungsmöglichkeiten von Sickerwasser zu untersuchen. Diese Versuche wurden auf der Zentraldeponie Emscherbruch in Gelsenkirchen (ZDE) durchgeführt, wo zum großen Teil Hausmüll gelagert wird.

Menge und Konzentration des Sickerwassers

Stellt man die in der Literatur angegebenen Werte über die anfallende Sickerwassermenge zusammen, so schwanken diese von 44 % bis 10 % der Jahresniederschlagsmenge (PIERAU/MÜLLER 1970, PIERAU, 1968). KLOTTER/HANTGE ermittelten $0,06 \text{ l/sec} \times \text{ha}$. Für eine überschlägige Ermittlung der Sickerwassermenge kann im Jahresmittel mit $0,05 - 0,1 \text{ l/sec} \times \text{ha}$ gerechnet werden; kurzzeitig sind auf der ZDE jedoch Abflußmengenschwankungen von ca. 300 % beobachtet worden.

Bei der Beschreibung der Verschmutzung des Sickerwassers wurden die anorganischen Stoffe nur insoweit regelmäßig bestimmt, wie sie den Reinigungsprozeß beeinträchtigen können. Stichprobenartig sind zusätzlich 14 Elemente bestimmt worden. Die organischen Inhaltsstoffe werden mit Hilfe des COD, TOC und BSB₅ beschrieben. In der Tabelle 1 sind die Mittel- und Extremwerte der Monate September/Okttober 1970 und Juli bis November 1971 dargestellt. Die Ursachen für die starken Konzentrationsänderungen konnten noch nicht ermittelt werden.

Bei den anorganischen Stoffen konnten im Hinblick auf die biologische Abwasserreinigung keine schädlichen Konzentrationen festgestellt werden; mögliche Konzentrationserhöhungen infolge Anreicherung in der Belebtschlammflocke haben keine Auswirkungen auf die Reinigungsleistung gehabt. Dem Phosphorgehalt, der für die Lebensfähigkeit der Bakterien notwendig ist, sollte Beachtung geschenkt werden; in den 8 Versuchswochen 1970 war der Phosphorgehalt, gemessen als PO₄-P, an einigen Tagen nicht nachzuweisen.

Reinigungsversuche

Während der Monate Juli bis einschließlich November sind 1971 auf dem Gelände der ZDE-Gelsenkirchen halbtechnische Versuche zur Reinigung des oben beschriebenen Sickerwassers durchgeführt worden, wobei ausschließlich biologische Verfahren angewandt wurden. Die Versuchsanlage bestand aus 3 Belebungsanlagen (4, 2, 1 Tag Aufenthaltszeit), einem der am niedrigsten belasteten Anlage nachgeschalteten Nachteich (14 Tage Aufenthaltszeit) und einem Teichsystem bestehend aus einem belüfteten und einem unbelüfteten Teich (je 14 Tage Aufenthaltszeit).

Die biochemischen Prozesse verliefen stabil; der Schlamm setzte

gut ab. Die Ablaufkonzentrationen der Belebungsanlagen schwankten zwischen 5 und 30 mg/l BSB₅; die COD-Werte lagen bei 400 mg/l und die TOC-Werte bei 160 mg/l.

Das Wasser war geruchlos, klar, aber leicht bräunlich gefärbt (etwa wie Tee). Im Nachteich fanden keine Abbauprozesse mehr statt. Nitrifikation wurde in Anlage 1 (4 Tage) vollständig, in Anlage 2 (2 Tage) teilweise und in Anlage 3 (1 Tag) nicht erreicht. Die Ablaufqualität des Teichsystems entsprach etwa der der Anlage 3. Im unbelüfteten Teich II fand eine starke Algenproduktion statt.

Vorversuche haben gezeigt, daß die Restverschmutzung (COD = 400 mg/l, TOC = 160 mg/l) und die leichte Bräunung durch Adsorption an Aktivkohle, durch Fällung bzw. Chlorung teilweise eliminiert werden kann. Systematische Untersuchungen werden zur Zeit am Institut durchgeführt.

Ein weiteres Problem ist die Übertragbarkeit der in Gelsenkirchen gewonnenen Ergebnisse auf andere Deponiewässer. Analysen des Sickerwassers von der Braunschweiger Deponie ergaben im Mittel ca. 10-fache organische Verschmutzung: BSB₅ = 5 500 mg/l, COD = 9 600 mg/l, TOC = 3 800 mg/l. Aus diesem Grunde sollen in diesem Jahr Reinigungsversuche mit Sickerwässern anderer Deponien durchgeführt werden.

LITERATUR

- PIERAU, H.: Die Bedeutung der "Rotte-Deponie" für die hygienisch einwandfreie Beseitigung von Klärschlamm zusammen mit häuslichen Abfällen Städtehygiene 21 (1970), Seite 82 - 87
- PIERAU, H. Ergebnisse der Untersuchungen von Versuchsdeponien und bestehenden Ablagerungsplätzen Stuttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft, Heft 41, München 1968, S. 27 - 51
- KLOTTER, H.-E.:
HANTGE, E. Abfallbeseitigung und Grundwasserschutz Müll und Abfall 1, 1969, Seite 1 - 8
- INSTITUT FÜR : Reinigung von Deponieabwasser
STADTBAUWESEN Bericht über das Versuchsjahr 1971
T.U. BRAUNSCHWEIG unveröffentlicht

Rudolf Braun:

Grundlagen der Kompostierung

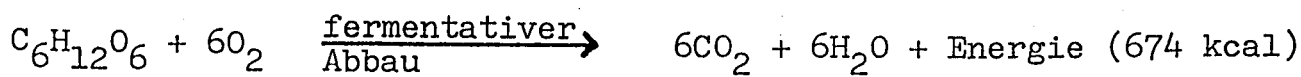
Unter Kompostierung verstehen wir die Umwandlung vorwiegend organischer Abfälle pflanzlichen oder tierischen Ursprunges in eine Art Humus-Erde mit Hilfe des natürlichen Rottevorganges, wie er in jedem Wald- und Ackerboden anzutreffen ist.

Die Aufgabe der Kompostierungstechnik besteht darin, die festen Abfälle aus Haushaltungen, gewisse organische Abfälle aus Industrie und Gewerbe, sowie den Klärschlamm aus kommunalen Abwasserreinigungsanlagen mit Hilfe des natürlichen Rottevorganges in eine volumen- und gewichtsmässig stark reduzierte, unschädliche, hygienisch und ästhetisch einwandfreie Form überzuführen, sodass das Endprodukt, der Müll- bzw. Müllklärschlamm-Kompost, im Pflanzenbau als Humusdünger verwendet werden kann.

1. Der natürliche Rottevorgang als Grundlage der Müllkompostierung

Der Stoffkreislauf in der Natur ist gekennzeichnet durch Werden und Vergehen, durch Aufbau und Abbau organischer Stoffe als Ausdruck der Lebenstätigkeit der Organismen. Gelangen organische Abfälle pflanzlichen oder tierischen Ursprungs auf oder in den Boden, so unterliegen sie einem Abbau- und Umwandlungsprozess, der in erster Linie von Mikroorganismen (Bakterien und Pilzen) ausgelöst und vollzogen wird. Sauerstoffarme, energiereiche Kohlenstoffverbindungen der organischen Substanz werden dabei in niedermolekulare Verbindungen umgewandelt, was unter Abgabe von Energie geschieht, die von den Mikroorganismen zum Teil ausgenützt wird. Hier zeigt sich also schon die Bedeutung des organisch gebundenen Kohlenstoffs als Energieträger. Im Endstadium dieses Abbauprozesses entstehen schliesslich Kohlen-säure, Wasser und Mineralsalze.

Als Modell für diesen Abbauprozess können wir die Pauschalformel für den Abbau von Zucker (Glukose) verwenden:



= Dissimilations- oder Atmungsformel

Es handelt sich dabei um eine Veratmung der Glukose durch Mikroorganismen. Auf ähnliche Weise geht der Abbauprozess der übrigen organischen Stoffe, wie Stärke, Zellulose, Eiweiss, Fett usw. vor sich. Wo neben C, H und O noch andere Elemente (z.B. N, P, S, Mg) vorhanden sind, werden diese zum grossen Teil oxydiert und damit in eine anorganische Form übergeführt, in der sie von den Pflanzen aufgenommen werden können. Man spricht dann von Mineralisation. Sie schliesst damit als Gegenstück zur Stoffaufnahme (Assimilation) den Kreislauf dieser Elemente in der Natur (Boden-Pflanze-Boden).

Die Mikroorganismen sind unter günstigen Lebensbedingungen zu einer erstaunlichen Leistung fähig. Sie sind beispielsweise in der Lage, in 1 Stunde das 1'000 - 100'000-fache ihres Körpergewichtes an Glukose abzubauen! Diese erstaunliche Leistung ist nur möglich, weil ihre Stoffwechselfvorgänge ausschliesslich durch die semipermeable Zell-Membran ablaufen. Unter günstigen Umständen ist beispielsweise eine Bakterienzelle in der Lage, sich in 20 Minuten zu teilen.

Geschieht der Abbauprozess der organischen Substanz unter Anwesenheit des Luftsauerstoffs, so spricht man von aerober Zersetzung oder Rottung. Erfolgt der Abbauprozess unter Luftabschluss, so handelt es sich um eine anaerobe Zersetzung oder Fäulnis. Beide Vorgänge laufen bei der Umwandlung organischer Stoffe unter natürlichen Bedingungen im Boden nebeneinander her. Bald überwiegt der

eine, bald der andere Prozess, je nach der Durchlüftung des Bodens.

Die Tätigkeit der Mikroorganismen bei diesen Umwandlungsprozessen ist äusserst kompliziert und z.T. noch sehr wenig erforscht. Einerseits wandeln sie dabei mit Hilfe spezifischer Enzyme komplizierte organische Verbindungen in einfache Stoffe um und gewinnen dabei die für ihre Lebensprozesse notwendige Energie. Wird dieser Abbau zu Ende geführt, d.h. bis zur Bildung von Mineralsalzen, Kohlensäure und Wasser, so spricht man von Mineralisation. Andererseits aber verwenden die Mikroorganismen bereits abgebaute oder frische organische Substanz als Nahrung zum Aufbau ihrer Körpersubstanz, wobei wieder der umgekehrte Vorgang eintritt: einfache organische oder anorganische Stoffe werden in komplizierte neue organische Verbindungen, nämlich in Bau- und Betriebsstoffe der Organismenleiber, umgewandelt.

Die organische Substanz, wie sie als Abfälle auf oder in den Boden gelangt, besteht aus zahlreichen, teils leicht, teils schwer zersetzbaren chemischen Verbindungen. So sind Kohlehydrate (Zucker, Stärke, Zellulose, Hemizellulosen, Pektin), ferner Eiweisse und Eiweissderivate leicht, dagegen Lignin, manche Fette, Wachse und Harze schwer zersetzlich, bzw. angreifbar durch Mikroorganismen.

Wenn auch gewisse Abbaustufen nur von ganz bestimmten Mikroben, von Spezialisten, vorgenommen werden, so geschieht der Gesamtabbau der organischen Substanz durch ein unübersehbares Heer verschiedenster Organismen. So sind in einem Gramm einer Mischung von Müll und Klärschlamm beispielsweise mehrere Milliarden vorhanden. Bei diesem Abbauprozess handelt es sich um eine Art Kettenreaktion, um eine Arbeit am laufenden Band, wobei eine bestimmte Organismenart die Stoffe bis zu einem gewissen Punkt verarbeitet und dann das Produkt an andere Arten weiterleitet, wenn wir uns dieser bildlichen Sprache bedienen dürfen.

Stoff-Verluste bei 42-tägiger Rottezeit unter optimalen Bedingungen in Plastik-Körben

Abb. 1

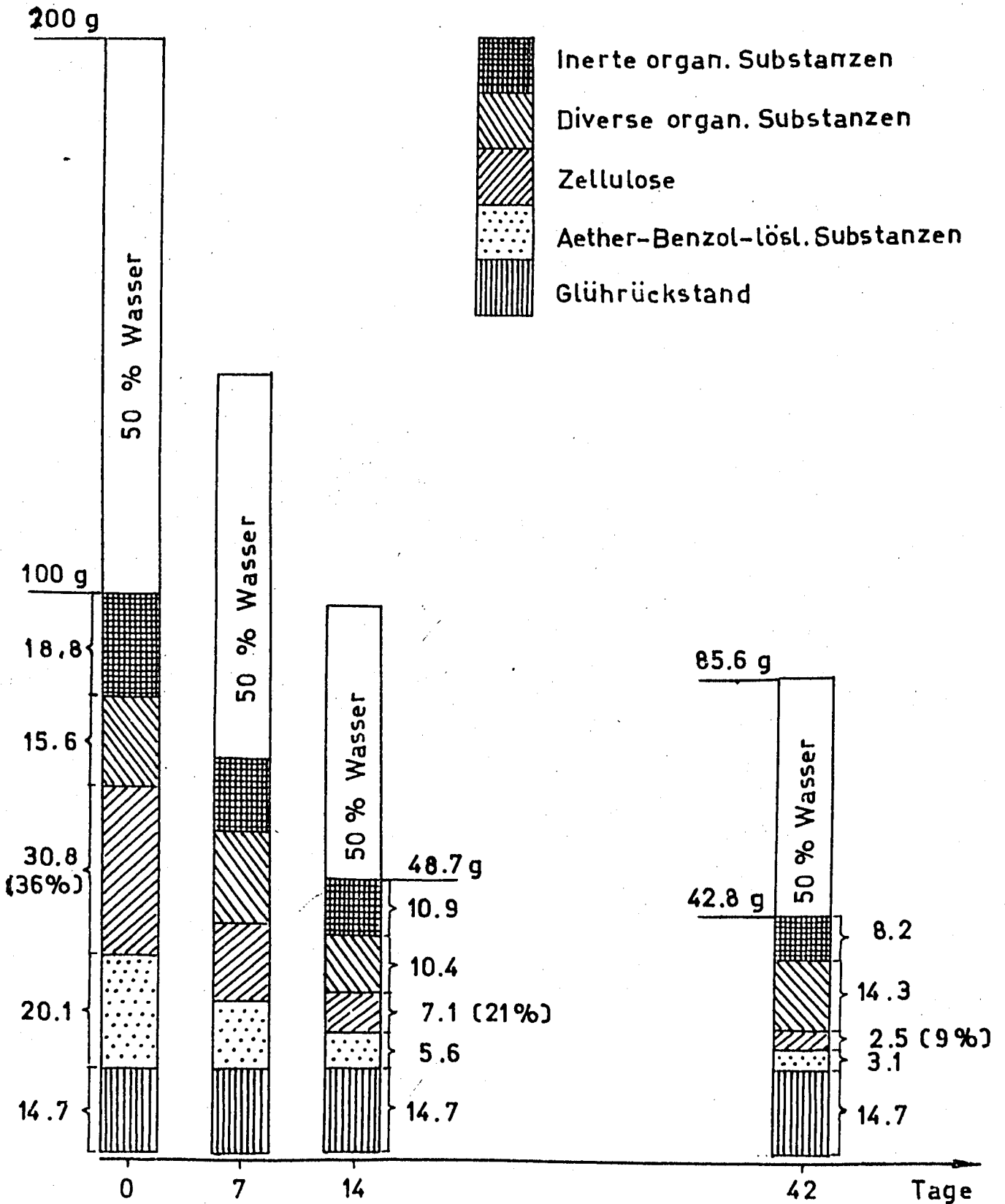


Abb. 1

Früher bezeichnete man die Summe der zwischen Ausgangssubstanz und den mineralisierten Endstoffen auftretenden Zwischenprodukte als Humus. Man hat indessen erkannt, dass der Humus nicht nur aus diesen Zwischenprodukten besteht, sondern dass durch komplizierte biochemische Vorgänge z.T. unbekannter Natur neue Stoffe, die sog. echten Humusstoffe entstehen, eine ganze Gruppe hochmolekularer, gegen mikrobiellen Angriff relativ stabiler Verbindungen, die im Boden in grossen Mengen vorkommen und ihm seine charakteristische braune Farbe verleihen.

Bei diesem Abbauprozess der organischen Substanz tritt eine beträchtliche Verminderung des ursprünglichen Volumens und Gewichtes ein, deren Ausmass abhängig ist vom Grad der Zersetzung. Die grösste Volumenreduktion wird bei der vollständigen Mineralisation erreicht.

Zu welcher Leistung die Rotteorganismen unter optimalen Lebensbedingungen fähig sind, zeigt uns ein Rotteversuch im Labor-massstab (s. Abb. 1). Zerkleinerter Sommermüll mit einem Wassergehalt von 50 % wurde in kleinen Gräzellen (Plastic-Körbe) mit optimaler Sauerstoffversorgung gerottet. Nach ca. 3 Wochen waren die Abfälle in Reifkompost ab- und umgebaut. Diese extrem kurze Rottezeit kann in der Praxis leider nicht (oder noch nicht) erreicht werden. Sie dauert normalerweise 4 - 6 Monate, ev. noch länger. In der freien Natur hingegen kann der Rotteprozess sogar Jahre dauern. Aufgabe der Technik ist es, diesen Prozess örtlich und zeitlich zu konzentrieren. Dazu müssen wir jedoch die Voraussetzungen kennen.

2. Die Voraussetzungen für den Rotteprozess

2.1. Chemische Zusammensetzung des Ausgangsmaterials

Der Rotteprozess stellt ein schwer übersehbares Neben- und Ineinanderwirken einer grossen Zahl von Einzelprozessen dar, die von Mikroorganismen ausgelöst und vollzogen werden. Es handelt sich dabei um einen exothermen Prozess, bei welchem der organisch gebundene Kohlenstoff von den Mikroben mit Hilfe des Sauerstoffs veratmet wird. Der Kohlenstoff spielt also eine grosse Rolle als Energiestoff. Daneben benötigen die Mikroorganismen in erster Linie Stickstoff, Phosphor und Kali als Stoffe zum Aufbau ihrer Körpersubstanz, wobei auch Spurenelemente bei der Ernährung eine wichtige Rolle spielen. Alle diese Stoffe müssen in einem zu rottenden Material in genügender Menge vorhanden sein. Hingegen dürfen darin keine toxisch wirkenden Verbindungen enthalten sein, welche eine Mikrobentätigkeit verzögern oder gar verhindern. Auch zu hohe Salzkonzentrationen und ein zu saures oder zu alkalisches Milieu wirken sich auf den Rotteprozess hemmend aus oder können ihn sogar verunmöglichen. Dieser Tatsache muss namentlich bei der Kompostierung industrieller und gewerblicher organischer Abfälle Rechnung getragen werden.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass der Verrottungsvorgang am günstigsten verläuft, wenn das Verhältnis zwischen Kohlenstoff und Stickstoff (C : N-Verhältnis) in den zu verarbeitenden Abfallstoffen zwischen 20 und 30 liegt. Ist das Verhältnis grösser als 30, so werden die Abbauprozesse verlangsamt. Ist es jedoch zu eng, d.h. unter 10, so wird der nicht als Zellbaustoff benötigte Stickstoff als Ammoniak abgespaltet und geht in die Luft verloren.

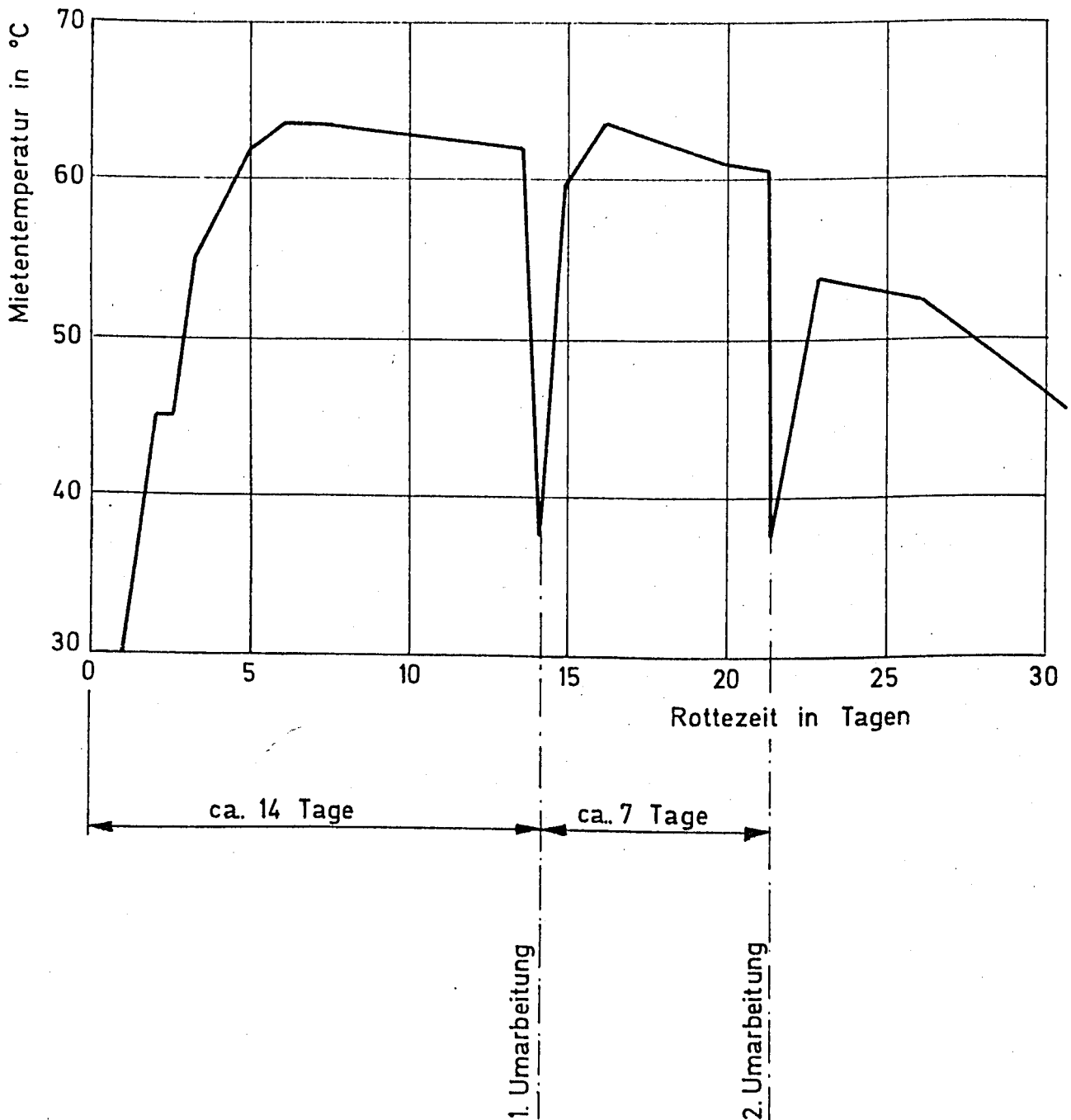
2.2. Mikroorganismen

Ein grosser Teil der beim aeroben Abbauprozess erzeugten Energie wird als Wärme frei, weshalb der Rotteprozess stets mit einer starken Wärmeentwicklung verbunden ist. In einer Müllkompostmiete entstehen unter Umständen Temperaturen bis zu 80°C. Diese Selbsterhitzung infolge intensiver Mikrobentätigkeit wurde in den letzten Jahren eingehend untersucht, insbesondere von GLATHE[(1), 1962] und NIESE [(2), 1963]. Dabei konnten in den mikrobiologischen Prozessen in einer Kompostmiete drei charakteristische Phasen unterschieden werden (s. Abb. 2).

1. die Phase des Temperaturanstiegs,
2. die thermophile Phase (hoher Temperaturbereich),
3. die Phase der Abkühlung.

Die erste Phase ist charakterisiert durch eine sehr starke Vermehrung der mesophilen Bakterien. Leicht abbaubare organische Stoffe dienen dabei als Energiequelle, so dass eine deutliche Verminderung des Gehalts an organischer Substanz festgestellt werden kann. Bei etwa 50°C wird der Temperaturanstieg verzögert, die Zahl der mesophilen Keime nimmt ab, hingegen vermehren sich nun die thermophilen (wärmeliebenden) Bakterien sehr rasch (= thermophile Phase). Steigt die Temperatur über 65°C, so nimmt die biologische Aktivität ab und kommt bei etwa 75 - 80°C fast gänzlich zum Stillstand. Die Phase der Abkühlung ist wiederum charakterisiert durch die starke Entwicklung der mesophilen Keime. Je höher die Organismenzahl, desto rascher ist die Selbsterhitzung. Aus diesem Grunde- neben der Zufuhr von Nährstoffen - hat die Mitverarbeitung des Klärschlammes bei der Müllkompostierung einen intensivierenden Einfluss auf den Rotteprozess.

Temperaturverlauf
im Innern einer Müllkompostmiete



Mit der Phase der Abkühlung ist auch der wesentlichste Teil des Stoffabbaus abgeschlossen und eine gewisse Reife des Materials erreicht. Je nach Art der Ausgangsstoffe ist dieser Zustand nach 4 - 6 Monaten bei der Mietenkompostierung erreicht.

Unter den pflanzlichen Mikroorganismen sind es insbesondere Bakterien, Aktinomyzeten und Pilze, die massgeblich bei der Verrottung organischer Stoffe beteiligt sind. NIESE [(2), 1963] und GLATHE [(1), 1962] haben die Bakterienflora, vor allem diejenige der thermophilen Phase, näher untersucht und dabei interessante Gesetzmässigkeiten in bezug auf die Gesamtkeimzahl festgestellt. Das Verhältnis der thermophilen zu den mesophilen Keimen, das normalerweise im Müll weit unter 1 liegt, steigt bei der Erhitzung der Kompostmieten über 45°C rasch an und bleibt auch nach der Abkühlungsphase auf Werten über 1. Damit kann auch in Reifkomposten noch nachgewiesen werden, ob eine genügende Selbsterhitzung, die wir aus hygienischen Gründen fordern müssen, wirklich stattgefunden hat. V. KLOPOTEK (3) hat die Besiedlung des Müllkompostes durch Pilze eingehend erforscht. Die drei erwähnten thermischen Phasen der Kompostierung lassen sich auch in der Pilzflora erkennen. In der thermophilen Phase treten einige wenige dominierende Arten hervor, hingegen konnten in der Abkühlungsphase eine grosse Zahl von Arten isoliert werden. Auch mit Hilfe der Pilzanalyse lassen sich wertvolle Rückschlüsse auf Art und Intensität des abgelaufenen Rottevorganges ziehen.

Eine vollständige Hygienisierung des Abfallmaterials wird bei einer richtig geführten Kompostierung sichergestellt, einerseits durch die erhöhten Temperaturen, andererseits durch antibiotisch wirkende Ausscheidungsprodukte der Rotteorganismen.

2.3. Belüftung

Bei der Müllkompostierung wird ein aerober Rotteprozess angestrebt. Ein anaerober Fäulnisprozess (ohne Luftsauerstoff) hätte nicht nur längere Abbauezeiten und Entwicklung übler Gerüche zur Folge, sondern bietet auch keine Garantie in bezug auf die Hygienisierung des Abfallmaterials, da der anaerobe Prozess nicht mit der Entwicklung hoher Temperaturen verbunden ist. Die Rotteorganismen benötigen daher ein Mindestmass an Sauerstoff. Das zu rottende Material muss folglich eine Lockerstruktur besitzen, so dass möglichst alle Teile wenigstens zeitweise mit Luft in Berührung kommen.

2.4. Feuchtigkeit

Die Mikroorganismen benötigen, wie jedes Lebewesen, eine bestimmte Menge Wasser. Sie können ihre Nahrung zur Hauptsache nur in gelöster Form durch die semipermeable Zellwand in sich aufnehmen. Folglich muss die Oberfläche der abzubauenden organischen Stoffe mit einem Wasserfilm umgeben sein. In der Praxis wird für die Aufrechterhaltung möglichst intensiver, aerober Rotteverhältnisse ein Wassergehalt des zu kompostierenden Materials von 40 - 55 % empfohlen. Liegt er zu tief, d.h. ist das Material zu trocken, werden die Abbauprozesse verlangsamt oder kommen praktisch zum Stillstand. Ist das zu kompostierende Material zu nass (> 60 % WG), so schlagen die aeroben Prozesse in anaerobe Fäulnis um.

Ueber die technischen Vorkehrungen zur Realisierung dieser soeben besprochenen Voraussetzungen für einen möglichst intensiven und reibungslosen Ablauf des Rotteprozesses wird ein späteres Referat orientieren.

3. Das Endprodukt: Der Kompost

Müll- bzw. Müllklärschlammkompost ist nicht in erster Linie ein Dünger im Sinne von Pflanzennährstoffen (sein Gehalt an N, P und K ist gering), sondern ein Boden- und Humusdünger, der indirekt auf die Pflanze wirkt, indem er verschiedene Milieufaktoren im Boden verbessert, die ihrerseits das Pflanzenwachstum positiv beeinflussen. Durch die Anwendung von Kompost kann der Humusgehalt des Bodens erhöht, resp. wieder ersetzt werden. Müllkompost ist vergleichbar mit anderen Bodendüngern, wie z.B. Torf und Stallmist (s. Tab. 1)*, ist ihnen jedoch in verschiedener Beziehung überlegen. Seine spezifische Wirkung auf Boden und Pflanze möchten wir kurz folgendermassen definieren:

a) Verbesserung der physikalischen Bodenstruktur

Humusstoffe sind u.a. wesentlich an der Bildung einer stabilen, lockeren Krümelstruktur des Bodens beteiligt. Damit vergrössert sich das Porenvolumen, was den Gasaustausch mit der Atmosphäre und damit die Wurzelatmung verbessert. Ein mit Kompost behandelte, krümeliger Boden besitzt auch eine bessere Drainagefähigkeit, ist leichter zu bearbeiten und ermöglicht eine bessere Durchwurzelung.

b) Erhöhung der Wasserkapazität des Bodens

Bedingt durch die wasserhaltende Eigenschaft des Kompostes trocknet ein damit behandelte Boden weniger schnell aus und verhärtet sich nicht.

* siehe am Schluss des Manuskriptes

c) Erhöhte Adsorption von Pflanzennährstoffen

Kompost wirkt als Ionenaustauscher und adsorbiert Pflanzennährstoffe und Spurenelemente im Boden, die er langsam und gleichmässig an die Pflanzen abgibt (langsam fliessende Nährstoffquelle). Dadurch wird eine Schädigung bei zu starker Düngung mit Mineraldüngern vermieden und die Nährstoffverluste durch Auswaschung herabgesetzt.

Ein gesunder Humusboden ist der beste Schutz für das Grundwasser!

d) Verhinderung der Boden-Erosion

In Steillagen ohne Bodenbedeckung (Weinberge) verhindert der Kompost die Erosion (Abschwemmung) der Feinerde nach starken Niederschlägen, indem die Feinstteile zu stabilen Krümeln zusammengebunden werden. Dadurch kann auch die Drainagefähigkeit des Bodens verbessert werden, sodass ein grosser Teil der Niederschläge im Boden versickern kann.

e) Nährsubstrat

Humusstoffe bilden ein ideales Nährsubstrat für die gesamte Bodenlebewelt (Flora und Fauna), was für die Bodenfruchtbarkeit von grösster Bedeutung ist. Dadurch wird die Bildung einseitiger, z.T. parasitärer Populationen im Boden, die vorallem bei Monokulturen auftreten, verhindert (Bodenmüdigkeit).

Die spezifische Wirkung des Kompostes resp. der Humusstoffe kann als eine Art "Pufferwirkung" zusammengefasst werden, indem er zur Aurerhaltung (oder Schaffung) eines ausgeglicheneren Milieus für die Pflanze beiträgt und damit eine dauernde Fruchtbarkeit sicherstellt.

4. Verwendung des Kompostes

Kompost ist in erster Linie ein Humuslieferant, kann also mit Erfolg dort verwendet werden, wo der Boden an Humus verarmt ist, einem vermehrten Humusschwund ausgesetzt ist oder wo die Humusversorgung nicht auf betriebseigener Basis (z.B. Stallmist) erreicht werden kann. Als Hauptabnehmer für Kompost kommt also weniger der Extensiv-, sondern der Intensivbau in Frage.

a) Verwendung in der Landwirtschaft

Im Acker- und Futterbau ist Müllkompost, wenigstens bei uns in der Schweiz, wenig gefragt, da im Allgemeinen solche Böden keinen ausgesprochenen Humusmangel aufweisen. Hingegen in viehlosen Landwirtschaftsbetrieben ohne Hofdünger kann Müllkompost zur Humusversorgung der Böden gute Dienste leisten.

In der Viehhaltung kann Kompost als Einstreumaterial verwendet werden. Neuerdings findet er auch vermehrt Anwendung als Zusatz zum Tierfutter, z.B. in der Ferkelzucht zur Verhinderung der Anämie.

b) Verwendung in der Forstwirtschaft

Mit grossem Erfolg wird Kompost zur Verbesserung der Böden der Forstgärten verwendet. Die mit Kompost behandelten Böden erzeugen nicht nur kräftigere und gesündere Pflanzen, sondern weisen auch in arbeitstechnischer Hinsicht verschiedene Vorteile auf. Die Jungpflanzen können durchschnittlich 1 Jahr früher verschult werden im Vergleich zu denjenigen, die auf nicht mit Kompost behandelten Böden gewachsen sind. Auch bei Aufforstungen im Gebirge dient Müllkompost als "Starthilfe".

c) Verwendung im Garten- und Gemüsebau

Neben der Forstwirtschaft und dem Weinbau gehört der Garten- und Gemüsebau zu den wichtigsten Kompostabnehmern. Verwendung findet der Kompost in steigendem Masse auch für Glashauskulturen und für Neuanlagen und Unterhalt von Privatgärten, öffentlichen Anlagen usw. Auch als Wärmespender für Treibbeetkästen anstelle des Pferdemistes findet unausgereifter, möglichst junger Kompost steigende Verwendung.

d) Verwendung im Weinbau

Mit Hilfe einer Kompostbedeckung der Böden in Steillagen kann die nach Starkregen üblicherweise auftretende starke Abschwemmung der Feinerde praktisch vollkommen verhindert werden. Die Wirkung des Kompostes ist in dieser Hinsicht wesentlich besser als diejenige von Torf oder Stallmist.

Das Referat wird durch Film und Dias ergänzt

Literatur

- (1) Glathe, H. (1962): Mikrobiologische Vorgänge bei der Kompostierung und ihre Auswirkungen in physikalisch-chemischer Hinsicht. (II. Internat. Kongress der IAM in Essen).
- (2) Niese, G. (1963): Versuche zur Bestimmung des Rottegrades von Müllkomposten mit Hilfe der Selbsterhitzungsfähigkeit. (Informationsblatt Nr. 17 der IAM, Zürich).
- (3) Klopotek, A.v. (1963): Schimmelpilze und Müll. (Informationsblatt Nr. 19 der IAM, Zürich).

Tabelle 1

Zusammensetzung von Müll-Klärschlammkompost, Torf und Stallmist

	% des feuchten Materials		
	Müll-Klärschlamm Kompost (reif)	Torf	Stallmist
Wassergehalt	40 - 60	ca. 30	70 - 80
Organische Substanz	10 - 25	ca. 60	17
C/N-Verhältnis	12 - 20	-	<20
Stickstoff (N)	0,2 - 0,6	0,5	0,5
Phosphor (P ₂ O ₅)	0,2 - 0,8	-	0,3
Kali (K ₂ O)	0,2 - 0,4	-	0,6
Magnesium (MgO)	0,2 - 0,6	-	-
Kalzium (CaO)	0,5 - 0,6	-	-
Eisen (Fe)	0,5 - 1,5	-	-
pH-Wert	7,0 - 7,8	-	-

Rudolf Braun:

Technik der Kompostierung

Es soll nicht der Zweck dieses Referates sein, die verschiedenen technischen Kompostierungsverfahren und deren maschinellen Einrichtungen im Einzelnen zu schildern oder sie gar gegeneinander auszuspielen. Wenn wir einige an Firmen gebundene Systeme namentlich erwähnen oder schematisch darstellen, soll dies keine Wertung bedeuten, sondern nur als Beispiele aus der Praxis betrachtet werden. Eingehende Schilderungen der verschiedenen Verfahren und Einrichtungen finden sich zur Genüge in der Fachliteratur, insbesondere im Handbuch "Müll- und Abfallbeseitigung" von Kumpf, Maas, Straub (Erich Schmidt Verlag Berlin).

Wir möchten uns daher beschränken auf einige prinzipielle Bemerkungen zur Kompostierungstechnik, die ja die Aufgabe hat, die im Referat "Grundlagen der Kompostierung" geschilderten Voraussetzungen für einen möglichst optimalen Verlauf der Rotteprozesse zu schaffen, gewissermassen die Natur zu kopieren und durch technische Vorkehrungen den Rotteorganismen günstige Lebensbedingungen zu bieten. Dabei soll der natürliche Ab- und Umbauprozess der organischen Substanz zu Humusstoffen örtlich und zeitlich konzentriert werden.

Ein Kompostwerk besteht im Prinzip aus zwei Teilen:

Einem Aufbereitungsteil, in welchem die Abfälle zerkleinert, vermischt, homogenisiert, befeuchtet, also so aufbereitet werden, dass sie den erwähnten Voraussetzungen für einen möglichst optimalen Rotteverlauf entsprechen.

Ferner wird im Aufbereitungsteil eines Kompostwerks das gerottete Material zu einem verkaufsfähigen, attraktiven Endprodukt aufbereitet.

In einer zweiten Stufe, im Rotteteil, findet der eigentliche Abbau- und Reifeprozess statt. Man könnte die beiden Anlageteile auch als mechanischen und biologischen Teil bezeichnen.

1. Der Aufbereitungsteil

Müll ist für die Verfahrenstechnik der Kompostierung, aber auch der Verbrennung/^{ein}unangenehmer Rohstoff! Er ist in physikalischer und chemischer Hinsicht denkbar heterogen zusammengesetzt. Menge und Zusammensetzung schwanken nicht nur von Jahreszeit zu Jahreszeit, sondern auch von Ort zu Ort. Ausserdem ist der Müll nicht lagerfähig.

Kompostwerke und Verbrennungsanlagen haben nun die nicht leichte Aufgabe, den Müll in den Quantitäten und Qualitäten zu verarbeiten, wie er gerade anfällt! Sind die gefüllten Müllsammelwagen erst bei der Anlage angekommen, ist eine Sortierung nach qualitativen Eigenschaften kaum mehr möglich. Es gilt daher, dieses Gemisch verschiedenster Abfallstoffe im Aufbereitungsteil eines Kompostwerkes zu einer mehr oder weniger homogenen Masse aufzuarbeiten und dafür zu sorgen, dass in Bezug auf chemische Zusammensetzung, Mikroorganismen, Struktur und Feuchtigkeit dieses Stoffgemenge ein möglichst günstiges Substrat für die Rotteorganismen darstellt.

1.1. Zerkleinerung der Abfälle

Unzerkleinerter, in Mieten aufgeschichteter Rohmüll benötigt für seine Rotte einen längeren Zeitraum als vorzerkleinerter und homogenisierter Müll. Durch die Zerkleinerung wird die Angriffsfläche für die Rotteorganismen vergrössert und zugleich das Material besser vermischt und homogenisiert, als dies beim unzerkleinerten Müll der Fall ist. Die Vorzerkleinerung darf jedoch nicht zu weit getrieben werden, da sonst die Sauerstoffversorgung im Innern der Mieten erschwert ist.

Zur Zerkleinerung des Mülls werden in der Praxis heute meistens

Hammermühlen, Prallmühlen, Siebmantelmühlen, Siebraspeln und Rotiersilos verwendet, vielfach sogar in Kombination verschiedener Aggregate. Damit werden grössere, sperrige Stoffe zerkleinert, Papier, Küchen- und Gartenabfälle zerrieben, zerfetzt oder zerschlagen, um die nachfolgende Durchmischung zu erleichtern. Gröberer Sperrmüll kann gegebenenfalls in Spezialmaschinen (Hammer- oder Prallmühlen, Scheren) zerschlagen bzw. zerschnitten werden.

1.2. Abscheidung unerwünschter Fremdstoffe

Glas- und Keramikscherben werden entweder durch Pulverisierung mit Hilfe von Hammermühlen in nicht mehr störende Form (Quarzsand) gebracht oder auf dem Prinzip der Schwerkraftabscheidung (Wurfparabel, Windsichtung) aus dem Abfallgemisch entfernt.

Eisenmetalle werden elektromagnetisch entfernt und meistens zu Eisenschrott-Paketen gepresst, die den Weg in den Altstoffhandel finden, unter der Voraussetzung allerdings, dass das Eisen genügend sauber abgeschieden wird. Nichteisenmetallstücke, ev. weitere Hartstoffe, lassen sich durch Absiebung des ausgereiften Kompostes (ev. auch in einem früheren Stadium der Rotte) entfernen. Dasselbe gilt auch für Kunststoffe.

Der entstehende Siebrest, der je nach Zusammensetzung des Mülls und des Verfahrens zwischen 15 -40 Gew. % des Rohmaterials betragen kann, wird entweder geordnet deponiert oder verbrannt.

1.3. Mischung der Abfälle

Bei der Zerkleinerung der Abfälle in Mühlen, Siebraspeln, insbesondere aber in Siebmantelmühlen und Rotiersilos werden die Müllbestandteile meistens in genügendem Masse vermischt. Wird jedoch Klärschlamm zur Mitkompostierung verwendet, ist nach der Müllzerkleinerung in Mühlen und Siebraspeln ein Mischaggregat

empfehlenswert, beispielsweise in Form eines Doppelwellenmischers. In Anlagen mit Rotiersilos bzw. mit Rottetrommeln ist ein spezielles Mischaggregat nicht notwendig.

Nicht nur bei der Klärschlammbeigabe ist für eine möglichst homogene Mischung der Abfälle zu sorgen, sondern auch bei der Mitverarbeitung von organischen, mikrobiell abbaubaren Industrie- und Gewerbeabfällen (z.B. aus der Nahrungs- und Genussmittelindustrie), die u.U. eine deutliche Bereicherung des zu kompostierenden Materials und damit eine Werterhöhung des Kompostes darstellen.

1.4. Einstellung des optimalen Wassergehaltes

Wie bereits im vorhergehenden Referat erwähnt wurde, benötigen die Rotteorganismen eine gewisse Menge Wasser. Zu trockenes Abfallgemenge ($< \text{ca. } 30 \% \text{ WG}$) rottet kaum mehr. Ist das Material hingegen zu nass, so ist die Sauerstoffversorgung ungenügend, wobei die aeroben Rottevorgänge in unerwünschte anaerobe Fäulnis umschlagen.

In der Praxis wird für die Aufrechterhaltung möglichst intensiver Rottevorgänge ein Wassergehalt des zu kompostierenden Materials von 40 - 55 % WG empfohlen. Der optimale Wassergehalt richtet sich jedoch nach der Zusammensetzung resp. nach der Wasserkapazität der Ausgangsstoffe. So erfordert beispielsweise ein papierarmer Müll einen niedrigeren Wassergehalt als ein an Papier, Karton und Holzabfällen reicher Müll.

Da der heutige Hausmüll infolge seines grossen Anteils an Papier und anderen Stoffen mit hohem Wassersaugvermögen in der Regel zu trocken ist, muss er befeuchtet werden. Anstelle der Wasserzugabe empfiehlt sich in manchen Fällen eine Beimischung von Klärschlamm, wobei der Wassergehalt dieser Mischung die oben erwähnten Werte nicht überschreiten darf.

1.5. Verbesserung der chemischen Eigenschaften des Abfallgemisches

Wie im vorhergehenden Referat erwähnt, stellen die Rotteorganismen für einen optimalen Rotteprozess gewisse Anforderungen an die chemische Zusammensetzung des Substrates. Normaler Hausmüll mit hohem Anteil an Küchenabfällen erfüllte in der Vergangenheit diese Anforderungen zur Genüge. Doch zeigt sich heute eindeutig die Tendenz einer Erhöhung des C:N-Verhältnisses, hervorgerufen durch vermehrten Anteil an Lignin und anderen stickstoffarmen Abfallstoffen, was sich ganz deutlich in einer Verlängerung der Rottezeit, damit aber auch in einem erhöhten Platzbedarf für die Mieten manifestiert.

Eine Korrektur des C:N-Verhältnisses im Sinne einer Erniedrigung mit Hilfe einer Stickstoff-Zugabe dürfte daher angebracht sein, insbesondere dort, wo einseitig zusammengesetzter Müll (z.B. ausgesprochener "City-Müll") mit viel Papier, Karton, Holz usw. kompostiert werden soll. Die einfachste und wohl zweckmässigste Stickstoffzugabe sehen wir in der Beimischung von Klärschlamm, wobei zugleich noch Phosphor, ein weiterer unentbehrlicher und im Hausmüll eher in zu geringen Mengen enthaltener Nährstoff das Substrat verbessert.

Eine Erniedrigung des C:N-Verhältnisses kann in der Praxis auch durch Zugabe von Harnstoff erreicht werden. Eine Beimischung von organischen Gewerbe- und Industrieabfällen zum Hausmüll kann in vielen Fällen ebenfalls eine merkliche Verbesserung der chemischen Zusammensetzung des Substrats, nicht nur in Bezug auf das C:N-Verhältnis, sondern allgemein im Sinne einer Anreicherung an Nährstoffen und veratembarem Kohlenstoff herbeiführen. Von dieser Möglichkeit sollte u.E. vermehrt Gebrauch gemacht werden. Die zusätzlichen Kosten für diese Beimischung werden vermutlich durch entsprechende Verkürzung der Rottezeit, aber auch durch eine verbesserte Kompostqualität mehr als wettgemacht.

2. Der Rotteteil

Während für den soeben besprochenen Aufbereitungsteil die Verfahrenstechnik auf Grund ihrer langjährigen praktischen Erfahrung durchaus brauchbare, bewährte Aggregate entwickelt hat und die einzelnen Verfahrensstufen relativ gut überblickbar und steuerbar sind, ist dies beim nun zu besprechenden Rotteteil weniger der Fall. Das liegt nicht in erster Linie an der Verfahrenstechnik, sondern an den mangelnden wissenschaftlichen Kenntnissen über die verschiedenen bio-chemischen Mechanismen des Rottevorganges an sich.

Die wissenschaftliche Grundlagenforschung sollte u.E. der Technik, resp. der Praxis, immer einen Schritt vorausgehen. Bei der Kompostierungstechnik ist es leider umgekehrt, man prüft in der Praxis mehr oder weniger erfolgreich, ohne genügende theoretische Grundlagen zu besitzen. Dieses empirische Vorgehen hatte zur Folge, dass die Müllkompostierung in vielen Fällen in Misskredit geraten ist, sei es infolge starker Geruchs-Emissionen bzw. Immissionen, sei es infolge schlechter Qualität der Endprodukte oder aber auch in wirtschaftlicher Hinsicht.

Im Rotteteil eines Kompostwerkes sollen die aufbereiteten, homogenisierten Abfälle einem beschleunigten Rotteprozess unterzogen werden, der möglichst emissionsarm verläuft und ein qualitativ möglichst wertvolles, ausreichend entseuchtes Endprodukt ergibt, das in der Praxis des Pflanzenbaus verwendet werden kann. Der Rotteteil ist damit das Kernstück jeder Anlage, zugleich derjenige Teil mit den meisten neuralgischen Punkten!

2.1. Die Rotte in Mieten

Kein Kompostwerk, das die Produktion von Reifkompost vorsieht, kann vorläufig auf eine Mieten-Rotte und damit auf einen Mietenplatz verzichten, und zwar auch dann, wenn die Abfälle in speziellen Rottezellen einer beschleunigten Vorrotte unterworfen werden.

Das aufbereitete Abfallmaterial wird auf einem mit einem Gefälle von ca. 4 % versehenen, befestigten Mietenplatz in Form dach- oder trapezförmiger Mieten gelagert und ausgereift. Das Gefälle soll verhindern, dass sich Regenwasser ansammelt und Tümpel bildet. Das abfliessende Regenwasser, das mit organischen und anorganischen Schmutzstoffen (Sickerwasser) angereichert ist, muss gesammelt und als Abwasser weiterbehandelt werden.

Um eine genügende Sauerstoffversorgung innerhalb der Mieten sicherzustellen und eine zu starke Verdichtung des zu kompostierenden Materials zu vermeiden, empfiehlt es sich, die Mieten nicht höher als ca. 1,5 bis 2 m aufzuschichten. Das bedingt jedoch eine entsprechend grosse Mietenplatzfläche in der Grössenordnung von ca. 0,2 m² pro angeschlossenen Einwohner.

Manche Kompostwerke legten zu wenig Wert auf den Mietenplatz, dimensionierten ihn aus Kostengründen zu klein und waren daher gezwungen, die Mieten bedeutend höher aufzuschichten. Resultat: Ungenügende Sauerstoffversorgung im Innern der Mieten, Bildung anaerober Fäulniszonen mit entsprechender Geruchsemission, qualitativ minderwertiges, zu wenig ausgereiftes Endprodukt.

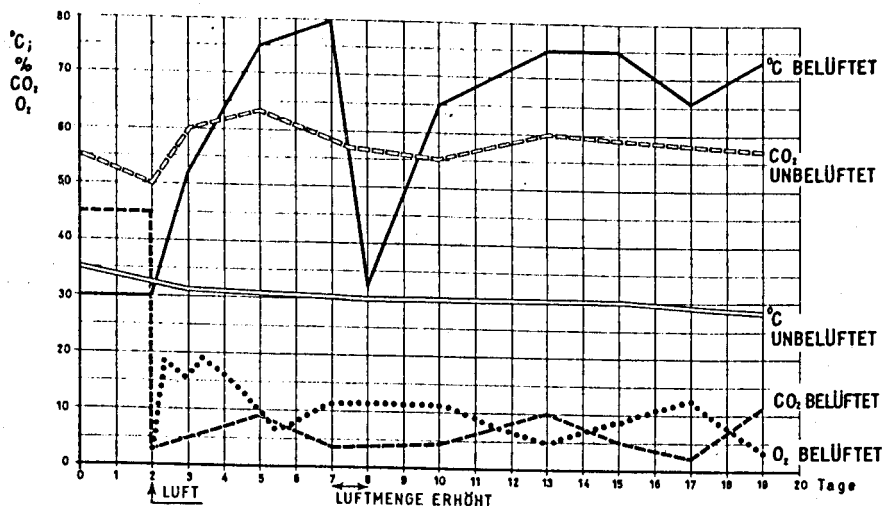
Die Mieten müssen, auch wenn deren Höhe richtig gewählt worden ist, periodisch belüftet, d.h. umgearbeitet werden, um den von den Rotteorganismen sehr rasch aufgebrauchten Sauerstoff wieder zu ergänzen. In der Praxis wird diese Umarbeitung meistens mit Hilfe von Schaufelladern, neuerdings auch mit speziellen Umarbeitungsgeräten, durchgeführt. Normalerweise genügt eine

2 - 3 malige Umarbeitung während der 5 - 6 monatigen Rottezeit bis zum Reifestadium.

Eine andere Möglichkeit, den Rottevorgang mittels Sauerstoffzufuhr zu beschleunigen resp. die Bildung anaerober Fäulnis zu verhindern, besteht in der künstlichen Mietenbelüftung, also im Einblasen oder Einsaugen der Luft in die Mieten, wie dies beispielsweise im Kompostwerk Baden-Baden, beim Verfahren "Biotank" und weiteren Systemen gebräuchlich ist.

Den Einfluss einer künstlichen Mietenbelüftung auf den Verlauf des Rotteprozesses erkennen wir durch Verfolgung der Mieten-temperatur und des Kohlensäure- und Sauerstoffgehaltes, wie dies ein kleiner Versuch zeigt (siehe Abb. 1).

Abbildung 1



Versuche mit künstlicher Mietenbelüftung. Verlauf der Temperatur ($^{\circ}\text{C}$), des Kohlensäuregehaltes (CO_2) und des Sauerstoffgehaltes (O_2) in der belüfteten und unbelüfteten Miete.
 Material: Zerkleinerter Frischmüll (Küsnacht), Luftmenge normal: 1 m^3 Luft pro m^3 Material pro Stunde, Mietenhöhe: 3,0 m; Messpunkt: 1,5 m Tiefe, Luftmenge erhöht: 5 m^3 Luft pro m^3 Material pro Stunde.

Aus frisch zerkleinertem Müll wurden 2 Mieten von gleicher Form und Grösse aufgeschichtet. Die eine Miete wurde mit einer stündlichen Luftmenge von 1 m^3 pro m^3 Müllmaterial behandelt. Die Luftzugabe begann am zweiten Tag nach der Aufschichtung. Die Temperatur in der unbelüfteten Miete bewegte sich während der ganzen Versuchszeit um 30°C herum. Offensichtlich war die Sauerstoffzufuhr ungenügend, sodass die aeroben Abbauvorgänge sich stark verlangsamten oder sogar in Anaerobie umschlugen. In der belüfteten Miete hingegen stieg die Temperatur bis auf 80°C sehr rasch an. Während einiger Stunden wurde die Luftmenge von 1 auf 5 m^3 erhöht, was eine schockartige Abkühlung zur Folge hatte. Sobald die Luftmenge wieder auf 1 m^3 gedrosselt wurde, stellten sich die hohen Temperaturen wieder ein. Einen entsprechenden Verlauf nahmen auch die Kurven des Kohlensäure- und des Sauerstoffgehaltes. Freier Sauerstoff konnte in der unbelüfteten Miete nicht oder nur in Spuren nachgewiesen werden (1).

Dementsprechend verliefen auch die mit beiden Komposten anschliessend durchgeführten Pflanzenteste: Das Material aus der unbelüfteten Miete verursachte die bei unreifen Komposten üblichen Wachstumsschäden, wogegen das Material aus der belüfteten Miete normales, bei Reifkompost zu erwartendes Wachstum zeigte.

2.2. Die Vorrotte in belüfteten Zellen

Im Bestreben, den Rotteprozess noch mehr zu intensivieren und kostspieligen Mietenplatz einzusparen, ferner um die namentlich in der Anfangsphase der Rotte stürmisch verlaufenden Abbauprozesse besser zu steuern, unter Kontrolle zu halten und sie im aeroben Bereich ablaufen zu lassen, haben einige Firmen belüftbare Rottezellen verschiedenster Form und Art entwickelt. Die Hoffnung, mit Hilfe dieser Rottezellen die Abfälle in Reifkompost zu verwandeln unter Verzicht auf die Mieten-Rotte hat sich leider bis heute nicht erfüllt. Was in diesen Rottezellen

in den wenigen Tagen Aufenthalt erreicht werden kann, ist ein etwas beschleunigter Abbau der an sich schon gut abbaubaren Stoffe (in erster Linie Eiweisse und deren Derivate, Kohlenhydrate) in der Anfangsphase, ferner eine gewisse Hygienisierung des Abfallmaterials.

In Rottezellen vorgerottetes Müllmaterial ("Frischkompost") kann für gewisse Zwecke durchaus verwendet werden (z.B. als Wärmespender für Treibbeete). Zur Gewinnung von ausgereiftem Kompost hingegen muss dieses Material noch einige Monate einer Mieten-Rotte unterzogen werden.

3. Einige Beispiele aus der Praxis

Die bisher entwickelten zahlreichen technischen Verfahren der Müllkompostierung unterscheiden sich im Prinzip lediglich durch Art und Umfang der vor und nach der Mieten-Rotte durchgeführten Aufbereitungsstufen.

Vereinfacht kann man sagen, dass sich alle Kompostierungsverfahren auf folgende 4 Grundtypen zurückführen lassen (2).

- 3.1. Kompostierung in Mieten ohne Vorbehandlung
- 3.2. Kompostierung in Mieten mit Vorzerkleinerung der Abfälle
- 3.3. Kompostierung in Mieten mit gelenkter Vorrotte der Abfälle
- 3.4. Kompostierung in Mieten mit Vorzerkleinerung und gelenkter Vorrotte der Abfälle

Für alle diese 4 Grundtypen nennen wir ein paar Beispiele aus der Praxis, und zwar ohne Vollständigkeit und ohne Wertung!

3.1. Kompostierung in Mieten ohne Vorbehandlung

Die ältesten Kompostierungsverfahren (Beginn der 20-er Jahre dieses Jahrhunderts) arbeiten nach diesem Prinzip, das auf A. Howard zurückgeht: Der Rohmüll wird in grossflächigen Mieten aufgeschichtet und durch vertikale Belüftungsrohre belüftet. Die Mieten werden während der 3 - 5 Monate dauernden Rottezeit 2 - 3 mal umgeschichtet und das Kompostmaterial durch Siebung von den unerwünschten Fremdstoffen befreit.

Als Beispiel der Kompostierung ohne Vorbehandlung seien erwähnt:

Kompostwerke Wijster und Mierlo (Holland)

Kompostwerk Baden-Baden (Deutschland)

Bei einigen Werken dieser Verfahrensgruppe wird auch Klärschlamm mitverarbeitet und eine unterschiedliche Nachbehandlung des Komposts (Absiebung, Nachzerkleinerung, Abtrennung von Hartstoffen etc.) durchgeführt.

3.2. Kompostierung in Mieten mit Vorzerkleinerung der Abfälle

Das bekannteste Verfahren dieser Gruppe ist das Dorr-Oliver-Verfahren mit der von Weststrate entwickelten Siebraspel (s. Abb.2). Aus dem Müllbunker gelangt das Abfallmaterial in die Siebraspel, nachdem es vorher durch Elektromagnete von Eisenteilen befreit wurde. In der Raspel werden gröbere Bestandteile zerkleinert, zerrissen und zerrieben und fallen durch die Löcher des Siebes (Siebdurchgang=Raspelgut). Unzerkleinerte Bestandteile (= Siebrest) bleiben auf dem Siebboden und werden

periodisch entfernt, anschliessend verbrannt oder geordnet deponiert. Das Raspelgut wird mit Hilfe einer Schleudermühle auf ballistischem Wege von Hartstoffen (Glas- und Keramikscherben, Steine etc.) befreit und einer Mieten-Rotte unterworfen. Eine Variation resp. Ergänzung des Dorr-Oliver-Verfahrens stellt das Heidenheimer-Verfahren dar, das durch eine Dosierung von Wasser und Luft in den Mieten einen optimalen Rotteverlauf anstrebt.

Beim Verfahren Bühler wird die Vorzerkleinerung der Abfälle mit Hilfe von Hammermühlen in 2 Mahlstufen durchgeführt (s. Abb. 3).

In der 1. Stufe (einrotorige Grobmühle) werden weiche, zähe, z.T. harte Müllbestandteile zerschlagen und zerrissen. In der 2. Stufe (Doppelrotormühle, Feinmühle) werden insbesondere Glas- und Keramikscherben zermahlen. Klärschlammbeigabe kann mit Hilfe eines Doppelwellenmischers erfolgen.

Das Verfahren "Dano-Egsetor" verwendet eine rotierende Siebmantelmühle, in welcher die Müllbestandteile durch "Selbstvermahlung" vorzerkleinert werden (s. Abb. 4). Meistens wird dem Egsetor ein Rotier-Silo vorgeschaltet, der als Ausgleichs- und Pufferbehälter sowie als Mischaggregat dient.

Das Brikollare-Verfahren kann im Prinzip auch zu dieser Verfahrensgruppe gezählt werden (s. Abb. 5), obschon es in verschiedener Beziehung von den bisher besprochenen Verfahren abweicht. Auch bei diesem Verfahren wird der Müll mit Hilfe von Raspeln oder Hammermühlen vorzerkleinert und mit Klärschlamm vermischt. Dieses Gemisch wird jedoch noch nicht in Mieten aufgeschichtet, sondern mit einer Presse zu Formlingen verarbeitet, die anschliessend in einer Halle an- und aufeinander gestapelt werden. Während der Lagerung setzt ein aerober Abbauprozess mit entsprechender Temperaturerhöhung ein, wobei die Formlinge austrocknen. Hat der Wassergehalt eine bestimmte untere Grenze erreicht, kommt der Abbauprozess zum Stillstand, wodurch das Material konserviert und

damit lagerfähig wird. Je nach Bedarf können dann die Formlinge zerkleinert, angefeuchtet und direkt als Frischkompost verwendet werden, oder das zerkleinerte Material kann einer Mieten-Rotte zur Gewinnung von Reifkompost unterzogen werden.

Beim Verfahren Biomull (s. Abb. 6) scheiden Siebtrommeln zunächst den Feinmüll vom Grobmüll. Letzterer enthält u.a. nicht rottbare Stoffe, wie Eisen, Buntmetalle, Kunststoffe etc. Buntmetalle werden ausgelesen, Eisenbestandteile elektromagnetisch entfernt. Der Rest des Grobmülls wird mit Hilfe von Mühlen zerkleinert, angefeuchtet und mit dem Feinmüll zusammen auf Mieten aufgesetzt. Das gerottete Material wird anschliessend zu einem attraktiven Endprodukt aufbereitet.

3.3. Kompostierung in Mieten mit gelenkter Vorrotte ohne Vorzerkleinerung

Das bekannteste Verfahren dieser Gruppe ist das Dano-Biostabilisator-Verfahren (s. Abb. 7). Der Rohmüll (ohne Sperrmüll) kann ohne Vorzerkleinerung direkt in die Rottetrommel (Biostabilisator) eingebracht werden. Soll Sperrmüll mitverarbeitet werden, muss er vorher mit Hammer- oder Prallmühlen (ev. mit Scheren) zerkleinert werden.

Die rotierende Rottetrommel eignet sich auch gut für eine Mitverarbeitung von Klärschlamm und organischen Industrieabfällen, da sie auch als Puffer- und Mischaggregat dient. In der Trommel werden die verschiedenen Abfälle gemischt und durch gegenseitige Reibung zerkleinert. Durch Einblasen von Luft werden aerobe Abbauprozesse sichergestellt. Die Temperaturen im Trommelinnern erreichen 50 - 60°C, sodass auch eine gewisse Hygienisierung des Materials erreicht werden kann. Nach einer Aufenthaltszeit von 2 - 3 Tagen wird das vorgerottete Material am Ende der Trommel entnommen und über ein Sieb geleitet. Der Siebdurchfall

wird meistens mit Hilfe einer Feinmühle entschert, d.h. Glas- und Keramikscherben werden zu Pulver vermahlen, sodass sie nachher im Kompost nicht mehr stören. Das derart aufbereitete Material kann als Frischkompost verwendet oder in Mieten ausgereift werden. Das Verfahren könnte auch in Gruppe 4, dynamische Verfahren, eingereiht werden. Mit ähnlicher Konzeption arbeiten die Verfahren Head Wrightson, Vickers u.a.

3.4. Kompostierung in Mieten mit Vorzerkleinerung und gelenkter Vorrotte

Bei dieser Verfahrensgruppe kann man unterscheiden zwischen statischen und dynamischen Verfahren. Unter den statischen Verfahren erwähnen wir als Beispiel unter anderen das Verfahren Biotank (s. Abb. 8). Es besteht im Prinzip aus einer grossen, auf Schienen verschiebbaren Haube (= Biotank), unter der sich eine ringförmig ausgebildete, bis 5 m hohe Miete aus zerkleinerten Abfällen befindet. Während sich der Biotank langsam fortbewegt, erfolgt von der Basis her eine künstliche Belüftung der Mieten. Etwa 2 - 3 Wochen verbleibt das rottende Material unter der schützenden Haube im Biotank. Nach dem Verschieben der Haube bleiben die Mieten ungeschützt im Freien, bis das Reifestadium nach einigen Monaten erreicht ist.

Das Verfahren Blaubeuren (Atmungsverfahren) gehört ebenfalls in diese Gruppe (s. Abb. 9). In sog. "Atmungszellen" lagern die aufbereiteten, mit Raspeln vorzerkleinerten Abfälle und werden stossweise mit Luft versorgt, deren Dosierung vollautomatisch erfolgt. Diese "Beatmung" wird gesteuert mit Hilfe eines Gasanalysators, der den Sauerstoffgehalt im rottenden Material registriert. Sobald der O_2 -Gehalt ein gewisses Mass unterschreitet, erfolgt wieder ein neuer "Atmungszug"; nach 2 - 3 Wochen kann das Material in normalen Mieten ausgereift werden.

Bei den dynamischen Verfahren dieser Gruppe wird das Müllmaterial während der Vorrotte, im Gegensatz zu den statischen

Verfahren, ständig in Bewegung gehalten. Dadurch wird eine intensive Durchmischung sowie der Gasaustausch erleichtert. Bei den meisten Verfahren dieser Gruppe ist die Rottezelle turmartig konzipiert, wobei die Abfälle von oben nach unten bewegt werden.

Das Verfahren Multibacto verwendet dazu einen Etagenturm ähnlicher Bauart, wie sie seit vielen Jahrzehnten in der Erzröstung angewendet wird. Auf den 8 - 9 belüftbaren und entlüftbaren Etagen bewegen sich Rührarme, die mit Pflugscharen versehen sind. Vorzerkleinerter Müll wird in die oberste Etage geführt und durch die Pflugscharen ständig bewegt. Durch wechselseitig angebrachte Bodenöffnungen wird das rottende Material langsam von Etage zu Etage nach unten befördert. Nach etwa 24 Betriebsstunden wird das Material auf der untersten Etage abgezogen und aufbereitet (Absiebung, ev. Zusatz von Nährstoffen etc.).

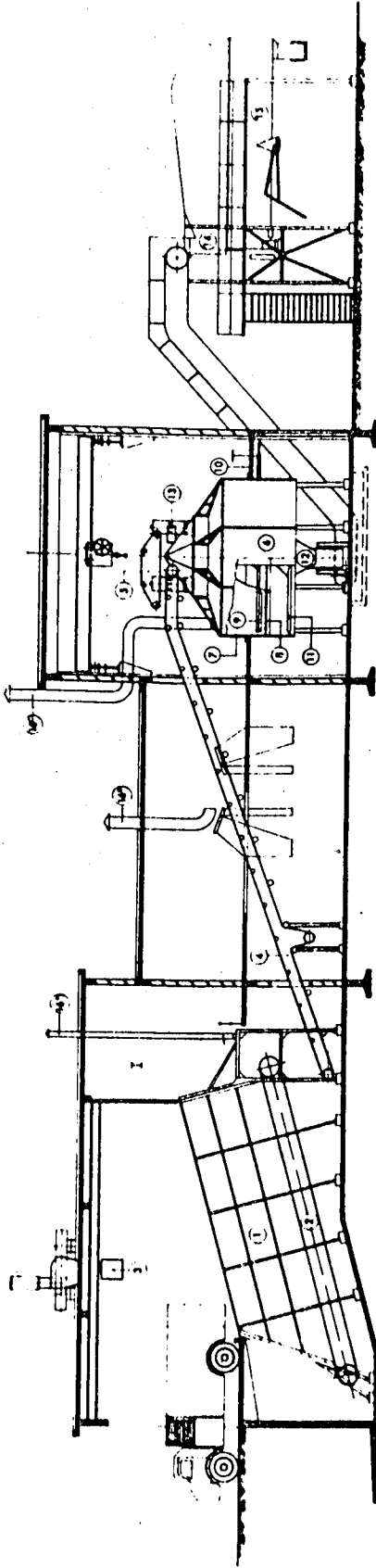
Das Produkt kann als Frischkompost verwendet oder in Mieten ausgereift werden.

Die ursprüngliche zylindrische Turmzelle des Verfahrens TRIGA ist nicht mit Etagen, sondern mit radial angeordneten senkrechten Zwischenwänden ausgerüstet. Zerkleinerter Müll wird in die Sektorzelle eingebracht. Auf dem Boden des Turmes ist eine schwenkbare Austragsschnecke angebracht, die das Müllmaterial abschabt, das durch ein Förderaggregat nach oben in die nächste Sektorzelle geführt wird usw. So passiert der rottende Müll in Form einer schlangenförmigen Ab- und Aufwärtsbewegung Zelle um Zelle. Bei den neueren, grösseren Anlagen dieses Systems sind die Türme nicht mehr in Sektorenzellen unterteilt, sondern mehrere Türme werden hintereinander geschaltet. Jeder Turm übernimmt dann gewissermassen die Funktion der bisherigen Sektorenzellen.

Zitierte Literatur

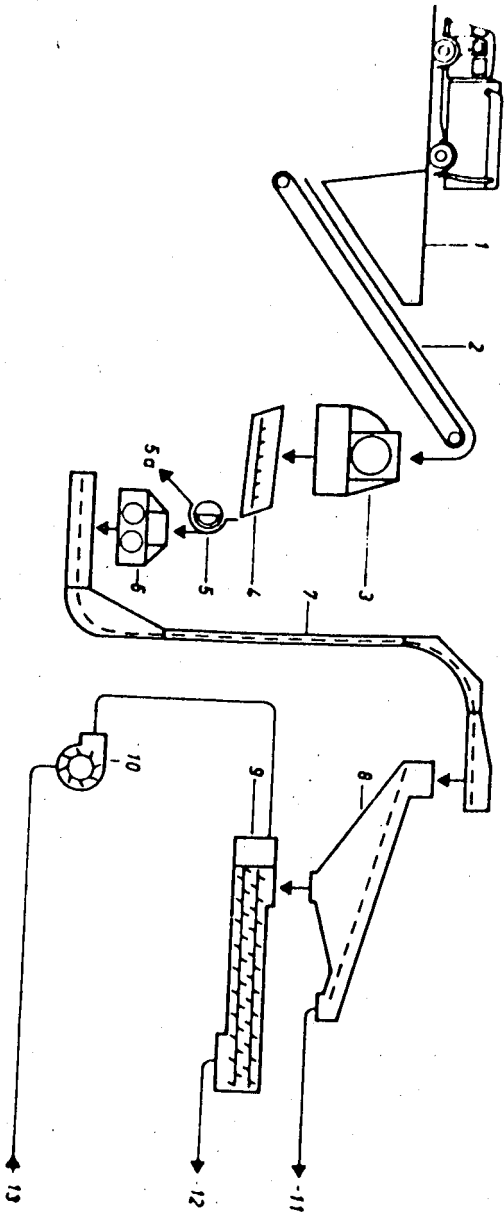
- 1) Braun, R.: Möglichkeiten der biologischen Behandlung von festen Abfallstoffen. (Schweiz. Zeitschr. f. Hydrologie, Vol. XXVI, Fasc. 2, 1964, Birkhäuser Verlag Basel).
- 2) Jäger, B.: Die hauptsächlichsten Verfahren der Kompostierung (In Müll- und Abfallbeseitigung, Handbuch von Kumpf, Maas, Straub, Kennzahl 5410, Erich Schmidt-Verlag, Berlin).
- 3) Spohn, E.: Neuere Verfahren der Kompostierung 1970. (ANS-Mitt. Nr. 19, Wasser + Abwasser Nr. 5, 1970, München).

Abbildung 2



Müllaufbereitungsanlage System Dorr-Oliver (2)

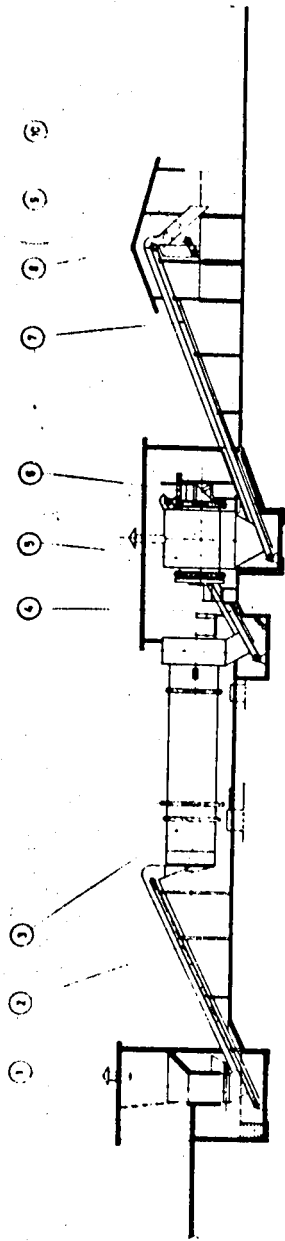
- | | |
|-----------------------------|---|
| 1 Müllbunker | 9 Raspelarme |
| 2 Plattenband | 10 Austrag der Raspelrückstände |
| 3 Staubabzug | 11 Sammelboden für Raspelgut mit Kratzern |
| 4 Förderband | 12 Austragsöffnung für Raspelgut |
| 5 Ueberbandmagnet | 13 Raspelantrieb |
| 6 Raspelmaschine | 14 Schleudermühle |
| 7 Mantel der Raspelmaschine | 15 Schleuderbunker |
| 8 Raspelboden | 16 a, b, c, Staubabzug |



Müll-Klärschlamm-Aufbereitungsanlage System Bühler (2)

- 1 Müllbunker
- 2 Stahlschuppenband
- 3 Hammermühle (1. Mahlstufe)
- 4 Dosierrinne
- 5 Magnettrommel
- 5 a Eisen zur Schrottpresse
- 6 Doppelrotormühle (2. Mahlstufe)
- 7 Kettentransporteur
- 8 Vibrationsieb
- 9 Doppelwellenmischer
- 10 Schlammpumpe
- 11 Siebrest zum Ofen
- 12 Müll-Klärschlamm-Mischung zur Kompostmiete
- 13 Faulschlamm-Zugabe

Abbildung 4



Müllaufbereitungsanlage System Dano-Egsetor (2)

- | | |
|------------------------------|--|
| 1 Müllbunker mit Plattenband | 6 Gummiförderbänder |
| 2 Gummiförderband | 7 Austrags-Förderband |
| 3 "Rotier-Silo" | 8 Magnet |
| 4 Gummiförderbänder | 9 Förderband für Reststoffe (Grobstoffe) |
| 5 Egsetor | 10 Rutsche für Feingut |

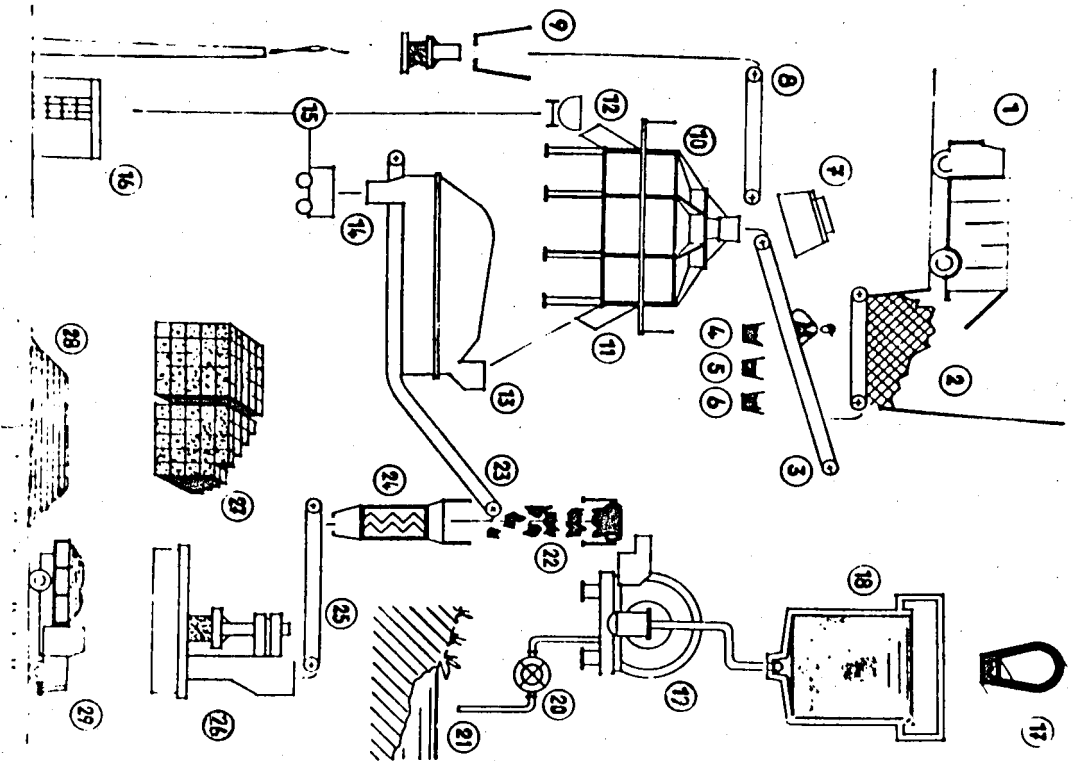


Abbildung 5

Müll-Klärschlamm-Aufbereitungsanlage System

Brikollare (2)

A. Müllaufbereitung (Müllstrasse)

- 1 Anfuhr Sammelwagen
- 2 Müllbunker
- 3 Leseband
- 4, 5, 6 Auslese nach Ermessen:
Knochen, Lumpen, Glas
- 7 Magnetabscheider
- 8 Förderband zur Eisenpresse
- 9 Metallpresse
- 10 Siebraspel trennt in:
- 11 verrottbare (organische) Abfälle
(Raspelgut)
- 12 unverrottbare (anorganische) Abfälle
(Raspelrückstand)

- 13 Entsplitterung
- 14 Rückstände aus Entsplitterung
- 15 Rückstände zur Verbrennung
- 16 Ofen

B. Klärschlammaufbereitung (Schlammstrasse)

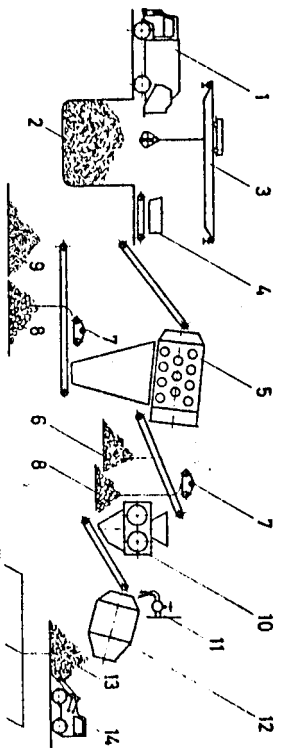
- 17 Abwasser
- 18 Absetzbecken mit Klärschlamm
- 19 Filter
- 20 Filtrat über Reinigung
- 21 Vorfluter

C. Brikettierung

- 22 Filterkuchen
- 23 Aufbereiteter Müll (Raspelgut entsplittert)
- 24 Mischer
- 25 Förderband
- 26 Brikettierpresse
- 27 Spontane Trocknung, Stapelung
Entseuchung
- 28 Abgabe an Mulchverbraucher
- 29 Abfuhr

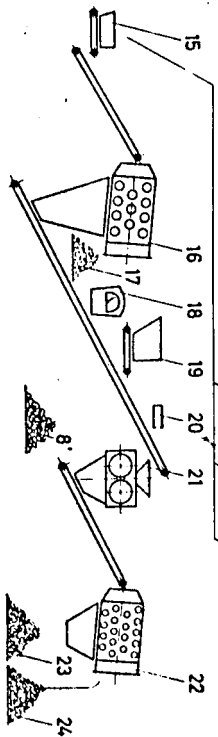
Abbildung 6

Müllaufbereitung



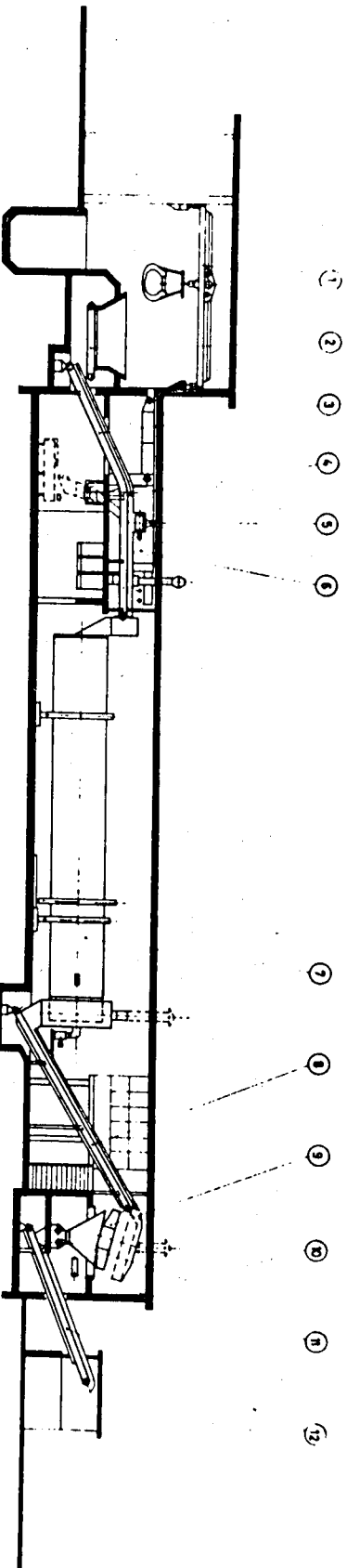
- 1 Müllwagen
- 2 Bunker
- 3 Greifvorrichtung
- 4 Dosiervorrichtung
- 5 Siebtrommel
- 6 Laserglied
- 7 Eisenabschneider
- 8 Sortier
- 9 Feinabschneider
- 10 Mahle
- 11 Befuchtung
- 12 Mischerei
- 13 aufbereiteter Müll
- 14 Schaufelrad
- 15 Dosiervorrichtung
- 16 Siebtrommel
- 17 unverwertbare Teile
- 18 Kompostanlage
- 19 Chemikalienzuführung
- 20 Ausbletmagnet
- 21 Kompostmühle
- 22 Feinabschneider
- 23 Faulkompost
- 24 Kompost

Kompostaufbereitung



System Biomüll

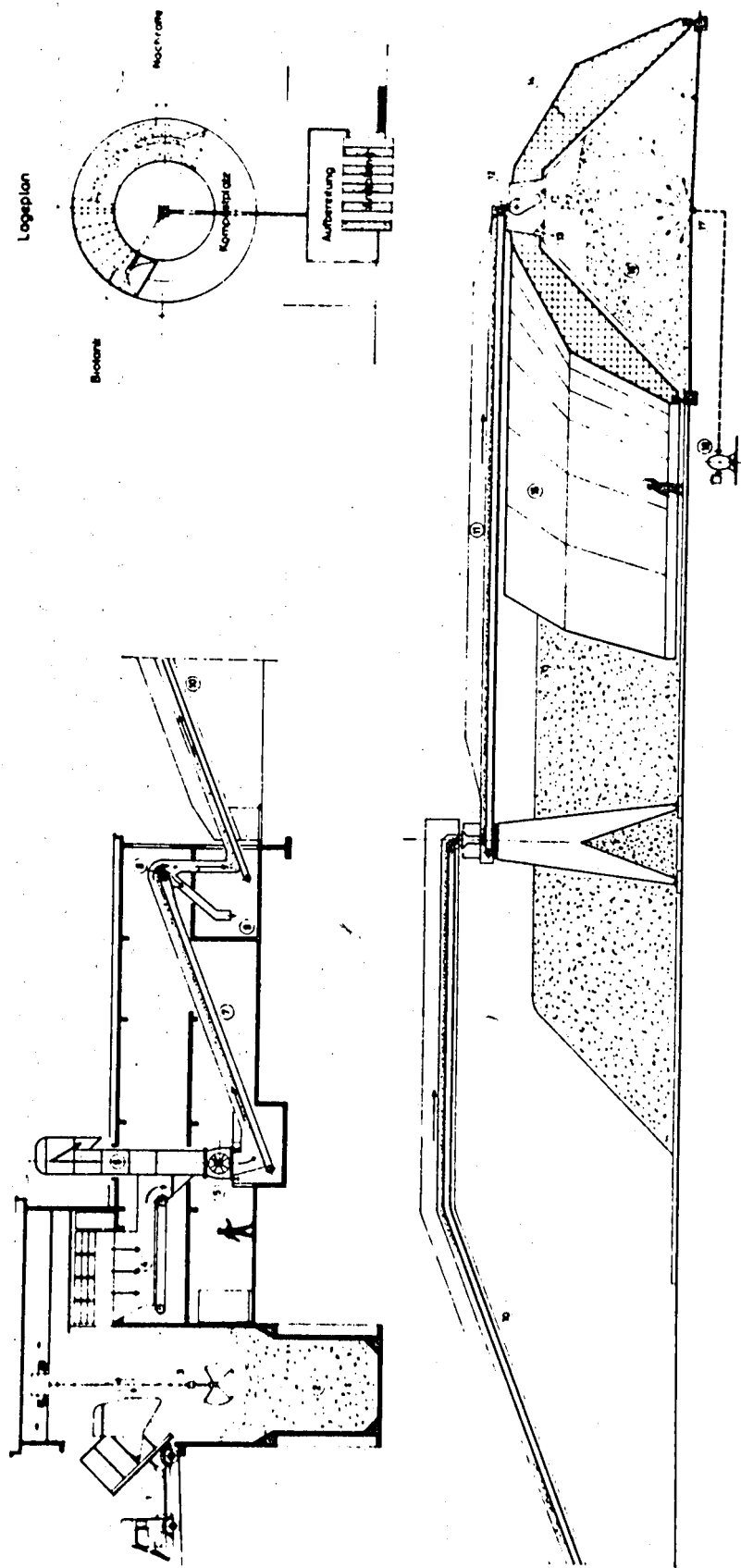
Abbildung 7



System Danoo-Bio-stabilisator (2)

- 1 Greiferkran
- 2 Dosierpunker mit Plattenband
- 3 Gummiförderband
- 4 Schrott-Austrag
- 5 Ueberband-Magnet
- 6 Lesestand mit Entstaubungsanlage
- 7 Bio-stabilisator-Trommel
- 8 Gummiförderband
- 9 Schwingsieb
- 10 Hammerühle (Nachzerkleinerung)
- 11 Siebrest-Austrag (zum Ofen bzw. zur Ablagerung)
- 12 Rohkompost-Austrag

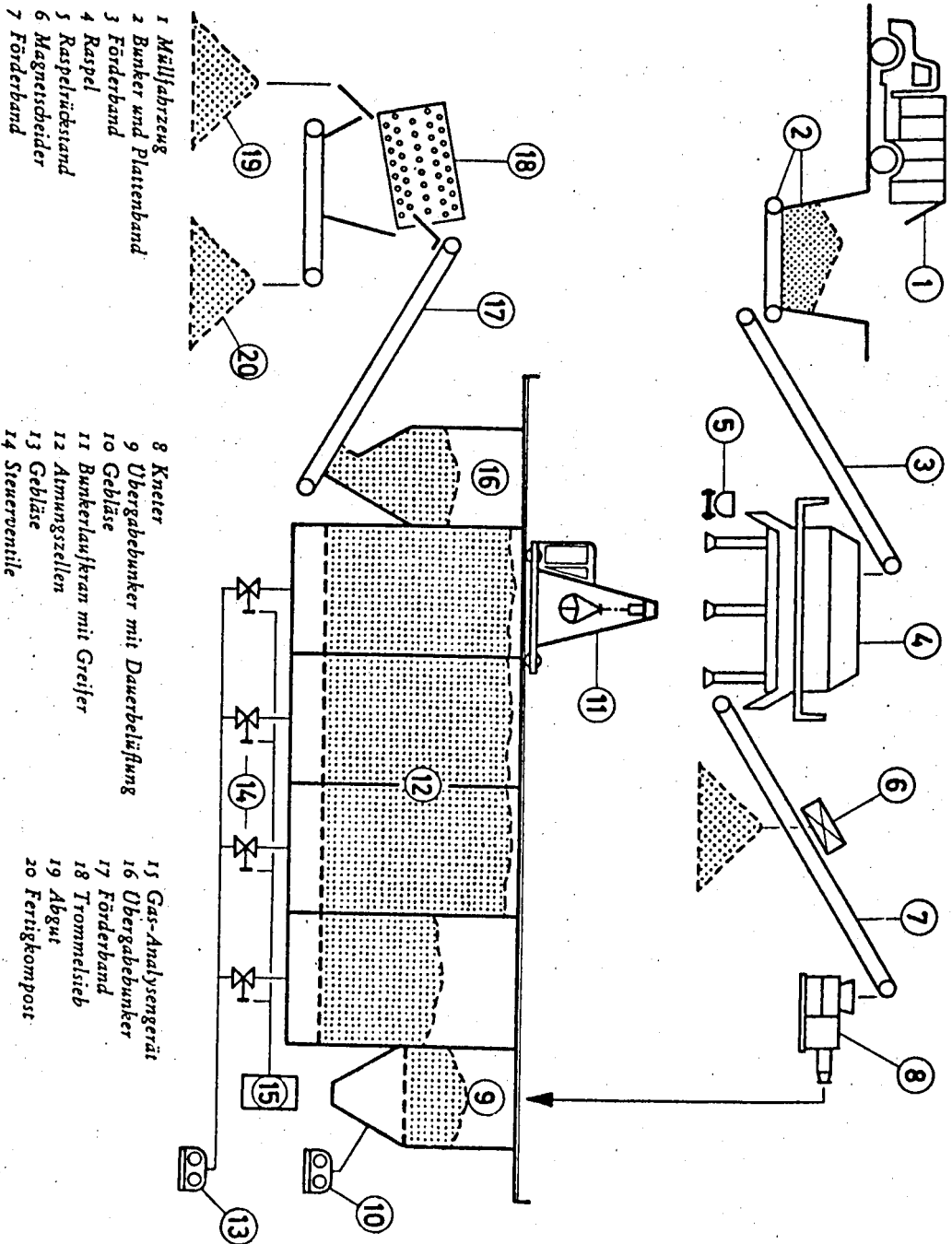
Abbildung 8



System Biotank (2)

- | | | |
|--|---------------------------|----------------------------------|
| 1 Müllwagen | 7 Gummiförderband | 13 Wasserzugabe |
| 2 Müllbunker | 8 Trommelmagnet | 14 Querschnitt durch den Biotank |
| 3 Greiferkran | 9 Eisenteile | 15 Biotank-Rottezone |
| 4 Dosiereinrichtung | 10 Festes Förderband | 16 Kompostgasse |
| 5 Hammermühle (Gondard) | 11 Bewegliches Förderband | 17 Luftzufuhr |
| 6 Schleuderturm zum Aussondern von Hartstoffen | 12 Verteiler | 18 Kompressor |

Abbildung 9



System Blaubeuren-Atmungsverfahren (3)

Ernst Wogrolly:

Die Grundlagen der Verbrennung von Kunststoffabfällen

1. Einleitung

Die Weltkunststoffproduktion lag im Jahre 1970 etwa bei 30 Mio t. In der westlichen Welt hat sich die Erzeugung von Kunststoffen in den letzten 10 Jahren verdreifacht. Mit ca. 37 kg pro Kopf Jahresverbrauch für 1970 liegt Österreich im Spitzenfeld der kunststoffverbrauchenden Industrieländer. Als Vergleich dazu: Der Kunststoffverbrauch pro Kopf und Jahr in manchen Entwicklungsländern Asiens und Afrikas liegt bei 0,12 kg.

Nur ein Bruchteil der Kunststoffe gelangt aber als Wegwerfprodukt in den Hausmüll. Ein bedeutender Anteil wird heute in der Bauindustrie eingesetzt oder ist als Bindemittel in Anstrichen und Beschichtungen vorhanden.

In den Müll kommen vor allem Verpackungen und billige Gebrauchsartikel kürzerer Lebensdauer, etwa z.B. auch Haushaltsgeräte, Spielzeug, die ebenfalls in zunehmendem Maß aus Kunststoff hergestellt werden.

Daher sind für die Abfallbeseitigung hauptsächlich folgende Kunststoffgruppen von besonderer Bedeutung:

1. Polyolefine, hauptsächlich Polyäthylene und Polypropylen
2. Chlorhaltige Kunststoffe, hauptsächlich Polyvinylchlorid (PVC)
3. Polystyrol und Copolymerisate.

Den ungefähren Anteil dieser drei Gruppen an der Kunststoff-Gesamterzeugung gibt Abb. 1 wieder.

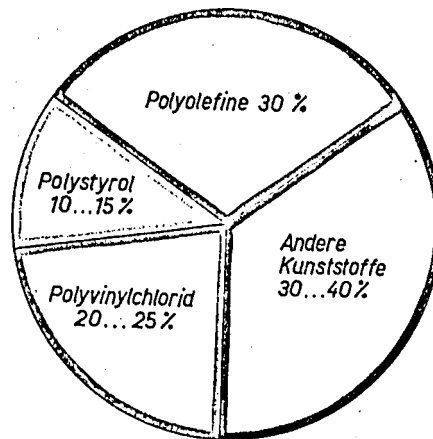


Abb. 1. Welt-Kunststoffherzeugung nach verschiedenen Typen.

In Zukunft dürfte sich übrigens der Anteil der drei genannten Gruppen gegenüber den übrigen Kunststoffen vergrößern. Unter diese Gruppe der "sonstigen Kunststoffe" fallen auch die Polyamide, Polyurethane, Polyacrylate, Polyester, andere duromere Kunstharze usw. Die Aufzählung ließe sich beliebig weiterführen. Als Abfallstoffe treten sie jedoch im Hausmüll kaum in Erscheinung. Anders ist es beim Gewerbe- und Industrielmüll.

Von den Methoden der Abfallbeseitigung wird die Müllverbrennung von vielen als die hygienisch einwandfreieste, aber auch die derzeit aufwendigste bezeichnet. Wir wollen im folgenden das Verhalten der Kunststoffe bei der Verbrennung näher betrachten.

2. Thermische Zersetzungs- und Verbrennungsprodukte von Kunststoffen

Zur Beurteilung der Brenneigenschaften von Kunststoffen muß man sich ihre chemische Natur vor Augen halten. In dieser Hinsicht gehören sie in die Klasse der organischen Makromoleküle, von denen z.B. Holz, Leder, Seide und Wolle seit eh und je Anwendung finden und auch verbrannt werden. Im wesentlichen hat man daher auch bei einer Verbrennung von Kunststoffen keine anderen Endprodukte zu erwarten als: Kohlenmonoxid, Kohlendioxid, Wasserdampf und gegebenenfalls Ammoniak, Chlor-

wasserstoff, Stickoxide oder Spuren von Cyan-Verbindungen.

Der genaue Hergang der Verbrennung wurde oft und eingehend untersucht, ist aber in allen Einzelheiten noch nicht vollständig erforscht. Zusammenfassend läßt sich besonders für den Fall der Kohlenwasserstoffe - und die meisten Kunststoffe bestehen zu einem überwiegenden Teil aus derartigen Molekülsegmenten - folgendes sagen: Die Verbrennung erfolgt in einer Kettenreaktion mit Kettenverzweigung, wobei als Kettenträger das OH und das H Radikal auftreten.

Bei der Müllverbrennung sind die Hauptprodukte der thermischen Zersetzung organischer Substanzen CO, CO₂ und H₂O und gelegentlich Gase wie NH₃, Spuren HCN, S-Verbindungen sowie Crackprodukte von Kohlenwasserstoffen. Hinsichtlich der relativen Toxizität ist der Gehalt an CO meist allein entscheidend, demgegenüber sind andere toxische Bestandteile von untergeordneter Bedeutung. In den nachfolgenden Abschnitten ist das Verhalten der wichtigsten Kunststoffe unter Wärmeeinwirkung in Gegenwart oder Abwesenheit von Sauerstoff zusammengefaßt.

2.1. Polyvinyl- und Polyacrylderivate

Polyvinylacetat ergibt beim Erhitzen über 250° C Dämpfe, die vorwiegend aus Essigsäure bestehen. Der Rückstand ist ein rotbraunes Harz mit kleinen Mengen poröser Kohle. Es brennt mit leuchtender rußender Flamme und brennt nach dem Entzünden weiter.

Polyvinylalkohol beginnt je nach der Qualität bei 110 bis 150° C zu erweichen und spaltet über 170° C Äther ab, die narkotische Wirkung zeigen. Über 200° C kommt es zu einer schnellen Zersetzung. Brennt mit leuchtender Flamme nach Entzündung weiter.

Polyvinylacetale schmelzen und zersetzen sich unter Braunfärbung. Die meist sauer reagierenden Dämpfe brennen nach dem Entzünden weiter, Polyvinylbutyral mit bläulicher Farbe unter Abtropfen.

Methyl- und Äthyl polyvinyläther regenerieren bei Erhitzung auf 150 bis 430° C zum Teil die monomeren Vinyläther, neben den Monomeren bilden sich außerdem die entsprechenden Alkohole.

Polyvinylcarbazol zersetzt sich bei 400° C fast völlig in Carbazol und Acetylen.

Polyacrylnitril erweicht bei etwa 225° C und zersetzt sich, bevor es zum Schmelzen kommt.

Beim Erhitzen an der Luft entstehen in Spuren Cyanide, die rasch oxydiert werden, sowie einige Prozente des Monomeren, während die Hauptmasse als stickstoffhaltige Kohle zurückbleibt.

Nach neueren Untersuchungen ist die HCN-Abspaltung von der Erhitzungsdauer- und -temperatur sowie von der Struktur und relativen Molekülmasse der Polymeren abhängig. Bei einer Erhitzungstemperatur von 180° C wird nach 5 Stunden ca. 0,5 % HCN abgespalten.

Alle Polyacrylsäure-Derivate sind leicht entzündbar, brennen nach Entfernung aus der Flamme mit leuchtender und etwas rußender Flamme weiter.

Polymethylmethacrylat verwandelt sich bei 400° C beinahe quantitativ in sein Monomer zurück.

2.2. Polyisobutylene

Polyisobutylene beginnt sich bei 350° C zu zersetzen und regeneriert sein Monomer fast vollständig.

2.3. Polyäthylen

Die allgemeine Wirkung einer Erhitzung von Polyäthylen auf 400°C in Abwesenheit von Sauerstoff besteht in einer raschen Abnahme des mittleren Molekulargewichts. Die Analyse der gasförmigen Zersetzungsprodukte eines Polyäthylens von niederem Molekulargewicht ergibt vor allem paraffinähnliche Kohlenwasserstoffe, wobei der Olefinanteil hauptsächlich aus Äthylen besteht. Beim Verbrennen erweicht es zunächst und bildet brennbare Gase, die zu CO_2 und H_2O verbrannt werden.

2.4. Polystyrol

Ohne Sauerstoff und unter atmosphärischem Druck ergibt die Erhitzung von Polystyrol auf 250 bis 350°C etwa 55 bis 60% Styrol. Zersetzt man es im Vakuum bei 400 bis 500°C , so entsteht eine Reihe von Oligomeren vom Typ der Dimeren und Trimeren, wodurch die thermische Aufspaltung des Makromoleküls demonstriert wird. Bei der Verbrennung erweicht es ebenfalls und bildet entzündbare Gase, die zu CO_2 und H_2O verbrennen.

2.5. Polycarbonate

Polycarbonate schmelzen, wobei zunächst CO_2 abgespalten wird. Sie brennen mit leuchtender, rußender Flamme unter Blasenbildung und Verkohlung, wobei auch geringe Mengen Phenole entstehen; außerhalb der Flamme erlöschen sie.

2.6. Silikone

Über 350°C wird eine langsame Oxydation eingeleitet. Längere Erhitzung führt zum allmählichen Verschwinden der organischen Radikale (C_6H_5 -Radikale als die widerstandsfähigsten verschwinden zuletzt).

Bei 500° C geht diese Auflösung schnell vor sich und es bleibt schließlich nur ein unlösliches Netz von Polysilikaten übrig. Im Vakuum zersetzen sich Silikone bei Temperaturen der Größenordnung um 600° C. Sie gelten allgemein als schwer brennbar.

2.7. Polyamide

Aus Polycaprolactam entsteht bei 350° C fast quantitativ ϵ -Aminocaprolactam. Unter den Zersetzungsprodukten von Nylon sind zu erwähnen: Ammoniak, Cyclopentanon, Hexamethyldiamin-carbonat, Cyclopentyliden-hexamethyldiamin u.a. Sie brennen nach Entzünden mit bläulicher Flamme und gelbem Rand unter Abtropfen weiter.

2.8. Kautschuk (Naturkautschuk)

Bei freier Pyrolyse unter vermindertem Druck bei 300 bis 350° C bilden sich Isopren, Dipenten sowie Kohlenstoffverbindungen höheren Siedepunktes, hauptsächlich Oligomere des Isoprens.

2.9. Fluorhaltige Polymere

brennen und verkohlen an der Luft auch bis zu 700° C noch nicht. Ab 200° C beginnt sich Teflon, wenn auch nur äußerst gering, ab 300° C etwas stärker, zu zersetzen. Bei Luftabschluß umfaßt das Monomer 95 % der Spaltprodukte. Bei Temperaturen um und oberhalb 400° C, unter Luftzutritt, treten neben dem Monomer andere Fluorkohlenstoffgase mit 3 bis 5 Atomen auf, z.B. Hexafluorpropen und Octofluorcyclobuten. Die letzten Verbrennungsprodukte sind CO, Tetrafluoräthylen und Fluorwasserstoffsäure, wobei die Konzentration der HF in der Luft immer minimal bleibt und nur ausnahmsweise 10^{-7} erreicht.

2.10. Duroplaste

Phenolharze sind schwer brennbar, oberhalb 300°C verkohlen sie, die Verbrennung hört von selbst auf, sobald die Wärmequelle entfernt wird. Bei der Zersetzung können korrosiv wirkende organische Säuren, Aldehyde usw. entwickelt werden.

Aminoplaste, insbesondere die Melamin-Formaldehydharze, sondern Ammoniak sowie sehr geringe Mengen Cyanwasserstoff ab, auch hier herrschen die entweichenden Mengen von CO und CO_2 vor, die stärker in der Vordergrund treten, als Cyanwasserstoff. Der CO-Gehalt wechselt übrigens mit der Art der im Kunststoff vorhandenen Zuschläge.

Polyurethane setzen bei der Verbrennung weniger giftige Produkte in Freiheit als bei der Pyrolyse (neben CO_2 und H_2O , CO, Cyanide, Isocyanate).

Epoxid- und Polyesterharze

Ungehärtete Harze schmelzen, gehärtete Harze zersetzen sich und brennen nach Entzündung mit leuchtender, rußender Flamme weiter, wobei phenolartige Substanzen freigesetzt werden. Die Brennbarkeit hängt von Zuschlägen und Verstärkungsmaterial ab.

Einige Werte sind in Tab. 1 kurz zusammengefaßt.

Tab. 1 Zersetzungsprodukte organischer Makromoleküle

Material	Prüfmethode	Analyse (Vol.-%)									
		O ₂	CO ₂	CO	Cl ₂	HCl	COCl ₂	HCN	NH ₃	H ₂ S	NO ₂
Holz	2,26 kg in 311 Liter Luft verbrannt	9,8	6,2	6,2	—	—	—	—	—	—	—
Gummi	Kabelisolierung in 5-Liter-Flasche	6,6 ... 13,4	6,6 ... 13,6	3,4 ... 7,6	—	—	—	—	—	0,1	—
Wolle	Im Quarzrohr erhitzt	6,6 ... 14,2	4,6 ... 9,2	0,5 ... 5,0	—	—	—	1,3 ... 2,5	1,3 ... 2,6	0,02 ... 0,40	—
Seide	Im Luftstrom	4,0 ... 8,0	8,0 ... 12,6	3,0 ... 4,4	—	—	—	2,2 ... 6,8	3,1 ... 3,6	—	—
Bauholz und Dämmplatte	Brandhaus	19,9 1,6 0,3	0,7 17,8 9,2	0,3 19,8 16,7	—	—	—	3 Minuten nach Brandbeginn 12 Minuten nach Brandbeginn 18 Minuten nach Brandbeginn	—	1,9% Wasserstoff 4,7% Wasserstoff	—
Polyvinylchlorid (57% Chlor)	0,25 g bei 550° C in 5 Liter Luft	*	2,1	1,1	0,0	1,8	0,0005	—	—	—	—
Polyvinylchlorid- faser	0,25 g bei 550° C in 5 Liter Luft	*	2,0	0,4	*	2,9	*	—	—	—	—
Sperrholz	erhitzt bei 550° C in 5 Liter Luft	2,8	17,1	3,6	—	—	—	—	—	—	—
Sperrholz mit Polyester und flammschützendem Anstrich	erhitzt bei 550° C in 5 Liter Luft	2,6	14,7	13,2	—	3,8	—	—	—	—	—
Geschäumtes Polyvinylchlorid	2 ... 3 g elektrisch erhitzt in 270 Liter Luft	20,7	0,16 ... 0,35	0,023 ... 0,040	0,0	0,005 ... 0,023	0,0	0,001 ... 0,003	0,002 ... 0,003	—	0,001 ... 0,002
Geschäumtes Polyacrylnitril	wie oben	19,3	1,26 ... 1,31	0,041	0,0	0,002	0,0	0,002	0,002	—	—
Phenolharz mit Füllstoffen	wie oben	*	*	0,017 ... 0,46	—	—	—	0 ... 0,003	0,002 ... 0,110	—	—
Melaminharz mit Füllstoffen	wie oben	*	*	0,012 ... 0,075	—	—	—	0,002 ... 0,25	0,006 ... 0,180	—	—

* ... keine Werte gemessen

Um auch einen kurzen Überblick über physiologische Wirkungen einiger Gase, die bei der Verbrennung entstehen, zu geben, sind einige Werte in Tab. 2 zusammengestellt.

Tab. 2 Physiologische Auswirkungen einiger Gase, die bei Bränden frei werden können

Auswirkung	Konzentration [ppm]									
	CO	Cl ₂	HCl	COCl ₂	HF	HCN	NH ₃	H ₂ S	NO ₂	
Keine Schäden während mehrerer Stunden	100	0,35 ... 1,0	10	1,0	1,5 ... 3,0	20	100	20	10 ... 40	
Keine Schäden bis zu einer Stunde	400 ... 500	4	50 ... 100	10	50 ... 250	50 ... 60	100			
Nach 1/2 Stunde gefährlich	1500 ... 2000	40 ... 60	1000 ... 2000	25	50 ... 250	200 ... 240	2500 ... 4500	200	100 ... 150	
In 1/2 Stunde tödlich	4000					200 ... 450		600		
Rasch tödlich		1000	1300 ... 2000	50		3000	5000 ... 10 000	1000	200 ... 500	
Kleinste Menge, die Atemwege angreift		15	35	3,1			408	100	62	
Kleinster feststellbarer Geruch		3,5		5,6			53	10		

2.11. Verbrennungsprodukte chlorierter Kunststoffe

In Versuchen, die bereits vor 20 Jahren durchgeführt wurden, zeigte sich, daß die Zusammensetzung der gasförmigen Verbrennungsprodukte nicht nur von der Temperatur, sondern auch von dem Verhältnis Probemenge/Verbrennungsluft abhängt.

Einige Konzentrationen von toxischen Gasen, die bei der thermischen Zersetzung in Luft aus chlorhaltigen Kunststoffen entstehen können, in Abhängigkeit von verschiedenen Zersetzungstemperaturen, zeigt Tab. 3.

Tab. 3 Konzentration toxischer gasförmiger Zersetzungsprodukte von chlorhaltigen Kunststoffen in Luft

Kunststoff	Gewicht der Probe [g]	Temperatur [° C]	Gaskonzentrationen [ppm]				
			HCl	Cl ₂	COCl ₂	CO	CO ₂
Polyvinylchlorid, nicht stabilisiert (57% Chlor)	0,25	300	13 000	*	*	5 000	6 000
	0,25	600	15 000	*	< 1	7 000	15 000
	0,25	900	15 000	*	3	5 000	29 000
Vinyl- u. Vinylidenchlorid-Copolymer, nicht stabilisiert (61% Chlor)	0,25	300	14 000	*	*	2 000	4 000
	0,25	600	18 000	*	5	11 000	21 000
	0,25	900	17 000	*	10	5 000	29 000
Polyvinylchlorid, stabilisiert, Dioctylphthalat-Weichmacher (33% Chlor)	0,25	300	5 000	*	*	7 000	8 000
	0,25	600	7 000	*	*	7 000	24 000
	0,25	900	8 000	< 1	< 1	10 000	30 000
Polyvinylchlorid, stabilisiert, Tricresylphosphat-Weichmacher (31% Chlor)	0,25	300	6 000	*	*	6 000	6 000
	0,25	600	7 000	*	*	6 000	15 000
	0,25	900	8 000	1	1	9 000	21 000

* ... vernachlässigbar klein

Chlorhaltige organische Substanzen sind schwer brennbar bis selbstlöschend und im extremen Fall wirken sie sogar als Feuerlöschmittel. Die Brenneigenschaften fester Stoffe - sieht man von Oberflächenreaktionen ab - hängen weitgehend von der Verdampfungswärme und der Verbrennungswärme ihrer Zersetzungsprodukte ab. Eine Rolle spielt dabei auch die Aktivierungsenergie der Abbaureaktion.

In Tab. 4 sind die Temperaturen angegeben, bei denen das Polymere bei 30-minütiger Erhitzung im Vakuum die Hälfte

seines Gewichtes verliert, nebst der Aktivierungsenergie der Abbaureaktion und der Ausbeute an Monomeren.

Tab. 5

Kunststoff	Temperatur, bei der das Polymere die Hälfte seines Gewichtes verliert ° C	Aktivierungs- energie der Abbau- reaktion kcal/mol	Ausbeute an Monomeren %
Polytetrafluor- äthylen	509	81	95
Poly-p-xylo	432	73	0
Polybutadien	407	62	2
Polyäthylen	404	63	0,025
Polypropylen	387	58	0,2
Polystyrol	364	55	40
Polyisobutylen	348	49	20
Polyäthylen	345	46	4
Polymethylmeth- acrylat	387	52	95
Polymethylstyrol	286	55	95
Polyvinylacetat	269	17	0
Polyvinylalkohol	268	—	0
Polyvinylchlorid	260	32	0

Einen Aufschluß über den Widerstand der Hochpolymeren gegen thermische Zersetzung gibt einerseits die Stabilität der Bindung $C \equiv C$ mit 123 kcal/mol, $C = C$ mit 100 kcal/mol, $C - C$ mit 58,6 kcal/mol, andererseits aber auch die chemische Struktur. Das Fehlen eines kinetisch günstigen Abbaumechanismus' ist häufig die Ursache für eine höhere Temperaturbeständigkeit.

Aus der gezeigten Übersicht ist zu entnehmen, daß Kunststoffe sich in ihrer Entzündlichkeit und thermischen Zersetzlichkeit unterschiedlich verhalten. Sie sind aber wesentlich schwerer entzündlich, als zahlreiche andere Müllbestandteile wie Papier, Pappe, Textilien, so daß sie nie für zufällig entstehende Brände auf Halden verantwortlich gemacht werden können. Insbesondere ist hier die Gefahr einer Selbstentzündung von Kunststoffen überhaupt nicht gegeben.

Andererseits wurde gezeigt, daß sich Kunststoffe der Verbrennung in Müllanlagen zuführen lassen, ohne daß besondere Vorsichtsmaßnahmen eingehalten werden müssen. Die einzige Ausnahme wäre Nitrocellulose, die jedoch heute kaum mehr verwendet wird.

3. Müllveraschung

In Müll- und Abfallverbrennungsöfen sollen die festen, in Sonderfällen auch flüssige Abfallstoffe aus Haushalten, Gewerbebetrieben und Industrie zu einem sterilen, nicht mehr fäulnisfähigen und möglichst unlöslichen Produkt verbrannt und dabei soweit wie möglich volumenmäßig eingeengt oder ganz vernichtet werden. Das Ziel der Veraschung ist, die Abfallstoffe hygienisch zu beseitigen. Die Konstruktion des Verbrennungsofens muß sich den Eigenarten des zu verbrennenden Abfallstoffes anpassen.

Müllverbrennungsanlagen können systematisch nach folgenden Merkmalen gegliedert werden:

1. Nach der Leistung des Ofens
2. Nach der Konstruktion des Verbrennungsrostes
3. Nach dem Verfahren der Kühlung der Rauchgase.

Die Beseitigung von Abfällen in Verbrennungsanlagen weckt durch die Möglichkeit der Abwärmeverwertung häufig Hoffnungen auf eine wirtschaftliche Nutzung. Dies läßt sich in der Praxis wegen der Inhomogenität der Abfälle und den dadurch bedingten großen Schwankungen des Heizwertes nur bei geordneter Dosierung der Abfallgüter realisieren. Grundsätzlich sollte deshalb bei Abfallveraschungsanlagen das Schwergewicht auf der Beseitigung der Abfälle und erst in zweiter Linie auf der Energiegewinnung liegen.

Hier beeinflussen die Kunststoffe durch ihren relativ hohen Heizwert das Brennverhalten des Mülls nicht unerheblich. Der Heizwert (H_u) liegt für chlorhältige Kunststoffe zwischen

4.000 und 5.000 kcal/kg und kann bei Polyolefinen bis 10.000 kcal/kg betragen. Durch Mischen verschiedener Müllsorten mit Kunststoffabfällen kann daher ein wesentlich besseres Brennverhalten erzielt und eine Stützfeuerung überflüssig werden. Damit sollte allerdings eine Anpassung der Feuerung an extreme Müllzusammensetzungen vorgesehen sein.

3.1. Verhalten von PVC-haltigem Hausmüll beim Veraschen im Drehofen

In diesem Abschnitt soll kurz, aber mit Hilfe konkreter Versuchsergebnisse dargelegt werden, daß bei sachgemäßem Veraschen des heute in Mitteleuropa anfallenden Hausmülls selbst überdurchschnittlich erhöhte Kunststoffanteile (bis 20 % PE und 5 % PVC) sich weder nachteilig auf den Verbrennungsvorgang noch korrosiv auf die Verbrennungsanlage, noch besorgniserregend umweltschädigend auf die Rauchgas-Emission auswirken.

In einer Reihe von Versuchen wurde vom Laboratorium für Kunststofftechnik, LKT-Wien, an der Müllveraschungsanlage der Österreichisch Alpine Montangesellschaft in Zeltweg der Zusammenhang zwischen dem Kunststoff-Gehalt von Hausmüll und der Rauchgas-Zusammensetzung meßtechnisch erfaßt.

Dabei wurden verschieden große PVC-Mengen mit "normalem" Hausmüll gemischt, verascht und der HCl-Gehalt der Rauchgase analysiert. Einige Werte sind in nachfolgender Tab. 6 wiedergegeben.

Tafel 6. HCl-Gehalte im Rauchgas PVC-haltiger Müllproben

Nr.	Versuchs-Datum	Müll-Art	HCl-Gehalt der Rauchgase	
			[mg/m ³]	[ppm]
1	23. 8. 71	Zeltwegger Hausmüll durchschnittl. Zusammensetzung		
2	23. 8. 71	dto., mit 2,5 % PVC	2,8	2,0
3	24. 8. 71	dto., mit 5 % PVC	6,5	4,6
4	24. 8. 71	dto., mit 5 % PVC	6,5	4,6
5	25. 8. 71	dto., mit 5 % PVC	7,2	5,1
6	25. 8. 71	dto., mit 6 % PVC-Rohre	10,9	7,2
			4,9	3,5

Bestimmung bei Versuch 1 bis 5 analytisch, bei Versuch 6 mit Hilfe des Dräger-Röhrchens

Eine Erklärung für die zunächst überraschende Feststellung, wonach der HCl-Gehalt in den emittierten Rauchgasen beim Veraschen PVC-haltigen Mülls weit unterhalb der theoretisch zu erwartenden Konzentration liegt, dürfte vorwiegend in der Bau- und Betriebsweise des Drehofens zu suchen sein. Infolge der (regulierbaren) Rotationsbewegung des Ofens und seiner Innengestaltung wird das zu veraschende Gut während einer Verweilzeit von im Mittel 30 min ständig umgewälzt. Dadurch kommt es zur optimalen Belüftung mit Verbrennungsluft, zum praktisch vollständigen Ausbrand und zu einer sterilen Schlacke. Die ständige Umwälzbewegung bewirkt im Verein mit der radial eintretenden und daher schraubenförmig durch den Drehofen gesaugten Verbrennungsluft ein kräftiges Aufwirbeln des staubförmigen Mülls an der Beschickungsseite und im weiteren Verlauf von glimmenden Kohleteilchen und (lt. Analyse) alkalischem Aschenstaub. Die im übrigen vollkommen geruchlose Asche enthält durchschnittlich 4 bis 6 % C in Form von Schwelkoks und Holzhohle.

Die Rauchgase mit den enthaltenen gasförmigen Zersetzungsprodukten müssen die aufgewirbelten Teilchen wie ein Filter passieren, wobei z.B. HCl adsorptiv an die wie Aktivkohle wirkenden Schwelkoks- und Holzkohleteilchen gebunden und/oder durch Ca- und Mg-Verbindungen der Asche neutralisiert wird. Bei den hier herrschenden 700 bis 800° C nicht wesentlich übersteigenden Temperaturen ist aber z.B. CaCl_2 recht gut beständig. Der beim Verbrennen von PVC frei werdende Chlorwasserstoff gelangt mithin teils adsorptiv, teils chemisch gebunden in die Asche und scheidet so als in die Umwelt emittierter Schadstoff weitgehend aus, ohne daß zunächst eine Abgas-Wäsche eingeschaltet zu werden braucht. Diese Feststellungen unterscheiden sich grundsätzlich von einem im Laboratorium durchgeführten Modellversuch, bei dem weder das zu verbrennende Gut noch die Verbrennungsluft umgewälzt werden und der HCl-Gehalt selbst kleiner mitverbrannter PVC-Anteile nahezu quantitativ in den Rauchgasen in Erscheinung trat.

Bei der von uns benutzten Veraschungsanlage dürfte die Grenze für die adsorptive und chemische Bindung der abgespaltenen Salzsäure an die Asche bei einem Anteil von rd. 5 % PVC im Hausmüll liegen, eine Anteilshöhe, mit der wir selbst bis zum Jahr 2000 nicht zu rechnen brauchen, wobei offen steht, welche sonstigen Verschiebungen in der mittleren Zusammensetzung des Hausmülls bis dahin eintreten werden. Bei höheren PVC-Konzentrationen steigt - wie Vorversuche gezeigt haben- die HCl-Emission stark an. Dabei dürfte allerdings auch die Temperaturführung eine gewisse Rolle spielen. Außerdem kann dann durch Zuschlagstoffe oder geeignete Filter abgeholfen werden.

Die in der Literatur verbreitete Auffassung, wonach Polyolefine, Polystyrol u.a. Kohlenwasserstoff-Kunststoffe vom Standpunkt des Verbrennens aus emissions-ungefährlich, ihres Heizwertes wegen im Gegenteil sogar nützlich und erwünscht sind, kann bestätigt werden. Unter der Voraussetzung des ordentlichen Vermischens mit dem Gesamt-Müll dürfte die beim Drehofen-Betrieb zulässige obere Grenze zunächst bei 20 bis 25 % liegen. Auch ohne Beimischen anderer Brennstoffe können Kunststoff-Abfälle in Drehrohröfen verbrannt werden, sofern ihr hoher Heizwert berücksichtigt und im Fall von PVC (oder anderer Cl, F oder S enthaltender Kunststoffe) gewisse weitere Voraussetzungen der Gaswäsche und des Korrosionsschutzes erfüllt werden.

Abb. 2 gibt einen Mengenvergleich verschiedener Luftverunreinigungen in Schweden und in Abb. 3 ist das Verhältnis zwischen den freigesetzten Mengen Schwefelsäure und Salzsäure graphisch dargestellt.

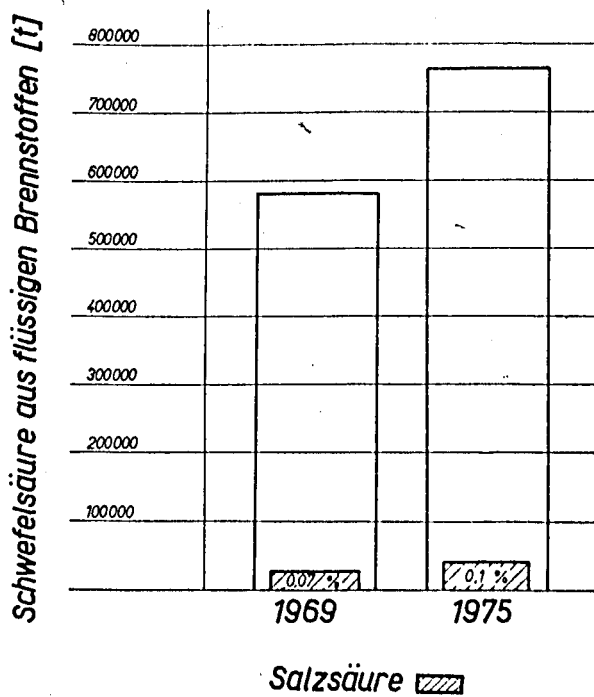
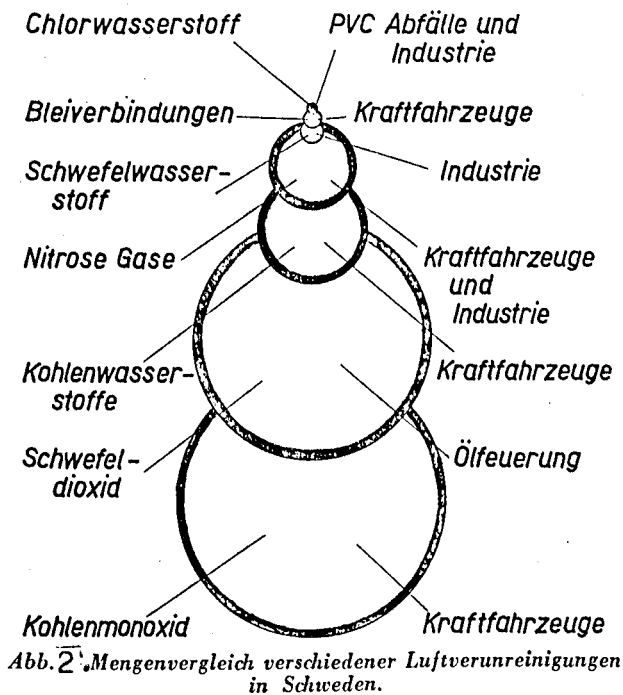


Abb. 3. Verhältnis zwischen den freigesetzten Mengen Schwefelsäure (nur aus flüssigen Brennstoffen) und Salzsäure.

3.2. Korrosionsprobleme

Sowohl theoretische Überlegungen als auch praktische Erfahrungen zeigen, daß es einen Temperaturbereich gibt, bei dem keine nennenswerten Korrosionserscheinungen an den Anlagen auftreten. Dies ist zwischen dem Taupunkt und der beginnenden Gasphasenkorrosion, etwa zwischen 150 und 350° C der Fall. Unter oxydierenden Bedingungen, also Luftüberschuß, werden die auf Stahl gebildeten Oxide kaum von Chlor oder Chlorwasserstoff angegriffen. Unter einer Temperatur von 300° C geht jedoch eine allfällige Reduktion der Oberflächenoxide sehr langsam vor sich, weshalb unterhalb der erwähnten Temperatur kaum nennenswerte Korrosionsschäden zu befürchten sind.

An der Müllveraschungsanlage in Zeltweg wurden verschiedene Korrosionstests im Rauchgaskanal vor dem Elektrostaubfilter durchgeführt. Verschiedene Metallproben wurden 3 Monate der Einwirkung der Rauchgase bei einer Temperatur von ca. 300 bis 350° C ausgesetzt. Dabei zeigten sich folgende Gewichtsverluste:

Tab. 6 Korrosionsversuche

Probe	g/m ²	Gewichtsverlust in Gew. %
Aluminium	3 · 10 ⁻⁴	0,52
Kupfer	55 · 10 ⁻⁴	2,15
Stahl (Korralpin)	1 · 10 ⁻⁴	0,09
RA (18/8 Stahl)	6 · 10 ⁻⁴	0,22
ST 37	27 · 10 ⁻⁴	0,79
ST 60 M	3 · 10 ⁻⁴	0,12

Zur Zeit sind vergleichende Versuche im Gange, z.B. auch in einer Großanlage mit Rostfeuerung. Unter anderem werden auch einige hochtemperaturbeständige Lacke dabei getestet.

4. Die Einwegverpackung

Wir haben bisher feststellen können, daß Kunststoffe derzeit kein ernstliches Problem der Abfallverbrennung darstellen und aller Voraussicht nach auch im Jahre 1980 nicht darstellen werden.

Müllsortieranalysen, die vom LKT mit Unterstützung des Forschungsförderungsfonds der gewerblichen Wirtschaft unter Mitwirkung vieler Gemeindeverwaltungen in ganz Österreich durchgeführt werden, haben im wesentlichen die in anderen Ländern gesammelten Erfahrungen bestätigt, jedoch auch im wesentlichen neue Aspekte gebracht. Hinsichtlich der Verpackungstoffe ist eine generelle Zunahme, allerdings mit starken jahreszeitlichen und regionalen Schwankungen, festzustellen. In Tab. 7 sind die Mittelwerte mit den Konfidenzgrenzen von ca. 50 Müllanalysen aus 12 österreichischen Städten angeführt.

Tab. 7 Müllzusammensetzung

Müllart	Mittelwert Gew. %	Konfidenzgrenzen Gew. %
Vegetabilische Abfälle	14,7	8,3 ... 37,7
Textilien, Leder, Gummi	5,1	2,4 ... 12,6
Pappe, Papier, Holz	21,2	13,2 ... 29,1
Kunststoffe	4,6	3,2 ... 12,4
Mineralische Bestandteile	45,9	5,2 ... 86,5
Metalle	5,3	2,9 ... 13,6
Glas	6,5	1,9 ... 7,7

Was geschieht aber, wenn allen Prognosen zum Trotz, ein mehr oder minder plötzlicher Übergang zu Einwegflaschen aus Kunststoff stattfindet? Abb. 4 gibt die Zuwachsraten der Produktion von Verpackungsmaterial in der BRD für den Zeitraum von 1954 bis 1962 wieder.

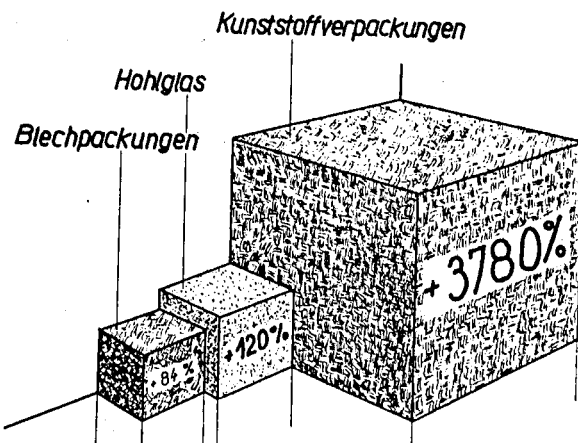


Abb. 4. Zuwachsraten der Produktion von Verpackungsmaterialien in der Bundesrepublik Deutschland für den Zeitraum von 1954 bis 1962.

1967 stiegen die Kunststoffe auf den 90-fachen und 1969 auf den 157-fachen Wert von 1954 an, wobei allein von 1968 auf 1969 eine Steigerung von 389.440 auf 494.330 t stattfand. Die wertmäßigen Anteile der wichtigsten Packstoffe sind aus Abb. 5 zu ersehen.

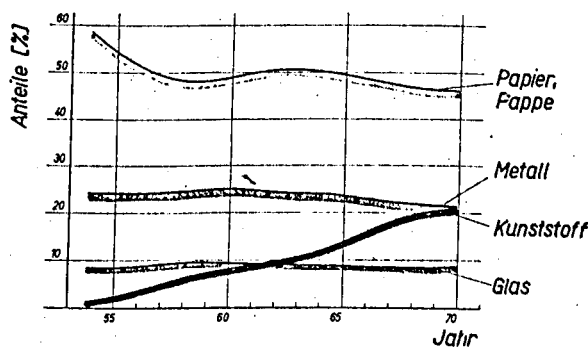


Abb. 5. Wertmäßige Anteile der wichtigsten Packstoffe in der Packmittelerzeugung der Bundesrepublik Deutschland für die Jahre 1954 bis 1969.

Bei völliger Umstellung auf Einwegflaschen würden in der BRD etwa 6,6 Milliarden Flaschen benötigt, entsprechend einer Glasmenge von 1,12 Millionen t/a oder 1,8 Millionen m³/a.

Die Einführung der Einwegflasche würde nach vorliegenden Schätzungen z.B. für Hamburg zusätzlich 160.000 Mülltonnen, 62 Müllfahrzeuge und 380 Arbeiter erforderlich machen. Oder in finanziellen Zahlen ausgedrückt: Investitionen von 105 Millionen Schilling oder 56,- /S/E und zusätzliche Betriebskosten von fast 30,- S/E.a. Die "Zentralstelle für Abfallbeseitigung" kommt zu der Auffassung, daß der Übergang

zur Einwegflasche wegen betrieblicher Vorteile kaum aufzuhalten sein wird: Einsparung von Arbeitskräften, da Sammlung, Rücktransport, Sortierung und Reinigung entfallen.

Diesen Vorteilen stehen nur Mehrkosten von etwa 10 bis 15 g je gefüllte Flasche gegenüber. Die Beseitigung einer 0,7 l Glasflasche mit dem Hausmüll wird etwa mit 7 Groschen kalkuliert.

Ein Übergang von der Glasflasche zur Kunststoffflasche bedeutet betrieblich einen Vorteil durch weitere Gewichtsverminderung des Leergutes. Eine 0,7 l Kunststoffflasche wiegt 40 g gegenüber 600 g aus Glas. Bei allgemeiner Einführung von Einwegflaschen aus Kunststoff würde das Volumen der Flaschen im Müll (ohne Verdichtung) auf den 40-fachen Wert, das Gewicht jedoch nur auf den 2,7-fachen Wert des bisherigen Glasanteiles ansteigen.

Dies würde zu folgenden Veränderungen von Müllgewicht und Müllvolumen führen (Abb. 6):

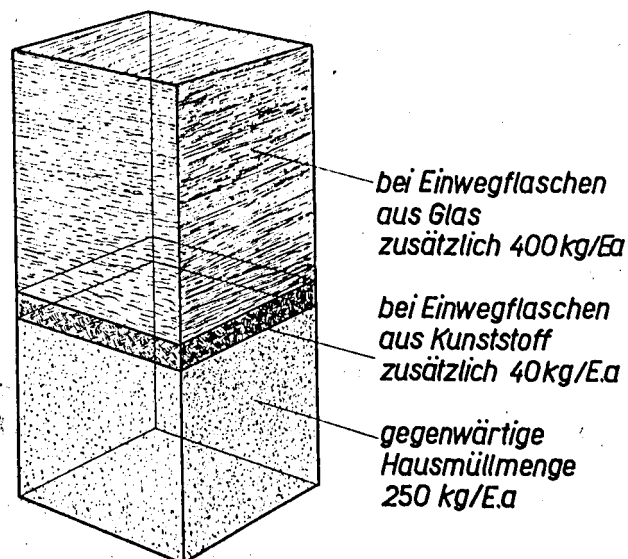


Abb. 6. Zunahme der jährlichen Gesamtmüllmenge in Österreich bei Einführung der Einwegflasche.

Seitens der Kunststoffindustrie wird darauf hingewiesen, daß diesen Zahlenangaben nur ein theoretischer Wert beizumessen sei. Tatsächlich sei es zurzeit gar nicht möglich, völlig auf Einwegflaschen aus Kunststoff umzustellen.

So seien z.B. heute Kunststoffflaschen nur für bestimmte Bierarten geeignet, obendrein noch mit einer begrenzten Haltbarkeit. Außerdem würden die Herstellungsmaschinen für Kunststoffflaschen beim gleichen Preis die Kapazität der Abfüllmaschinen von etwa 20.000 Flaschen pro Stunde nicht erreichen. Eine spontane Einführung von Einwegflaschen sei also nicht zu erwarten.

Andererseits können nach einer amerikanischen Studie Kunststoffe auch wirksame Hilfen im Sinne des Umweltschutzes bringen. Nach einer wissenschaftlichen Veröffentlichung würde z.B. die Abschaffung von Einwegverpackungen für Trinkmilch im amerikanischen Bundesstaat Colorado die Probleme der Umweltverschmutzung verschärfen; denn bei der Reinigung von Glasflaschen würden jährlich 300.000 t Reinigungsflotte anfallen, die durch 170 t Reinigungsmittel und 860 t Milch verunreinigt sind. Kunststoff-Einwegflaschen aber können verbrannt werden.

5. Künftige (mögliche) Methoden der Abfallbeseitigung

Nach den bekannten und bereits praktizierten Methoden der Ablagerung und Kompostierung, die nicht Gegenstand dieses Referates sind, stehen fallweise noch andere Möglichkeiten zur Diskussion, von denen wir einige zumindest aufzählen wollen:

Abbau von Kunststoffen unter dem Einfluß von Atmosphäre oder Mikroorganismen.

Photochemischer Abbau.

Verbesserung der Bodenstruktur durch Kunststoffabfälle.

Eines der beliebtesten Schlagworte im Zusammenhang mit Abfallstoffen ist der Ausdruck "Recycling". Ein echtes Problem sind z.B. die Altreifen, von deren Gummianteil 10, bestenfalls 20 % einer Weiter- oder Wiederverwendung zugeführt werden können. In der BRD beträgt der jährliche Altreifenanteil nahezu 300.000 t. Erst kürzlich berichtete eine Wiener Tageszeitung über die Herstellung einer Art Holzfaserspanplatte mit etwa 50 % Polyäthylenabfällen. Die Eigenschaften dieser "Superplatte" sind hervorragend. Wer allerdings soll den Polyäthylengehalt des Hausmülls aussortieren? Eine andere (ebenfalls patentierte) Variante schlägt nach einem speziellen Fermentierverfahren die Kompostierung, Komprimierung usw. des Mülls vor, mit demselben Ziel, nämlich Bauplatten herzustellen. Es erhebt sich die Frage, wer soviel Platten, die aus Müll hergestellt werden würden, brauchen könnte.

In Japan komprimierte man, Presseberichten zufolge, trockenen Müll mit einem Kunststoffgehalt bis zu 40 % zu Ballen, umgibt diese mit einem Drahtgeflecht und überzieht sie mit einer Bitumschicht und benützt sie zur Landgewinnung und im Straßenbau.

In Cleveland gibt es eine Anlage, die Rohmüll zu Ziegeln preßt, über deren kommerzielle Brauchbarkeit sich jedoch noch nichts sagen läßt.

Ein vielversprechendes Anwendungsgebiet wären z.B. Straßenbeläge, die Kunststoffabfälle anstelle von Bitumen verwenden. Höhere Abriebfestigkeit und bessere Temperaturbeständigkeit sind bereits experimentell nachgewiesen. Außerdem vermittelt diese "Plastikstraße" wegen ihrer hellen Farbe durch wesentlich bessere Sichtverhältnisse bei Nacht und Nebel ein völlig neues Fahrgefühl.

Man kann aus dem keineswegs vollständig Aufgezählten ersehen, daß technische Möglichkeiten der Abfallbeseitigung weitgehend vorhanden sind. Sie lassen sich jedoch hauptsächlich auf Gewerbe- und Industriemüll anwenden. Der kommunale Müll wird wegen seiner äußerst inhomogenen Zusammensetzung in der Praxis nach

wie vor durch eine der "üblichen" Methoden beseitigt werden müssen.

In Zukunft scheinen sich prinzipiell für den "Wohlstandsmüll" einige Tendenzen abzuzeichnen, z.B. die kombinierte Abfallbeseitigung und die Pyrolyse, bei der die Stoffe unter Luftabschluß durch Hitzeeinwirkung zersetzt werden. Eine Wiedergewinnung von Rohstoffen oder zumindest eine Verwertung der abgespaltenen Gase zu Heizzwecken scheint hier auch für den heterogenen Hausmüll möglich zu sein.

Diese Methoden stecken vorerst noch in den Kinderschuhen und eine Menge an angewandter Forschungsarbeit wird noch zu leisten sein, um sie einmal anwendungsreif zu machen, in Sinne einer reineren Umwelt. Und dazu bedarf es z.B. Ihrer Ideen und Ihrer Mitarbeit.

Literatur

- K.KOMAGATA, T.NAKASE, N.KATSUYA, J.Gen.Appl.Mikrobiol.10,
1964
- G.SCOTT, "Photo-Destruction of Plastics", Plast.Rubb.Text.
1, 1970
- E.WOGROLLY, "Zum Verhalten von PVC-haltigem Hausmüll in Ver-
brennungsanlagen", Kunststoffe 62, (1) 1972
- F.E.KNUDSEN, K.KROYER, "Pyrolytic Destruction of Plastics",
EFTAPA Symp. on Disposal of Plastics Waste and
Litter, Oslo, Mai 1970
- G.E.TOLES, "Firestone to Build Tyre Coking Plant", Rubb.J.
10, 1970
- L.SCHEICHL, VFDB Zeitschrift 4, 1966
- J.C.OLSEN, G.E.FERGUSON, L.SCHEFLAU, Industr.Eng.Chem. 25
1963
- L.B.BERGER, H.A.SCHRENK et al., "Toxicity and Flame Resistance
of Thermosetting Plastics", US Bureau of Mines
R.J. 4143, 1947
- A.KRAUSE, A.LANGE, "Kunststoff-Bestimmungsmöglichkeiten",
Carl-Hanser-Verlag, München, 1965
- O.LEUCHS, Kunststoffe Bd. 61 (1971), S.44/45
- R.RASCH, Energie Bd. 23 (1971) S. 20/21
- E.WOGROLLY, "Zum Brandverhalten von PVC", Umweltschutz Städte-
reinigung 7, 4, 1970 79/80
- R.LEFAUX, "Chimie et toxicologie des matières plastiques",
Compagnie Francaise d'Edition Paris, 1966

- J.HOPFF, "Über den thermischen Abbau makromolekularer Verbindungen", Kunststoffe 42, 1952
- P.H.MOREL, Conf. à l'Ecole Nation. Sup. Aeronaut Paris, 13 mai 1960
- J. Le BRAS, "Chimie du caoutchouc naturel", Traite du Chimie Organique, Masson et Cie Ed. Paris, 1953
- J.A.ZAPP jr., Arc. Envir. Health 4, 1952
- C.TROYANOWSKY, Arc. Mal Prof. 20, 1959
- E.H.COLEMAN, "Gaseous Combustion Products from Plastics", Plastics 10, 1959
- W.MAKSCHIN, J.ULBRICHT, "Thermische Abspaltung von Blausäure aus Polyacrylnitril", Faserforschung und Textiltechnik, 20, 1969
- E.H.COLEMAN, C.H.THOMAS, "The Products of Combustion of Chlorinated Plastics", J.Appl.Chem. 4 (7), 1954
- B.G.ACHHAMMER et al., "Beziehung zwischen chem. Struktur und Beständigkeit Polymerer", Kunststoffe 49, 1959
- E.SCHMITZ, E.WOGROLLY, "Test Results of Corrosion caused by the Combustion of Macromolecular Materials", Allg. und Prakt.Chemie 2 (8), 1969
- Th.A.MARKUS, "Soil Stabilization by Synthetic Resins", Modern Plastics 33 (2), 1955

Franz Fischer

Grundlagen der Müllverbrennung
und Sonderprobleme

1. Brenneigenschaften des Mülls

Der Müll und die Abfallstoffe, die zur Verbrennung gelangen, sind bekanntlich ein sehr inhomogenes Gemisch, das zudem großen Schwankungen in seiner Zusammensetzung unterworfen ist. Diese ändert sich nach den Jahreszeiten, nach den Sammelgebieten und der Herkunft des Mülls, wobei auch noch eine Reihe weiterer Faktoren von Einfluß ist. Der Müll ist daher ein sehr unzuverlässiger Brennstoff, so daß dort, wo es auf eine genaue Wärmelieferung ankommt, wie bei Stromerzeugungsaggregaten, es besonderer Regelvorrichtungen bzw. einer aufmerksamen Bedienung des Verbrennungsofens bedarf, um die Schwankungen des Wärmeangebotes annähernd auszugleichen. Man hat in der Müllverbrennungsanlage Rotterdam erfolgreiche Versuche in dem Sinne durchgeführt, daß die Müllaufgabe automatisch in Abhängigkeit von der Wärmeleistung des Brennstoffbettes gesteuert wird, so daß eine gleichmäßige Dampfproduktion weitgehend erreicht wird. Der Kranführer einer Müllverbrennungsanlage muß auf jeden Fall trachten, die Öfen, soweit dies durchführbar ist, gleichmäßig zu beschicken.

Der Vorschlag, sämtlichen Müll zu zerkleinern und vor seiner Aufgabe zu durchmischen, erscheint wegen der hohen Kosten, die damit sowohl investitionsmäßig als auch betrieblich verbunden sind, und wodurch die Müllverbrennung finanziell wesentlich mehr belastet würde, nicht durchführbar. Es gibt wohl einen Sonderfall für eine Zerkleinerung des Mülls vor seiner Verbrennung, und zwar bei dem Ebinger-Etagenofen, wo der zerkleinerte Müll gemeinsam mit Klärschlamm verbrannt wird. Welche Zusammensetzung der Müll in

österreichischen Gemeinden hat, wird gegenwärtig untersucht. Gemeinsam mit dem Institut für Kunststofftechnik am TGM und der Stadt Wien werden in einer Anzahl von Gemeinden diese bezüglichen Rechnungen durchgeführt. Die ersten Ergebnisse sind aus der nachstehenden Tabelle ersichtlich (Tabelle 1).

Tabelle 1

Abfallart:	G e w i c h t s - %	
	Mittelwert auf 36 Einzelanalysen	Konfidenzgrenzen
Vegetabilische Abfälle	14,7	8,3 - 37,7
Textilien, Leder, Gummi	5,1	0 - 12,6
Pappe, Papier, Holz	21,2	13,2 - 29,1
Kunststoffe in jeder Form (ohne Gummi)	4,6	0 - 12,4
Mineralische Bestandteile	45,9	5,2 - 86,5
Metalle	5,3	0 - 13,6
Glas	6,5	1,7 - 11,3

Man erkennt u.a. daraus, daß der Anteil von Papier und Kartonagen im Müll im Durchschnitt 21,2 % beträgt. In der BRD und in Großbritannien ist dieser Anteil bereits auf 30-40 % gestiegen; in den USA beträgt er 50 %. Es ist daher zu erwarten, daß auch bei uns der Papieranteil noch eine starke Steigerung erfahren wird. Der Kunststoffanteil beträgt 4,6 %, dieser Wert entspricht etwa dem mitteleuropäischen Durchschnitt. Die mineralischen Bestandteile sind in Österrich hingegen im Vergleich zu anderen Ländern außerordentlich hoch, da hier noch die Einzelofenheizung stark überwiegt. Mit dem Fortschreiten der Zentralheizung, der Gas- und Ölheizungen wird sich hier in Zukunft eine ständige Verminderung

ergeben. Nicht von Bedeutung sind die Anteile der vegetabilischen Abfälle in der Höhe von 14,7 %; in den südlichen Ländern überwiegen diese Bestandteile im Müll, so liegt u.a. aus den griechischen Städten eine Analyse vor, wo der Gemüseanteil bis zu 70 % beträgt. Da die vegetabilischen Abfälle im wesentlichen aus Wasser bestehen, spielen sie für die Brennbarkeit des Mülls eine große Rolle und stellen unter Umständen die Voraussetzung für eine Müllverbrennung in Frage.

Die Müllmenge Einwohner/Jahr beträgt in Österreich gegenwärtig 230 kg. Dieser Wert liegt im Bereich des mitteleuropäischen Durchschnittes. In Schweden verzeichnet man bereits eine Müllmenge von 400 kg und in den USA steht man bei 1000 kg. Es ist daher verständlich, daß gerade dort die größten Anstrengungen unternommen werden, die Müllflut einzudämmen. Durch den Resource-Recovery Act des Präsidenten vom Jahre 1970 wird der Wiederverwertung von Altstoffen aus dem Müll größte Bedeutung zugemessen und durch großzügige Forschungsaufträge werden Methoden auf diesem Gebiete untersucht.

Das "Recycling" ist das große Schlagwort für die neuerliche Einarbeitung der Altstoffe in den Kreislauf der Produktion.

In weit größerem Ausmaß als das Müllgewicht ständig zunimmt, weitet sich das Volumen des Mülls aus. Der Müll wird vornehmlich durch die vielen Verpackungsabfälle ständig leichter. Ein Umstand, der seine Auswirkung sowohl auf die Müllgefäße als auch auf den Mülltransport hat. In den letzten Jahren hat sich in Wien das Volumen des Mülls verdoppelt und beträgt gegenwärtig 2,6 Millionen m³/Jahr, d.s. 1,6 m³/Einwohner. Man muß damit rechnen, daß eine noch weit stärkere Zunahme der Müllmengen erfolgt, in erster Linie durch die drohende Vermehrung der Einweg-Behälter.

Vom Standpunkt der Müllverbrennung sind die Brenneigenschaften, vor allem sein Heizwert, von großer Bedeutung. Hierbei sind als Kriterium für die Beurteilung die drei Komponenten: der Gehalt an Wasser, an Asche und an Brennbarem im Müll maßgebend. Eine Besonderheit des Mülls als Brennstoff ist gegen-

über den konservativen Brennstoffen sein hoher Wassergehalt. Wasser, d.h. die Feuchtigkeit im Müll, benötigt bekanntlich zum Verdampfen eine bestimmte Wärmemenge, die rd. 540 kcal/kg beträgt. Bei der Angabe für den Heizwert zwischen oberem und unterem Heizwert (H_o und H_u) muß man unterscheiden. Der obere Heizwert umfaßt die Verbrennungswärme des Brennstoffes einschließlich der Verdampfungsenergie für die Brennstofffeuchtigkeit und für den Wasserdampfanteil, der bei der Verbrennung des im Brennstoff gebundenen Wasserstoffes enthalten ist. Der untere Heizwert gibt dagegen die Verbrennungswärme, vermindert um die Verdampfungsenergie des in den Verbrennungsprodukten enthaltenen Wassers an. Der Anteil von Wasser im Müll schwankt jahreszeitlich. In den Sommermonaten ist er naturgemäß durch die Obst- und Gemüseabfälle etwas höher. Allgemein soll der Wasseranteil nicht über 50 % betragen, damit die Brennbarkeit des Mülls nicht gefährdet wird. Der Ascheanteil ist ein Ballaststoff bei der Verbrennung und soll höchstens 60 % betragen, eine Grenze, die in Wien in den Wintermonaten manchmal erreicht wird. In diesen Fällen ist es willkommen, wenn mittels der Altöl-Brenneinrichtung, über welche die Wiener Anlagen verfügen, zusätzliche Wärmemengen durch die Altöl-Verbrennungen herangebracht werden. Die brennbaren Anteile im Müll, also die eigentlichen Träger der Verbrennung, haben sehr unterschiedliche Brenneigenschaften. Sie besitzen hohe und niedere Heizwerte, haben eine rasche oder langsame Zündtemperatur, eine kurze oder lange Brenndauer u.a.

Es ist Aufgabe einer entsprechend gut druckgesteuerten Rostbauart, die Vorbedingungen für die einwandfreie Verbrennung des Mülls in Anpassung an die unterschiedlichen Brenneigenschaften der einzelnen Teile zu schaffen. Der Gesamtanteil der brennbaren Stoffe soll zumindestens 25 % betragen.

Tabelle 2

Untersuchungsdaten verschiedener Abfallstoffe im Müll

Art	Wasser	flüchtige Bestandteile	fixer Kohlenstoff	Asche	Heizwert	Heizwert der fl. Best.
	%	%	%	%	kcal/kg	kcal/kg
Zeitungen	6,0	81,1	11,5	1,4	4 430	4 330
Packpapier	5,8	83,9	9,3	1,0	4 035	3 920
Zeitschriften	4,1	66,4	7,0	22,5	2 820	3 400
Wellpappe-Karton	5,2	77,5	12,3	5,0	3 915	3 790
kunststoffbeschichtetes Papier	4,7	84,2	8,5	2,6	4 080	4 040
gewachste Milchtüten	3,5	90,9	4,5	1,1	6 285	6 520
Lebensmittel-Karton	6,1	75,6	11,8	6,5	4 025	4 090
Altpapier	4,6	73,3	9,0	13,1	3 385	3 640
Gemüseabfälle	78,3	17,1	3,6	1,0	990	4 090
Zitrussschalen						
Kork	78,7	16,6	4,0	0,7	950	3 800
Gekochte Fleischabfälle	58,7	56,3	1,8	3,2	4 235	7 260
rette	0,0	97,6	2,4	0,0	9 140	9 160
Lederschuhe	7,5	57,4	14,3	21,1	4 025	5 040
Sohlen, Absätze	1,2	67,0	2,1	29,7	6 055	8 770
Staubsauger-Abfall	5,5	55,7	8,5	30,3	3 550	5 160
Parkabfall (Äste)	69,0	25,2	5,0	0,8	1 500	4 370
Fichten	74,4	20,7	4,1	0,8	1 355	4 950
Blumenabfälle	53,9	35,6	8,1	2,4	1 830	3 320
Gras	75,2	18,7	4,5	1,6	1 145	4 200
Laub	10,0	66,9	19,3	3,8	4 430	4 310
Bereifung	1,0	64,9	27,5	6,6	7 740	8 530

In der Tabelle 2 sind Untersuchungsdaten verschiedener Stoffe im Müll angeführt, nach Ermittlungen des Batelle-Instituts in Frankfurt. Hierzu wird bemerkt, daß die brennbaren Bestandteile aus flüchtigen Bestandteilen, also aus Gasen und Dämpfen und aus dem zurückbleibenden sogenannten fixen Koh-

lenstoff bestehen. Auf die Bestimmung des Heizwertes, die nicht einfach ist, wird im späteren Referat kurz eingegangen werden. Die Grenze der Selbstbrennbarkeit des Mülls wird mit einem Hu von 900 bis 1000 kcal/kg angenommen. Die sich ändernde Zusammensetzung des Mülls geht ständig in der Richtung einer besseren Brennbarkeit desselben; in Wien wurde im Zuge der Vorbereitung der Müllverbrennungsanlage im Jahre 1956 ein Hu von 1100 kcal im Winter und mit 900 im Sommer ermittelt. Heute kann festgestellt werden, daß vor allem der Heizwert des Sommermülls weit über dem damals ermittelten Wert liegt und bereits etwa die doppelte Höhe erreicht hat. Die gute Wärmeausbeute des Sommermülls hat auch dazu geführt, daß die vorhandenen Wärmeabnehmer nicht mehr ausreichten, um den Wärmeeinfall unterzubringen, so daß die Müllzufuhr gedrosselt werden mußte. Durch die inzwischen erfolgte Aufstellung eines Dampfturbinenaggregates besteht nunmehr die Möglichkeit, reichlich Wärme auch in den Sommermonaten unterzubringen, so daß damit die gesamte Verbrennungsleistung der MVA bereits im letzten Jahr stark vergrößert werden konnte.

2. Vorgänge bei der Verbrennung

Die Verbrennung bedeutet Oxydation, d.h. Verbindung des Brennbareren mit dem Sauerstoff der Verbrennungsluft. Es entstehen die Feuergase. Wenn ihnen mehr Luft zugesetzt wird als zur Verbrennung notwendig ist, bedeutet dies einen Ballast, durch welchen die Verbrennungstemperatur erniedrigt wird. Daher wäre es richtig, nur die unbedingt notwendige Luftmenge zuzuführen, doch erscheint dies im praktischen Betrieb nicht zweckmäßig. Der Müll ist sehr inhomogen, seine Bestandteile benötigen verschieden große Mengen Sauerstoff, so daß bei zu knapper Luftzufuhr die Gefahr einer unvollständigen Verbrennung besteht. Dazu besteht neuerdings bei den zunehmenden Anteilen von Kunststoffen im Müll dabei die Möglichkeit, daß bei Sauerstoffmangel eine gut reduzierende Atmosphäre entsteht, wodurch die Korrosionsbildung an den Kessel- und

Überheizerrohren begünstigt wird. Daher wird bei einer Verbrennungsanlage genügend Luft eingeblasen, man spricht auch von der Sekundärluft, die nicht nur den Ausbrand unverbrannter Gase fördern, sondern auch die Rauchgase durchwirbeln soll. Damit wird die Strahlenbildung chlorhältiger und anderer gefährlicher Gase weitgehend verhindert und damit gleichfalls eine Korrosionsgefahr eingeschränkt.

Der Müll soll naturgemäß in der Anlage hygienisch einwandfrei verbrannt werden. Dazu gehört auch, daß keine Geruchsbelästigung nach außen erfolgt. Dies zu verhindern, muß eine Feuergastemperatur von etwa 800°C erreicht werden. Die obere Grenze der Feuerraumtemperatur liegt bekanntlich bei $1000 - 1050^{\circ}$ und ist durch den Schlackenerweichungspunkt gegeben. Die Verbrennung des Mülls muß sich daher innerhalb dieser beiden Temperaturgrenzen bewegen.

Die Wärme der Abgase wird heute in jeder größeren, aber auch schon je nach den Gegebenheiten, in mittleren Anlagen rückgewonnen und zwar in Form von Dampf- oder Heißwasser, wenn man von Sonderfällen, wie etwa die Chlorschlammtrocknung durch unmittelbare Einwirkung der Rauchgase, absieht. Mit der Zunahme des Müllheizwertes und mit den wachsenden Müllmengen werden die Müllverbrennungsanlagen immer mehr zu einem Energieträger, so daß sie vielfach bereits im Rahmen von Fernheizkraftwerken gebaut werden. Läßt man die bei der Verbrennung entstehende Wärme ungenützt über den Schornstein entweichen, wie dies bei Klein- und Mittelanlagen gewöhnlich der Fall ist, spricht man auch von Veraschungsanlagen.

Zur Umwelthygiene gehört vor allem auch eine einwandfreie Rauchgasreinigung. Müll hat im Gegensatz zu den übrigen Brennstoffen, bedingt durch die vielen Ascheanteile, einen sehr hohen Gehalt an staubförmigen Stoffen. Bei der Verbrennung soll nun einerseits ein ständiges Umwälzen des Mülls zur Erzielung eines guten Ausbrandes erfolgen, andererseits sollten die vielen Staubteile nicht zu stark durchgewirbelt und damit von den Rauchgasen mitgerissen werden. Eine richtige

Rost- bzw. Feuerraumbildung muß hier den optimalen Ausgleich schaffen. Notwendig erscheint es auf jeden Fall, für eine moderne Müllverbrennungsanlage eine wirksame Rauchgasreinigung vorzusehen, um den Forderungen der Umwelthygiene, die heute mehr denn je im Mittelpunkt der Öffentlichkeit stehen, zu entsprechen.

Die eigentlichen Vorgänge bei der Verbrennung teilt Palm in folgende Zonen ein: Trocknung, Wandlung, Zündung, Abbrand und Ausbrand.

In der Trocknungszone wird die Feuchtigkeit des Mülls verdampft, u.zw. durch die rückstrahlende Wärme aus der Flamme und durch zugeführte, oftmals vorgewärmte Luft. Viele Anlagen besitzen auch eine sogenannte Rauchgasrückführung, die u.a. auch die Aufgabe hat, durch die Rauchgase und deren Wärme die Trocknung zu unterstützen. Bei der Verdampfung des in den Bestandteilen enthaltenen Wassers muß dieses zunächst auf 100°C gebracht werden. Für die Temperaturerhöhung von 20° auf 100° sind hiezu 80 kcal notwendig. Dann muß die Verdampfungswärme, d.s. 540 kcal/kg aufgebracht werden. Die Zeitdauer für die Verbrennung ist naturgemäß von verschiedenen Komponenten abhängig, wie von der Oberfläche, der enthaltenen Feuchtigkeit, den Brenneigenschaften u.a.

In der Wandlungszone findet die eigentliche Entgasung des Brennstoffes, d.h. die Schwelung, statt. Die flüchtigen Bestandteile ziehen als Strahlen unverbrannter Gase durch den Feuerraum. Sie mischen sich mit der Verbrennungsluft und verbrennen, sofern sie eine niedrige Zündtemperatur (bis etwa 250°C) haben. Fester Kohlenstoff hat zum Vergleich eine Zündtemperatur von 750°C .

Die Zündung ist der nächste Vorgang. Die Verbrennungsluft ist nach der Zündung ohne zusätzliche Wärmezufuhr exotherm, d.i. unter Wärmeentwicklung. Es verbrennen die flüchtigen Bestandteile. Brennstoff und Schlacke werden vollständig durchgewärmt und alle flüchtigen Teile ausgetrieben.

Der Abbrand ist die eigentliche Verbrennung. Sie erfolgt durch die weitere Zunahme der Temperatur des Brennstoffbettes. Es finden die üblichen Reaktionen (Oxydation, Reduktion) statt. Für den praktischen Betrieb ist es wichtig, ein geschlossenes Brennstoffbett von ausreichender Höhe zu haben. Da der Müll in einer relativ hohen Schicht (1 m und mehr) aufgegeben wird und dann schnell an Volumen verliert, muß er aufgestaut und geschürt werden, um das erforderliche geschlossene Brennstoffbett zu erhalten. Es muß auch darauf geachtet werden, daß der Rost nicht überhitzt wird, d.h. mit anderen Worten, der Unterwind muß den Rost kühlen, denn dicht darüber befindet sich eine Zone hoher Temperatur. Die Verweilzeit des Mülls auf dem Rost beträgt mehrere Stunden, um die brennbaren Teile auf wenige Prozente herabzusetzen.

Der Ausbrand dient schließlich dazu, um die letzten brennbaren Teile nach Möglichkeit aus dem Müll herauszuholen. Er findet im letzten Teil des Rostes, bzw. in einer besonderen Ausbrandvorrichtung statt. Es wird hier also der restliche Kohlenstoff verbrannt, um den Rückstand bereits in der Temperatur herabzusetzen. Zum annähernd vollständigen Ausbrand aller Teile, auch der mit langer Brenndauer, ist eine relativ lange Verweildauer in der Ausbrennvorrichtung notwendig.

Bei der Verbrennung von Müll ergeben sich, wie bei jeder Verbrennungsanlage, thermische Verluste, die für eine Müllverbrennung von Palm wie folgt geschätzt werden.

Abgasverluste in den Schornstein 17,5 %

Verluste durch die fühlbare Wärme in der Schlacke 4,0 %

Brennbares in der Schlacke 10,7 %

Brennstoff, der durch die Rostspalten fällt 2,0 %

Strahlungsverluste 3 %

Also insgesamt 37,2 %

Damit ergibt sich ein Wirkungsgrad von 62,8 %

So können naturgemäß in den einzelnen Positionen in modernen Anlagen noch verschiedene Verbesserungen erzielt werden, so daß sich damit der thermische Wirkungsgrad noch etwas erhöhen kann.

Bei der Beschreibung der Vorgänge der Müllverbrennung werden mitunter zwei Begriffe gebracht, die näher erörtert werden sollen. Es sind dies die Begriffe Gleichstrom- und Gegenstromverbrennung sowie die Feuerraumbelastung.

Bei der Gleichstromverbrennung ziehen Brenngut und Rauchgase im gleichen Sinn durch den Feuerraum, die Trockenzone wird dadurch länger. Man erwartet von der Gleichstromverbrennung ein besseres Ausbrennen der Strähnen; bei der Gegenstromverbrennung ziehen Brenngut und Brenngas im gegenläufigen Sinn durch den Feuerraum. Dadurch wirken hohe Temperaturen auf die Trockenzone ein, so daß die Trocknung und die Wandlung schneller vor sich gehen.

Unter Feuerraumbelastung versteht man die zulässige Wärmemenge, die dem Feuerraum zugemutet werden kann, ohne daß es zu unliebsamen Störungen kommt. Das gleiche gilt auch für die zulässige Belastung des Rostes, der ebenfalls nur einem bestimmten Höchstwert an Wärme ausgesetzt werden darf. Beide Werte sind abhängig von der Müllmenge und von dem Heizwert desselben.

Abb. 1 zeigt an einem Beispiel die Grenzen einer solchen Feuerraumbelastung

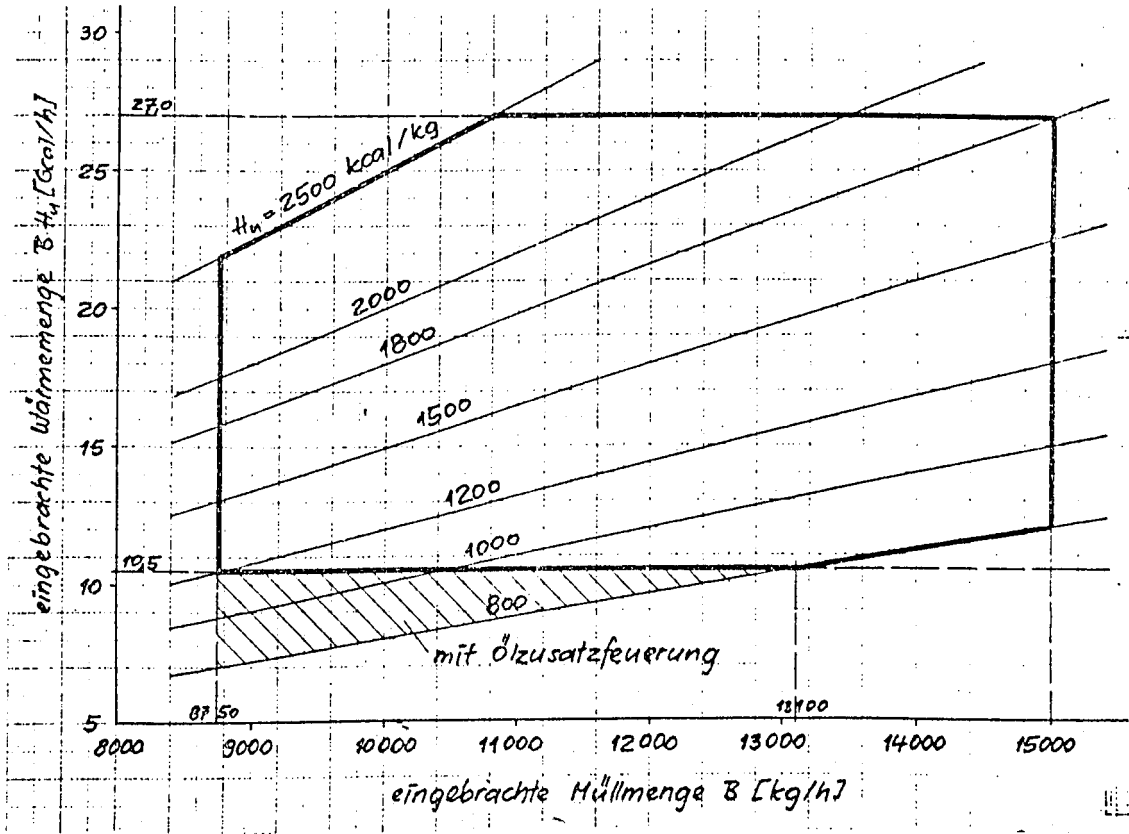


Abb. 1: Grenzen der Feuerungsbelastung

3. Sonderprobleme

a) Sondermüllbeseitigung

Immer mehr fallen aus Industrie und Gewerbe chemische und mineralöhlhaltige Abfälle, sogenannter Sondermüll an, der schadlos beseitigt werden muß. Die Beseitigung, bzw. Unschädlichmachung desselben ist nicht einfach, vor allem weil es sich hierbei um die verschiedenartigsten Stoffe handelt. Man spricht hierbei von folgenden Hauptgruppen. Sondermüll, der ohne Vorbehandlung durch Ablagerung beseitigt werden kann, wobei wegen einer möglichen Verunreinigung von Luft und Gewässern besondere Vorkehrungen getroffen werden müssen. Hierher gehören verunreinigtes Erdreich und anderes.

Weiters unterscheidet man Sondermüll organischer Natur, der mit oder ohne Vorbehandlung verbrannt werden kann. Die Verbrennungsgase müssen dabei von Staub und ggfls. auch von schädlichen Gasen gereinigt werden. Hierzu gehören Altöle, Ölabfälle und Lösungsmittel, weiters Kunststoffe und Gummiabfälle.

Schließlich gibt es noch den Sondermüll organischer und anorganischer Natur, der erst nach geeigneter chemischer oder physikalischer Behandlung abgelagert werden kann.

Bei der Beseitigung des Sondermülls muß daher eine Vorbehandlung, eine Verbrennung und eine Ablagerung unterschieden werden. Zu der Vorbehandlung gehört u.a. eine Entwässerungs-(Dekantier-)anlage, um den Wasseranteil der Stoffe herabzusetzen, weiters eine Neutralisations- und eine Entgiftungsanlage, um etwa die leicht löslichen Giftstoffe, wie Schwermetall-Ionen in schwer lösliche chemische Verbindungen überzuführen u.a. Und schließlich eine Verbrennungsanlage für Sondermüll organischer Art, der jedoch mit erheblichen anorganischen Beimengungen versehen sein kann.

Was nun zum gegenständlichen Thema der Abfallverbrennung von besonderem Interesse ist, ist die Ausführung derartiger Spezialöfen. In Tabelle 4 ist nach Rasch die Reihe der möglichen Beseitigungsmethoden der Abfälle angeführt und in Tabelle 5 sind die Eigenschaften der wichtigsten Industrieabfälle angegeben.

Art der Beseitigung	Voraussetzung und Ziel	Beispiel
Verkippen	keine Grundwasserschädigenden Anteile	Abraum, Waschberge, Schlacken, Flugaschen, Bau- u. Trümmerschutt, sterile Müllschlacke
Veraschen	keine löslichen giftigen Anteile in der Asche	Siedlungsmüllartige Abfälle, Kunststoff, Gummi, Altöl
Verbrennen und Schlackensinterung	Durch Zusätze Erzielung einer wasserunlöslichen Sinterschlacke mit chemischer Bindung der toxischen Komponenten	Galvanikschlämme Fällungsschlämme der Chem. Industrie Chromhaltige Lederabfälle
Sonderverbrennung mit Abgaswäsche	Entfernung giftiger Bestandteile aus den Abgasen	Fluor- und Chlorhaltige Kunststoffe und Chemikalien
Sonderverbrennung	Explosive Stoffe	Äther, Nitrobenzol u.s.w.
Sonderverbrennung	Seuchenschutz	Krankenhausabfälle Kadaver u.s.w.
Sondervernichtung	Strahlenschutz	Radioaktive Abfälle

Tabelle 4: Beseitigung von Gewerbe- und Industrieabfällen

Art	Asche %	Wasser %	Schwefel %	Chlor %	Heizwert H_u kcal/kg
Autoreifen	6,3		1,2		8650
Altfette			0,7		7600
Raffinerierückstände	3,5	20...30	0,7...1,5		5500...6000
Ölschlamm	40	30	0,5...1,5		2150
Ölkohle	27		4,5		6500
Tankrückstände	1	30...50	0,5...1,5		4000...5500
Säureharz			12...20		4000
Teerrückstände	3		1,1		7500
Ölfiltterrückstände	53	3,5	0,6		3850
PVC - Abfälle	0,5			48,5	4500
Polyäthylenabfälle					10000

Tabelle 5: Eigenschaften von Gewerbe- und Industrieabfällen

Man sieht u.a. daraus die hohen Heizwerte der Abfälle, so daß schon aus diesem Grunde die Verbrennungsöfen für den Sondermüll anders gestaltet sein müssen als die gewöhnlichen mit Rost ausgestatteten Hausmüllverbrennungsanlagen. Bei hausmüllartigen Abfällen, die zu mehr als 25 Gewichtsprozenten mit Gummi und Kunststoffen versetzt sind, ist eine Verbrennung auf Rosten nicht mehr möglich. Gummi und Kunststoffe schmelzen in der Wärme meist unter gleichzeitiger Zersetzung. Das nach unten fließende Material verklebt die Luftspalten im Rost oder tropft durch und

verbrennt unter diesem. Dann wird der Rost meist ausgeglüht.

Für die Verbrennung von Sondermüll werden Drehrohröfen und Umlauföfen bevorzugt. Der Drehrohröfen, der gewöhnlich mit Gleichstrom betrieben wird, hat den Vorteil, daß das Brenngut gut umgewälzt wird und weitgehend mit der Verbrennungsluft in Berührung kommt. Nachteilig ist jedoch, daß bei jeder Umdrehung das Brenngut und die Verbrennungsrückstände die gesamte Ausmauerung bestreichen. Dadurch ist der Mauerwerksverschleiß hoch. Anlage und Betriebskosten sind beim Drehrohröfen nicht unerheblich. Der Durchsatz der Drehrohröfenanlage der BASF beträgt etwa 1 t/h.

Bei Muffelöfen ist keine so gute Schürung möglich, die Rückstände sammeln sich auf der Härtesohle oft schmelzflüssig an. Das Schüren und Aufbrechen dieser Schicht ist schwierig. Die Schlacke wird periodisch ausgetragen. Es ist also hier eine bessere Mauerwerkshaltbarkeit, jedoch ein schwierigeres Entschlacken gegeben. Wichtig erscheint bei allen Sondermüllverbrennungsanlagen das Vorhandensein einer Nachbrennkammer, meist auch einer Rauchgaswäsche und naturgemäß auch einer wirksamen Rauchgasreinigung.

b) Die Klärschlammverbrennung

Klärschlamm weist in mancher Hinsicht ähnliche Eigenschaften wie der Müll auf. Sein besonderes Merkmal ist der hohe Wassergehalt in der Höhe von 90 - 99 %. Wird dieser herabgesetzt, ergeben sich für den Klärschlamm Heizwerte, die, wie die Tabelle 6 zeigt, nicht allzu verschieden von denen des Mülls sind. Die Entwässerung des Klärschlammes kann durch Schwerkrafteinwirkung sowie durch mechanische Methoden (Druck, Vakuum, Zentrifuge) erfolgen, doch ist auf diese Weise nur ein bestimmter Entwässerungsgrad erzielbar. Zur Lösung des an die Feststoffe gebundenen Wassers sind andere Verfahren notwendig, und zwar hat man hierfür teils chemische Methoden, bei welchen bestimmte Stoffe dem Klärschlamm beigegeben werden und thermische Verfahren entwickelt. Bei den thermi-

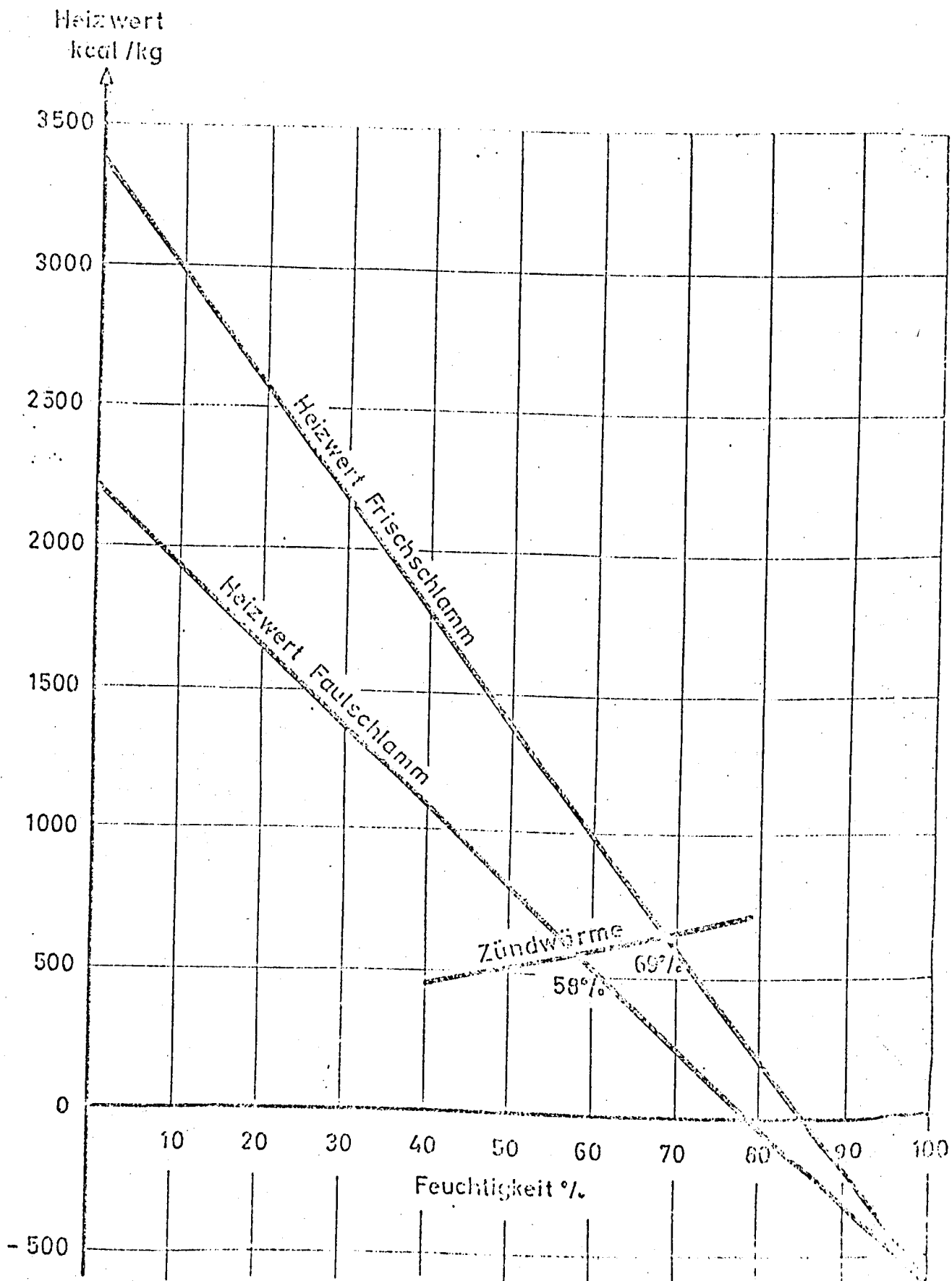


Tabelle 6: Heizwert und Zündwärme von Frisch- und Faulschlamm

schen Verfahren wird der Schlamm auf etwa 200°C bei einem Druck von 18 atü erhitzt und dann etwa mittels Filterpressen verhältnismäßig leicht entwässert. Die thermische Konditionierung, wie dieses Verfahren auch genannt wird, wurde von mehreren Firmen ausgeführt, wobei das Verfahren verschiedene Bezeichnungen hat, so Porteous-, v. Roll-, Oliver Farer-Verfahren; die Rückstände bei dieser Konditionierung haben einen Wassergehalt von 45 %, sind krümmelig und können entweder in der Landwirtschaft verwertet oder in einer Müllverbrennungsanlage verbrannt werden.

Für die Verbrennung von Klärschlamm, der im Gegensatz zum Müll ein weitgehend homogener Stoff ist, ist eine Reihe von Ölofenbauarten entwickelt worden. Der Dreh-Etagenofen besteht aus einem Stahlzylinder, der in waagrechte Etagen unterteilt ist. Der Schlamm gelangt langsam von oben nach unten und wird hierbei verbrannt. Im Drehetagenofen kann auch zerkleinerter Müll gemeinsam mit Klärschlamm verbrannt werden (Ebinger-Verfahren). Der Wirbelschichtofen eignet sich besonders zur Verbrennung heizwertreicher ölhaltiger Schlämme. Der Schlamm wird in den unteren Teil des Ofens aufgegeben, wo Sand und inertes Material durch Einblasen heißer Luft bei etwa 900°C in Schwebelage gehalten wird (Wirbelbett). Der Drehrohrföfen eignet sich besonders zur Veraschung von Rechen- und Sandfanggut, aber auch zur Verbrennung von Industrieabfällen, wie dies bereits beim Sondermüll erwähnt wurde. Es gibt noch weitere Ofensysteme, die für die Klärschlammverbrennung verwendet werden, wie den Muffel-Ofen, Wirbelkammerofen u.a. Ein besonderes Verfahren zur Klärschlamm-trocknung wurde von der Firma v. Roll mit dem Dünnschicht-Trockner entwickelt. Es wird hier der Schlamm mit 90 - 97 % WG auf 40 - 50 % WG herabgesetzt. Der Schlamm fällt in Flocken an und kann dem Müll beigemischt und mit diesem verbrannt werden.

Die Kombination Müll- und Klärschlamm-beseitigung ergibt sich daher in einer Reihe von Fällen, weshalb es zweckmäßig er-

scheint, unter Umständen auf dem gleichen Grundstück sowohl die Müllverbrennungsanlage als auch die Kläranlage vorzusehen. Klärschlamm und Müll unmittelbar miteinander zu verbrennen, ist gleichfalls wiederholt versucht worden in der Anlage in Rotterdam. Dort wurde Faulschlamm mit einem WG von 66,6 % mit Müll im Verhältnis 1:3 beigemischt und ohne Schwierigkeiten verbrannt. Ähnliche Versuche wurden auch erfolgreich in anderen Anlagen durchgeführt. Andere Untersuchungen beziehen sich auf das Einspritzen von flüssigem Schlamm mit einem Feststoffgehalt von 5 - 10 %, der mittels Rotationszerstäuber in die Brennkammer einer Müllverbrennungsanlage eingebracht wurde. Die Schlammmenge betrug 0,5 l/kg Müll. Die Flugaschenkonzentration in den Rauchgasen stieg dabei wohl etwas an, doch ging ansonsten die Verbrennung ohne Schwierigkeiten vor sich. Durch das Ansteigen des Müllheizwertes und den damit gegebenen großen Wärmemengen wird die gemeinsame Verbrennung von Müll und Klärschlamm, der, sofern er nicht ausreichend entwässert wurde, für seine Verbrennung Wärme benötigt, immer interessanter. Die Abfallverbrennung, die ursprünglich nur mit Hausmüll begonnen hat, erstreckt sich nunmehr auf eine Reihe weiterer Gebiete und stellt heute die wirksamste und schnellste Methode der Beseitigung dar. Daher ist die Erforschung der notwendigen Grundlagen sowie der zweckmäßigsten Methoden für die Abfallverbrennung von großer Bedeutung für die Zukunft.

LITERATUR

RASCH, : Mülltechnischer Lehrgang, Universität Stuttgart
1971

VGB-Fachtagung, Müllverbrennung 1971

KUMPF-MAAS-STRAUB, : Müll- und Abfallbeseitigung

Franz Fischer:

Technik der Müllverbrennung.

1. Entwicklung der Müllverbrennung

In der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts entstanden in mehreren Ländern, vornehmlich in England, eine Reihe von Ofenkonstruktionen für die Müllverbrennung. Diese hatten meist flache Roste und waren als Schachttöfen konstruiert. Der Müll rutschte hierbei von oben nach unten, seine Verbrennung erfolgte durch die von unten aufsteigenden Rauchgase. Diese waren jedoch nicht geruchsfrei, weil die notwendigen höheren Temperaturen nicht erreicht wurden. In den zu kleinen Feuerräumen brannten zudem die Rauchgase nicht aus. Eine der bemerkenswertesten dieser Ofentypen war die von Heenan & Froude, die in größerer Anzahl gebaut wurde. Eine Verbesserung des Verbrennungsvorganges erlangte dieser Ofen durch die Ausstattung mit einem Doppelrost. Unter dem eigentlichen Verbrennungsrost befand sich noch ein Schlackenrost, auf dem den Rückständen Zeit zum Ausbrennen gegeben wurde. Außerdem wurde hiedurch die Verbrennungsluft vorgewärmt. Eine weitere Konstruktion war der Vénien-Ofen, der einen drehenden Rost aufwies. War der Müll ausgebrannt, wurde der Rost gedreht und ließ die Schlacke in einem darunter befindlichen Schlackenwagen gelangen.

Gewöhnlich waren eine Reihe von Ofenzellen nebeneinander angeordnet, die einen gemeinsamen Rauchgaskanal besaßen, so daß eine verhältnismäßig gleichmäßige Wärmenutzung erreicht werden konnte. Die trotzdem geringe Wärmeausbeute derartiger Öfen ist aus der Verdampfungsziffer der Hamburger Anlage, die zu Ende des vorigen Jahrhunderts als erste Müllverbrennungsanlage auf dem Kontinent errichtet wurde, zu ersehen und deren Wert mit 0,53 noch aus den damaligen Aufzeichnungen vorliegt. Der Nachteil all'dieser Ofenkonstruktionen lag in erster Linie in der notwendigen unhygienischen Schürarbeit. Noch vor wenigen Jahren konnte man in Amsterdam eine Großanlage, die im Jahre 1913 nach

dem vorerwähnten Heenan & Froude-System errichtet war, in Betrieb sehen und dabei die unter großer Rauch- und Qualmentwicklung durch Handarbeit vor sich gehende Entschlackung der einzelnen Ofenzellen beobachten.

Die mit starken Mängeln behafteten konstruktiven Ausführungen der damaligen Müllverbrennungsöfen bewirkten zusammen mit anderen ungünstigen Begleitumständen, daß in Deutschland, wo in der Zeit nach dem ersten Weltkrieg etwa ein Dutzend Müllverbrennungsanlagen entstanden waren, diese den Betrieb bald wieder einstellten. Lediglich die Anlage in Hamburg wurde in ihrer Form bis über den zweiten Weltkrieg hinaus weiter betrieben, wo sie dann von Grund auf erneuert wurde. Auch die Anlage in Prag, die in den dreißiger Jahren entstand, hat ihren Betrieb ununterbrochen weiter geführt und hat erst in letzter Zeit eine völlige Neukonstruktion erfahren. Bemerkenswert war bei der Prager Anlage, daß hier von Anfang an dem Müll Zusatzbrennstoff in Form von 25 % Kohlenstaub beigegeben wurde, nicht nur, um die Brennbarkeit des Mülls zu ermöglichen, sondern auch um eine bessere Schlacke zu erhalten, aus der Bausteine erzeugt wurden.

Die Überlegungen, bessere Konstruktionen für Müllverbrennungsöfen zu erhalten, gingen einmal in die Richtung, den Verbrennungsablauf kontinuierlich zu gestalten, damit die Wärmelieferung gleichmäßiger erfolgt und um auch die chargenweise Beschickung und Entschlackung wegfällen lassen zu können. Vor allem sollte auch die unangenehme Handarbeit beim Schüren und Entschlacken ausgeschaltet werden. Daneben verfolgte man noch das Ziel, zur besseren Wärmeausnutzung den Ausbrand des Mülls wesentlich zu verbessern. Um den stets schwankenden Wassergehalt des Mülls auszugleichen, erschien eine ausreichende Vortrocknung zweckmäßig.

Es zeigte sich bald, daß für eine kontinuierliche Verbrennung die Flachroste ungeeignet waren. Man ging daher zu Schrägrosten über, bei denen der Vorschub des Mülls selbsttätig erfolgt. Damit war die notwendige Bewegung des Brennstoffbettes erreicht und es konnte die händische Schürarbeit entfallen. Für den Ausbrand des Mülls wurden verschiedene Ausbrandvorrichtungen geschaffen, die eine weitgehend ausgebrannte Schlacke gewährleisten sollen. Die Verbrennungsvorgänge wurden später noch weiter verfeinert, wie etwa durch eine Rauchgasrückführung, durch automatische Schürvorrichtungen u. a.

Eine der ersten nach modernen Gesichtspunkten gebaute Müllverbrennungsanlage war die der Firma VOLUND, die in Gjentofte bei Kopenhagen zur Errichtung gelangte. Hier wurde bereits der Schrägrost, der als Zünd- und Brennstoffrost diente, verwendet. Vorher gelangte der Müll über eine Aufgabevorrichtung zum Trocknungsrost. Das bemerkenswerteste Konstruktionsmerkmal des VOLUND-Ofens ist die Ausbrandtrommel, eine sich langsam drehende ausgemauerte, schräg gestellte Trommel, in der, wie der Name sagt, der Ausbrand der Rückstände erfolgt. Aus der Trommel fallen die Rückstände in ein Wasserbad, werden hierbei gelöscht und mit einer Ausstragvorrichtung entfernt.

Die Firma Von Roll, Zürich, hat zunächst die VOLUND-Anlage in Lizenz erzeugt, so die Anlage in Basel, die heute allerdings bereits durch eine moderne Anlage ersetzt worden ist. Die Firma hat dann als Eigenentwicklung für den Ausbrand des Mülls einen Schlackengenerator statt der Trommel verwendet. Durch das Generatorprinzip werden die Restteile des Mülls entgast, wobei durch Luft- und eventuell Dampfzufuhr die allenfalls auftretenden Temperaturen in Grenzen gehalten werden, um ein Zusammenfließen der Schlacke und damit ein Verstopfen des Generators zu verhindern. Bekanntlich darf ja in allen Teilen des Ofens die Feuertemperatur die Grenze von etwa 1100°C nicht übersteigen, um nicht ein Schmelzen

der Schlacke und damit ein Anlegen derselben an den Ofenwänden zu erreichen. Der Ausbrandgenerator ist in einer Reihe von Müllverbrennungsanlagen der Firma Von Roll, so auch in der Wiener Anlage, eingebaut worden. Hier hat man damit sehr gute Erfahrungen gemacht. Dadurch, daß der Schlackengenerator mit einem Wassermantel umgeben ist, der mit dem Dampfkesselsystem in Verbindung steht, findet damit noch eine zusätzliche Wärmegewinnung statt. In neueren Konstruktionen ist übrigens die Firma Von Roll von dem Schlackengenerator wieder abgekommen und baut nunmehr bei Großanlagen neben dem Vertrocknungs- und Hauptrost noch einen dritten Rost ein, der als Ausbrandeinrichtung dient. In ähnlichem Sinne haben auch andere Firmen eine derartige Einrichtung in ihren Konstruktionen vorgesehen.

2. Einteilung der Müllverbrennungsöfen

Die Müllverbrennungsöfen werden in erster Linie nach der Leistung der Öfen gegliedert, daneben können sie auch nach der Art der Rostkonstruktion und nach dem Verfahren zur Kühlung der Rauchgase eingeteilt werden.

a) Einteilung nach der Leistung

Man unterscheidet Kleinst-, Klein-, Mittel- und Großverbrennungsöfen. Die Grenzen innerhalb dieser Bereiche lassen sich nicht scharf ziehen, insbesondere überschneiden sich die Leistungen der Mittelanlagen sehr weit mit den Leistungen der Klein- und Großanlagen.

Als Kleinstmüllverbrennungsanlagen können die Anlagen bezeichnet werden, die in Büro- und Geschäftshäusern sowie Supermärkten zur Verbrennung der meist aus Papier bestehenden Abfälle dienen. Aber auch jene Anlagen in den Krankenanstalten, die zur Verbrennung der septischen Abfälle verwendet werden. Die letzte Möglichkeit ausgenommen, wo die Verbrennungsöfen eine unbedingte Notwendigkeit darstellen, sind derartige Anlagen, wie noch später ausgeführt werden wird, im Sinne des Umweltschutzes nicht

zu empfehlen. Die Kleinstverbrennungsanlagen haben eine Leistung etwa von 5 bis 50 kg/h.

Mit Kleinmüllverbrennungsanlagen, auch Veraschungsanlagen genannt, bezeichnet man die Anlagen, welche für kleinere Siedlungen sowie für Industriebetriebe Verwendung finden. Die Leistungsgrenzen der Kleinmüllverbrennungsanlagen reichen bis etwa 500 kg/h.

In Mittelanlagen wären jene Anlagen einzureihen, die mit ihrer Verbrennungsleistung bereits für mittelgroße Gemeinden ausreichen, ebenso auch für größere Industriebetriebe. Sie werden in Zukunft eine große Bedeutung erlangen. Mittelanlagen werden auch für Kompostwerke verwendet zur Verwertung der nicht kompostierbaren Abfälle. Die Leistungsgrenzen reichen etwa bis 3 t/h. Teilweise besitzen derartige Anlagen bereits eine Wärmeverwertung.

Die Großmüllverbrennungsanlagen umfassen die bedeutungsvollste Gruppe. Sie finden eine große Verbreitung in vielen Großstädten, die solche Anlagen bereits besitzen oder die deren Bau in Erwägung ziehen. Die Verbrennungsleistung der Großanlagen wächst ständig. Man reiht bei den Anlagen mehrere Ofeneinheiten aneinander, wobei eine Einheit vielfach als Reserve dient. Die Verbrennungsleistung der einzelnen Öfen ist im letzten Jahrzehnt stark angewachsen. Zählte bei der Auftragserteilung für die Wiener Anlage im Jahre 1959 die einzelne Ofenleistung mit 200 t/24^h damals noch zu dem Maximum, das man einem Ofen zumuten kann, so hat heute die einzelne Ofenleistung bereits mehr als das doppelte Ausmaß erreicht.

b) Die Einteilung der Öfen nach der Rostkonstruktion

zeigt die Vielfalt der im Laufe der Entwicklung entstandenen Rostbauarten. Die ersten Verbrennungsöfen hatten feststehende Roste. Durch Schürung mußte der nötige Ausbrand erreicht werden. Heute verwendet man Öfen mit feststehenden Rosten nur noch für Spezialzwecke, so zum Verbrennen von Papier, Sägespänen u. ähnl. Um den kontinuier-

lichen Verbrennungsvorgang zu erreichen, führte die Entwicklung zu beweglichen Rosten. Es entstanden eine Reihe verschiedener Ausführungen, wie Vorschubrost, Rückschubrost, Wanderrost, Umwälzkipprost, Drehrost, Brennkegel u.a. Es gibt aber auch Öfen ohne Roste, von denen die bekanntesten die Drehrohröfen sind.

c) Die Einteilung der Öfen nach der Art der Kühlung der Rauchgase ergibt folgendes: Im Feuerraum soll sich bekanntlich die Temperatur innerhalb von 800 bis 1000°C bewegen. Eine Überschreitung dieser Grenze bringt die Gefahr des Schmelzens der Schlacke, wodurch die Rostspalten zugesetzt werden und ein Anlegen der gesinterten Schlacke an den Wänden die Folge ist.

Die Rauchgasreinigungseinrichtungen dürfen nicht mit hoher Temperatur beaufschlagt werden. Bei den elektrischen Filtern und dem Rauchgasventilator liegt die Grenze bei 350°C. Es muß daher die Temperatur der Rauchgase auf dieses Maß herabgesetzt werden, bevor sie die Reinigungseinrichtungen durchströmen. Dies kann erfolgen durch

- a) Zumischen von Kaltluft - bei Klein- und Kleinstverbrennungsanlagen wird hievon Gebrauch gemacht. Das Abgasvolumen wird hierbei beträchtlich erhöht, etwa auf das 3-fache Volumen.
- b) Kühlung durch Eindüsen von Wasser - auch hier wird das Abgasvolumen durch den entstehenden Wasserdampf erhöht, allerdings nur um etwa 20 %. Das sich dabei absetzende Wasser ist chemisch stark angereichert und soll nicht ohne weiteres in den Abwasserkanal geleitet werden. Bei Mittelanlagen wird diese Art der Rauchgaskühlung vielfach verwendet.
- c) Kühlung durch Wärmetauscher - zur Gewinnung von Heißluft, Heißwasser oder Dampf. Bei Großanlagen wird diese Methode fast ausschließlich verwendet. Zum Teil sind auch Mittel-

anlagen damit ausgestattet. Auf diese Weise erfolgt eine Rückgewinnung der im Müll enthaltenen Wärmeenergie, die dann in Form von Heizwärme oder von elektrischer Energie verwertet wird. Mit der Zunahme des Müllheizwertes wird die Wärmeverwertung immer günstiger, so daß die daraus erzielten Einnahmen von wesentlicher Bedeutung für die Kostenbilanz der Müllverbrennungsanlage sind.

3. Planung einer Müllverbrennungsanlage

a) Ermittlung der Müllmengen

Um die erforderliche Verbrennungsleistung und damit die Größe der vorgesehenen Anlage festzustellen, müssen zunächst die jährlich anfallenden Müllmengen ermittelt werden. Hierbei sind verschiedene Einflußgrößen zu beachten, u.zw. die Bevölkerungsentwicklung, der Hausmüllanfall je Einwohner und Jahr, die Anzahl der Gewerbe- und Industriebetriebe, bei denen brennbare Abfälle zu erwarten sind u. ähnl. Die Erfahrungen zeigen, daß der Hausmüllanfall mit der Aufwärtsentwicklung des Lebensstandards stetig zunimmt, was jedoch nicht unbedingt auch in Zukunft der Fall sein muß. Der Müllanfall kann z.B. mit der Einführung neuer kurzlebiger Konsumgüter, wie etwa der Einwegbehälter, eine sprunghafte Zunahme erfahren. Daß Österreich mit rd. 210 kg Hausmüll/Einw.u.Jahr noch lange nicht das Maximum des Müllaufkommens erreicht hat, kann aus den analogen Zahlen in anderen Ländern geschlossen werden. In Schweden beträgt z.B. das Müllaufkommen 400 kg/Einw./Jahr und in den USA etwa 900 kg/Einw./Jahr, wobei gerade hier noch mit einem starken Anwachsen der Müllmengen gerechnet wird.

b) Bestimmung des Müllheizwertes

Da eine Müllverbrennungsanlage eine wärmetechnische Einrichtung ist, spielt neben der Müllmenge bzw. neben dem Gewicht der zu verbrennenden Abfälle (t/h) auch die am Rost frei werdende Wärmemenge eine wesentliche Rolle, die vor allem von dem Heizwert des Mülls abhängig ist. Es muß

daher bei der Planung einer Müllverbrennungsanlage der Heizwert des Mülls entweder geschätzt oder ermittelt werden. Heizwertuntersuchungen sind nicht einfach, da der Müll ein heterogenes Gemisch der verschiedensten Bestandteile darstellt und eine repräsentative Probe nur schwer zu erhalten ist. Es gibt eine Reihe von Untersuchungsmethoden zur Heizwertbestimmung, die alle mehr oder weniger zeitraubend sind. Auch die Stadt Wien hat sich bei der Planung der Wiener Müllverbrennungsanlage mit dieser Frage befaßt und im Zusammenhang damit hat Prof. Dr. Hiller von der Technischen Hochschule Wien eine Art Groß-Kalorimeter entwickelt, das im wesentlichen aus einem kleinen Verbrennungsofen besteht, in welchem der Inhalt eines Müllgefäßes verbrannt wurde. Der Ofen wurde mit Stadtgas beheizt und aus der Differenz der zugeführten und der abgeführten Wärme der Heizwert des verbrannten Mülls festgestellt. Die Versuche wurden über das ganze Jahr durchgeführt und die Probeentnahme so gewählt, daß sie einer mittleren Zusammensetzung möglichst nahe kam. Dadurch konnten annähernd richtige Zahlen für den Müllheizwert, aber auch für die übrigen Faktoren, die für die Beurteilung des Mülls als Brennstoff von Bedeutung sind, das ist sein Wassergehalt und sein Aschegehalt, gewonnen werden.

Ein interessantes Schaubild für die Zusammensetzung des Mülls hat Dipl.-Ing. Tanner, Zürich, in seinem Mülldreieck dargestellt. Es werden hiebei die Grenzen festgehalten, innerhalb welcher die Zusammensetzung der Abfälle variieren darf, um noch eine einwandfreie Verbrennung in einer modernen Anlage ohne Zusatz von Brennstoff zu ermöglichen. Der Gehalt an Asche soll 60 Gew. % nicht überschreiten, der Anteil des Brennbareren mindestens 25 % betragen und der Wassergehalt unter 50 % liegen.

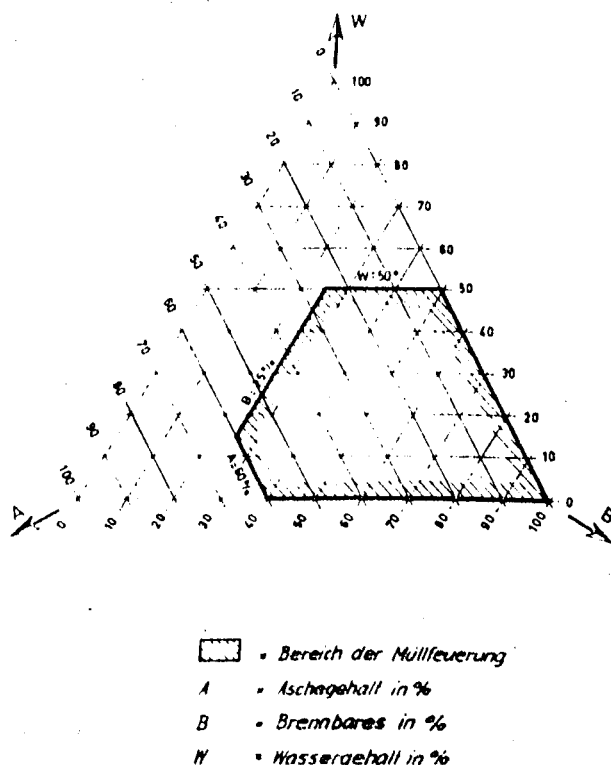


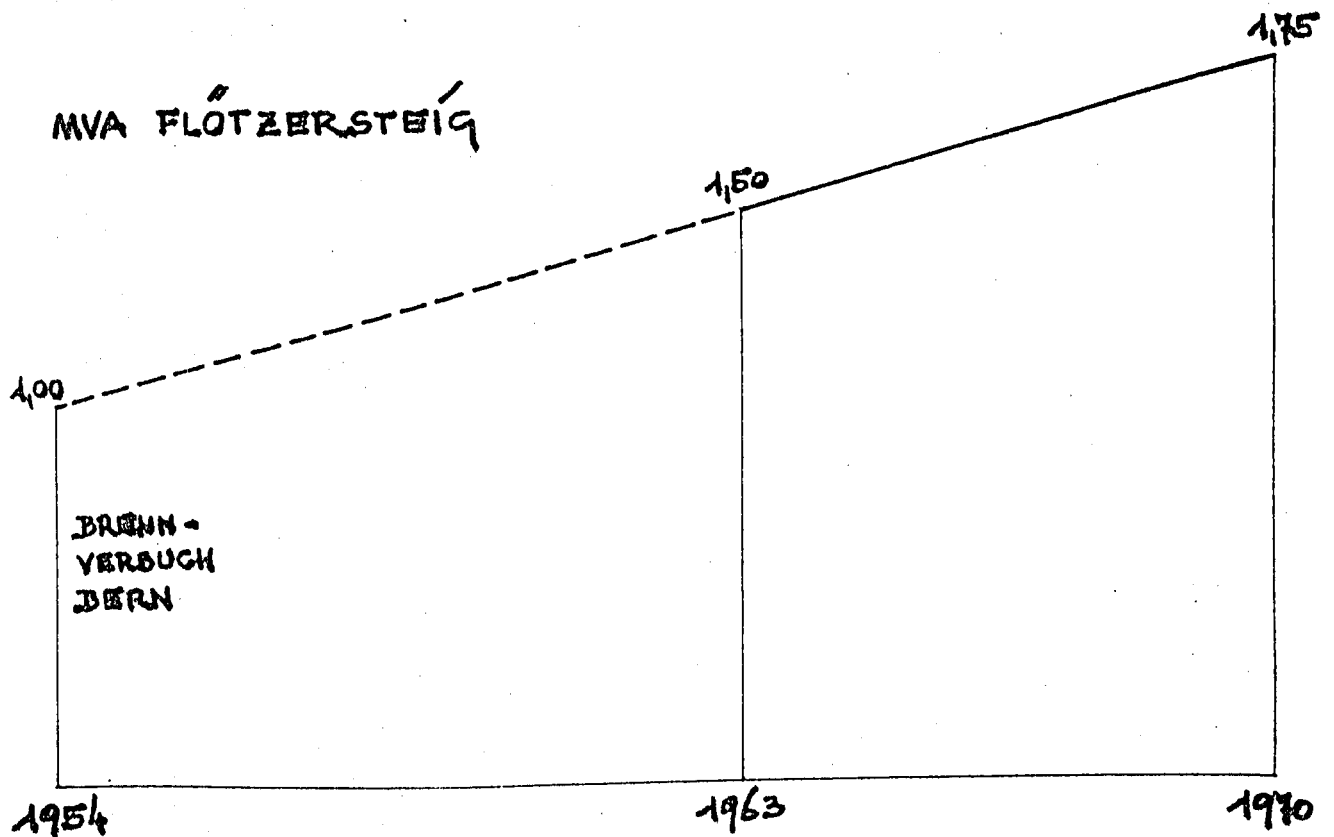
Abb. 1

Die überzeugendste Methode zur Feststellung der Brennbarkeit des Mülls einer Gemeinde besteht darin, daß eine große Menge Müll in einer bereits bestehenden Müllverbrennungsanlage versuchsweise verbrannt wird. Die Stadt Wien tat dies im Jahre 1954 mit dem Verbrennen von 150 t Wiener Müll in der Kehrrechtverbrennungsanstalt in Bern. Sie unternahm diesen Versuch, weil die anderweitigen Untersuchungen einen Heizwert ergeben hatten, der nur knapp über der Grenze der Selbstbrennbarkeit des Mülls lag. Ein ähnlicher Fall trat ein, als man in Graz bei Vorstudien für die Errichtung einer Müllverbrennungsanlage laboratoriumsmäßig feststellte, daß der ermittelte Heizwert nicht eindeutig die Selbstbrennbarkeit des Mülls versprechen ließ. Es wurde nun ein Brennversuch von Grazer Müll in der Wiener Anlage durchgeführt, indem hiezu sämtliche Müllwagen nach Schluß der Frei-

tagsammeltour nach Wien beordert wurden. Insgesamt wurden 62 t Grazer Müll verbrannt, wobei einwandfrei dessen Selbstbrennbarkeit nachgewiesen werden konnte, wenn auch die Verdampfungsziffer etwas geringer war als die des damaligen Wiener Mülls.

Zu den Heizwertuntersuchungen und der seinerzeitigen Befürchtung, daß der Müll selbst nicht brennbar ist, wäre zu bemerken, daß diese Sorge bei der heutigen Müllzusammensetzung nicht mehr besteht. Es liegt vielmehr die Gefahr nach der anderen Richtung vor, nämlich, daß der Müll einen zu hohen Heizwert besitzt und damit eine unzulässige Rostbelastung verursacht. Die seinerzeit aus Vorsicht für einen zu geringen Heizwert vorgesehenen Brennereinrichtungen für eine zusätzliche Ölheizung haben heute bei den Großanlagen keine Berechtigung mehr, sofern sie nicht noch anderen Zwecken dienen, z.B. wie etwa zur Vernichtung von Altöl oder für eine von Haus aus geplante zusätzliche Wärmeerzeugung, um eine größere Dampfleistung zu erhalten.

Wie sich die zunehmende Brennbarkeit des Mülls in den letzten Jahren in Wien entwickelt hat, zeigt das folgende Schaubild, in dem die Brennbarkeit des Mülls zwar nicht auf Grund des Heizwertes dargestellt wird, sondern vielleicht in viel deutlicherer Weise nach der jeweils erreichten Verdampfungsziffer, die ja in Abhängigkeit von dem Heizwert steht.



VERÄNDERUNG DER VERDAMPFUNGZIFFER

Abbildung 2

c) Wahl des Standortes

Für die Planung der Müllverbrennungsanlage ist die Standortwahl gleichfalls von wesentlicher Bedeutung. Maßgebenden Einfluß darauf haben transporttechnische Überlegungen, um die Kosten für die Müllabfuhr möglichst niedrig zu halten. Man wird daher trachten, die Anlage in der Nähe des Gebietes mit dem größten Müllanfall zu verlegen.

Von ausschlaggebender Bedeutung ist ferner die Nachbarschaft von Wärmeabnehmern. Die Erhebungen darüber müssen den Wärmebedarf sowohl nach Tagesstunden, als nach den jahreszeitlichen Schwankungen umfassen. Das Vorhandensein eines Fernheizwerkes, an welches die Wärme geliefert werden kann, erscheint als besonders günstige Lösung. Sonstige Wärmeabnehmer können im kommunalen Bereich Spitäler, Wäschereien, Bäder, Schlachthöfe u. ähnl. sein, auf privatem Sektor gleichfalls Wäschereien, Bäder und vor allem Industriebetriebe.

Die Wiener Anlage am Flötzersteig wurde nicht nur aus transporttechnischen Gründen im Westen Wiens gebaut, sondern weil sich dort auch zwei große Krankenanstalten für die Wärmeabnahme anboten. Später kam dazu noch eine Zentralwäscherei, die wegen der Wärmeversorgung durch die Müllverbrennungsanlage in deren Nähe errichtet wurde, dann noch ein großes städtisches Bad und mehrere kleinere Abnehmer. Trotz dieser großen Anzahl von Versorgungsstellen reicht deren Wärmebedarf in den Sommermonaten nicht aus, um die Müllverbrennungsanlage voll auszulasten. Durch den steigenden Heizwert, der dazu noch in den Sommermonaten größer ist, als in der übrigen Zeit des Jahres, ergab sich ein starker Wärmeüberschuß, der zur Folge hatte, daß die Müllanfuhr in dieser Zeit gedrosselt werden mußte. Auf Grund dieses Umstandes wurde in der Anlage ein Dampfturbinenaggregat aufgestellt, das in erster Linie dazu dient, die überschüssige Sommerwärme zu verwerten.

Die vorerwähnten Vorarbeiten für die Planung einer Müllverbrennungsanlage, wie Ermittlung des Müllanfalles, Heizwertuntersuchungen, Wahl des Standortes, stellen naturgemäß nur die wichtigsten Gesichtspunkte für die Überlegungen bei der Planung einer Müllverbrennungsanlage dar. Daneben sind noch eine Reihe anderer Studien notwendig, wie über die zu wählende Betriebszeit (Tag- und Nachtbetrieb u. a.), über die Größe der Verbrennungseinheiten, das erforderliche Gelände

für die Anlage u.a.m.

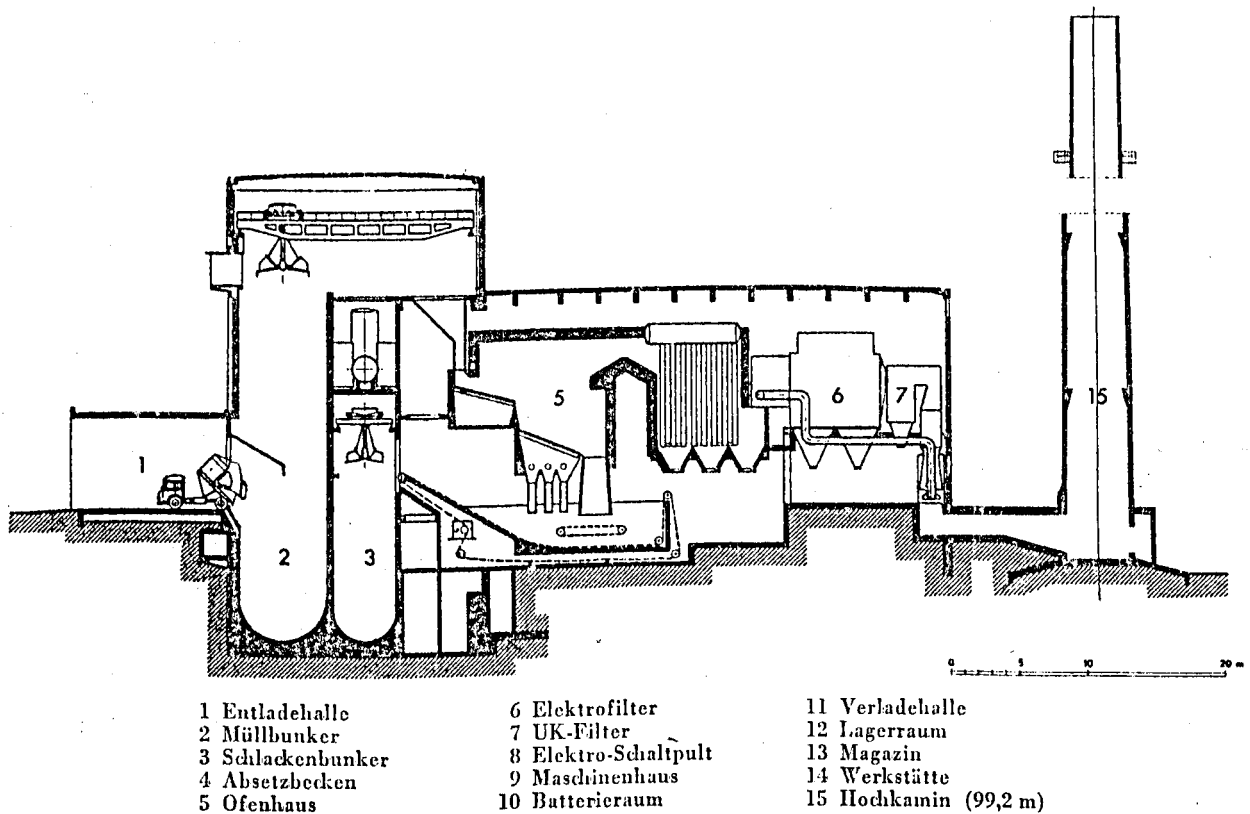


Abb. 3. Müllverbrennungsanlage am Flötzersteig
(Längsschnitt)

4. Hauptteile einer Müllverbrennungsanlage

In den folgenden Ausführungen sollen die Hauptteile einer Müllverbrennungsanlage in ihren wichtigen Gesichtspunkten dargelegt werden.

a) Vorratsbunker

Dieser dient dazu, den Müll zu stapeln bis er in die Aufgabevorrichtung der Öfen gelangt. Das Bunkervolumen muß so groß gewählt werden, daß über die Zeit, in der kein Müll herangeführt wird, eine genügend große Menge bevorratet werden kann. Bei durchgehendem Betrieb müssen auch die Sonn-

und Feiertage in Betracht gezogen werden. Es soll auch bei Totalausfall der Anlage der Müll für mehrere Tage gelagert werden können, da in den meisten Fällen keine Deponie mehr vorhanden ist, wohin der Müll gebracht werden kann. Bei der Berechnung der Bunkergröße ist auch die Verdichtung des Mülls durch die Stapelung (1 : 2), andererseits das auch voraussichtlich in Zukunft zunehmende Volumen des Mülls in Betracht zu ziehen.

Konstruktionsmäßig wird man trachten, die Bunkersohle möglichst tief zu legen, um das Entleeren der Müllwagen zu erleichtern bzw. um ein Umstapeln desselben nicht notwendig werden zu lassen. Viele Anlagen sehen zu diesem Zweck eine Entladerampe vor. Durch Ausnützung eines an einem Hang liegenden Geländes erreicht man den gleichen Erfolg. Wo eine tiefe Sohle des Bunkers nicht möglich ist, muß der Bunker breiter ausgeführt werden, wobei durch eine Längswand der rückwärtige Teil als Stapelbunker dienen kann. In der Wiener Anlage werden zur Stapelung einer größeren Müllmenge 4 der 10 Tore geschlossen gehalten und der Müll darüber aufgefüllt.

Eine Bildung von übelriechenden Gasen entsteht im Bunker vor allem dann, wenn die unteren Schichten des Mülls längere Zeit nicht weggearbeitet wurden. Auf diesen Umstand muß daher der Kranführer achten. Ein Austreten von Staub und üblen Gerüchen aus dem Bunkerraum versucht man dadurch hinten zu halten, daß man die Verbrennungsluft aus diesem Raum entnimmt, wodurch ein leichter Unterdruck entsteht. Allerdings ist dieser nur voll wirksam, wenn die Tore geschlossen sind.

Zur Ausrüstung einer modernen Müllverbrennungsanlage größerer Ausführung gehört eine Sperrmüllzerkleinerung, die die sperrigen Abfälle zerteilt, bevor sie zur Verbrennung gelangen. Zur Zerkleinerung können Scheren oder Mühlen dienen. Es gibt heute auch schon Müllwagen, die den Sperr-

müll bereits bei der Sammlung zerkleinern, wodurch sich dann eine Sperrmüllzerkleinerung bei der Müllverbrennungsanlage erübrigt.

b) Müllkräne

Für die Beschickung der Müllöfen haben sich Kräne am zweckmäßigsten erwiesen. Im allgemeinen genügt bei einer Leistung etwa von der Größe der Wiener Anlage ($3 \times 200 \text{ t}/24^{\text{h}}$) ein Kran für den Normalbetrieb. Der zweite Kran wird bei forciertem Betrieb und wenn eine Müllstapelung erfolgt, eingesetzt. Die Ausführung der Greifer kann in Form von Polypgreifern oder Zweischaalen-Greifern erfolgen. Beide arten haben sich gut bewährt, wobei der Polypgreifer im allgemeinen eine größere Verbreitung gefunden hat. Die Bedienung des Kranes erfolgt am besten durch eine seitlich des Bunkers angeordnete Kabine. Nicht vorteilhaft erscheint die Anordnung der Kabine auf dem Kran oder auf der Laufkatze, da die Versorgung des Kranführers mit Frischluft nur schwer durchführbar ist.

Bei den größeren Anlagen sind spezielle Wiegevorrichtungen für die beförderten Müllmengen vorgesehen. Neuerdings versucht man, wie etwa in Rotterdam, die Müllaufgabe zu automatisieren, wobei die Müllkräne programmgesteuert sind.

c) Feuerraum

Die Feuerung ist der wichtigste Teil der Müllverbrennungsanlage. Sie soll den Müll einwandfrei unter bester Ausnutzung der innewohnenden Energie verbrennen, wobei die Schlacke weitgehend ausgebrannt ist. Bei den ersten neuzeitlichen Müllverbrennungsanlagen war der Feuerraum ungekühlt, d.h. der Kessel war als Abhitzekessel neben dem Feuerungsraum angeordnet. Dies geschah deshalb, um bei dem damals noch geringen Müllheizwert die Selbstbrennbarkeit des Mülls zu sichern. Später, als man im Müll infolge seiner inzwischen eingetretenen guten Brennbarkeit einen maß-

gebenden Energieträger sah, setzte man die Kessel unmittelbar über die Feuerung und erhöhte zugleich auch den Dampfdruck und die Dampftemperatur. Die Müllverbrennung als solche trat vielfach aus dem Bereiche der Stadtreinigung in die der Elektrizitätsbetriebe. Man ging dann noch einen Schritt weiter und verbrannte den Müll zusammen mit anderen Brennstoffen, Kohle, Heizöl und anderes, so daß der Müll ein richtiger Energieträger wurde. Der Erfolg hievon entsprach jedoch nicht ganz den Erwartungen. Es ergab sich auch insofern eine unangenehme Überraschung und damit auch ein Rückschlag in der gesamten Müllverbrennung, als man in einer Reihe moderner Müllverbrennungsanlagen nach verhältnismäßig kurzer Betriebszeit Rohrabzehrungen in den Kesselanlagen sowie Korrosions- und Erosionserscheinungen an den Kesselheizflächen feststellen mußte. In umfangreichen Untersuchungen versuchte man die Ursache hiefür zu finden, um derlei Schäden künftighin abstellen zu können. Man fand auch eine Reihe wirksamer Gegenmaßnahmen, so daß dieses Problem zum größten Teil als gelöst betrachtet werden kann. Zu den Abwehrmaßnahmen gehören u.a. eine gute Durchwirbelung der Rauchgase, um keine Strahlenbildung chlorhältiger Gase, die als eine der Grundursachen für die Korrosionen angesehen wird, entstehen zu lassen. Die chlorhältigen Gase stammen zum Großteil aus dem Verbrennen von PVC, aber auch bestimmter anderer Stoffe, die chlorhältig sind. Weitere Gegenmaßnahmen sind reichliche Luftzufuhr, um keine reduzierende Atmosphäre aufkommen zu lassen, Senkung der Dampftemperatur auf etwa 300°C, da sich erst in dem darüber liegenden Temperaturbereich bestimmte chemische Reaktionsvorgänge abspielen u.a.m. In den Verbrennungsanlagen, wo diese Erscheinungen auftraten, wurden die unteren Kesselrohrpartien bestiftet und mit einer Stampfmasse umgeben, so daß die Rohre nicht der unmittelbaren Feuereinwirkung ausgesetzt sind.

Auch die gemeinsame Verbrennung von Müll und anderen Brennstoffen erwies sich nicht als günstig, da damit das gesamte Rohrsystem mit den verschmutzten Müll-Rauchgasen in Berührung kommt. Die kombinierten Mühl - Kohle - oder Müll - Öl-Heizkessel werden wieder verschwinden und, wenn man Müll schon zur Krafterzeugung heranziehen will, so wird dies in artreinen Feuerungen geschehen, deren Kessel dampf- bzw. wasserseitig mit dem Kraftwerkskessel gekuppelt sind. In München-Nord wurden 2 Müllverbrennungsanlagen nach dem erst beschriebenen System gebaut, bei der 3. Anlage München-Süd ging man bereits von der gemeinsamen Feuerung ab und rückte den Kessel weit heraus aus dem Bereich der Feuerung. Es zeigt sich damit, daß das frühere System, wie es die Wiener Anlage besitzt, bei der, wie auch bei ähnlichen Anlagen, keinerlei Korrosionen aufgetreten sind, günstiger war.

Von den Rostsystemen wurden die hauptsächlichsten Ausführungen bereits genannt, es mögen nur die am meisten verwendeten Typen noch angeführt werden, das sind die Schrägroste, u.zw. der Vorschub- und Rückschubrost, der Walzenrost und der vielfach in den USA gebräuchliche Wanderrost. Die Roste müssen eine ständige Bewegung des Feuerbettes ermöglichen, wobei der Müll zwecks guten Ausbrandes umgewälzt werden muß. Es soll hierbei eine möglichst geringe Aufwirbelung von Aschenteilen eintreten, damit der Flugaschenanteil in den Rauchgasen nicht allzu hoch wird. Schließlich muß der Rost aus bestem Material bestehen, um eine möglichst lange Lebensdauer zu besitzen. Hinsichtlich des letzteren Umstandes sei bemerkt, daß in der Wiener Anlage die Roste seit Inbetriebnahme im Jahre 1963 noch nicht ausgewechselt zu werden brauchten. Bei modernen Anlagen kann man die Gleichmäßigkeit der Verbrennung durch Fernsehgeräte beobachten und damit leichter regulierend in den Verbrennungsvorgang eingreifen.

Bei der Konstruktion von Müllverbrennungsanlagen ist auf die zulässige Rostbelastung Rücksicht zu nehmen und dabei zu bedenken, daß der Heizwert des Mülls in Zukunft weiter steigen wird. Mit Heizwerten (Hw) von 2500 kcal/kg ist bei der Planung zumindest zu rechnen. In analoger Weise ist auch die Leistung der Dampfkessel mit der entsprechenden Reserve für eine zukünftige höhere Belastung zu planen.

d) Rauchgasreinigung

Eine wirksame Rauchgasreinigung ist heute im Sinne des Umweltschutzes mehr denn je von Bedeutung, umsomehr als die Müllverbrennungsanlage vielfach mitten im verbauten Gebiet, wie dies auch in Wien der Fall ist, aufgestellt wird. Die Rauchgasreinigungseinrichtungen müssen sehr leistungsfähig sein, da die Müllgase verhältnismäßig viel Flugstaub mit sich führen. In der Bundesrepublik bestehen genaue Richtlinien über die Entstaubung der Rauchgase, nach welchen sich im allgemeinen auch die Behörden in Österreich richten. Nach diesen deutschen Normen darf die staubförmige Emission pro Normalkubikmeter Rauchgas an der Schornsteineinmündung bei Anlagen 200 mg nicht überschreiten. Die Werte beziehen sich auf gesättigte Rauchgase bei einem CO_2 -Gehalt von 7 %. Der höchstzulässige Schwärzungsgrad der Rauchgase soll dabei unter Nr. 2 der Ringelmannskala liegen.

Den mechanischen Rauchgasreinigern, wie Zyklonen und Multi-zyklonen, ist es kaum möglich, den nach obigen Richtlinien für eine ausreichende Rauchgasreinigung geforderten Entstaubungsgrad zu erreichen. Die Gaswäscher und Naßabscheider, von denen der gebräuchlichste der Venturiwäscher ist, bieten wohl einen ausreichenden Abscheidungsgrad, doch sind mit ihrer Verwendung verschiedene Schwierigkeiten (Abwasserprobleme) verbunden, so daß sie nur für besondere Zwecke, wie etwa bei der Müllklärschlammverbrennung nach dem Ebinger-Verfahren verwendet werden.

Die wirksamsten Entstauber auch für sehr feine Körnungen sind die Elektrofilter als elektrische Gasreiniger, die heute bei allen Großanlagen, aber auch bereits vielfach bei Mittelanlagen zu finden sind. Die Elektrofilter erfordern zweifellos hohe Investitionskosten - vor allem durch die notwendige Hochspannungserzeugungsanlage - doch ist ihr Energiebedarf (0,2 kWh/1000 m³ Rauchgas) gering und auch die Wartungs- und Reparaturkosten sind äußerst niedrig. Das Verfahren bei den elektro-statischen Filtern ist relativ einfach, das Rauchgas durchströmt ein Elektrofeld, das aus Sprühelektroden und ihnen gegenüber angeordneten, großflächigen Niederschlagslektroden besteht. Die Staubteilchen werden hierbei statisch aufgeladen und schlagen sich an den Platten nieder. Durch einen Klopfmechanismus fallen die Staubteilchen nach abwärts und werden von hier meist pneumatisch in einen Silo befördert.

Wie Untersuchungen über die Wirksamkeit der Elektrofilter in der Wiener Anlage ergeben haben, werden damit Abscheidungsgrade bis zu 99 % erreicht und wird ein Rohgasstaubgehalt von nur 50 mg per Nm³ festgestellt. In der Praxis zeigte sich allerdings, daß der Belastbarkeit der Elektrofilter gewisse Grenzen gesetzt sind. Z.B. werden beim Verbrennen einer großen Anzahl von Autoreifen derartig große Mengen von Flugasche frei, daß sie die Elektrofilter nicht bewältigen können und als Folge davon ein schwarzer Qualm aus dem Schornstein austritt. Seit dieser Beobachtung wird in der Wiener Müllverbrennungsanlage getrachtet, die Autoreifen nur in kleinen Mengen dem Ofen beizugeben.

e) Schlackenverwertung

Die ausgebrannte Schlacke wird fast durchwegs in einem Wasserbad gelöscht und über eine Kette oder ein Band ausgetragen. Durch die Verbrennung ergibt sich folgendes Bild zwischen Ausgangsmaterial und dem Restprodukt, wobei ein Jahresdurchschnitt angenommen wird.

Schlacke und Asche etwa	38 - 40 Gew.%	= ca. 8 Vol.-%,
Schrott etwa	2 - 5 "	= ca. 4 Vol.-%,
Flugasche etwa	5 - 8 "	= ca. 3 Vol.-%
Insgesamt	45 - 53 Gew.%	= ca. 15 Vol.-%

Wie weit die Schlacke ausgebrannt ist, hängt stark von der Führung des Ofenbetriebes ab. Sie enthält im allgemeinen nur geringfügige Mengen an organischer Substanz, die bei der Ablagerung der Schlacke im Gelände keinerlei Bedeutung haben. Nichtsdestoweniger soll die Schlacke nicht wahllos abgelagert werden, da sie wohl praktisch steril ist, jedoch einen nicht unwesentlichen Gehalt an chemischen Substanzen (vor allem Chloriden besitzt), die unter Umständen das Grundwasser beeinflussen können.

Die Verwertung der Schlacke hängt von den jeweiligen örtlichen Verhältnissen ab. Meist wird nur der Schrott mittels Magnetabscheider aus der Schlacke ausgeschieden, wie etwa in der Wiener Anlage und dieser paketierrt an ein Hüttenwerk verkauft. Die Einnahmen daraus sind für die Bilanz der Müllverbrennungsanlage nicht unerheblich, so konnte im vergangenen Jahr daraus ein Erlös von 830.000 S erzielt werden. Die Schlacke zu sortieren und für den Straßen- und Wegebau zu verwenden, ist ein Vorgang, der in den norddeutschen Städten, aber auch in Holland, üblich ist. Wenn der Erlös daraus auch nicht allzu hoch ist, so fallen doch damit die hohen Transportkosten für das Wegführen der Schlacke sowie die Sorge um ein entsprechendes Ablagerungsgelände weg.

Die Schlacke für bauliche Zwecke zu verwenden, ist wiederholt versucht worden. Eine Großanlage hiefür befindet sich in Berlin, wo die Schlacke gesintert und als Zuschlagsstoff für die Betonherstellung verwendet wird. Das Verfahren ist sehr aufwendig und erscheint nur im Hinblick auf die besonderen Verhältnisse in Berlin als gerechtfertigt. Neuerdings zeigt sich eine technisch befriedigende und wirtschaftlich günstige Lösung der Schlackenverwertung in dem Homogenit-

Verfahren. Bei diesem Verfahren wird auf chemisch-physikalischem Wege unter Beigabe verschiedener Stoffe, in erster Linie von Kalk, an der Schlacke ein Umwandlungsprozeß vollzogen, durch den ein völlig neuer und hochwertiger Baustoff auf verhältnismäßig billige Weise gewonnen wird. Diesbezügliche Untersuchungen und Erprobungen werden bereits seit einiger Zeit durchgeführt und es ist zu erwarten, daß damit ein neuer Weg der Schlackenverwertung beschritten wird, wodurch auch die Kalkulation für den Bau einer Müllverbrennungsanlage in einem günstigeren Licht erscheinen würde.

5. Kleinmüllverbrennungsanlagen

In der eingangs versuchten Einteilung der Müllverbrennungsanlagen nach ihrer Leistung wurden solche mit einer Leistung bis 50 kg/h als Kleinstverbrennungsanlagen bezeichnet. Es sind dies jene Anlagen, die mancherorts in Büro- und Geschäftshäusern, aber auch im Gewerbe und in Industriebetrieben verwendet werden. Soferne sie nicht in Krankenhäusern zur Verbrennung der septischen Abfälle Verwendung finden, wo hiefür keine andere Wahl bleibt, sind sie grundsätzlich abzulehnen. Sie bilden fast immer eine Quelle von Luftverunreinigungen. Die Verbrennung von Müll und Abfällen erfolgt meist unzureichend, da Rost und Feuerraum den wechselnden Eigenschaften des Mülls nicht angepaßt werden können und die Umgebung wird gewöhnlich durch Staub und Ruß, vielfach auch durch üble Gerüche, in Mitleidenschaft gezogen. Wirksame Entstaubungseinrichtungen sind im Verhältnis zu den Kosten der Öfen zu teuer, so daß hievon wenig Gebrauch gemacht wird. Gewöhnlich wird als Grund für die Anschaffung derartiger Kleinstanlagen ins Treffen geführt, daß damit wirtschaftliche Vorteile verbunden sind, indem Müllabfuhrabgaben erspart werden. Bei genauer Überlegung zeigt sich jedoch, daß damit wesentliche Nachteile verbunden sind, die in keinem Ver-

hältnis zu dem erstrebten wirtschaftlichen Gewinn stehen.

Die Stadt Wien hat vor einiger Zeit eine unangenehme Erfahrung mit einer derartigen Kleinanlage in einem großen Bürohaus gemacht, wo sehr viele Papierabfälle verbrannt wurden. Die Anlage war, obwohl sie in einem Industriegebiet stand, ein ständiges Ärgernis für die Umgebung durch den dauernden Ruß- und Qualmausstoß. Die in Müllgefäßen gesammelten Abfälle, vorwiegend Flugasche, ergaben beim Einkippen in den Müllwagen eine Rußwolke, so daß mit Rücksicht auf das Personal die Abfuhr eingestellt und der Firma aufgetragen wurde, für die Flugasche eine Anfeuchtvorrichtung vorzusehen. Aus diesem Beispiel ergibt sich auch noch die folgende grundlegende Frage, daß nämlich für einen ausgebrannten Müll eigentlich eine höhere Müllabfuhrgebühr bezahlt werden müßte. Denn aus dem Brennwert des Mülls deckt z.B. die Müllverbrennungsanlage am Flötzersteig die gesamten Betriebskosten, da Dampf im Werte von jährlich 18 Millionen Schilling verkauft werden kann. Aus Müll, der aus bloßer Flugasche besteht, läßt sich jedoch keinerlei Energie mehr herausholen.

In den USA, wo die Kleinstanlagen eine sehr starke Verbreitung gefunden haben, versucht man durch Verbote sie soweit als möglich wieder auszuschalten. In der Bundesrepublik hat man Richtlinien für die Zulassung dieser Anlagen herausgegeben (VDI 2301 u.a.), die jedoch kaum eine Gewährleistung für den ständigen einwandfreien Betrieb dieser Anlagen geben können. In Wien ist es gelungen, die Anzahl derartiger Anlagen auf ein Mindestmaß zu beschränken. Man ersieht die Entwicklung für die Beseitigung des starken Müllanfalles in Büro- und Geschäftshäusern, Märkten etc., wo es sich meist um Abfälle in Form von Papier und Kartonagen handelt, nicht in der Verbrennung an Ort und Stelle, sondern darin, daß man diese Abfälle in einer stationären Presse stark verdichtet und in besonderen Großbehältern von 15 bis 20 m³ mittels Spezialwagen

(Multi-Lift) abführt. Die Verdichtung kann hier in wesentlich höherem Maße erfolgen, als in einem Müllwagen, wodurch eine rationelle Müllabfuhr ermöglicht wird. Die Kosten für die Beseitigung des Mülls stellen sich damit niedriger als bei Kleinverbrennungsanlagen und es entstehen keinerlei Unannehmlichkeiten für die Umgebung.

Die Kleinmüllverbrennungsanlagen, wie sie für kleine und mittelgroße Siedlungen gedacht sind, haben im wesentlichen die gleichen Einrichtungen wie die Großanlage und wie sie bereits besprochen wurden, nur in einfacherer Form. Es muß hiebei bedacht werden, daß der Feuerraum dieser Anlagen nicht zu klein gehalten wird, um noch einen gleichmäßigen Ausbrand zu erreichen. Zweckmäßig erscheint es, was auch meist geschieht, einen zusätzlichen Ölbrenner vorzusehen, um bei schlecht brennbarem Müll das Feuer aufrecht erhalten zu können. Auf die Reinigung der Rauchgase ist ein besonderes Augenmerk zu richten.

6. Zusammenfassung und Ausblick

Die vorstehenden Ausführungen sollten einen kleinen Querschnitt über die Entwicklung und den heutigen Stand der Müllverbrennung geben. Die Müllverbrennung hat in der gegenwärtigen Abfallwirtschaft eine ausschlaggebende Bedeutung erlangt. Es ist zu erwarten, daß neben dem Bau weiterer Großanlagen auch mittelgroße und kleine Anlagen in größerer Anzahl zur Errichtung gelangen werden. In konstruktiver Hinsicht werden die Anlagen noch mehr als bisher den Forderungen nach Einfachheit und Betriebssicherheit sowie einer hohen Verfügbarkeit und anspruchsloser Bedienung genügen müssen. Die hygienischen Anforderungen verlangen daneben eine einwandfreie Sicherung der Umwelt gegen Immissionen und andere unangenehme Einflüsse, so vor allem auch bei Klein- und Mittelanlagen.

Die Müllverbrennung steht trotz ihrer großen technischen Weiterentwicklung immer wieder vor neuen Problemen. Die Abfälle aus Haushalt und Gewerbe sind einem ständigen Wechsel unterworfen, es fallen immer neue Abfallprodukte aus der Industrie, vor allem aus der chemischen Industrie an. Die Einwegbehälter aus Kunststoff stellen für ihre Beseitigung neue Anforderungen an die Anlagen, denen Rechnung getragen werden muß. Immer mehr drängt sich auch die Frage der gemeinsamen Klärschlamm - Müllverbrennung auf, da sich für die Beseitigung des Klärschlammes etwa die gleichen Schwierigkeiten wie für den Müll ergeben und die beiden Abfallprodukte in mancher Hinsicht eine Ähnlichkeit aufweisen. Auf diesem Gebiet steht für Neuentwicklungen ein reiches Feld offen. Die Beseitigung der großen Mengen anfallenden Altöls und mineralölhaltiger Abfälle, die heute vielfach auf undurchsichtige Weise beseitigt werden, bedarf gleichfalls einer generellen Lösung, zunächst einmal in der Erfassung der Anfallstellen und dann in der schadlosen Beseitigung dieser Abfallstoffe. Die Verbrennung wird auch hier der maßgebende Weg zu deren Beseitigung sein.

Quellenverzeichnis:

- R. BOPP, "Betrachtungen zur Müllverbrennung"
Aufbereitungstechnik 565
- F. FISCHER, "Die Müllbeseitigung in Österreich"
- KUMPF/MAAS/STRAUB, "Müll- und Abfallbeseitigung"
Erich Schmidt Verlag
- R. TANNER, O. SALAMON, "Wo steht die Müllverbrennung
heute?"
Elektrizitätswirtschaft, Bd. 58

Hans-Erich Klotter:

Feste Abfallstoffe
aus Industrie und Gewerbe

1. Einleitung

Die Beseitigung fester Abfallstoffe rückt immer mehr in das Interesse der Öffentlichkeit, weil Probleme der Hygiene, des Gewässer- und des Landschaftsschutzes sowie die öffentliche Sicherheit und Ordnung berührt werden. Im Bemühen um eine schadlose Abfallbeseitigung treffen sich Kommunen und die Industrie. Aber leider stößt die Beseitigung häuslicher Abfallstoffe vielfach auf weitaus geringere Widerstände als bei der Beseitigung industrieller Abfälle. Die Ursache ist darin zu suchen, daß die Behauptung aufgestellt wird, die häuslichen Abfälle seien weniger gefährlich als die industriellen. Allein mit dem Begriff "Chemieabfälle" werden Vorstellungen verbunden und mit einer Ausschließlichkeit diese Abfälle als Gift bezeichnet. Wir meinen, daß das Anlegen von Wertmaßstäben an die einzelnen Abfallarten nur darüber hinwegtäuschen soll, damit man ohne auf Schwierigkeiten zu stoßen, Flächen für die Abfallagerung erhält.

Es ist eine irrige - aber leider immer noch bestehende - Auffassung, mit Müllverbrennungsanlagen ließen sich die Probleme der Abfallbeseitigung lösen. Verbrennungsanlagen, ebenso Kompostierungsanlagen, dienen lediglich der Volumenreduzierung der Abfallstoffe und können in keiner Weise eine Deponie ersetzen. Die Fülle der nichtbrennbaren und nicht verrottbaren Abfallstoffe ist beachtlich, folglich müssen stets Abfalldeponien bereitgestellt werden. Schließlich ist die Ablagerung immer noch die einzige Art der Abfallbeseitigung schlechthin.

Während industrielle Abfallstoffe im allgemeinen hinsichtlich ihrer Zusammensetzung meist bekannt sind und deshalb definiert werden können, ist dies bei den häuslichen Abfallstoffen kaum möglich. Im Hausmüll - einer heterogenen Masse - können alle erdenklichen Abfallarten enthalten sein, giftige und ungiftige. Als Beispiel sei die vor kurzem durchgeführte Aktion "Entrümpelung der Hausapotheke" erwähnt; alle überflüs-

sigen Medikamente (welche?) wanderten in den Müll. Als weiteres hygienisch beachtliches Problem seien Verbandsstoffe erwähnt; während in früheren Jahren die Verbände von eiternden und blutenden Wunden in den Öfen und Herden der Wohnungen verbrannt wurden, wandern sie nunmehr, da die Heizungen auf Gas und Öl umgestellt wurden, eigene Brennstellen in den Haushaltungen fehlen, in den Müll. Die Beispiele ließen sich beliebig erweitern; es sollte jedenfalls nur dargetan werden, daß es völlig falsch ist, von gutem oder schlechtem, von gefährlichen und ungefährlichen Abfällen zu sprechen. Abfälle, gleich welcher Herkunft, bedürfen stets einer fachgerechten Behandlung und Beseitigung.

2. Art und Menge der industriellen Abfallstoffe

Bei fast jeder Herstellung von Gütern der verschiedensten Art entstehen feste und flüssige Abfallstoffe. Verfolgt man beispielsweise die Herstellung eines Personenkraftwagens, so hinterläßt dieser bis er vor dem Hause des Käufers steht, einen Abfallberg, der volumenmäßig weitaus größer als das Auto selbst ist. Bei der Herstellung von Bedarfsgütern des täglichen Lebens, seien es Lebensmittel, Textilien, Leder, Kunststoffe oder Papier, fallen allenthalben Abfallstoffe an. Die Menge ist recht unterschiedlich; bei dem einen Produkt kann sie unverhältnismäßig gering, bei einem anderen Produkt übermäßig groß sein. Eine allgemein gültige Zahl läßt sich nicht aufstellen im Gegensatz zu den häuslichen Abfallstoffen, die man durch Messungen statistisch je Einwohner und Jahr bestimmen kann. So weiß man, daß im Mittel je Einwohner und Jahr mit einer Müllmenge von etwa 700 Litern oder 250 kg zu rechnen ist. Beim Gewerbe (Metzger, Bäcker, Lebensmittelhandel und dergl.) kann man größenordnungsmäßig etwa im Voraus deren Abfallmenge angeben, sie beträgt etwa die Hälfte der häuslichen Abfallstoffe. Bei der Produkterfertigung dagegen ist eine solche Voraussage nicht möglich. Wohl wird versucht,

durch Umstellung der einzelnen Produktionsverfahren die Abfallmengen zu reduzieren, was mit Erfolg in vielen Fällen praktiziert worden ist, es gelingt aber nicht überall. Um etwa die Größenordnung aufzuzeigen, in welchen Mengen Industrieabfälle anfallen, seien die jährlichen Abfallmengen dreier chemischer Großbetriebe genannt und je Beschäftigten angegeben:

"Chemie 1"	:	5,8 m ³ /Beschäftigten und Jahr	
"Chemie 2"	:	4,5 m ³ /	"
"Chemie 3"	:	6,3 m ³ /	"

Multipliziert man diese Zahlen jeweils mit der Belegschaftsstärke der Betriebe (40 000 bis 80 000) so kann man etwa ermessen, welche Abfallmengen zu beseitigen sind, nämlich zwischen 300 000 und 500 000 m³/Jahr, was der Abfallmenge einer Stadt zwischen 430 000 und 700 000 Einwohnern entspräche. Nun muß der Vollständigkeit halber hinzugefügt werden, daß jeder dieser drei Betriebe sehr große Verbrennungsanlagen mit mehreren Öfen besitzt und alles, was nur irgendwie brennbar ist dort durch Verbrennen im Volumen reduziert wird. Der brennbare Anteil beträgt im Mittel aber nur 9 %, ein Wert, der die allgemein vertretene Auffassung, die Industrie solle ihre Abfälle verbrennen, eindeutig widerlegt.

3. Industrielle Abfalldeponien

Es wurde wohl deutlich genug gemacht, daß die Industrie Flächen für die Ablagerung ihrer Abfallstoffe benötigt. Fehlen solche Flächen, kann die Produktion ernstlich in Frage gestellt sein. Damit kommt der industriellen Abfallbeseitigung auch volkswirtschaftliche Bedeutung zu.

Die Möglichkeiten zur Ablagerung der in den genannten drei chemischen Großbetrieben anfallenden Abfallstoffe sind unterschiedlich. Während die Heimatgemeinde des Betriebes

"Chemie 1" in weiser Erkenntnis in ihrem Flächennutzungsplan ausreichende Flächen in Werksnähe für die Deponie dieses Betriebes ausgewiesen hat, wurde dem Betrieb "Chemie 2" keinerlei solche Unterstützung zuteil. Er ist gezwungen, auf weite Strecken die Abfallstoffe zu transportieren und bei Privaten, die zufällig über geeignete Flächen verfügen, zu deponieren. Der Betrieb "Chemie 3" erwarb mit Unterstützung der Landesregierung eine Deponiefläche, die auf Jahrzehnte hinaus die Abfallstoffe aufnehmen vermag.

Auch wenn diese Betriebe in wirklich großzügiger Weise die Abfallbeseitigung betreiben, so darf nicht übersehen werden, daß die aufzuwendenden finanziellen Mittel als echte Betriebsausgaben (ohne die Kosten der Abwasserreinigung) eminent sind. Je nach der Entfernung der Deponie vom Werk können die Kosten je m³ Abfall zwischen 7,00 und 20,00 DM betragen. Auf die genannten Größen der Betriebe bezogen sind dies etwa Ausgaben von 4 - 7 Mio DM/Jahr; in dieser Summe sind nicht die Kosten der Verbrennungsanlage enthalten. Von diesen industriellen Müllverbrennungsanlagen sind -im Gegensatz zu kommunalen Verbrennungsanlagen - echte Kosten der Verbrennung bekannt. Die Verbrennung industrieller Abfallstoffe kostet zwischen 75,00 und 100,00 DM/t, abzüglich einer Dampfgutschrift in der Größenordnung um 30,00 DM, so daß immer noch Kosten zwischen 45,00 und 70,00 DM/t entstehen. Diesen Kosten müßten noch die Kosten für den Abtransport und die Deponie der Schlacken zugeschlagen werden.

4. Beispiel der Abfallbeseitigung eines chemischen Großbetriebes

In den einzelnen Betrieben der Badischen Anilin- und Sodafabrik in Ludwigshafen fallen jährlich etwa 300 000 m³ feste Abfallstoffe an. Die bisherigen Deponien im Raume Bad Dürkheim (Entfernung vom Werk rd. 20 km) hatten die Grenze ihres Füllvolumens erreicht und mußten stillgelegt werden. Die

Suche nach einem neuen Deponiegelände begann. Nach anfänglichen Schwierigkeiten, die meist durch den Unverstand weniger entstanden, wurde endlich eine Rheininsel - die Insel Flotzgrün - südlich von Speyer ausfindig gemacht, auf der ein Gelände von etwa 80 ha käuflich erworben werden konnte. Die Behörden unterstützten in großzügiger Weise das Vorhaben.

Durch die Wahl einer Rheininsel als Deponiegelände, das nur mit dem Schiff zu erreichen ist, zeichnete sich eine deutliche Entlastung des Straßenverkehrs ab, andererseits mußte die BASF den gesamten Abfalltransport vom Straßenverkehr auf den Schiffs-transport umstellen. Innerhalb des Werkes wurde deshalb eine Zwischendeponie errichtet, zu der alle im Werk anfallenden Abfallstoffe angeliefert und nach entsprechenden Abfallarten gestapelt werden. An der Zwischendeponie wurden Verladeanlagen gebaut, die die eigens für den Abfalltransport gebauten Schubschiffe beladen. Je ein aus 3-7 Einheiten bestehender Schub fährt die Abfallstoffe rhenaufwärts zur Insel Flotzgrün, an deren Ufer eine Entladestelle errichtet wurde und die durch eine geeignete Begrünung sinnvoll in die Landschaft eingeordnet wurde. Das Deponiegelände grenzt unmittelbar an ein Landschaftsschutzgebiet, weshalb besondere landschaftsgestaltende Maßnahmen unumgänglich waren. So zeigt die Anlagestelle für andere die Insel anfahrenden Schiffe ein recht gefälliges Aussehen.

Die aus den Schubeinheiten geförderten Abfallstoffe werden mit Großraumfahrzeugen zum Deponiegelände gefahren, wo die Abfälle in etwa 2 m hohen Schichten abgeladen und unmittelbar nach dem Abladevorgang durch ein Raupenfahrzeug verteilt werden. Die einzelnen Schichten werden so planiert, daß Flächen entstehen, die von den den Abfall bringenden Fahrzeugen allseitig befahren werden können und dadurch eine starke Verdichtung der Abfälle stattfindet. Durch eine Neigung der Deponie soll neben dem Verdichtungs Vorgang angestrebt werden, daß die Niederschläge vorwiegend oberflächlich

abfließen, also nur in unbedeutenden Mengen in die Deponie eindringen. Die Niederschlagswässer fließen oberflächlich über die Böschungen ab, an deren Fuß ein durchgehendes Entwässerungsnetz geschaffen wurde, das zunächst mit Gräben neben den gut ausgebauten und bei jedem Wetter befahrbaren Straßen angelegt wurde. Die Böschungen müssen mit bepflanzbarem Boden abgedeckt und so rasch als möglich begrünt werden. Bei den Begrünungsmaßnahmen hat sich ein von der BASF entwickeltes Verfahren hervorragend bewährt. Es wird eine stark wasserhaltende Kunststoffschäumemulsion, der Pflanzensamen beigegeben sind, auf die Böschungen aufgesprüht. Schon nach wenigen Tagen beginnen die Samen zu keimen, und binnen kurzem erhalten die Böschungen ein grünes Pflanzenkleid.

Diese - vielleicht - nüchterne Darstellung der BASF-Deponie soll nicht darüber hinwegtäuschen, daß alle Maßnahmen für Beladung, Transport, Entladung, LKW-Transport, Ablagerung, Einplanierung und Begrünung nicht nur außerordentlich hohe Summen verschlungen haben, sondern auch weiterhin beträchtliche Summen für den Betrieb und die Unterhaltung der Deponie aufgewendet werden müssen. Und am Rande sei noch vermerkt, daß die Deponie nach Beendigung der Auffüllung wieder in das Eigentum der früheren Eigentümer - zweier Gemeinden - zurückgeht.

5. Über die Beseitigung von Sondermüll aus kleinen und mittleren Betrieben

Sondermüll sind Abfälle, die wegen ihrer Art und Menge nicht mit den in Haushaltungen anfallenden Abfällen gesammelt, befördert, behandelt werden können. Sie fallen insbesondere im Bereich der Industrie an. Hierbei handelt es sich z.B. um Rückstände und Fehlchargen der chemischen Industrie, verschmutzte Altöle, verbrauchte Lösungsmittel, Gerbereischlämme, Farbschlämme, Galvanikschlämme, Altreifen, Säureharz und Bleicherde.

Altautos, die grundsätzlich ebenfalls zu den Sonderabfällen zu zählen sind, werden wegen der erforderlichen besonderen Beseitigungstechnik nachfolgend nicht mehr angesprochen.

Am 18.11.1970 hat sich unter dem Vorsitz des Staatsministers des Innern Dr. Merk die "Gesellschaft zur Beseitigung von Sondermüll in Bayern mbH" konstituiert. Die Gesellschaft, die im Verfdg der einstimmigen Beschlusses des Bayer. Landtags vom 28.1.1970 gegründet wurde, wird von Staat, Kommunen und Unternehmer der gewerblichen Wirtschaft getragen. Sie hat die Aufgabe, auf privatrechtlicher Grundlage die Einrichtungen zu schaffen und zu betreiben, welche zur unschädlichen Beseitigung des in Bayern anfallenden Sondermülls notwendig sind. Auf diese Weise sollen die Probleme der ordnungsgemäßen Unterbringung des Sondermülls rasch gelöst werden, ohne daß hierfür eine gesetzliche Regelung getroffen werden muß. Durch die Tätigkeit der Gesellschaft soll die Beseitigung des Sondermülls durch die gewerbliche Wirtschaft selbst überall dort, nicht beschränkt oder behindert werden, so sie ordnungsmäßig durchgeführt werden kann.

Aufgrund eigener Erfahrungen mit Sondermüllplätzen vermögen wir dem bayerischen Konzept nicht zuzustimmen, auch wenn diese Lösung allenthalben als beispielhaft angesehen wird. Die Praxis sieht jedenfalls anders aus, denn ein Großteil des in Bayern anfallenden Sondermülls wird auf von Privaten in Rheinland-Pfalz betriebenen Deponien transportiert. Damit wird zugleich deutlich, daß die Form einer Gesellschaft, die nicht zum Anschluß- und Benutzungszwang verpflichtet kann, wenig geeignet ist. Denn der "Kunde" wird seine Abfälle stets dort beseitigen, wo von ihm die geringsten Kosten gefordert werden. Solche Voraussetzungen sind meistens bei den von Privaten betriebenen Deponien zu finden. Das führt dann in der Regel zu nicht sachgemäßen Ablagerungen, wie es die jüngst bekanntgewordenen Müllskandale hinreichend beweisen. Es ist im übrigen sehr problematisch, ob Sondermüllplätze überhaupt von Privaten betrieben werden sollen. Uns jedenfalls sind große Zweifel gekommen, weil in solchen Fällen die Abfallbeseitigung zum Geschäft wird. Gewiß garantiert das Grundgesetz jedem die freie Gewerbeausübung. Es bleibt aber die Frage im Raume, ob Abfallbeseitigung - nicht die Abfallssammlung - ein Gewerbe im üblichen Sinne mit Gewinnstreben sein kann, wenn Konkurrenzbetriebe bestehen und dadurch Wettbewerbsverzerrungen, die zu Lasten der Umwelt gehen, eintreten. Der gewissenhafte Betreiber eines Sondermüllplatzes hat erhöhte Aufwendungen und die von ihm geforderten Preise liegen entsprechend. Wird er jedoch unterboten, besteht die Gefahr, daß die Abfälle dann nicht mehr mit der gebotenen Sorgfalt behandelt und schadlos abgelagert werden. Nur als Beispiel sei die Beseitigung von cyanidhaltigen Härtesalzrückständen angeführt, die ohne Schwierigkeiten, allerdings kostenintensiv in schadlose Verbindungen übergeführt werden können. In der BRD führt ein Unternehmen seit Jahren solche Entgiftungen durch. Zwischenzeitlich haben jedoch einige Deponieunternehmer, auf angebliche Genehmigungen verweisend, gezielt auf die

Möglichkeit der Ablagerung bei ihnen hingewiesen. Die Folge war, daß sich die einzelnen Abfalllieferanten der wesentlich billigeren Deponieunternehmen bedienten, auf deren Deponien nunmehr nicht mehr zählbare Fässer mit cyanidischen Härtesalzen lagern. Nach Bekanntwerden dieser Manipulationen forderten die Behörden mit Recht die Entfernung der Giftfässer. In Nordrhein-Westfalen mußte sogar die Bundeswehr eingesetzt werden. Die Kosten dieser Beseitigungsmaßnahmen sind enorm und die Unternehmer sind finanziell nicht in der Lage, diese plötzlich auf sie zukommenden Kosten zu tragen. Folglich muß die öffentliche Hand - der Steuerzahler - helfen. Ein Rückgriff auf die Betriebe, bei denen die Härtesalze angefallen waren, ist in der Regel nicht möglich, weil als Abfalllieferant meist irgend eine Speditionsfirma in den Nachweisbüchern erscheint und diese im Nachhinein nicht mehr imstande ist, den eigentlichen Abfallproduzenten zu benennen. Das ergibt eine fatale Situation, die dazu zwingt, das Problem des privaten Abfallbeseitigungsunternehmens erneut zur Diskussion zu stellen. Man kann das Problem nicht einfach damit aus der Welt schaffen, daß man es mit dem Sprichwort "überall gibt es schwarze Schafe" abtut. In diesem Falle steht das Wohl der Allgemeinheit unzweifelhaft im Vordergrund, und es kann nicht hingenommen werden, daß dieses Allgemeinwohl in irgendeiner Weise beeinträchtigt wird. Wir neigen deshalb zu der Auffassung, daß die Sondermüllbeseitigung mit wenigen Ausnahmen von öffentlich-rechtlichen Körperschaften durchgeführt werden sollte. Alle anderen Lösungsvorschläge taugen nicht. Wir meinen, daß nur im Rahmen einer solchen nicht auf Gewinn bestrebten Körperschaft den Mißständen gesteuert werden kann, insbesondere um zu verhindern, daß ungenügend deklarierte Abfälle - auch aus dem Ausland - zur Ablagerung gelangen. In einem konkreten Falle haben wir die Deponieerlaubnis von Einzelanträgen abhängig machen müssen, um überhaupt noch einen Überblick zu gewinnen. Die erforderlichen Antragsunterlagen sind nachstehend aufgeführt:

....., den.....
 (Firma)

.....
 (Branche)
 (z.B. Metallveredelung, Düngemittelherstellung etc.)

Verantwortliche Erklärung zur Abfallablagerung
auf der Deponie der Firma

1. Art des Abfalles:
 (Für jede Abfallart ist ein
 gesonderter Antrag zuzustellen)
2. Wo fällt der Abfall an,
 bei welcher Produktion ?
 Unter Verwendung welcher Roh-und/oder
 Grundstoffe?
3. Äußere Beschaffenheit des Abfalles
 (fest, schlammig, flüssig, Geruch,
 Geschmack)
 Falls schlammig,
 welcher Stoff bildet den
 flüssigen Anteil ? Prozent
4. Chemisch-physikalische Beschaffenheit
 des Abfalles
 a) Analyse eines anerkannten staatl.
 Instituts oder eines vereidigten
 Handelschemikers^{*)}, aus der die
 Einzelkomponenten ersichtlich
 sind (beifügen)

frei für Ver-
 merke der Be-
 hörden

 *) Betriebsanalysen können zugelassen werden, wenn der
 für die Analyse Verantwortliche benannt wird.

b) Angabe der Wasserlöslichkeit und Bestimmung der wasserlöslichen Einzelkomponenten.

c) Temperatur

frei für Ver-
merke der
Behörden

5. Können durch die lose Lagerung dieses Abfalles Emissionen ausgehen?

Welche Emissionen?

6. In welcher Form wird der Abfall angeliefert?

(lose, in Gebinden, in Großbehältern (Mulde), in Tankwagen, in geschlossenen Fahrzeugen)

a) Falls in Gebinden

Warum werden Gebinde gewählt?

Welcher Art sind die Gebinde?

b) Falls Tankwagen

Warum Tankwagen?

7. Welche Mengen sollen angeliefert werden?

a) Tonnen

b) Kubikmeter

8. Wie oft ist beabsichtigt, diesen Abfall und in welcher Menge anzuliefern?

a) einmalig am.....Menge to m^3

b) wiederkehrend.....Menge to m^3

täglich.....

wöchentlich.....

monatlich.....

vierteljährlich.....

einmal jährlich.....

9. Wer ist innerbetrieblich verantwortlich
a) für die gewissenhafte Deklaration
der Abfälle?

Name.....

Vertreter.....

b) für die Verladung und den Transport
der Abfälle?

Name.....

Vertreter.....

frei für Ver-
merke der
Behörden

Erklärung:

Wir versichern, daß die zur Ablagerung auf der Deponie in..... anzuliefernden Abfälle den vorstehend aufgeführten Deklarationen entsprechen werden und sie keine Beimischungen enthalten. Das mit der Deklaration und dem Transport der Abfälle beauftragte Personal ist von uns gegen Unterschriftsbestätigung darauf hingewiesen worden, daß

- a) nur genau definierte Abfälle entsprechend dem vorstehenden Antrag zur Abfuhr bereitgestellt werden
und
- b) keine anderen als die in vorstehendem Antrag definierten Abfälle zur Deponie transportiert werden dürfen.

Es ist uns bekannt, daß die Zulassung zur Ablagerung von Abfall aus unserem Werk auf die Deponie in..... ohne Androhung widerrufen wird, wenn nicht zugelassene Abfälle oder Abfälle mit in der Analyse nicht ausgewiesenen Beimischungen zur Ablagerung angeliefert werden.

.....
(Rechtsverbindliche Unterschrift)

ERKLÄRUNG

gegenüber der Firma.....
(Deponieunternehmen)

Firma.....
(Abfallproduzent)

Wir haben das Kraftfahrzeug mit.....(Art des Abfallstoffes, Menge)....., Verpackungsart..... gegebenenfalls Zahl der Behältnisse..... beladen. Es handelt sich bei diesem Abfall um den mit Erlaubnisbescheid des Landratsamtes..... in vom....., Az....., Kennziffer..... zugelassenen Abfall. Wir versichern, daß in diesem Abfallstoff Beimengungen oder eine Vermischung mit anderen Abfällen abweichend von der angegebenen Analyse vom..... nicht enthalten/sind. Dem Fahrer wurde untersagt, unterwegs Beiladungen aufzunehmen.

.....
(Ort, Datum)

.....
(Unterschrift, Stempel)

Erklärung des Kraftfahrers:

Während des Transportes erfolgte keine Beiladung zusätzlicher Abfallstoffe. Die von mir am..... abgelieferten Behältnisse sind identisch mit denen mir von der Firma übergebenen.

.....
(Unterschrift des Fahrers)

Durchschrift an das
Landratsamt.....
in.....

Landratsamt....., den.....
in.....

An die
Firma
.....(Deponieunternehmen)
in.....

Az.:

Kennziffer:

Betr.: Ablagerung auf der Deponie in.....

Bezug: Antrag der Firma.....vom.....
sowie Gutachten(Fachbehörden)

In Ausführung der Nr. des der Firma.....
vom Landratsamt.....am.....erteilten Er-
laubnisbescheides zur Ablagerung von Abfällen nach den
Grundsätzen einer geordneten Deponie auf den Grundstücken
.....wird der im Antrag der Firma.....
vom.....ausgewiesene Abfall zur Ablagerung auf der
vorgesehenen Deponie zugelassen. Der Abfall muß der dem
Antrag beigefügten Analyse entsprechen; insbesondere dür-
fen keine in der Analyse nicht ausgewiesenen Beimengungen
enthalten sein. Wenn Abfälle beim Transport umgeladen wer-
den, hat eine Plombierung der Anlieferungsbehältnisse zu
erfolgen. Dem Landratsamt sind Muster der Plomben vorder
Anlieferung zuzusenden.

Diese Zulassung wird an folgende Auflagen und Bedingungen
geknüpft:

Die Firma..... hat dem Landratsamt für jede Abfallanlieferung die vom Abfallproduzenten und Kraftfahrer auszufüllende Erklärung in Durchschrift vorzulegen.

Es wird darauf hingewiesen, daß die Zulassung widerrufen wird, wenn nicht zugelassene Abfälle oder Abfälle mit in der Analyse nicht ausgewiesenen Beimischungen zur Ablagerung angeliefert werden oder gegen die vorstehenden Auflagen und Bedingungen verstoßen wird.

Rechtsmittelbelehrung

Gegen diesen Bescheid kann innerhalb eines Monats nach Bekanntgabe Widerspruch beim Landratsamt..... in..... schriftlich oder zur Niederschrift eingelegt werden.

I.A.

Durchschlag für
Abfallproduzenten

Es sei zugegeben, daß dieses Verfahren nach außen möglicherweise als zu bürokratisch angesehen wird. Der mit der Materie Befaste, insbesondere der mit der Verantwortung belastete, muß zustimmen, daß nur noch mit drastischen Maßnahmen Ordnung geschaffen werden kann. Dazu zählt auch eine gesetzgeberische Initiative. Der Landtag des Landes Rheinland-Pfalz hat am 13.1.1972 einstimmig das Landesgesetz über die geordnete Beseitigung von Abfällen (Abfallgesetz; AbfG) verabschiedet. Danach dürfen Abfälle nur in nach diesem Gesetz zugelassenen Anlagen behandelt, gelagert oder abgelagert werden.

In § 4 werden die Pflichten der Unternehmer wie folgt konkretisiert:

"(1) Gewerbliche und sonstige wirtschaftliche Unternehmen haben beim Betrieb entstehende Abfälle der Menge nach möglichst gering zu halten und sicherzustellen, daß die Abfälle ihrer Art nach nicht besonders schwierig und aufwendig zu beseitigen sind oder daß sie in eine nicht besonders schwierig oder aufwendig zu beseitigende Form überführt werden können. Giftige oder sonstige Abfälle, die einer Sonderbehandlung bedürfen, sind von anderen Abfällen getrennt zu halten.

(2) Die zuständige Behörde kann von Unternehmen im Sinne des Absatzes 1 Nachweise über Art, Menge und Beseitigung der angefallenen Abfälle, die Führung von Nachweisbüchern und das Einbehalten von Belegen verlangen. Nachweisbücher und Belege sind der zuständigen Behörde auf Verlangen zur Prüfung vorzulegen oder zu überlassen. Das Nähere über die Einrichtung und die Führung des Nachweisbuches, das Überlassen des Nachweisbuches und der Belege sowie über die Aufbewahrungsfristen regelt der Minister für Landwirtschaft, Weinbau und Umweltschutz durch Rechtsverordnung."

§ 14 regelt das Verbringen von Abfällen (sog. Auslandsmüll) in den Geltungsbereich dieses Gesetzes:

"(1) Wer Abfälle in den Geltungsbereich dieses Gesetzes verbringt, bedarf der Genehmigung der zuständigen Behörde, in deren Bereich die Abfälle behandelt, gelagert oder abgelagert werden sollen.

(2) Die Genehmigung darf nur erteilt werden, wenn gewährleistet ist, daß durch die Beförderung, Behandlung, Lagerung oder Ablagerung der Abfälle das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt wird. Die Genehmigung kann unter Bedingungen und mit Auflagen sowie befristet und unter dem Vorbehalt des Widerrufs erteilt werden."

Wir meinen, mit diesem neuen Gesetz endlich ein Instrument in der Hand zu haben, um die Beseitigung gewerblicher und industrieller Abfälle gezielt zu ordnen, wobei anzustreben ist, Zweckverbände zu bilden; Grundlage hierfür bietet der § 3 Abs. 5:

"(5) Beseitigungspflichtige können sich mit Zustimmung der zuständigen Behörde zu Körperschaften des öffentlichen Rechts zusammenschließen oder durch die zuständige Behörde zusammengeschlossen werden. Ein Zusammenschluß hat insbesondere dann zu erfolgen, wenn dadurch die Erfüllung der Beseitigungspflicht für den einzelnen oder mehrere Verpflichtete erst ermöglicht oder wirtschaftlich zumutbar wird oder die Beseitigung insgesamt wirtschaftlicher gestaltet werden kann. Die Vorschriften der ersten Wasserverbandsverordnung vom 3. September 1937 in der jeweils geltenden Fassung sind anzuwenden. Die Vorschriften des Zweckverbandsgesetzes bleiben unberührt."

Hans-Erich Klotter:

Flüssige Abfallstoffe
aus Industrie und Gewerbe

Bei den verschiedensten fabrikatorischen oder gewerblichen Arbeitsvorgängen fällt Abwasser an. Die einzelnen Einsatzmöglichkeiten des Wassers können in die folgenden sechs Gruppen unterteilt werden:

- a) Wasser zum Kühlen
- b) Wasser als Lösungsmittel
- c) Wasser als Reinigungsmittel
- d) Wasser als Transportmittel
- e) Wasser als Energiequelle
- f) Wasser im Dienste der Ernährung

Bei den genannten Nutzungsvorgängen kann das Wasser so verunreinigt oder in seiner Beschaffenheit verändert werden, daß es weiteren Nutzungen nicht mehr zugeführt werden kann. Es wurde zum Abwasser. Im ATV-Regelwerk A-115 wird formuliert: Gewerbliches Abwasser ist das bei der Gewinnung von Rohstoffen oder bei gewerblichem oder industriellem Gebrauch veränderte, insbesondere verunreinigte, Wasser.

Während häusliches Abwasser eine nur in geringen Grenzen schwankende Zusammensetzung hat, ist industrielles Abwasser entsprechend der Mannigfaltigkeit der Produktionsgüter außerordentlich verschieden. Ein weiterer Unterschied besteht in dem oft stoßweisen Anfall oder periodischen Schwankungen der Menge und Beschaffenheit, die zwar vom Grundsatz her zu beherrschen sind, in der Betriebspraxis aber zu Schwierigkeiten und auch zu Pannen mit der Folge einer erhöhten Gewässerunreinigung führen.

Unter der Vielfalt der industriellen Abwässer können 3 Gruppen unterschieden werden:

1. Vorwiegend organische Abwässer,
2. teils organische, teils anorganische Abwässer,
3. vorwiegend anorganische Abwässer.

Zu der ersten Gruppe gehören z.B. Abwässer von Molkereien, Brauereien, Gemüse- und Konservenfabriken, Mälzereien, Brennerien, Fleischereien und andere. Diese Abwässer sind der biologischen Reinigung zugänglich und können grundsätzlich nach den gleichen Methoden wie für häusliches Abwasser behandelt werden. Das für die Kleinlebewesen oft einseitige Nährstoffangebot muß in manchen Fällen durch Zugabe von Stickstoffsalzen oder Phosphaten ausgeglichen werden. Vorteilhaft ist stets eine gemeinsame Reinigung mit häuslichem Abwasser. Abwässer, deren Inhaltsstoffe schnell in Fäulnis übergehen, verursachen oftmals noch betriebliche Schwierigkeiten.

Die Reinigungsleistung nach den "Normalanforderungen" mit 25 mg/BSB₅ je Liter wird von den meisten Industriezweigen mit vorwiegend organischem Abwasser erreicht bis auf Preßhefe- und Zuckerfabriken wo - ein normaler Aufwand vorausgesetzt - z.Zt. noch Abstriche gemacht werden müssen. Kostensparende und betriebssichere Verfahren für eine weitergehende Behandlung sollten entwickelt werden.

Zur Gruppe 2, Abwasser mit teils organischen, teils anorganischen Bestandteilen, zählen u.a. die Abwässer aus Papier- und Zellstofffabriken, der Textilindustrie, sowie Gerbereien und Lederfabriken.

Die Abwasserreinigung von Papierfabriken macht heute verfahrenstechnisch keine Schwierigkeiten mehr. Die Abwasserreinigung der Zellstofffabriken hingegen ist noch nicht zufriedenstellend gelöst. Insbesondere sind es die Sulfitablaugen, die biologisch kaum abbaubar sind und gegenwärtig zu einer erheblichen Verunreinigung der Gewässer beitragen. Die zur Zeit wirkungsvollste Behandlungsmethode der Sulfitablaugen ist die Eindampfung, die jedoch kostenintensiv ist. Die Entwicklung weiterer brauchbarer Verfahren wäre erwünscht.

Bei der Reinigung des Abwassers der Textilindustrie mit ihren verschiedensten Zweigen sind in den letzten Jahren

Fortschritte gemacht worden. Nach biologischer Reinigung in Verbindung mit chemischer Fällung werden verschiedentlich schon hohe Reinigungsgrade erreicht. Auch das Abwasser der Lederindustrie läßt sich verhältnismäßig gut mit chemisch-biologischen Mitteln reinigen. Das Abwasser dieser Gruppe wird am sichersten und zufriedenstellendsten in Verbindung mit häuslichem Abwasser ggf. nach Vorbehandlung im Werk gereinigt.

Zur 3. Abwassergruppe mit vorwiegend anorganischen Bestandteilen gehören Bergwerks- und Erzaufbereitungsanlagen, metallverarbeitende Industrien und die chemische Industrie mit vielen Zweigen, wobei in mehr oder weniger großem Umfange auch organische Abwässer, wie etwa bei der Petrochemie, anfallen können.

Anorganische Stoffe sind einer biologischen Reinigung nicht zugänglich. Sofern sie ungelöst sind, können sie durch Sedimentation oder Flotation entfernt werden. Echt gelöste anorganische Stoffe, z.B. Salze, können mit vertretbarem Aufwand nicht zurückgehalten werden. Wenn durch Abstoß von Salzen eine nicht tragbare Belastung eines Gewässers eintritt, muß im Einzelfall eine Lösung, in der Regel durch Änderung des Betriebsverfahrens, gefunden werden.

Die Abwasserarten dieser 3. Gruppe enthalten verschiedentlich Gifte und Schwermetallsalze, deren Unschädlichmachung oder Abscheidung zwar chemisch-technisch möglich ist, jedoch oft mit betrieblichen Schwierigkeiten, die zu unbeabsichtigten Gewässerverunreinigungen führen, verbunden sind oder einen hohen finanziellen Aufwand erfordern. Auch die vereinzelt geübte Methode des Verbringens von schwer unschädlich zu machenden Reststoffen in das Meer ist, abgesehen von der Gefahr einer Entledigung in einem Binnengewässer, auf die Dauer keine befriedigende Lösung, so daß bessere Methoden für eine Entgiftung und Abscheidung solcher Stoffe entwickelt werden sollten.

Die Unschädlichmachung radioaktiver Stoffe im Abwasser z.B. bei Kernreaktoren, wird in vollem Umfang beherrscht. Bei den Neuanlagen konnten entsprechende Auflagen von vorne herein gemacht werden. Die damit verbundenen oft beträchtlichen Kosten können hier getragen werden, ohne daß ein Wettbewerbsnachteil entsteht.

Das Abwasser der chemischen Industrie ist entsprechend der Produktion außerordentlich variabel und erfordert im Einzelfall vor seiner Reinigung sorgfältige Untersuchungen. Organisch verunreinigtes Abwasser läßt sich stets, ggf. mit Zusätzen biologisch reinigen. Das Hauptproblem besteht hier in einer betriebssicheren Neutralisation, Entgiftung und Unschädlichmachung von Stoffen, die die biologischen Vorgänge in einer Kläranlage sowie das biologische Leben in einem Gewässer nachteilig beeinflussen. Hier sind z.T. noch offene Fragen, die aber nicht generell untersucht werden können, vielmehr dem jeweiligen chemischen Werk überlassen bleiben müssen.

Eine überaus wichtige Maßnahme zur Verbesserung der Gewässerreinheit ist die Verringerung der Abwasserlast durch Änderung des Betriebsverfahrens. Das gilt in besonderem Maße für die chemische Industrie, ist aber im Prinzip auch bei allen übrigen Industrien von Bedeutung. Es wäre dringend erforderlich, die einzelnen Produktionsverfahren unter wasserwirtschaftlichen Gesichtspunkten durchzuzuforschen, weil es in sehr vielen Fällen gelingen kann, durch Änderung der Produktionsweise einen Abwasseranfall überhaupt zu verhindern.

Um nur einige Beispiele zu nennen:

Feste und breiige Stoffe können mittels besonderen Einrichtungen zurückgehalten oder anderweitig beseitigt werden, Gipsschlämme können aufbereitet und zu Gipsplatten verarbeitet werden. Metalle können statt mit Säuren durch Sandstrahlen entzundert werden, Dünnsäuren können konzentriert und wieder im Produktionsprozeß verwendet werden und vieles an-

dere mehr. Die bestehenden Möglichkeiten sind noch bei weitem nicht ausgeschöpft. Eine Forschung auf diesem Gebiet würde zu einer erheblichen Verringerung der Abwasserlast beitragen und so der besseren Reinhaltung der Gewässer dienen.

Es soll noch darauf hingewiesen werden, daß bei dem gegenwärtigen Stand der Technik für nahezu alle Abwasserarten ausreichende Reinigungsmethoden bekannt sind, wenn auch z.T. mit hohen Kosten verbunden. Für die industriellen Abwässer hat zu gelten, daß die Abwasserreinigungskosten zu den Produktionskosten zählen.

Um einheitliche Verhältnisse zu schaffen, insbesondere um Wettbewerbsverzerrungen zu vermeiden, hat die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser durch einen Ausschuß Normalwerte für Abwasserreinigungsverfahren erarbeiten lassen, die nunmehr in der 2. Auflage veröffentlicht wurden.^{*)} Diese Normalwerte sollen den Wasserbehörden eine Hilfe bei der Aufstellung von Bedingungen und Auflagen in wasserrechtlichen Bescheiden sein.

Da ein Großteil der gewerblichen Abwässer über Ortskanalisationen abgeleitet werden, war es erforderlich, auch hier einheitliche Grundsätze aufzustellen. Eine gemischte Arbeitsgruppe ATV/BDI/KfK hat im Dezember 1970 "Hinweise für das Einleiten von Abwasser aus gewerblichen und industriellen Betrieben in eine öffentliche Abwasseranlage" erarbeitet, die im ATV-Regelwerk, Arbeitsblatt A 115^{**)} veröffentlicht wurden. Neben allgemeinen Grundsätzen wurden die nachstehenden Regelwerte über die zulässige Beschaffenheit und die Inhaltsstoffe gewerblichen Abwassers vor der Einleitung in öffentliche Abwasseranlagen aufgestellt:

*) zu beziehen bei Verlag Wasser und Boden, D-2 Hamburg 55, Am Sorgfeld 110

***) zu beziehen bei Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V., D-53 Bonn, Bertha-von-Suttner-Platz 8

Beschaffenheit und Inhaltsstoffe gewerblichen Abwassers vor der Einleitung in öffentliche Abwasseranlagen.

(Stand 1970)

In der Regel sind als unbedenklich anzusehen

1. **Temperatur** bis 35° C
2. **pH-Wert** 6,5—9,5
3. **Absetzbare Stoffe**
 - a) biologisch abbaubar; begrenzt durch 1.3 der Hinweise und Nr. 11 dieser Anlage,
 - b) biologisch nicht abbaubar: 1,0 ml/l (Ausnahme s. Nr. 10 dieser Anlage). Dieser Wert bezieht sich auf eine Absetzzeit von 0,5 Std.
4. **Petrolätherextrahierbare Öle und Fette**
 - a) verseifbar: 100 mg/l
 - b) nicht verseifbar: 20 mg/l
5. **Organische Lösungsmittel**
 - a) mit Wasser mischbar: nur nach spezieller Festlegung,
 - b) mit Wasser nicht mischbar: maximal entsprechend ihrer Wasserlöslichkeit,
 - c) halogeniert: dürfen nicht eingeleitet werden (in Sonderfällen ggf. nach Einschaltung von Sachverständigen möglich).
6. **Phenole** (berechnet als C₆H₅OH) 100 mg/l
7. **Sulfat (SO₄)** 400 mg/l
In Einzelfällen können je nach Baustoff höhere Werte zugelassen werden.
8. **Cyanid (CN) durch Chlor zerstörbar gemäß Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung** 1 mg/l
9. **Metalle** (gelöst und ungelöst)
 - a) Ges. Chrom (Cr) 4,0 mg/l
 - b) Chromat (Cr) 0,5 mg/l
 - c) Kupfer (Cu) 3,0 mg/l
 - d) Nickel (Ni) 5,0 mg/l
 - e) Zink (Zn) 5,0 mg/lEine Überprüfung der Gesamt-Metallfracht im Zulauf zum Klärwerk nach 2.2 und 2.3 der Hinweise kann u. U. erforderlich sein.
10. **Eisen (Fe) und Aluminium (Al)** keine Begrenzung, soweit klärtechnische Schwierigkeiten nicht zu erwarten sind.
11. **Feststoffe** (siehe Nr. 3) Das Einleiten und Einbringen von Feststoffen, die durch Ablagerung in den Kanälen den Abfluß behindern können, ist nicht erlaubt. Hierzu gehören z. B. auch Schutt, Asche, Glas, Schlacke, Sand, Müll,

Kunststoffe; ferner flüssige Abfälle und Stoffe, die im Kanalnetz erhitzen, und Carbide, das zur Entwicklung von Acetylen führen kann.

12. **Gase**

Die Ableitung von Abwässern, die z. B. Kohlensäure, Schwefelwasserstoff, Schwefeldioxyd usw. in schädlichen Konzentrationen enthalten, ist verboten. Entsprechendes gilt z. B. bei Reaktionen von Säuren mit Sulfiden und Hypochloriten.

13. **Geruch**

Durch das Ableiten von gewerblichen Abwässern sollen an den Kanalschächten und in den Klärwerken keine belästigenden Gerüche auftreten.

Als besonders wertvoll ist die dem Regelwerk angeschlossene Übersicht über Eigenschaften und Inhaltsstoffe des anfallenden Abwassers bei einzelnen Industrie- und Gewerbebetrieben, weil hiermit dem Sachbearbeiter das Material an die Hand gegeben wird, um in jedem Einzelfall die erforderlichen Anordnungen treffen zu können. Erfasst wurden rd. 75 verschiedene Produktionsstätten. Diese Übersicht benennt zunächst die jeweilige Produktionsgruppe und den Produktionszweig, sodann die mögliche Gefährdung der in und mit der Kanalisation tätigen Arbeiter, weiterhin mögliche Beeinträchtigungen der Kanalisation, der Kläranlage und des Vorfluters. Letztlich werden besondere Hinweise für Auflagen und Bedingungen gegeben.

Neuerlich stellt sich durch die verschiedensten Kraftwerksplanungen auch das Problem der Warmwasserbelastung der Gewässer.

In der Bundesrepublik sind zur Zeit etwas mehr als 50 000 MW elektrischer Leistung installiert. Da die jährliche Steigerungsquote des Strombedarfs 7 - 8 % beträgt, werden zwischen 1970 und 1980 weitere 50 000 MW und zwischen 1980 und 1990 nochmals knapp 100 000 MW installiert werden müssen, so daß bis Anfang der neunziger Jahre knapp 200 000 MW elektrischer Leistung in der Bundesrepublik installiert sein werden. Da in der Bundesrepublik keine nutzbaren Wasserkräfte mehr zur Verfügung stehen, ist der gesamte Zuwachs des Strombedarfs aus Wärmekraftwerken zu decken. Dabei wird vor allem der nuklearthermischen Stromerzeugung eine immer bedeutendere Rolle zufallen. Es wird angenommen, daß 1980 bereits 30 % und 1990 mehr als 50 % des Stromes in Kernkraftwerken erzeugt wird.

Inwieweit die zu erstellenden Wärmekraftwerke auf Frischwasserkühlung ausgelegt werden, wird von der Standortwahl und von der thermischen Belastbarkeit der Gewässer abhängen. Bei den Braunkohlekraftwerken hat sich bisher schon die Standortgunst in der Nähe der Gewinnung des Brennstoffes

durchgesetzt. Da die für eine Frischwasserkühlung erforderliche Wassermenge hier nicht zur Verfügung steht, werden diese Kraftwerke schon heute überwiegend mit Kühltürmen gebaut und betrieben.

Bei den übrigen Kraftwerken, insbesondere bei den Kernkraftwerken wird angestrebt, sie in der Nähe der Verbraucherschwerpunkte zu erstellen. Dabei werden Standorte an Gewässern bevorzugt, die mindestens über einen überwiegenden Teil des Jahres Frischwasserkühlung gestatten. Selbst dann, wenn in gewissen Zeiten des Jahres wegen Niedrigwasser im Vorfluter auf Rück- oder Ablaufkühlung umgestellt werden muß, bietet die Frischwasserkühlung in der übrigen Jahreszeit Vorteile, da die Betriebskosten hierbei niedriger und der Wirkungsgrad der Gesamtanlage besser sind als bei Rückkühlung. Dies gilt bei Kernkraftwerken in noch wesentlich stärkerem Maße als bei konventionellen Wärmekraftwerken. Die Kraftwerksseite wird aus diesen ausgeführten Gründen solange mit Frischwasserkühlung arbeiten, solange dies die thermische Belastbarkeit der Gewässer erlaubt. In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, daß der Bau und Betrieb von Kühltürmen, die ja bei den angestrebten großen Kraftwerkseinheiten sehr große Abmessungen aufweisen müssen, aus Gründen des Umwelt- und Landschaftsschutzes zu neuen Standortsschwierigkeiten führen kann.

Die Einleitung von erwärmtem Kühlwasser kann zweifellos die Gewässer nachteilig beeinflussen. Um größere Schäden zu vermeiden, ist es daher erforderlich, bestimmte Grenzwerte für die thermische Belastung festzulegen. Eine Arbeitsgruppe der LAWA hat deshalb "Grundlagen für die Beurteilung der Wärmebelastung von Gewässern" erarbeitet^{*)}. Die Länder gehen vorläufig von folgenden Richtwerten aus:

^{*)} zu beziehen bei Koehler & Hennemann
D-62 Wiesbaden, Wittelsbacherstraße 8

1. Die aus verschiedenen Werken einzeln oder insgesamt in ein und dasselbe Flußsystem eingeleiteten Kühlwässer sollen dieses nach vollständiger Durchmischung über den Querschnitt an keiner Stelle und zu keiner Jahreszeit um mehr als 3 grd, in Ausnahmefällen um 5 grd, über dessen natürliche, unbeeinflusste Temperatur aufwärmen.
2. Die Maximaltemperatur eines Gewässers soll folgende Werte nach völliger Durchmischung über den Querschnitt nicht überschreiten
 - a) bei Gewässern, deren Charakter als ausgesprochene Salmonide erhalten bleiben soll, 18 °C
 - b) bei Gewässern mit natürlichen sommerlichen Mitteltemperaturen zwischen 17 und 20 °C jedoch gelegentlichem Maxima bis 23 °C, 25 °C
 - c) bei Gewässern mit natürlichen Sommertemperaturen bis über 25 °C, 28 °C

Sind Grenzwerte festgelegt, läßt sich die thermische Belastbarkeit eines Gewässers rechnerisch ermitteln, indem ein Wärmelastplan^{*)} aufgestellt wird. Solange sich die Belastung im Rahmen der ermittelten Belastbarkeit hält, dürfte das Leben im Gewässer, sofern die Sauerstoffversorgung ausreicht, nicht gefährdet sein. Auf diesem Gebiet sind jedoch weitere Untersuchungen, vor allem direkt im Gewässer, erforderlich.

Es ist sehr schwierig abzuschätzen, welche Kühlreserven in den Gewässern der Bundesrepublik noch vorhanden sind. Solche Angaben lassen sich erst machen, wenn Wärmelastpläne wenigstens von den größeren Flüssen vorliegen. Schätzungsweise liegt jedoch in Engpaßzeiten (Niedrigwasserführung und hohe Sommertemperatur) die Kühlkapazität der Flüsse der

 *) "Wärmelastplan Rhein"
 zu beziehen bei Koehler & Hennemann, D-62 Wiesbaden,
 Wittelsbacher Straße 8

Bundesrepublik in der Größenordnung von noch 25 000 MW. Sicherlich ist dieser Wert wesentlich geringer als die in den nächsten 10 Jahren zu installierende elektrische Leistung. Die Kraftwerke müssen daher schon in Kürze auf andere Kühlsysteme ausweichen oder den Kühlwasserverbrauch durch technische Maßnahmen verringern, wenn die Gewässer nicht sehr nachteilig beeinflusst werden sollen. An technischen Möglichkeiten bieten sich an:

1. Kühlturbetrieb
2. Entwicklung anderer Kühlsysteme, z.B. Luftkühlung
3. Verbesserung des Wirkungsgrads der Stromerzeugungsanlagen, insbesondere der Kernkraftwerke. Kernkraftwerke benötigen nahezu 50 % mehr Kühlwasser als konventionelle Anlagen bei gleicher Leistung
4. Entwicklung und Einsatz anderer Stromerzeugungsanlagen, z.B. Gasturbinen
5. Ausnutzung der Abfallwärme, z.B. für Heizzwecke.

Eine Beeinflussung des Klimas durch Erwärmung der Flüsse in den oben angegebenen Grenzen ist nach bisher vorliegenden Gutachten nicht zu befürchten. Im Bereich großer Kühlturanlagen muß allerdings wegen der hohen Verdunstung mit der Bildung von Dampfwolken gerechnet werden. In diesem Zusammenhang ist von Interesse, daß von Experten errechnet wurde, daß die auf der Erde anfallende Abfallwärme Ende der neunziger Jahre bereits 5 % der gesamten Sonneneinstrahlungsenergie ausmacht. Da weiterhin diese Abfallwärme nicht gleichmäßig verteilt über die Erdoberfläche anfällt, ist zumindest in dichter besiedelten Räumen mit einem beträchtlichen Anstieg der Temperatur unserer Umwelt zu rechnen, was sich vor allem im Sommer als lästig erweisen könnte.

Die radioaktive Belastung der Gewässer durch Abwasser aus Kernkraftwerken gibt im gegenwärtigen Zeitpunkt noch keinen Anlaß zur Besorgnis, sofern der von der LAWA-Arbeitsgruppe "Radioaktivitätsbelastung der Gewässer" als zulässig empfoh-

lene Höchstwert der Belastung von 0,5 l Ci/100 MW und Jahr nicht überschritten wird. Notfalls ist es auch ohne große Schwierigkeiten möglich, die Kernkraftwerke so zu betreiben, daß nahezu keine radiologische Belastung der Gewässer erfolgt.

Letztlich ist es erforderlich noch das Problem der Altölbeseitigung anzusprechen. Bis zum Jahre 1968 wurde die Altölbeseitigung im Rahmen der Wiederverwertung (sog. Zweitraffinerie) steuerlich begünstigt. Mit Ablauf dieser Begünstigung bestand die Gefahr, daß Altöle infolge der durch die Zweitraffinerien zur Kostendeckung zu erhebenden Gebühren unkontrolliert, insbesondere durch eine Einleitung über Ortskanalisationen oder unmittelbar in die Gewässer beseitigt werden. Die Bundesregierung erließ und veröffentlichte deshalb im Bundesgesetzblatt das Gesetz über Maßnahmen zur Sicherung der Altölbeseitigung.

Das Gesetz über Maßnahmen zur Sicherung der Altölbeseitigung (Altölgesetz) vom 23. Dezember 1968 ist im Bundesgesetzblatt I S. 1419 und die Verordnung zur Durchführung des Altölgesetzes vom 21. Januar 1969 im Bundesgesetzblatt I S. 89 verkündet worden. Nach § 3 Abs. 1 dieses Gesetzes können Altölbesitzer gegenüber dem Bundesamt für gewerbliche Wirtschaft ab 1. Juli 1969 verlangen, daß ihre Altöle in Mengen ab 200 l kostenlos abgeholt werden und für Mengen unter 200 l das spätere Abholen vorbereitet wird. Altöle im Sinne dieses Gesetzes sind gebrauchte Mineralöle und gebrauchte flüssige Mineralölprodukte, ferner mineralöhlhaltige Rückstände aus Lager-, Betriebs- und Transportbehältern. Nach § 4 der Durchführungsverordnung vom 21. Januar 1969 dürfen Altöle nicht mehr als 10 v.H. Fremdstoffe (Nichtmineralöle) enthalten. Die Höhe des zulässigen Anteils wird jährlich überprüft. Die dem Mineralöl bei seiner Herstellung beigefügten Nichtmineralöle sind keine Fremdstoffe. Die über den zulässigen Anteil hinausgehenden Fremdstoffmengen werden gegen Entgelt abgeholt.

Zur Überwachung des Verbleibs von Altöl, vornehmlich aus Gründen des Gewässerschutzes, sieht § 6 des Altölgesetzes vom 23. Dezember 1968, BGBl. I S. 1419, vor, daß wirtschaftliche Unternehmen, bei denen Altöle in einer Menge von jährlich mindestens 500 kg anfallen oder die Altöle in jährlich mindestens dieser Menge übernehmen, ein Nachweisbuch zu führen haben. Altöle im Sinne dieser Vorschrift sind gebrauchte Mineralöle und gebrauchte flüssige Mineralölprodukte, ferner mineralöhlhaltige Rückstände aus Lager-, Betriebs- und Transportbehältern, soweit ihre Abholung nicht durch Abholpflichtige verlangt wird oder sie mit einem höheren Fremdstoffanteil als 10 % vermischt sind. Hierbei kommen als Altöl aber nur die Emulsionen oder Öl-Wasser-Gemische in Betracht, die einen Gehalt an Mineralölen von mehr als 4 % haben. Die näheren Bestimmungen über die Einrichtung und die Führung des Nachweisbuches sollen durch diese, auf § 6 Abs. 3 des Altölgesetzes beruhende, Verordnung geregelt werden.

Durch die Einführung der Nachweispflicht soll es den zuständigen Behörden ermöglicht werden, den Verbleib des Altöls zu überwachen und den Weg des Altöls bis zur unschädlichen Beseitigung verfolgen zu können. Dies ist aus Gründen des Gewässerschutzes notwendig. Neue Untersuchungsergebnisse, die sich auf das Jahr 1969 beziehen, haben ergeben, daß auch in dieser Zeit nur etwa 74 % der anfallenden mineralöhlhaltigen Abfälle boden- und gewässerunschädlich beseitigt wurden; der Verbleib der restlichen 26 % ist weitgehend unbekannt. Nach § 6 Abs. 1 und 2 des Altölgesetzes in Verbindung mit § 4 der Verordnung zur Durchführung des Altölgesetzes ist eine Nachweispflicht für den Altölbesitzer nicht gegeben, der Altöle mit weniger als dem zulässigen Fremdstoffanteil (10 %) an ein abnahmepflichtiges Unternehmen abgibt. In diesem Fall ist auch ein abnahmepflichtiges Unternehmen nicht nachweispflichtig. Diese Altöle werden von dem abnahmepflichtigen Unternehmen gemäß § 3 Abs. 1 und Abs. 3

Satz 1 des Altölgesetzes kostenlos abgeholt. Danach liegt es im Interesse des Altölbesitzers, daß sein Altöl möglichst wenige Fremdstoffe enthält und auch während der Sammlung und Aufbewahrung im Betrieb nicht mit Fremdstoffen vermischt wird.

Wie dringlich die Notwendigkeit einer umfassenden Regelung der Altölbeseitigung war, zeigt die nachstehende Tabelle über das Tankstellennetz in der BRD:

Tankstellennetz in der Bundesrepublik Deutschland

Firma	Anfang 1971
Arel	7 040
Eso	5 800
Shell	5 783
BP	4 640
Texaco	3 955
Gasolin	3 051
Avia	1 111
DEA	1 076
Fina	964
Chevron	815
Total	759
Stinnes Fanal	750
Gulf	730
Agip	590
Conoco-Gruppe	562
Deltin (Merk)	437
Adler/Amoco	380
Caltex (Oest)	345
Montan-Union	278
Rückwarth/Emhagol	243
Sauerstoff Westfalen	231
Occidental	182
Pam	166
Baywa	155
Boie	154
Elf	114
Goldin	112
Eller Montan	104
Ambo/Kronol	104
Weisser-Gruppe	103
Minera	86
Tramin	68
Widenmeyer	60
Kraftin	56
SVG	54
Homburg	41
Freie Tankstellen	1 610
Sonstige	1 700
Gesamt	44 417

Quelle:

Erdöl-Informationsdienst A. M. Stahmer (EID)

In dieser Aufstellung sind die Kfz-Reparaturwerkstätten nicht enthalten, so daß mindestens das Doppelte an Anfallstellen zu berücksichtigen wäre.

In der nachstehenden Tabelle ist der Verbrauch von Mineralölprodukten in der BRD zusammengestellt:

Verbrauch von Mineralölprodukten
in der Bundesrepublik Deutschland (in 1000 t)

Inlandsabsatz	1955	1960	1965	1969	1970
Flüssiggas	204	554	709	919	1 109
für Petrochemie .	-	-	698	1 116	1 094
Leichtbenzin	-	440	1 423	3 823	3 741
Motorenbenzin	2 659	5 452	10 317	14 084*)	15 492
Flugbenzin	63	102	115	42	25
Turbinenkraftstoff	2	122	587	1 322	1 529
Spezialbenzin	60	69	85	103	119
Testbenzin	102	124	163	177	195
Petroleum	52	57	67	83	82
Dieselmotorkraftstoff .	2 991	4 666	7 315	8 744	9 640
Schmierstoffe	510	650	836	976	1 087
Heizöl, leicht	495	6 589	23 553	38 895	43 637
Heizöl, mittel	121	516	81	-	-
Heizöl, schwer	1 475	6 775	17 801	22 997	26 346
Bitumen	677	1 355	3 528	4 397	4 730
Sonstige Produkte.	338	541	1 869	4 405	5 585
	<u>9 749</u>	<u>28 012</u>	<u>69 147</u>	<u>102 083</u>	<u>114 411</u>

*) einschl. Turbinenkraftstoff, leicht

Raffinerie-Eigenverbr.

Heizöl, leicht	11	15	85	58	46
Heizöl m/s	381	973	2 807	4 213	4 498
Petrolkoks	100	179	214	212	230
Raffinerie-Gas ...	229	620	1 555	2 391	2 897
	<u>721</u>	<u>1 787</u>	<u>4 661</u>	<u>6 874</u>	<u>7 671</u>

Bunkerungen
(seegehende Schiffe,
alle Flaggen)

Gas-/Dieselöl	595	639	661	880	846
Heizöl	1 009	1 676	2 840	3 146	2 883
Schmierstoffe	7	32	36	37	44
	<u>1 611</u>	<u>2 347</u>	<u>3 537</u>	<u>4 063</u>	<u>3 773</u>

Quelle: Bundesamt für gewerbliche Wirtschaft, Außenstelle
Hamburg (BAW)

Die Steigerung der Rohölverarbeitung ergibt sich aus nachstehender Tabelle:

Rohöl-Verarbeitung in der Bundesrepublik Deutschland

	1955		1960		1965		1969		1970	
RAFFINERIE-KAPAZITÄT	1000 t		1000 t		1000 t		1000 t		1000 t	
nominell am 1. 1.	12 640		30 021		72 338		112 593		114 943	
nominell am 1. 12.	14 685		40 463		80 913		114 943		120 263	
ermittelte Kapazität	13 660		35 240		76 625		113 768		117 603	
ROHÖL-EINSATZ	1000 t	%	1000 t	%	1000 t	%	1000 t	%	1000 t	%
Deutsches Rohöl	3 137	30,8	5 466	19,1	7 683	11,6	7 652	7,9	7 331	6,9
Import-Rohöl	7 057	69,2	23 206	80,9	58 504	88,4	89 296	92,1	98 217	93,1
	10 194	100	28 672	100	66 187	100	96 948	100	105 548	100
KAPAZITÄTS-AUSNUTZUNG	74,6 %		81,4 %		86,4 %		85,2 %		89,8 %	
ERZEUGUNG AUS ROHÖL	1000 t	%	1000 t	%	1000 t	%	1000 t	%	1000 t	%
Motorenbenzin	2 811	27,8	5 383	18,8	9 785	14,8	11 528	11,9	12 681	12,0
Dieselkraftstoff	2 899	28,4	4 842	16,9	6 910	10,5	8 965	9,3	9 709	9,2
Heizöl, leicht	48	0,5	3 779	13,2	15 268	23,1	24 632	25,4	27 338	25,9
Heizöl, mittel/schwer	1 485	14,6	8 587	29,9	19 348	29,2	25 983	26,8	28 798	27,3
Bitumen	666	6,5	1 160	4,1	3 235	4,9	4 499	4,6	4 704	4,5
Andere Produkte	1 344	13,2	2 497	8,7	6 351	9,6	13 486	13,9	13 666	12,9
Fertigprodukte insgesamt	9 253	90,8	26 248	91,6	60 897	92,1	89 093	91,9	96 896	91,8
Zur Weiterverarbeitung	-	-	283	0,9	19	.	167	0,2	96	0,1
Raffinerie-Eigenverbrauch	714	7,0	1 774	6,2	4 661	7,0	6 873	7,1	7 671	7,3
Verluste	227	2,2	387	1,3	610	0,9	815	0,8	885	0,8
Insgesamt	10 194	100	28 672	100	66 187	100	96 948	100	105 548	100

Quelle: AEV

Interessant ist in diesem Zusammenhang auch die Art der Mineralöltransporte:

Mineralöltransporte in der Bundesrepublik Deutschland (in 1000 t)

	1967	1968	1969	1970 ^{*)}
BINNENSCHIFFFAHRT				
Rohes Erdöl	2 091,7	2 972,7	2 408,8	1 333,7
davon Transit	2,2	0,3	2,1	0,1
Sonstige Mineralöl-Produkte	37 070,2	38 307,3	37 711,2	40 199,9
davon Transit	1 106,9	1 356,0	1 576,8	1 496,7
Gesamt (ohne Transit)	38 652,8	39 923,7	38 541,1	40 036,8
EISENBAHN				
Rohes Erdöl	2 237,5	2 243,0	2 109,8	1 975,7
davon Transit	10,1	6,2	8,3	9,4
Sonstige Mineralöl-Produkte	21 992,1	23 224,4	26 172,9	28 870,5
davon Transit	252,2	2 500,0	149,7	134,2
Gesamt (ohne Transit)	23 967,3	22 961,2	28 124,7	30 701,6
STRASSE (FERNVERKEHR)				
Rohes Erdöl	2,1	3,7	2,5	3,0
davon Transit	0,2	-	0,1	0,1
Sonstige Mineralöl-Produkte	8 236,8	8 978,9	8 131,3	10 205,1
davon Transit	43,8	49,2	35,4	47,2
Gesamt (ohne Transit)	8 194,9	8 933,4	8 098,3	10 169,3
ROHRFERNLEITUNGEN				
Erdöl	57 472,7	67 049,9	80 739,0	80 739,3

^{*)} vorläufige Zahlen

Quelle: Statistisches Bundesamt

In gesamthafter Übersicht ergibt sich ein Pro-Kopf-Verbrauch der Bevölkerung entsprechend nachstehender Tabelle:

Absatz von Mineralölprodukten und Pro-Kopf-Verbrauch

	1968		1970	
	Inlands- absatz*) (Mill. t)	Verbrauch proKopf (t)	Inlands- absatz*) (Mill. t)	Verbrauch proKopf (t)
Luxemburg	1,3	3,80	1,4	3,99
Schweden	25,1	3,15	28,2	3,51
Dänemark	15,4	3,14	17,4	3,53
Belgien	19,5	2,03	22,3	2,31
Finnland	9,1	1,94	10,0	2,12
Schweiz	11,1	1,78	12,3	1,96
Norwegen	6,8	1,76	7,4	1,92
BRD	103,5	1,70	118,2	1,89
Niederlande	21,8	1,69	24,0	1,84
Großbritannien	85,1	1,53	90,8	1,63
Frankreich	70,9	1,42	82,7	1,63
Italien	67,3	1,24	76,9	1,41
Irland	3,3	1,13	3,8	1,30
Osterreich	8,0	1,09	9,0	1,21
Spanien	22,9	0,70	25,1	0,76
Griechenland	5,3	0,60	5,0	0,58
Portugal	3,0	0,31	3,4	0,36
Türkei	6,6	0,20	7,4	0,21
WEST EUROPA	486,0	1,55	543,3	1,47
USA	645,7	3,18	681,6	3,32
Japan	143,3	1,40	176,2	1,70

*) einschl. Streitkräfte

Quelle: OECD Oil Statistics; Statistisches Jahrbuch der BRD 1971

11

Das deutsche Altölbeseitigungsgesetz muß als außerordentlich umweltfreundlich bezeichnet werden, weil es in klarer Erkenntnis der bei der Verwertung von Mineralölprodukten im Hinblick auf den Gewässerschutz möglicherweise entstehenden Gefahren gleichsam eine Prophylaxe anstrebt, Gewässerverunreinigungen zu verhindern. In diesen Rahmen fallen auch die Bemühungen der deutschen Rheinanliegerländer, den Rheinstrom frei von Mineralölen zu halten.

In früheren Jahren lenzten die Motorschiffe die sich in der Bilge gesammelten ölhaltigen Wasser rücksichtslos in den Strom. Heute kann jeder Schiffer das Bilgenwasser kostenlos in eines der sechs vorhandenen Bilgenentöler abgeben. Der Bau eines siebten Botes wird gegenwärtig in Erwägung gezogen.

Letztlich sei noch auf die Veröffentlichung des Bundesministers des Innern vom Dezember 1970 verwiesen: "Beurteilung und Behandlung von Mineralölnfällen auf dem Lande im Hinblick auf den Gewässerschutz".

Dipl.-Ing. Peter van Wickeren

Kosten der Abfallbehandlung

1. Definition

Nach Entwurf des Abfallbeseitigungsgesetzes der BRD [1] umfaßt der Begriff "Abfallbeseitigung" das Sammeln, Befördern, Behandeln, Lagern und Ablagern der Abfallstoffe, wie es das nachfolgende Diagramm verdeutlicht. [2]

Damit wären mit dem obigen Thema nur die Kosten der Verbrennung und Kompostierung sowie anderer denkbaren Behandlungsmethoden (Recyclingsysteme) aufzuzeigen.

Ich möchte jedoch das Thema in der Art erweitern, daß ich über die Kosten der heute gebräuchlichen Methoden der Verbrennung, Kompostierung und der geordneten Deponie spreche einschließlich ihrer system- und firmenbedingten Auslegungen und Verfahrenskombinationen. Der Anteil, den Behandlungs- und Ablagerungskosten an den Gesamtkosten der Abfallbeseitigung ausmachen, liegt bei ca. 10 - 40 %. Nach Literaturstudien und Recherchen im Ruhrgebiet gab es folgende Ergebnisse:

"Ausweislich der Kostenrechnung für das Jahr 1969 betragen die Kosten für eine einmalige Abholung einer 110 l-Mülltonne in der Stadt Düsseldorf DM 1,73. Von dieser Kostensumme entfallen 44,7 % auf die Sammlung (manuelle Arbeit der Müllader), 27,6 % auf den Transport (einschl. Unterhaltung des Fahrzeuges, Reserve und Fahrerlohn), 20 % auf die Verbrennung, 5,9 % auf die Verwaltung und etwa 1,8 auf die Unterhaltung der Müllgefäße." [3]

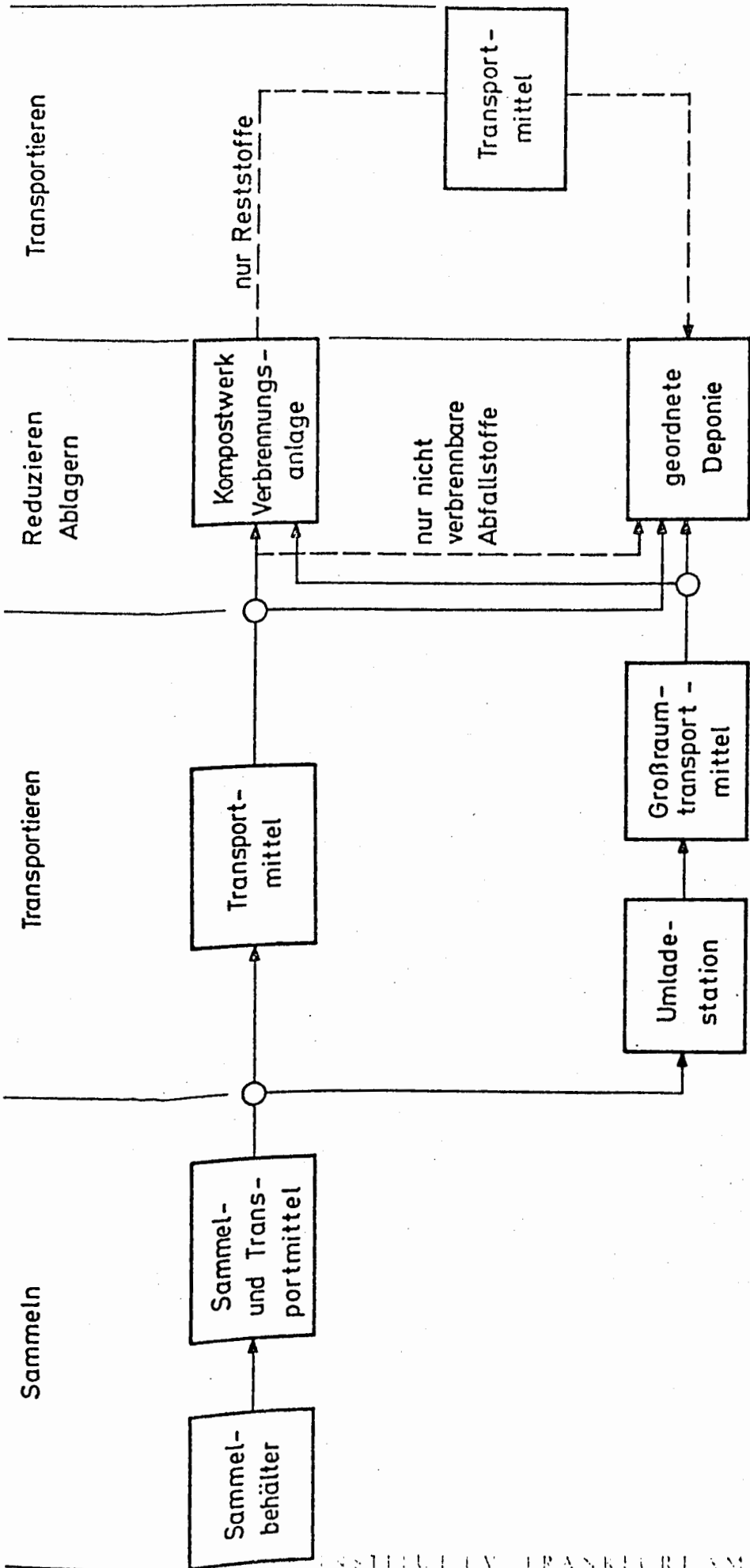


BILD 1: Sammel-, Transport- und Bearbeitungskette für hausmüllähnliche Abfallstoffe.

Tabelle 1 Kostenanteil an den Gesamtkosten der Abfallbeseitigung

ca.	10 %	bei ungeordneter Ablagerung
ca.	20 - 30 %	bei geordneter Deponie
ca.	20 - 35 %	bei der Kompostierung
ca.	20 - 40 %	bei der Verbrennung

Dieser Schwankungsbereich von 10 - 40 % an den Gesamtkosten der Abfallbeseitigung erklärt sich einmal aus den unterschiedlichen Beseitigungsniveaus (ungeordnete Ablagerung - Verbrennung) zum anderen aus der unterschiedlichen Gemeindegröße (Rationalisierungseffekt bei großen Fuhrparks und Großanlagen).

2. Ziel und Problematik der Kostenermittlung

Mit den Kosten der Abfallbeseitigung muß sich einmal der Planer, sei es in der Regional- sei es in der Detailplanung, zum anderen der Betreiber von Abfallbeseitigungsanlagen beschäftigen. Ihre Zielrichtung ist generell die gleiche: Minimierung der Kosten. Beim Planer dokumentiert sie sich in den Kalkulations- und Optimierungsrechnungen, die eine Entscheidungshilfe bieten bei der Auswahl komplexer Abfallbeseitigungssysteme (optimale Einzugsbereiche, Standortfixierung, Methodenwahl) oder aber in der Methodenwahl und Kapazitätsbestimmung einzelner Anlagen.

Vom Betreiber wird eine Kostenrechnung durchgeführt, die einerseits die Unterlage für die Budgetplanung und Gebührenfestsetzung ist, andererseits Ausgangsmaterial sein kann für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an der Anlage selbst oder bei Anlagen gleicher Methodik. Sie sollte auch verwendbar sein für einen Vergleich der Methoden untereinander (Verbrennung - Deponie).

Untersucht man jedoch das vorliegende Datenmaterial, so stellt man fest, daß die Kosten von bestehenden Anlagen trotz vielfältiger Manipulationen und fachmännischer Bearbeitung nicht vergleichbar sind.

Das liegt

- a) an den unterschiedlichen Berechnungsansätzen (Annuitäten, Verteilungsschlüssel der Kostenarten auf die jeweiligen Kostenstellen, die Kostenstellen selbst,),
- b) an den Berechnungsmethoden (Kameralrechnung als einfache Ein- und Ausgangsrechnung) und demgegenüber die Betriebsabrechnung mit Kostenstellen, nach der eine kostenechte Gebühr ermittelt werden kann,),
- c) an den divergierenden Bezugsgrößen wie der theoret. Maximalkapazität, definiert als die durchsetzbare Menge = install. Jato; der Normalkapazität, die Schmitt-Tegge [4] als die nicht mehr erreichbare Maximalkapazität aufgrund der begrenzten Reisezeiten der Anlagen (Reparaturen, etc.) definiert = der durchgesetzten Mengen in Jato, oder aber die Einwohnerzahl [5].

Um für den Planer aus den Betrieben hinaus die notwendigen Zahlen, so wie er sie braucht, baldmöglichst verfügbar zu haben, ist eine Vereinheitlichung in der Systematik der Kostenrechnung zu fordern:

u.a.

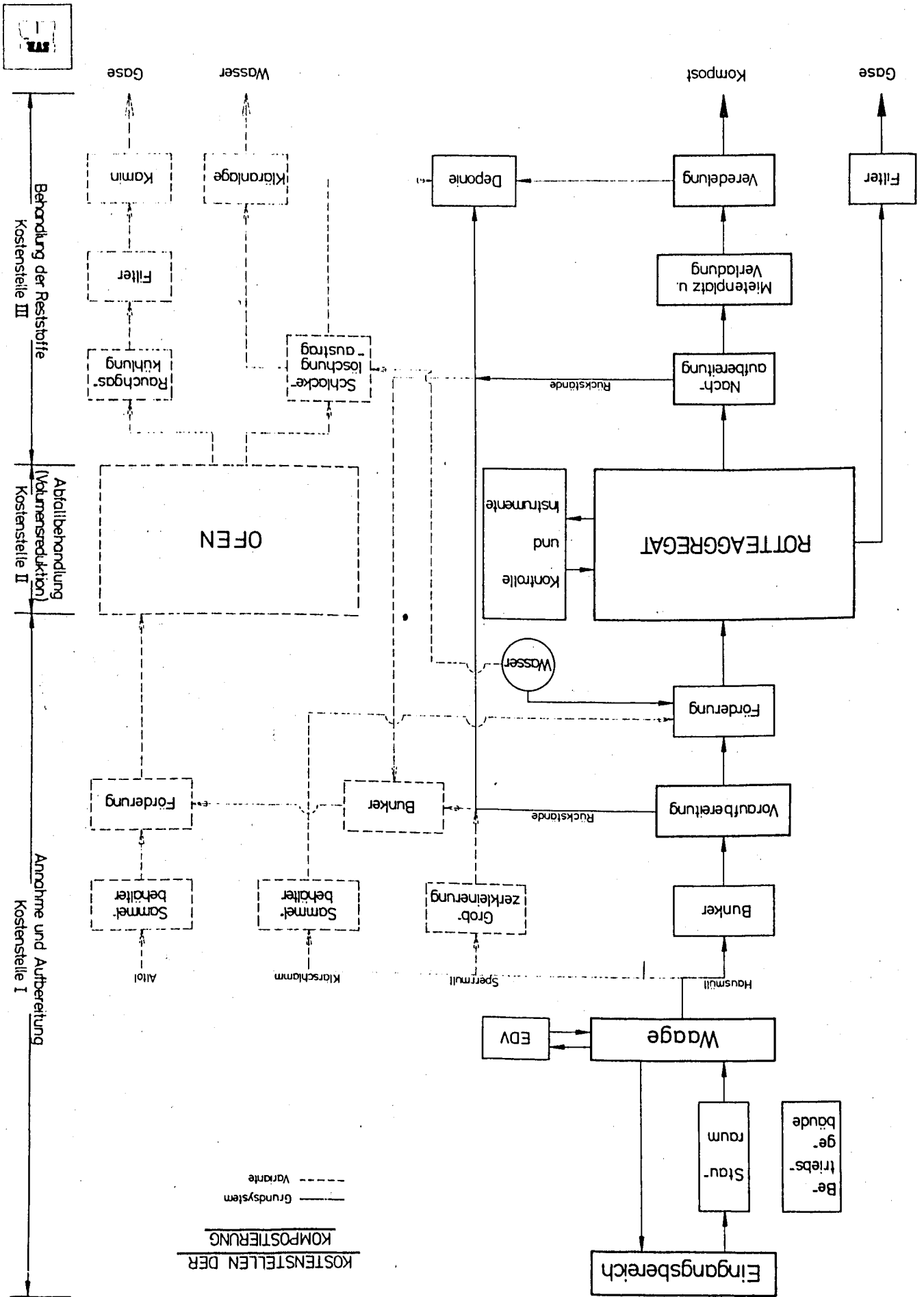
Generelle Einführung der Betriebsabrechnung in den Betrieben, Vereinheitlichung der Kostenstellen und klare Abgrenzung;

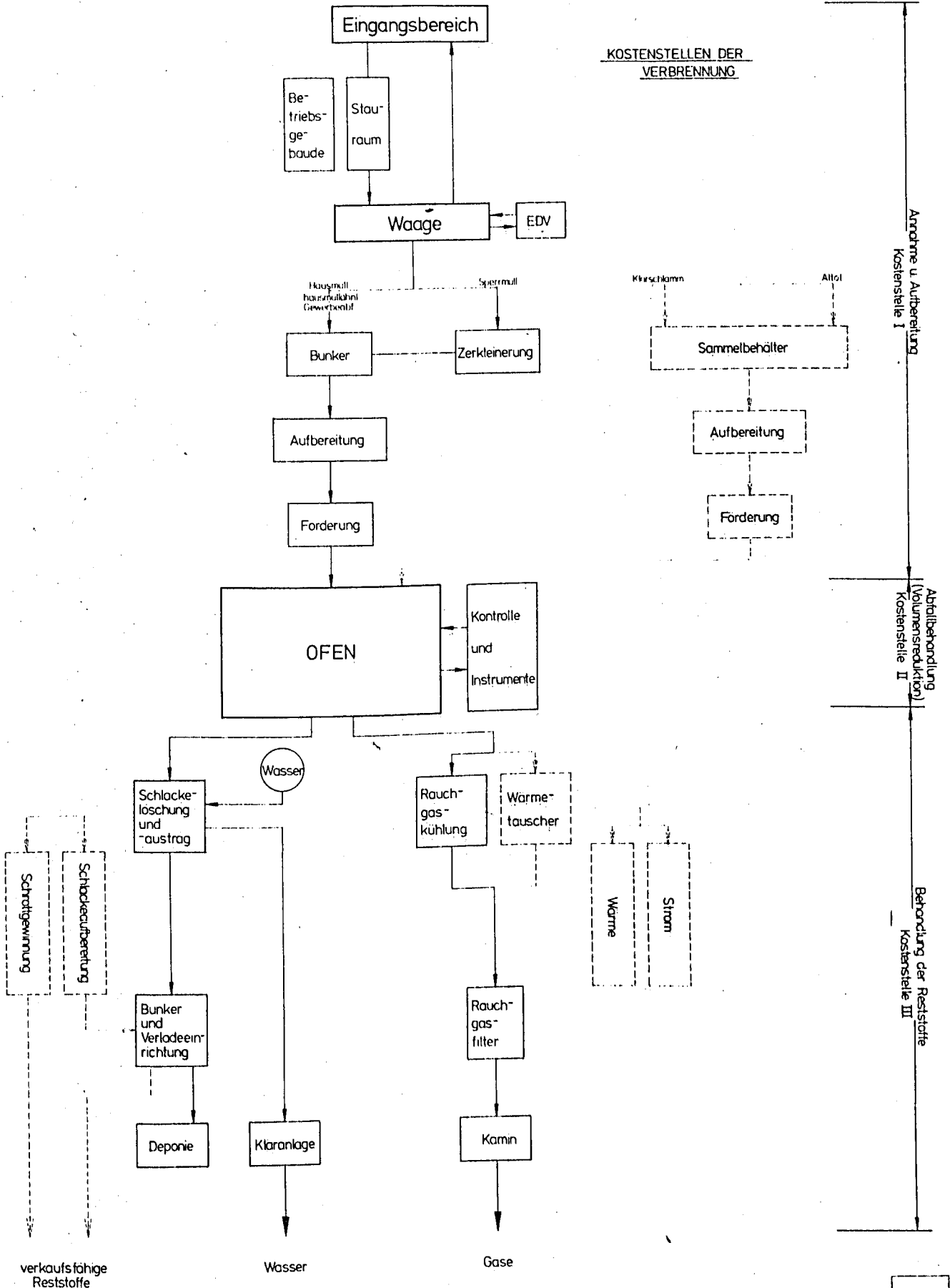
eindeutige Festlegung der Verteilungsschlüssel^{SS} für die Kostenarten und Wahrung ihrer Kontinuität; Festhalten jeglicher Veränderungen im System wie im täglichen Betriebsablauf durch Rapports einschließlich der Ursachen (Ausfallzeiten, techn. Fehler, etc.), um eine Zuordnung dieser Kosten zu den Kostenstellen vornehmen zu können.

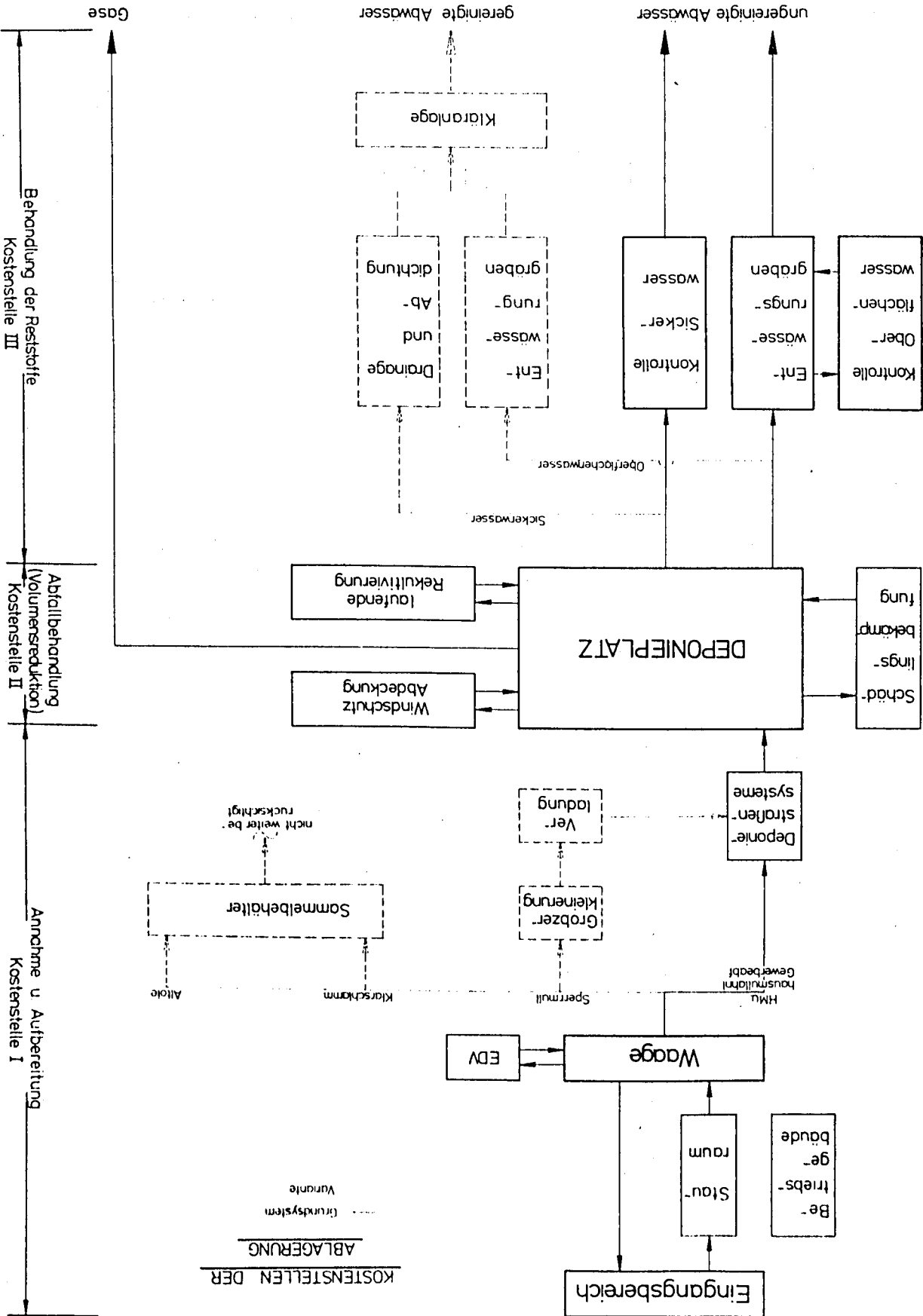
Vorschläge und Empfehlungen zur Systematik der Kostenermittlung in Betrieben sind von vielen Stellen in unterschiedlicher Güte gemacht worden. Ich möchte hier zwei herausgreifen und vorstellen:

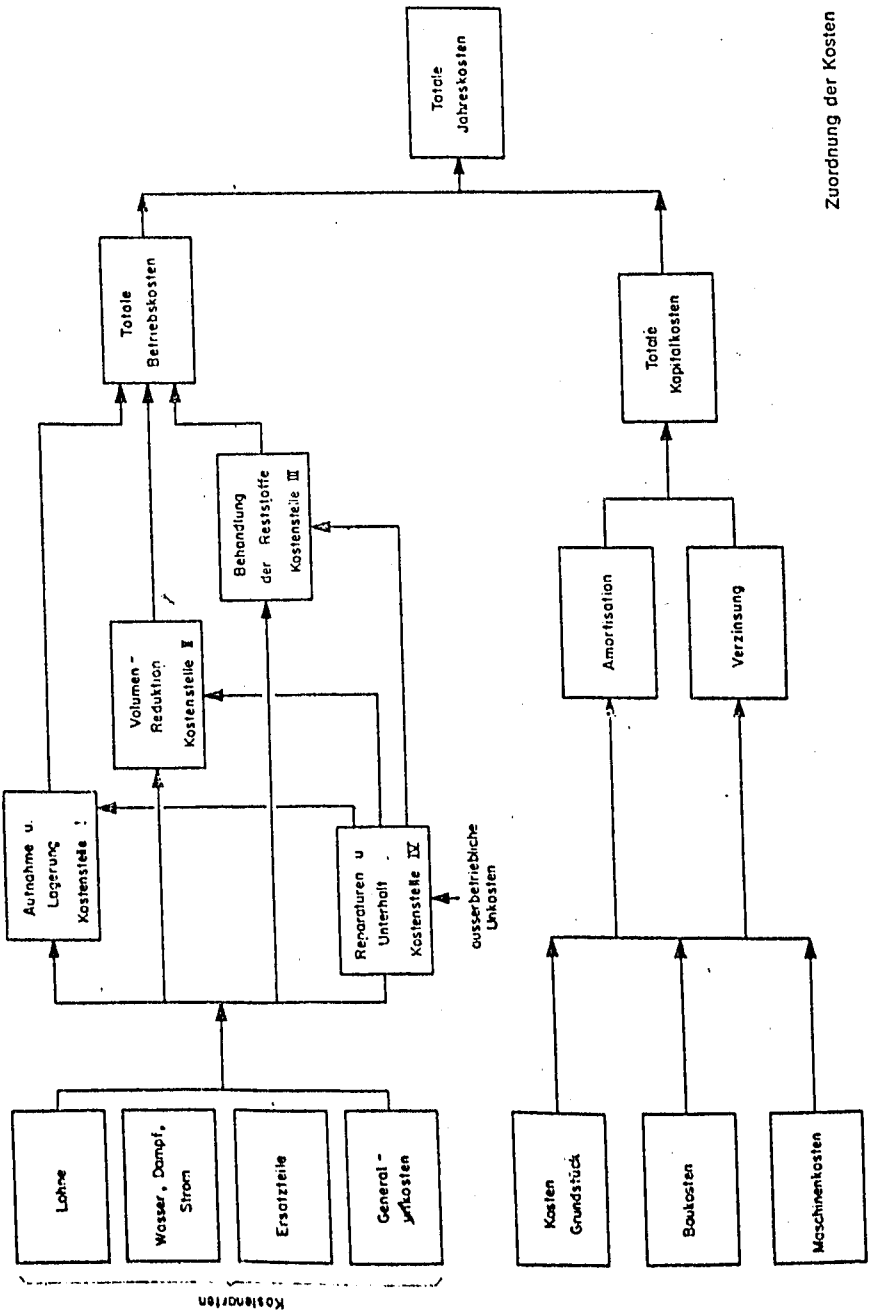
1. die Empfehlung der Kommunalen Gemeinschaftsstelle für Verwaltungsvereinfachung (KGST), Köln, zur Einführung der Betriebsabrechnung, in der Kontenpläne, Kostenstellen und die Verteilung der Kostenarten auf die Kostenstellen vorgeschlagen wird. [6]
2. die im US Department of Health Education u. Welfare, Bureau of Solid Waste Management von Eric R. Zausner herausgebrachten und von D. Stickelberger ins Deutsche übertragenen Vorschläge zur Kosten-Ermittlung bei der Verbrennung. [7]

In Anlehnung an diese Vorschläge hat die Auskunfts- und Beratungsstelle Müll des Siedlungsverbandes Ruhrkohlenbezirk (SVR) für alle drei Methoden Schemata entwickelt, wie sie die nachfolgenden Diagramme zeigen. Sie enthalten zusätzlich die Verfahrenskombinationen (Varianten) innerhalb der einzelnen Methoden Verbrennung, Kompostierung, geordnete Deponie, die in der Studie "Kostenindizes für Abfallbeseitigungsanlagen" [8] vom Ing.-Büro Goepfert/Reimer, Hamburg, für den SVR im Mai 1971 erarbeitet wurden.









Zuordnung der Kosten

Die dort durchgeführten Kostenrechnungen standen unter dem Ziel, für Abfallbehandlung und Ablagerung und deren Verfahrenskombinationen Kostenkurven in Relation zur Normalkapazität (Durchsatzmenge in Jato) zu entwickeln, die es erlauben, in Verbindung mit ähnlichen Kostenangaben für Sammlung und Transport das Gesamtsystem der Abfallbeseitigung in einem Großraum kostenoptimal zu gestalten, d.h. die Betriebskosten des Gesamtsystems zu minimieren.

Daß eine derartige Betrachtung die sorgfältige Berechnung innerhalb der Detailplanung nicht ersetzen kann, ist klar. Es wird aber möglich, zwischen den Methoden und den Verfahrenskombinationen von Behandlungsanlagen und geordneten Deponien auf relativ einfache Weise das optimale System auszuwählen.

Aus dieser Arbeit will ich im folgenden Auszüge vorstellen:

3. Kosten der Abfallbehandlung

3.1 Untersuchungsmatrix

Die Matrix gibt einen Überblick über die für die Praxis relevanten Verfahrensgruppen und den für ihre Anwendung typischen Kapazitätsbereich. Dabei wurden die ermittelten Mindestbetriebsgrößen für die jeweiligen Verfahrensgruppen berücksichtigt. [9]

Die Anlagen der Verfahrensgruppen V 4, K 2, und K 4, die eine Klärschlamm-und/oder Altölverarbeitung miteinschließen, sind in den jeweiligen Kapazitätsstufen um 20 - 25 % in der Jahresdurchsatzmenge (t/J) erweitert worden.

V 1	Verbrennung ohne Wärmeverwertung, ohne Klärschlamm, ohne Altöl, ohne Schlacken- und Schrottaufbereitung	3-Schicht- betrieb an 365 AT/a 1)	30.000	60.000	120.000	240.000	350.000
V 2	Verbrennung ohne Wärmeverwertung, ohne Klärschlamm, ohne Altöl, mit Schlacken- und Schrottaufbereitung	3-Schicht- betrieb an 365 AT/a 1)	30.000	60.000	120.000	240.000	350.000
V 3	Verbrennung mit Wärmeverwertung, ohne Klärschlamm, ohne Altöl, ohne Schlacken- und Schrottaufbereitung	3-Schicht- betrieb an 365 AT/a 2)	60.000	120.000	240.000	480.000	600.000
V 4	Verbrennung mit Wärmeverwertung, mit Klärschlamm, mit Altöl, mit Schlacken- und Schrottaufbereitung	3-Schicht- betrieb an 365 AT/a 2)	75.000	150.000	300.000	600.000	750.000
K 1	Kompostierung ohne Verbrennung, ohne Grobzerkleinerung, ohne Klärschlamm (2.000 h/J)	1-Schicht- betrieb an 250 AT/a 1)	15.000	30.000	60.000	120.000	
K 2	Kompostierung ohne Verbrennung, mit Grobzerkleinerung, mit Klärschlamm (2.000 h/J)	1-Schicht- betrieb an 250 AT/a 1)	18.000	36.000	78.000	144.000	
K 3	Kompostierung mit Verbrennung, ohne Grobzerkleinerung, ohne Klärschlamm (4.000 h/J)	2-Schicht- betrieb an 250 AT/a 1)	15.000/ 6.000	30.000/ 12.000	60.000/ 24.000	120.000/ 48.000	
K 4	Kompostierung mit Verbrennung, mit Grobzerkleinerung, mit Klärschlamm (4.000 h/J)	2-Schicht- betrieb an 250 AT/a	18.000/ 8.000	36.000/ 15.000	72.000/ 30.000	144.000/ 60.000	

1) ohne Reserveeinheit

2) mit einer Reserveeinheit

Vergl. Untersuchung B. Jäger [10]

Typisierung der Anlagen:

- V 1 = Verbrennungsanlage mit Rostfeuerung (Walzen, Vor- und Rückschubrost) in horizontaler Anordnung, ausgelegt für eine Heizwertbandbreite von 1.000 - 2.500 kcal/kg mit indirekt. Luft- (bis 100.000 Jato) bzw. Wasserkühlung.
Rauchgasreinigung durch Elektrofilter.
- V 2 = + installierte Schlacke- und Schrottaufbereitungsanlage bei 2.000 h/a.
- V 3 = + Wärmeverwertung als Fernheizung (bei ca. 120.000 Jato) ohne Stromerzeugung, ab 240.000 Jato Fernheizung und Eigenstromerzeugung.
- V 4 = + Klärschlamm- und Altölverarbeitung; das Portiusverfahren der Schlammkonditionierung mit ausschließender statischer Entwässerung, Dekantierung und chemische Aufbereitung des abgeschiedenen Wassers, für Verbrennung des Öls Drehzerstäuberfeuerung mit Viskositätsregler im Hauptfeuer-raum. Änderung der Heizwertbandbreite 800 - 2.300 kcal/kg.
- K 1 = Kompostwerk mit mechanischer Vorrotte in Rottetrommel mit einer Tageskapazität von 50 tato, Reststoffabsonderung über Schwing-siebe, Überbandmagneten und für die Aufbe-reitung zusätzlich ein Glas-Stein-Abschei-der, Rohkompostreife in offenen Mieten, um-setzen per Radlader.

- K 2 = + Grobzerkleinerung in Prallmühlen,
+ Klärschlammverarbeitung nach Vorentwässerung auf
60 - 70 % H₂O in Zentrifugen.
- K 3 = + Reststoffverbrennung, Ansatz 40 Gew.% des Rohmülls,
Drehrohrofen bei kleinerem Durchsatz bis 60.000
Jato und Rauchgasreinigung über Multizyklone,
Restfeuerungen über 60.000 Jato mit Elektrofilter,
Kühlung der Rauchgase indirekt mit Luft.
- K 4 = + K 1 + K 2 + K 3

3.2 Grundlagen der Kostenrechnung

3.2.1 Investitionen:

Für die Kalkulation der Investitionen gelten folgende Ansätze und Voraussetzungen:

Preisbasis Februar 1971,

Einzelvergabe durch ordentliches Ausschreibungsverfahren nach VOB (beschränkte Ausschreibung),

Berücksichtigung der technischen Daten der einzelnen Verfahrensgruppen gemäß tabell. Darstellung.

Mittlerer Ausführungsstandard hinsichtlich Bedienungskomfort, allgemeine Ausführung, Sozialeinrichtungen usw.

Vernachlässigung der Aufwendungen für die Grundstücksbeschaffung.

Verbrennung:

Die Investitionskosten für die Verbrennung wurden u.a. aus den Ausschreibungsergebnissen für die Müllverbrennungsanlagen Frankfurt, Bremen, Hamburg 2, Fürth, Westerland, Kampen und Gent (Belgien) ermittelt. Soweit erforderlich, erfolgte eine Umrech-

nung auf die Bezugs-Preisbasis Februar 1971. Aus den genannten Ausschreibungen wurden jeweils die preisgünstigsten (nicht billigsten) Angebote berücksichtigt. Soweit bestimmte Anlagengruppen in den erwähnten Ausschreibungen/ Angebotsunterlagen nicht vorhanden waren, wurden Richtangebote eingeholt. Außerdem mußten unter Zuhilfenahme der 'technischen Daten' Zu- und Abschläge berechnet werden, sofern die Angebotspreise hinsichtlich der Leistungsdaten nicht mit den hier gültigen Daten übereinstimmten.

Kompostierung:

Für die Ermittlung der Investitionsaufwendungen der Kompostierung lag ein Richtangebot über Dano - Stabilisatoren der Firma Büttner, Krefeld, vor. Alle übrigen Anlagenteile wurden nach Ausschreibungsunterlagen ausgeführter Anlagen kalkuliert.

Die Investitionskosten für die Einrichtung der Reststoffverbrennung wurden ebenfalls durch Angaben maßgeblicher Lieferer belegt:

Für die Drehrohröfen wurde dabei das Fabrikat Wiedermann, für die Rostfeuerungen der Vorschubrost der Firma Keller-Peukert berücksichtigt. Hierin liegt keine wesentliche Einschränkung, da aufgrund der Konkurrenz-Situation angenommen werden kann, daß die Preise von Konkurrenzfabrikaten ähnlich liegen.

3.2.2 Betriebskosten:

Die Berechnung der Betriebskosten erfolgt getrennt nach Festkosten (Kapitaldienst) und veränderlichen Kosten. Für beide Kostenarten wurden folgende Ansätze berücksichtigt:

100-prozentige Fremdfinanzierung nach kapitalmarktüblichen Bedingungen, d.h. Vernachlässigung eventueller zinsgünstiger Eigenmittel oder Baukostenzuschüsse Dritter.

Abschreibung und Verzinsung des aufgewendeten Kapitals, getrennt nach Anlagengruppen, annuitätisch mit konstanten Jahresraten.

Zinssatz: 8 % p.a.

Abschreibungszeiten und Annuitäten:

für Bauteil 40 Jahre, $a = 8,4 \%$ p.a.

maschinentech. und
elektrotechn. Anlage

ohne großen Verschleiß 25 Jahre, $a = 9,4 \%$ p.a.

übrige maschinen-
techn. Anlage

15 Jahre, $a = 11,7 \%$ p.a.

bewegl. Geräte
(50 % Ausnutzung)

z.B. Radlader bei

Kompost

8 Jahre, $a = 17,5 \%$ p.a.

Die Aufwendung für Honorare und Gebühren werden ebenfalls annuitätisch mit einer Jahresrate von 8,0 %p.a. entsprechend einer mittleren Abschreibungsdauer von 30 Jahren abgeschrieben. Die Festkosten aus der annuitätischen Abschreibung und Verzinsung des aufgewendeten Kapitals werden auf die jeweiligen Netto-Investitionsaufwendungen ohne die 11 % Mehrwertsteuer bezogen.

Die Aufwendungen für Reparaturen, Wartung und Unterhaltung der Anlagenteile werden durch konstante Jahresraten, bezogen auf das jeweilige Nettoinvest, berechnet. Hierfür wurden aufgrund von Erfahrungen folgende im langfristigen Mittel gültigen Werte eingesetzt:

Für den Bauteil ohne Schornstein	1	% p.a.,
für den Schornstein	2	% p.a.,
für den maschinentechnischen Teil der Anlage, die keinem erhöhten Verschleiß unterliegen,	2	% p.a.,
für den maschinentechnischen Teil, die einem erhöhten Verschleiß unterliegen,	4	% p.a.,
für den elektrotechnischen Teil	1,5	% p.a.

Für Steuern (Vermögensteuer, Grundsteuer usw.) werden 1 % p.a., bezogen auf das investierte Netto-Gesamtkapital, berücksichtigt.

Für Versicherungen (Haftpflicht, Feuer, Sturm, Diebstahl, Ölschäden usw.) werden konstante Jahresraten in Höhe von 0,3 % des investierten Netto-Kapitals berücksichtigt.

Die Aufwendungen für den Personaleinsatz werden aus dem für jede Variante bestimmten Personalbestand (siehe technische Daten) und einem mittleren Personalkostenbetrag von 22.000,-- DM je Mitarbeiter und Jahr berechnet.

Für allgemeine Verwaltungskosten (Büromaterial, Telefon usw.) sind jährlich Beträge berücksichtigt, wie sie von Müllverbrennungsanlagen der betreffenden Größe her bekannt sind.

Für die Berechnung der Stromkosten beim Betrieb der Müllverbrennungsanlage wurde ein gemischter Strompreis von 10,0 Dpf/kWh (Leistung, Arbeit, Meßgebühr) berücksichtigt.

Bei der Bestimmung der Kosten für den Wassereinsatz wurde von spezifischen Wasserkosten von $0,50 \text{ DM/m}^3$ und einem Wasserverbrauch, wie er von ausgeführten Anlagen bekannt ist, ausgegangen. Der Wasserpreis von $0,50 \text{ DM/m}^3$ erscheint für nicht aufbereitetes Wasser auch heute noch ausreichend.

Für den Abtransport und die geordnete Deponie der Reststoffe (Schlacke, Siebreste) ist ein Betrag von $10,00 \text{ DM/Tonne}$ Reststoff berücksichtigt. Hiervon entfallen ca. 50 % auf den Transport (5 km) und 50 % auf die geordnete Deponie dieser Stoffe. Bei einem Reststoffgehalt von 40 % des Rohmülls ergeben sich so Kosten für diesen Teil in Höhe von $4,0 \text{ DM/t}$, bezogen auf den Müll.

3.2.3 Erlöse:

Neben den Erlösen für den Verkauf von Schlacke und Schrott bei den betreffenden Varianten treten außerdem Erlöse für den Wärmeverkauf auf. Die Eigenstromerzeugung ergibt keine Einnahmen, verringert jedoch die Kosten, da ein Fremdstrombezug entfällt. Dagegen macht sich der Verkauf von Fernwärme als Einnahme bemerkbar. Bei der Berechnung der Erlöse hierfür sind wir davon ausgegangen, daß 50 % der jährlich anfallenden Abwärmemengen abgesetzt werden kann und hierfür $12,0 \text{ DM/Gcal}$ (Brennstoffwärmepreis von Heizöl S) vergütet werden. Der Ausnutzungsgrad von 50 % entspricht den vorliegenden Erfahrungswerten von ausgeführten Anlagen.

Bei der Verbrennungsvariante ohne Wärmeausnutzung sind Erlöse nur aus dem Schlacken- und Schrottverkauf denkbar. Hierfür wurde bei der entsprechenden Variante (V 2) ein Wert von $3,0 \text{ DM/t}$ aufbereitete

Schlacke und 50,0 DM/t Schrott angegeben. Bei einem Schrottanteil von 4 Gewichtsprozent, bezogen auf den Müllanfall, und einem Schlackeanteil von 40 Gewichtsprozent ergibt sich eine mittlere Vergütung, bezogen auf den Müllanfall von 3,20 DM/t.

(0,04 · 50,-- DM/t + 0,4 · 3 DM/t).

Bei der Berechnung der Erlöse aus dem Kompostverkauf ist vorausgesetzt worden, daß der gesamte anfallende Kompost abgesetzt werden kann. Die Vergütung für den Kompost wurde mit 10,0 DM/t im Jahresmittel angesetzt.

3.3 Spezifische Investitionskosten (DM/Jato)

Verbrennung:

Die Werte sind auf $\pm 5\%$ genau kalkuliert:

Durchsatzkapazität in 1.000 t/a		30	60	75	120	150	240	300	350	480	600	750
V 1	Verbrennung ohne Wärmeausnutzung DM/Jato	268	177	-	188	-	154	-	131	-	-	-
V 2	Verbrennung ohne Wärmeausnutzung + Schlacke- und Schrottaufbereitung DM/Jato	316	207	-	223	-	174	-	155	-	-	-
V 3	Verbrennung mit Wärmeausnutzung DM/Jato	-	256	-	236	-	205	-	-	143	130	-
V 4	Verbrennung mit Wärmeausnutzung + Schlacke- und Schrottaufbereitung + Klärschlamm- + Altölverarbeitung DM/Jato	-	-	295	-	268	-	216	-	-	154	145

Bei der Aufteilung der Investitionskosten in Kosten-
gruppen ergab sich folgende Tendenz:

bei den

1. Varianten ohne Wärmeverwertung im mittel

40 % für Bauteil mit Schornstein ohne Grundstück

50 % für maschinentechnische Anlagenteile

10 % für elektrotechnische Anlagenteile

unabhängig von der Anlagenkapazität

bei den

2. Varianten mit Wärmeverwertung im mittel

30 % für Bauteil mit Schornstein ohne Grundstück

60 % für maschinentechnische Anlage

10 % für elektrotechnische Anlage

auch ohne großen Einfluß der Anlagenkapazität.

Kompostierung:

Die Werte sind auf $\pm 5\%$ genau kalkuliert

Durchsatzkapazität in 1.000 t/a		15	18	30	36	60	72	120	144
K 1	Kompostierung ohne Reststoffverbrennung DM/Jato	275	-	202	-	169	-	148	-
K 2	Kompostierung ohne Reststoffverbrennung + Grobzerkleinerung + Klärschlammverarb. DM/Jato	-	367	-	254	-	196	-	170
K 3	Kompostierung mit Reststoffverbrennung + : : : : : DM/Jato	440	-	314	-	270	-	206	-
K 4	Kompostierung mit Reststoffverbrennung + Grobzerkleinerung + Klärschlammverarb. DM/Jato	-	480	-	326	-	267	-	217

Bei der Untersuchung der Investitionskosten der Kompostierung ergab sich für alle drei Kostengruppen bei allen Varianten eine steigende wie abnehmende Tendenz in Abhängigkeit von der Anlagekapazität; im einzelnen ist festzuhalten:

- a.) Bauteil ohne Grundstück von 35 auf 20 % abnehmend
- b.) maschinentechn. Anlage von 50 auf 70 % steigend
- c.) elektrotechn. Anlage von 15 auf 10 % abnehmend bei steigender Anlagenkapazität

3.4 Spezifische Kosten (DM/t)

Verbrennung:

Genauigkeit der Werte nach Fehlerbetrachtung $\pm 10 \%$

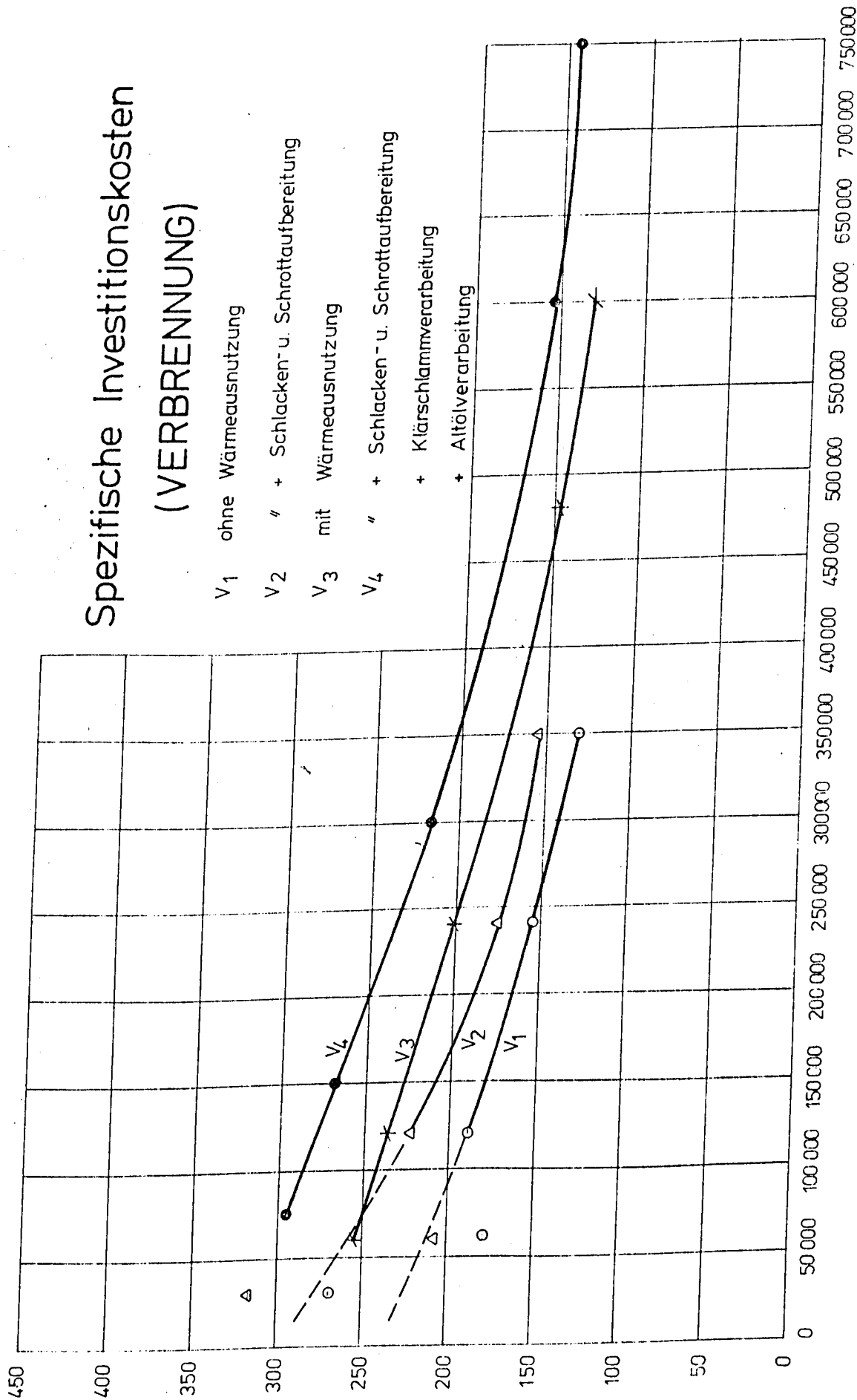
Durchsatzkapazität in 1.000 t/J	30	60	75	120	150	240	300	350	480	600	750
V 1 DM/t	64,8	42,0	-	39,0	-	30,5	-	26,9	-	-	-
V 2 DM/t	69,4	41,9	-	38,2	-	27,3	-	29,5	-	-	-
V 3 DM/t	-	45,6	-	37,6	-	26,9	-	-	17,0	14,9	-
V 4 DM/t	-	-	46,18	-	37,5	-	22,2	-	-	11,5	10

Kompostierung:

Durchsatzkapazität in 1.000 t/J	15	18	30	36	60	72	120	144
K 1 DM/t	44,9	-	32,9	-	27,5	-	23,2	-
K 2 DM/t	-	58,8	-	40,0	-	30,4	-	24,9
K 3 DM/t	87,5	-	59,7	-	49,9	-	35,9	-
K 4 DM/t	-	73,4	-	49,9	-	41,9	-	30,3

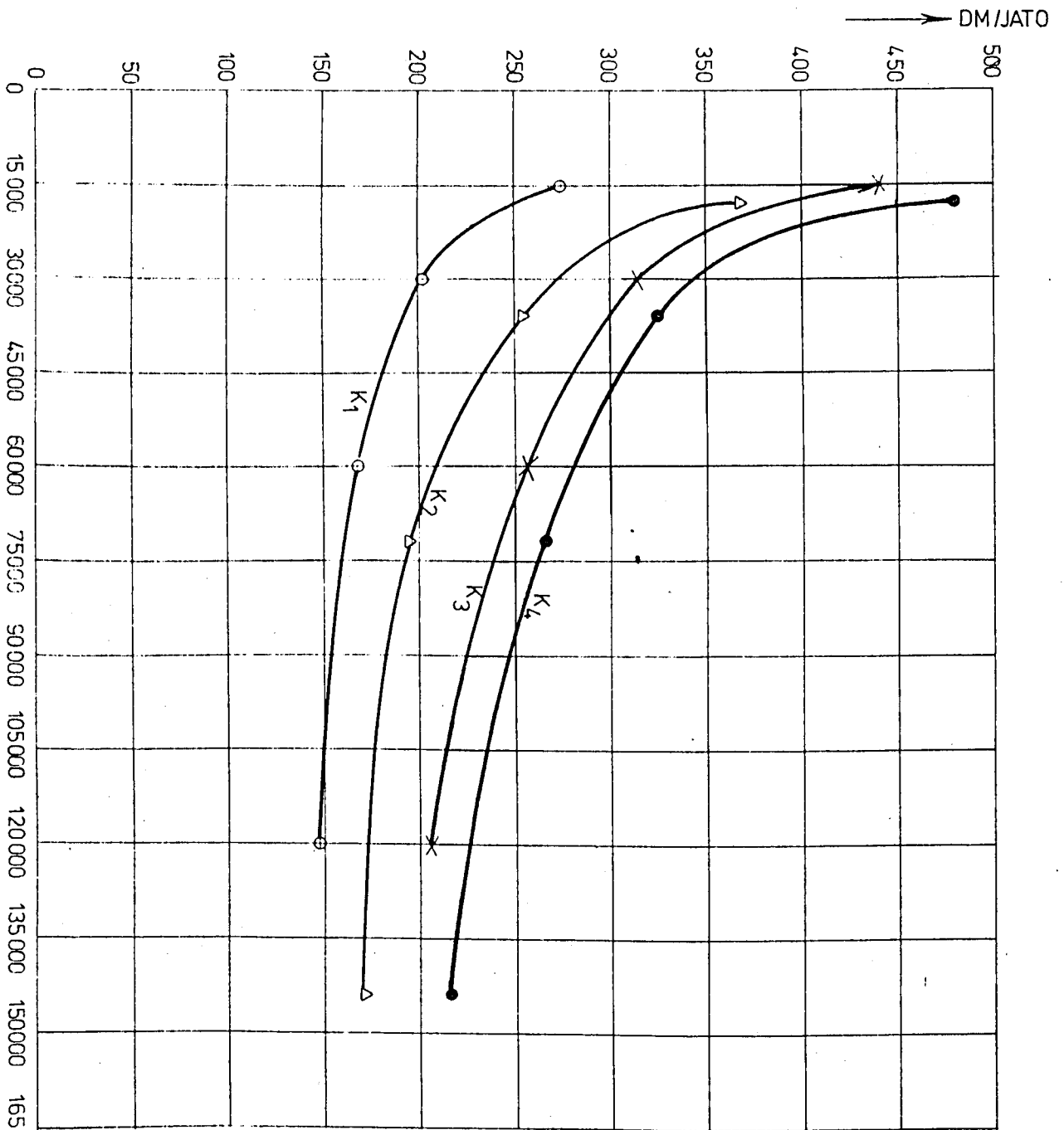
Spezifische Investitionskosten (VERBRENNUNG)

- V1 ohne Wärmeausnutzung
- V2 " + Schlacken- u. Schrottaufbereitung
- V3 mit Wärmeausnutzung
- V4 " + Schlacken- u. Schrottaufbereitung
+ Klärschlammverarbeitung
+ Altölverarbeitung



DM/JATO

t/JAHR



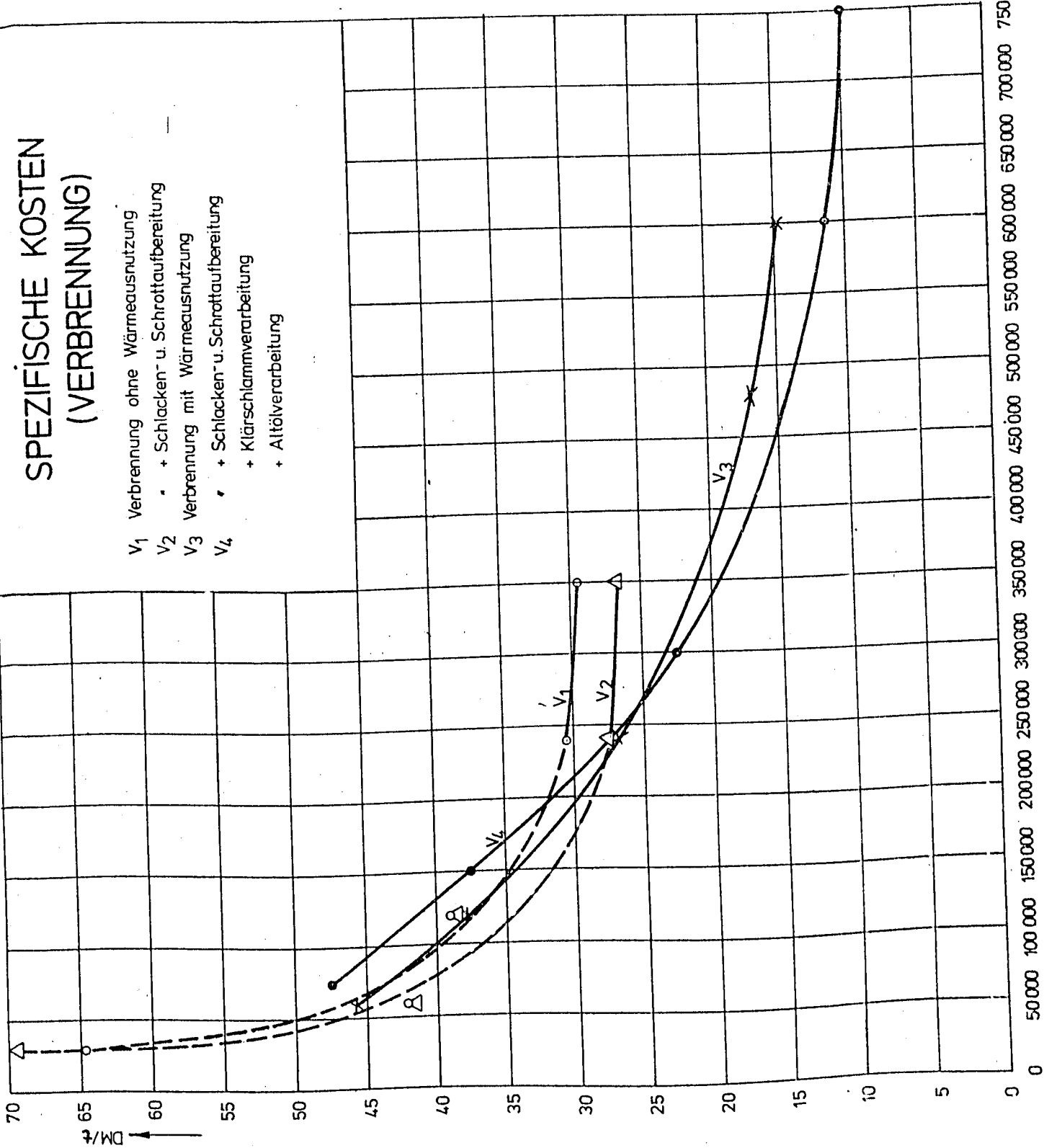
**SPEZIFISCHE
INVESTITIONSKOSTEN
(KOMPOSTIERUNG)**

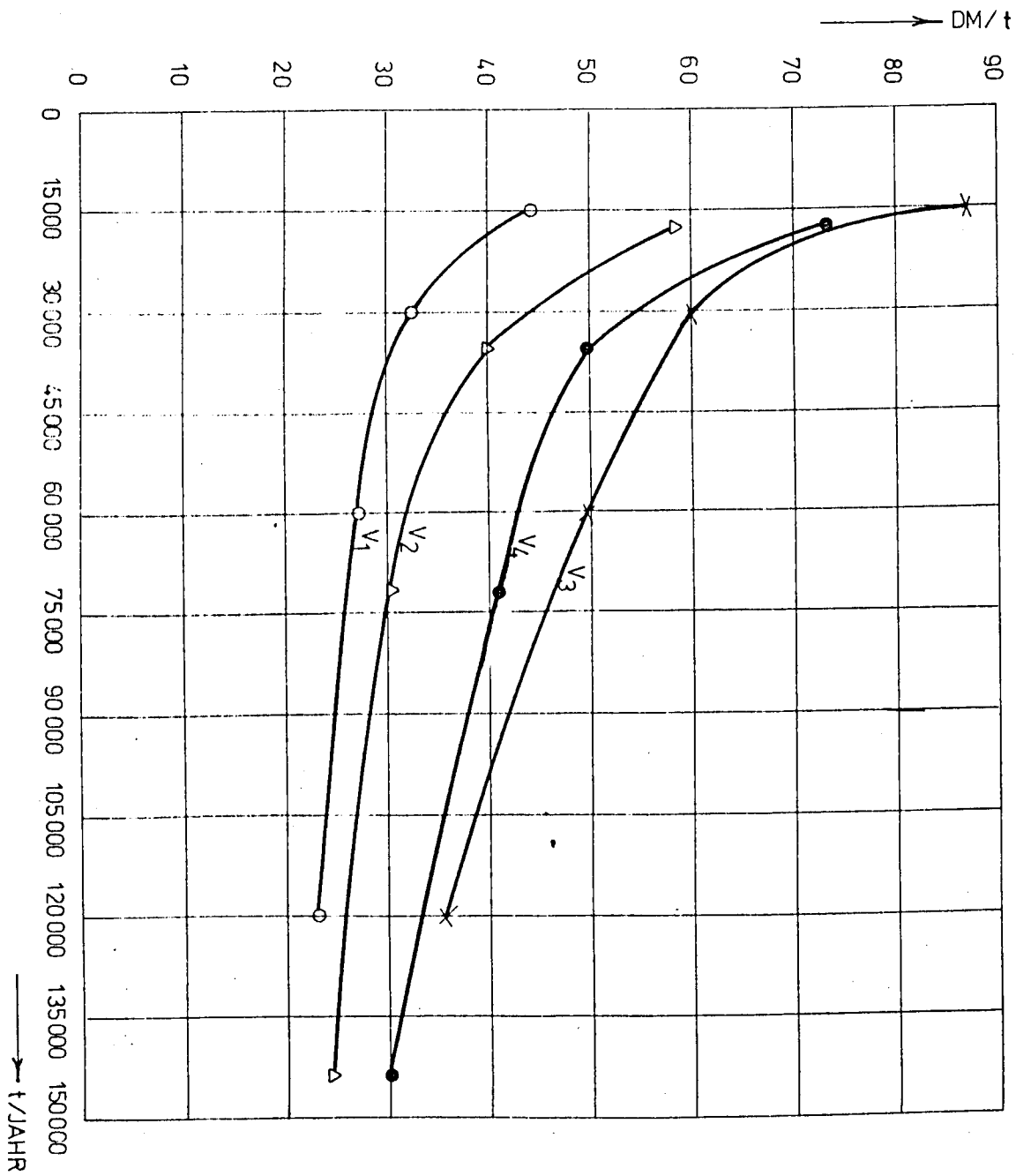
- K₁ ohne Reststoffverbrennung
- K₂ " + Grobzerkleinerung
+ Klärschlammverarbeitung
- K₃ mit Reststoffverbrennung
- K₄ " + Grobzerkleinerung
+ Klärschlammverarbeitung

t/JAHR →

SPEZIFISCHE KOSTEN (VERBRENNUNG)

- V₁ Verbrennung ohne Wärmeausnutzung
- V₂ " + Schlacken- u. Schrottaufbereitung
- V₃ Verbrennung mit Wärmeausnutzung
- V₄ " + Schlacken- u. Schrottaufbereitung
+ Klärschlammverarbeitung
+ Altölverarbeitung





SPEZIFISCHE KOSTEN (KOMPOSTIERUNG)

- K1 ohne Reststoffverbrennung
- K2 " + Grobzerkleinerung
- + Klärschlammverarberung
- K3 mit Reststoffverbrennung
- K4 " + Grobzerkleinerung
- + Klärschlammverarberung

4. Kosten der Ablagerung

4.1 Untersuchungsmatrix

Aus der Vielzahl der möglichen Varianten, - Hangdeponie, Auffüllungen, Aufhaldungen - die sich aufgrund der unterschiedlichen Standortbedingungen ergeben, sind im folgenden nur die Kosten der Aufhaltung bei unterschiedlicher Schütthöhe und Ausstattung für die angegebenen Kapazitätsbereiche untersucht worden.

Übersicht über Varianten	Schütthöhe 5 m t/a	Schütthöhe 15 m t/a	Schütthöhe 25 m t/a	Schütthöhe 50 m t/a
D 1 Deponie ohne Zerkleinerung, ohne Abdichtung	5.000/15.000 25.000/75.000	25.000/ 75.000 150.000/225.000	75.000/150.000 225.000/300.000	225.000/300.000 375.000/500.000
D 2 Deponie mit Zerklei- nerung, ohne Abdichtung	5.000/15.000 25.000/75.000	25.000/ 75.000 150.000/225.000	75.000/150.000 225.000/300.000	225.000/300.000 375.000/500.000
D 3 Deponie mit Zerkleinerung, mit Abdichtung	5.000/15.000 25.000/75.000	25.000/ 75.000 150.000/225.000	75.000/150.000 225.000/300.000	225.000/300.000 375.000/500.000

Betriebsweise: 5.000 t/a = 1 Tag pro Woche, d.h. ca. 50 AT/a
 15.000 t/a = 3 Tage pro Woche, d.h. ca. 150 AT/a
 ab 25.000 t/a = 5 Tage pro Woche, d.h. ca. 250 AT/a

Die Berechnung der Varianten wurde stark generalisiert: beispielsweise wurde für die Berechnung des Grundstücksbedarfs eine Aufhaltung in Form eines Pyramidenstumpfes mit quadratischer Grundfläche und einem Aufschüttungswinkel von 30° vorausgesetzt.

Aufgrund dieses Ansatzes war es überhaupt erst möglich, in Abhängigkeit von der Normalkapazität, (Durchsatzmenge in Jato) die Investitionskosten für die geordnete Deponie zu kalkulieren.

Mit Hilfe eines Nomogrammes konnte aus der Jahresmenge über die erforderliche Kubatur für einen

Planungszeitraum von 20 Jahren und über variable Schütthöhen, die Grundfläche und den Umfang der Deponie fixiert werden.

Insofern sind die für die Durchführung eines geordneten Deponiebetriebes erforderlichen Einrichtungen in der Kalkulation ihrer Aufwendungen soweit möglich, mengen- und flächenabhängig strukturiert.

4.2 Spezifische Investitionen

Die Kalkulation der Investitionsaufwendungen basiert auf der Preisbasis April 1971:

Die Preise sind in beschränkter Ausschreibung gemäß VOB ermittelt.

1 Flächenabhängige Investitionen (spez.)

- | | |
|--|-----------------------------------|
| - Planieren (Roden und Abschieben) | 5,-- DM/m ² |
| - Randschutzbepflanzung
(10 m breit, 1/2 Umfang) | 2,-- DM/m ² |
| - Umzäunung.
2 m hoher Maschendrahtzaun | 25,-- DM/
lfdm. |
| - Deponie-Ringstraße, [11]
an Deponie wurde eine Ringstraße
pro 10 m Schütthöhe angenommen,
Breite 3,75 m | 18,-- DM/m ² |
| - Randentwässerung je nach Schütthöhe und Jahreswassermenge.
Für diese Randentwässerung wird ein Einheitsquerschnitt bei einer mittleren Tiefe von 1,5 m angenommen. Für die Kapazität der Entwässerungsanlagen wurde im langjährigen Mittel ein jährlicher | 250,-- bis
300,-- DM/
lfdm. |

Sickerwasseranfall von $0,5 \text{ m}^3/\text{m}^2$ Deponiefläche angesetzt. Das entspricht etwa 60 % des in Norddeutschland üblichen Niederschlages von ca. 800 mm. Es ist bekannt, daß bis zu 40 % des Niederschlages in einer geordneten Deponie durch Verdunsten und für die Wasserversorgung des Rotteprozesses verbraucht werden.

- Rekultivierung 2,-- DM/m²

- Drainage und Bodenabdichtung
(alternativ) 20,-- bis
25,-- DM/m²

Für die Sickerwasserableitung (Drainage) sind längsgeschlitzte Kunststoffrohre (rückspülfähig) angenommen. Die Drainagerohre werden auf der Bodenabdichtung verlegt. Das Drainage-System wird in eine Randentwässerung, die die gesamte Deponiefläche umgibt, geleitet.

Es wird vorausgesetzt, daß die notwendige Bodenabdichtung durch eine Verdichtung des am Deponiestandort vorkommenden gewachsenen Boden erreicht wird. Lehme oder Tonerden in einer Mächtigkeit von etwa 30 - 50 cm.

2 Mengenabhängige Investitionen

- Wägeeinrichtung ca. 95.000,-- DM
Für die Wägeeinrichtung (erst ab 25.000 t/a Müllanfall wird eine automatische Waage mit Rechenwerk gewählt.
1 Wägeeinheit bis ca. 200.000 Jato einsetzbar.
- Wägehaus 200,-- DM/m³
umbauter Raum in m³ aus Platzanspruch:
50 % des gesamten Platzanspruches des eingesetzten Personals
(10 - 15 m²/Pers. = Platzanspruch)
- Betriebsgebäude + Sanitäreinrichtung 200,-- DM/m³
umbauter Raum (m³) aus Platzanspruch je Person von 10 - 15 m²
- Zufahrtstraße und Eingangstor
100 m Länge als Stauraum bei einer Breite von 7,5 m.
- Geräte (Laderaupen)
Für die Verteilung und Verdichtung des Mülls auf der Deponie sollen Laderaupen eingesetzt werden. Von den verschiedenen in Frage kommenden Fabrikaten wurde der Typ K 8 l der Firma Hanomag ausgewählt. Für die Bestimmung der Anzahl ist eine maximale Tagesleistung von 300 tato Hausmüll angesetzt.

Auch hierin kann keine Einschränkung gesehen werden, da die Konkurrenzfabrikate spezifisch gesehen etwa die gleichen technischen und wirtschaftlichen Daten aufweisen.

- Wartungseinrichtung/ 5.000,-- DM
Betriebsstoffversorgung bis 10.000,-- DM/
Laderraupe
- Grobzerkleinerung (alternativ)
Für die Untersuchungsvariante 'Grobzerkleinerung' wird der Einsatz von Prallmühlen vorausgesetzt. Bei der Leistungsunterteilung wurde hierbei das Typenprogramm der Firma Hazemag, Münster, gewählt.

3 Standort-Investitionen (spez.)

- Stromanschluß
(ca. 250 m, spez. Investitionen abhängig von elektrischer Leistung)
- Wasser- und Löschwasseranschluß
(ca. 250 m à 80 bis 120,- DM/lfdm.)
- Telefonanschluß
(ca. 250 m à 5,-- DM/lfdm.)
- Entwässerungsgraben zum Vorfluter
(ca. 250 m à 100,-- bis 200,-- DM/lfdm.)
- Sickerwasserkontrolle
(je nach Grundstücksgröße 2 - 3 Kontrollbrunnen à 25.000,-- DM)

Die spezifischen Investitionsaufwendungen einschließlich Planungshonoraren und Mehrwertsteuer betragen :

Schütthöhe 5 m : alle Werte in DM/jato

Variantenbezeichnung	5000 t/a	15.000 t/a	25.000	75.000 t/a
D 1 - ohne Grobzerkleinerung, ohne Bodenabdichtung	163	94	83	64
D 2 - mit Geobzerkleinerung, mit Bodenabdichtung	-	22 (116)	16 (99)	11 (75)
D 3 - mit Grobzerkleinerung, mit Bodenabdichtung	187 (350)	140 (266)	146 (245)	118 (193)

Schütthöhe 15 : alle Werte in DM/jato

Variantenbezeichnung	25.000t/a	75.000 t/a	150.000	225.000t/a
D 1 - ohne Grobzerkleinerung, ohne Bodenabdichtung	53	34	27	26
D 2 - mit Groberzerkleinerung, ohne Bodenabdichtung	16 (69)	11 (45)	10 (37)	10 (36)
D 3 - mit Grobzerkleinerung, mit Bodenabdichtung	60 (129)	49 (94)	47 (84)	41 (77)

Schütthöhe 25 m : alle Werte in DM/jato

Variantenbezeichnung :	75.000	150.000	225.000	300.000 t/a
D 1 - ohne Grobzerkleinerung, ohne Bodenabdichtung	29	22	21	18
D 2 - mit Groberzerkleinerung, ohne Bodenabdichtung	11 (40)	10 (32)	10 (31)	10 (28)
D 3 - mit Grobzerkleinerung, mit Bodenabdichtung	38 (78)	28 (60)	27 (58)	27 (55)

Schütthöhe 50 m : alle Werte in DM/jato

Variantenbezeichnung :	225.000	300.000	375.000	500.000 t/a
D 1 - ohne Grobzerkleinerung, ohne Bodenabdichtung	17	15	14	13
D 2 - mit Grobzerkleinerung, ohne Bodenabdichtung	10 (27)	10 (25)	9 (23)	8 (21)
D 3 - mit Grobzerkleinerung, mit Bodenabdichtung	18 (45)	17 (42)	16 (39)	15 (36)

Die Investitionsaufwendungen sind nach einer groben Fehlerabschätzung auf $\pm 5\%$ genau.

4.3 Spezifische Kosten:

Wie bei der Verbrennung und Kompostierung wird bei der Deponie das eingesetzte Kapital mit 8 % p.a. einheitlich verzinst.

Als Abschreibungszeit werden generell 20 Jahre angesetzt, entsprechend dem Planungszeitraum, für den die Deponie ausreichen muß.

Im einzelnen wurden nachfolgende Abschreibungszeiten und Annuitäten festgelegt:

für den hoch- und tiefbaulichen Teil	}	20 J $\hat{=}$ 10,2 %p.a.
für den maschinentechnischen Teil		
mit Ausnahme der Laderaupen		
für den elektrotechnischen Teil		
für die Laderaupen	5 J $\hat{=}$ 25 %p.a.	
für Honorare und Gebühren	20 J $\hat{=}$ 10,2 % p.a.	

Die Aufwendungen für die Rekultivierung werden nicht abgeschrieben, sondern lediglich mit 8 % p.a. verzinst.

Für Reparatur, Wartung und Unterhaltung sind in Anlehnung an die Sätze bei Verbrennungs- und Kompostanlagen nachfolgende Vereinbarungen, bezogen auf die jeweiligen Nettoinvestitionen, getroffen worden:

für den hoch- und tiefbaulichen Teil ohne Bodenabdichtung	1 % p.a.
für den hoch- und tiefbaulichen Teil mit Bodenabdichtung	0,5 % p.a.
für den maschinentechnischen Teil	3 % p.a.
für die Laderaupen	5 % p.a.
für den elektrotechnischen Teil	1,5 % p.a.

Für Steuern und Versicherungen sind ebenfalls die gleichen Ansätze wie bei Verbrennung und Kompostierung gemacht worden. (10 % p.a. und 0,2 - 0,3 % p.a.).

Der Personalbedarf wurde in Abhängigkeit von der jeweiligen Anlagekapazität ermittelt. Vereinfacht kann je 25.000 Jato 1 Person angesetzt werden. Als mittlerer Kostenbetrag für das Personal von Ing. grad - bis Hilfskraft wurde mit 22.000,-- DM gerechnet.

Für allgemeine Verwaltungskosten (Büromaterial, Telefon usw.) sind jährlich Beträge in der Größenordnung von 6 %^{der} Personalaufwendungen berücksichtigt. Die Aufwendungen für die elektronische Rechnungsschreibung und Buchhaltung werden zusätzlich mit 0,20 DM je durchgesetzte Gewichtstonne erfaßt.

Zu den beweglichen Kosten sind neben Kraftstoff, Strom, Trink- und Löschwasser bei der Deponie auch Aufwendungen für Kippkantenabdeckung, soweit zu wenig Inertmaterial angeliefert wird, und für die Schädlingsbekämpfung zu zählen. Bei der Berechnung wurde für die Schädlingsbekämpfung mit 0,03 - 0,05 DM/t Rohmüll und mit einem Bedarf an Abdeckmaterial von 0,25 t/t Abfall gerechnet.

Die spezifischen Brutto-Kosten in DM/Tonne für die einzelnen Varianten und Schütthöhen betragen :

Schütthöhe 5 m : Werte in DM/t

Variantenbezeichnung :	5.000 ^{+) 15.000^{+) 25.000}}	75.000	t/a	
D 1 - ohne Grobzerkleinerung, ohne Bodenabdichtung	33	17	16	12
D 2 - mit Grobzerkleinerung, ohne Bodenabdichtung	-	3 (20)	2 (18)	1 (13)
D 3 - mit Grobzerkleinerung, mit Bodenabdichtung	34 (67)	27 (47)	26 (44)	21 (34)

Schütthöhe 15 m : Werte in DM/t

Variantenbezeichnung :	25.000	75.000	150.000	225.000 t/a
D 1 - ohne Grobzerkleinerung, ohne Bodenabdichtung	12	8	7	7
D 2 - mit Grobzerkleinerung, ohne Bodenabdichtung	2 (14)	2 (10)	2 (9)	2 (9)
D 3 - mit Grobzerkleinerung, mit Bodenabdichtung	7 (21)	6 (16)	5 (14)	4 (13)

<sup>+) bei 5.000 t/a Betriebsweise 1 Tag pro Woche = ca. 50 AT/a
bei 15.000 t/a Betriebsweise 3 Tage pro Woche = ca. 150 AT/a
ab 25.000 t/a Betriebsweise 5 Tage pro Woche = ca. 250 AT/a</sup>

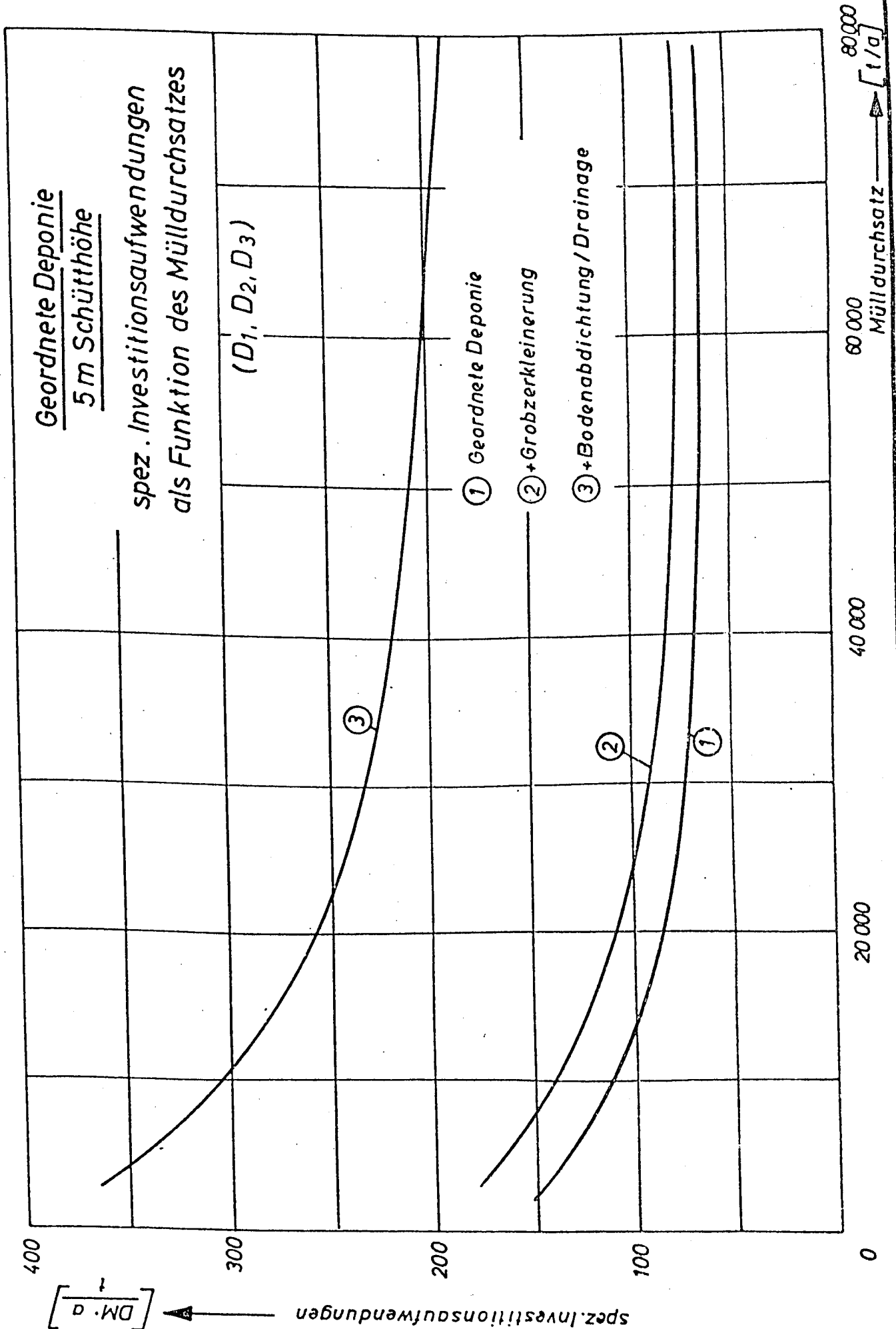
Schütthöhe 25 m : Werte in DM/t

Variantenbezeichnung :	75.000	150.000	225.000	300.000 t/a
D 1 - ohne Grobzerkleinerung, ohne Bodenabdichtung	8	7	7	7
D 2 - mit Grobzerkleinerung, ohne Bodenabdichtung	1 (9)	1 (8)	1 (8)	1 (8)
D 3 - Grobzerkleinerung mit, mit Bodenabdichtung	4 (13)	3 (11)	3 (11)	3 (11)

Schütthöhe 50 m : Werte in DM/t

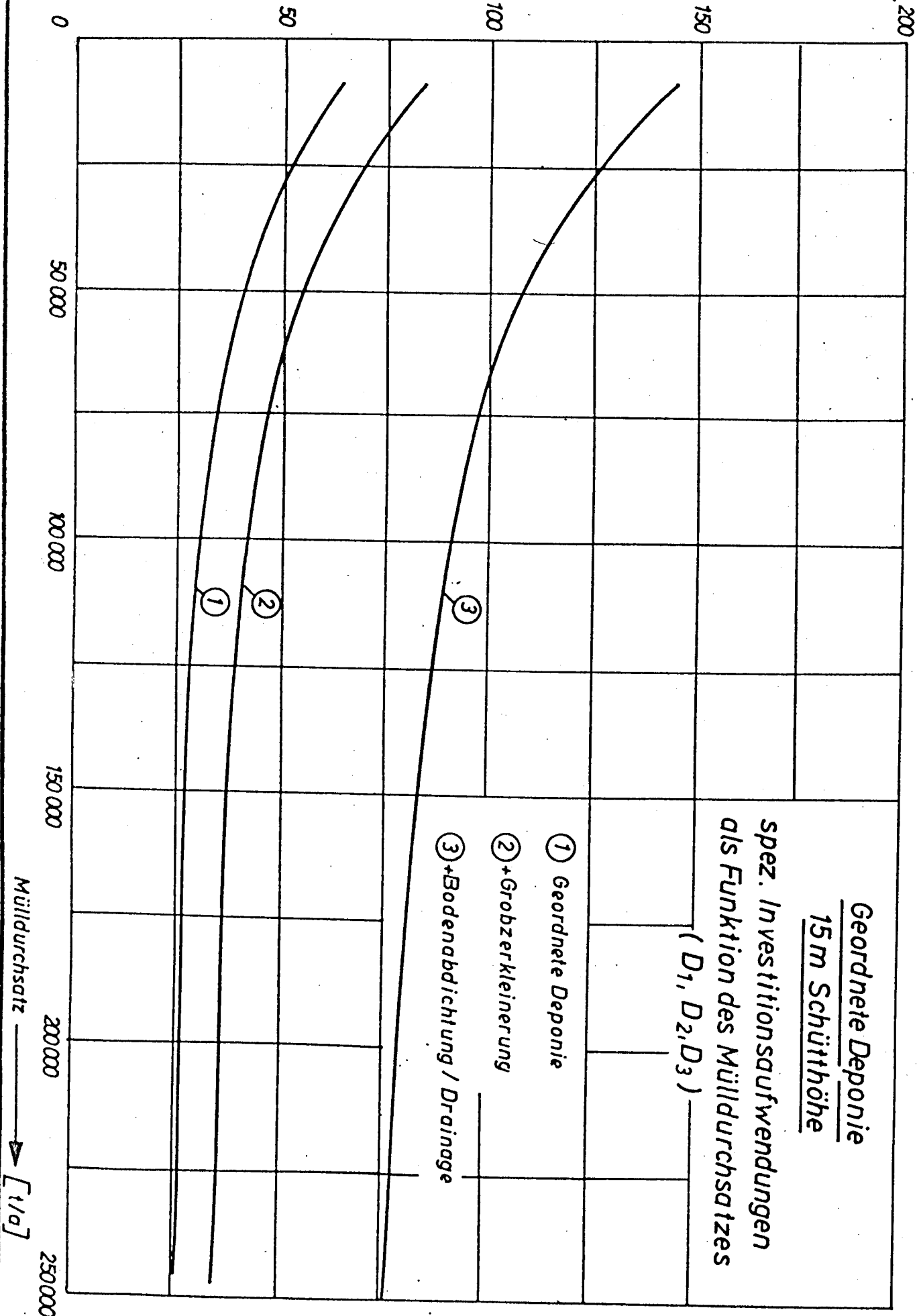
Variantenbezeichnung :	225.000	300.000	375.000	500.000 t/a
D 1 - ohne Grobzerkleinerung, ohne Bodenabdichtung	6	6	6	6
D 2 - mit Grobzerkleinerung, ohne Bodenabdichtung	2 (8)	1 (7)	1 (7)	1 (7)
D 3 - mit Grobzerkleinerung, mit Bodenabdichtung	2 (10)	2 (9)	2 (9)	2 (8)

Die Kosten der Deponie sind auf ca. $\pm 10\%$ genau.



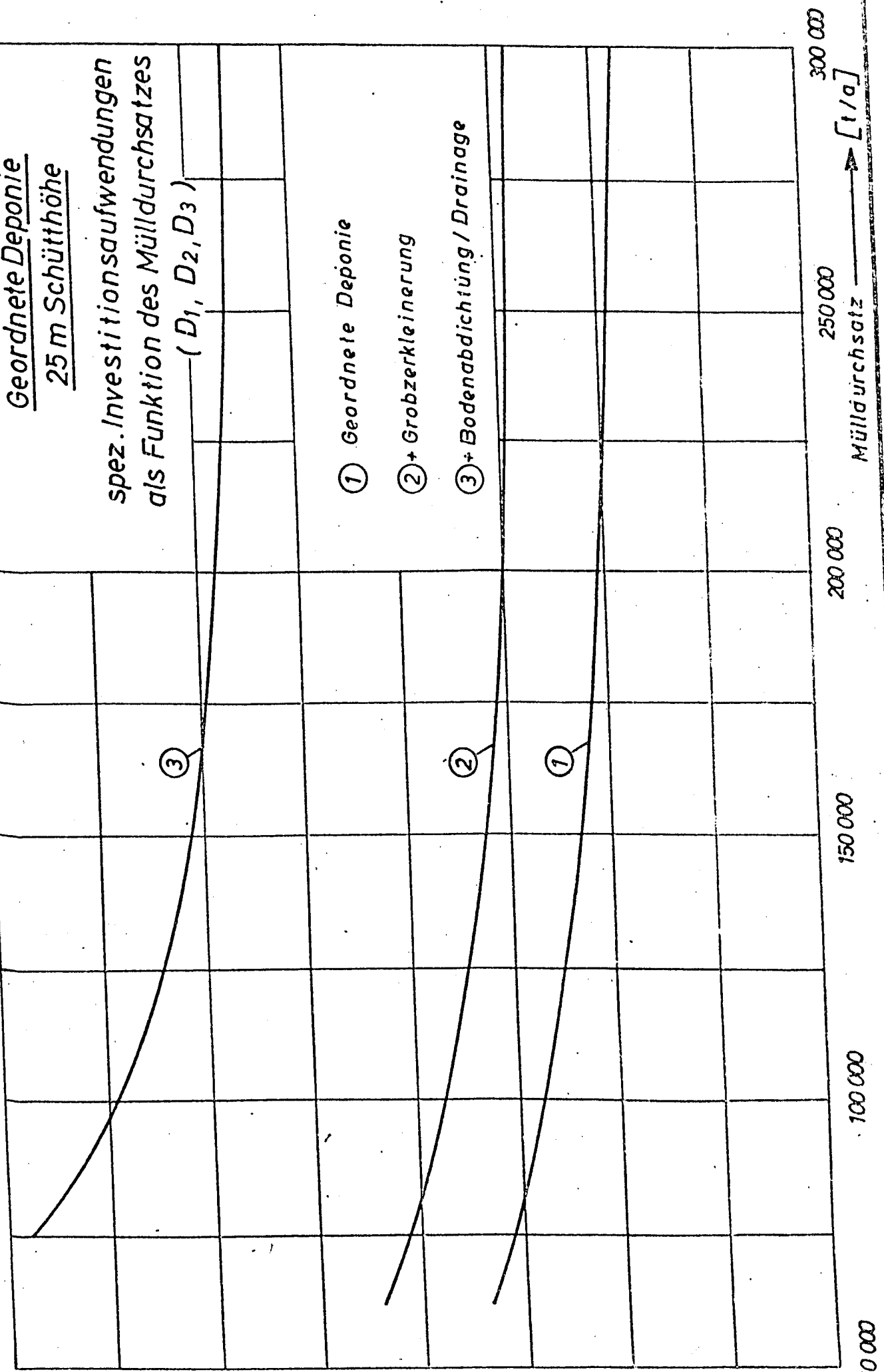
spez. Investitionsaufwendungen

$$\frac{DM \cdot a}{1 - i}$$



Geordnete Deponie
25 m Schütthöhe

spez. Investitionsaufwendungen
als Funktion des Mülldurchsatzes
(D₁, D₂, D₃)



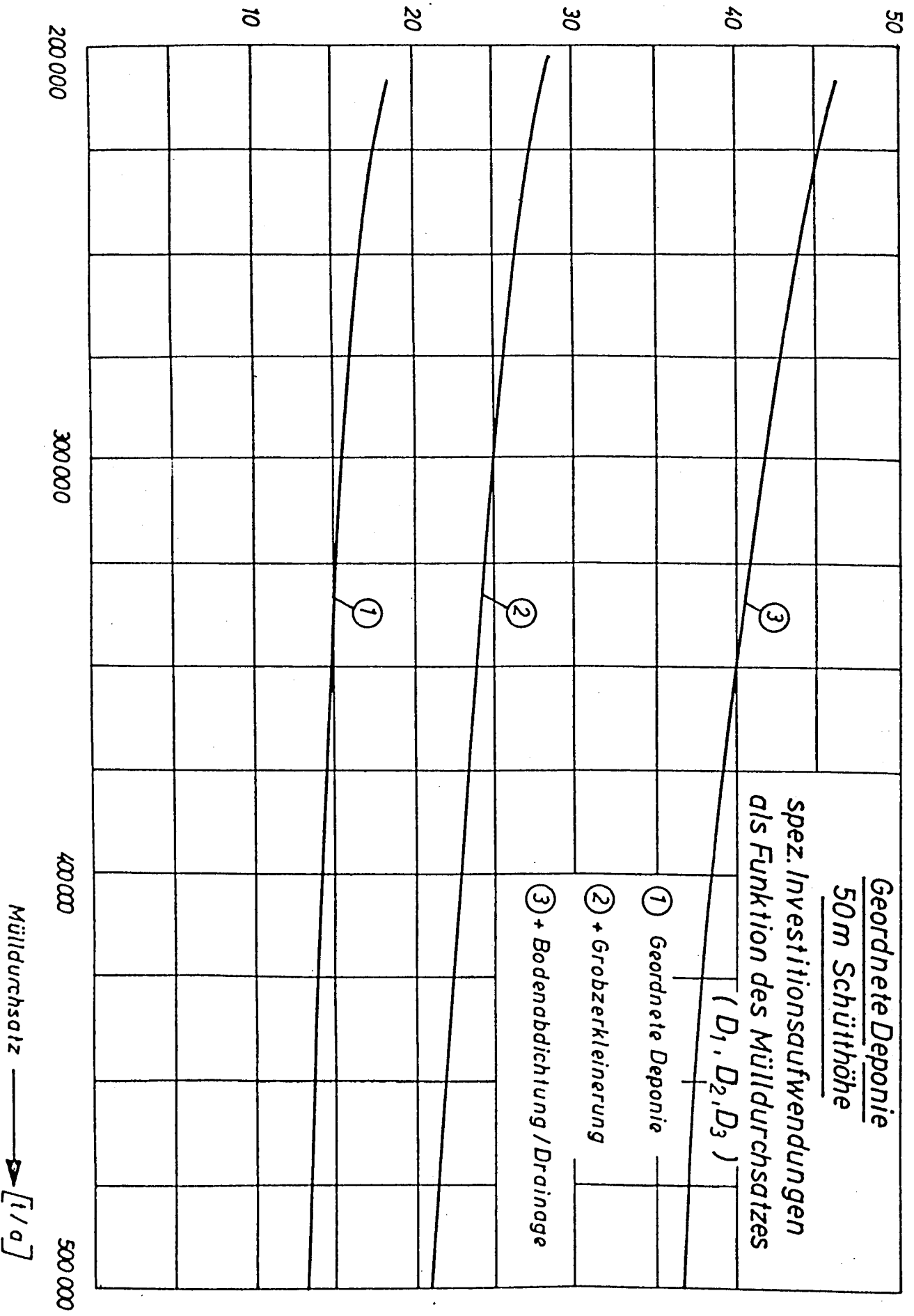
- ① Geordnete Deponie
- ② + Grobzerkleinerung
- ③ + Bodenabdichtung / Drainage

spez. Investitionsaufwendungen [DM-a] ↑

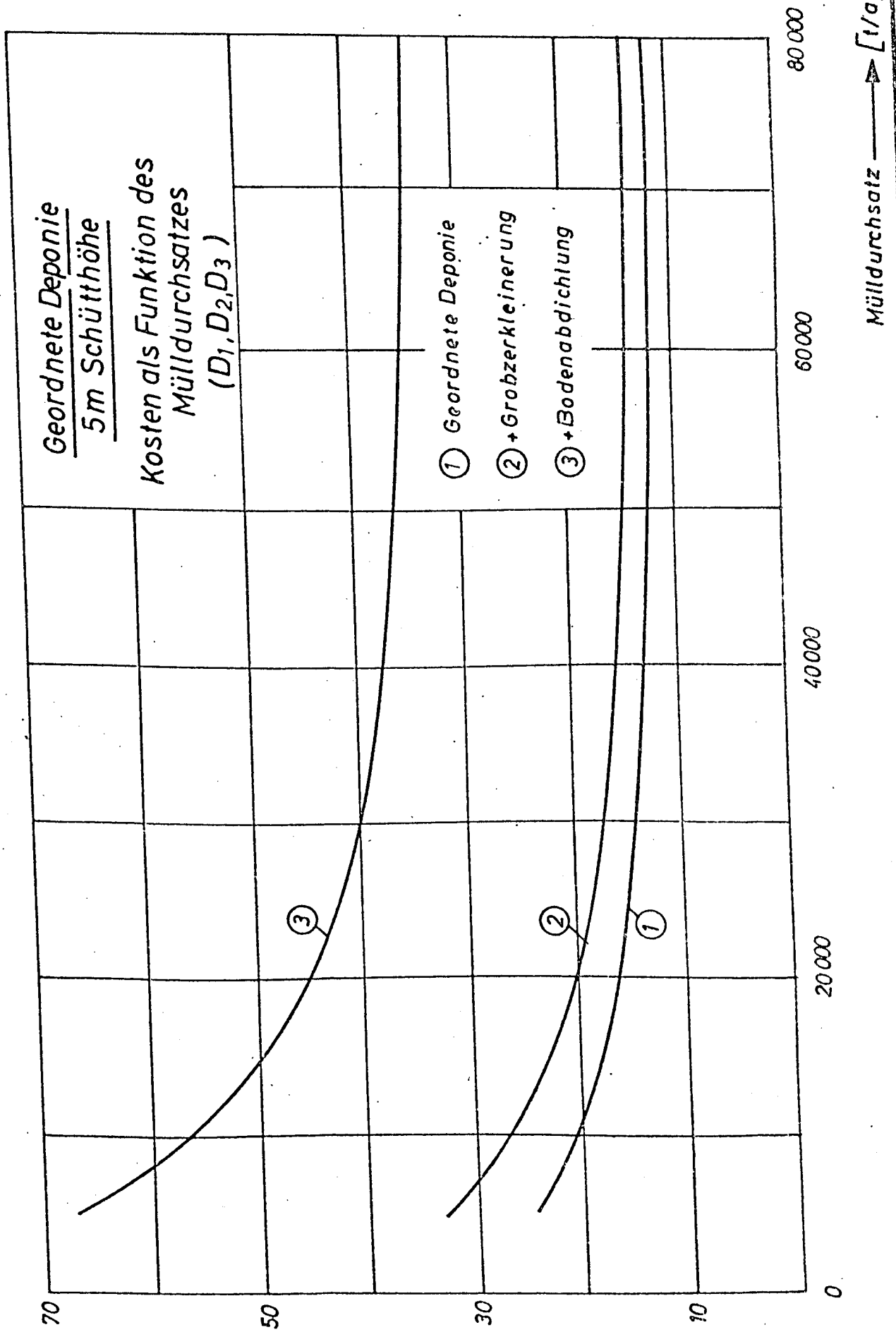
50 000 100 000 150 000 200 000 250 000 300 000

Mülldurchsatz → [t/a]

spez. Investitionsaufwendungen \rightarrow $\left[\frac{DM \cdot a}{t} \right]$



— Abb.19 —



DM

spez. Kosten



70

50

30

10

0

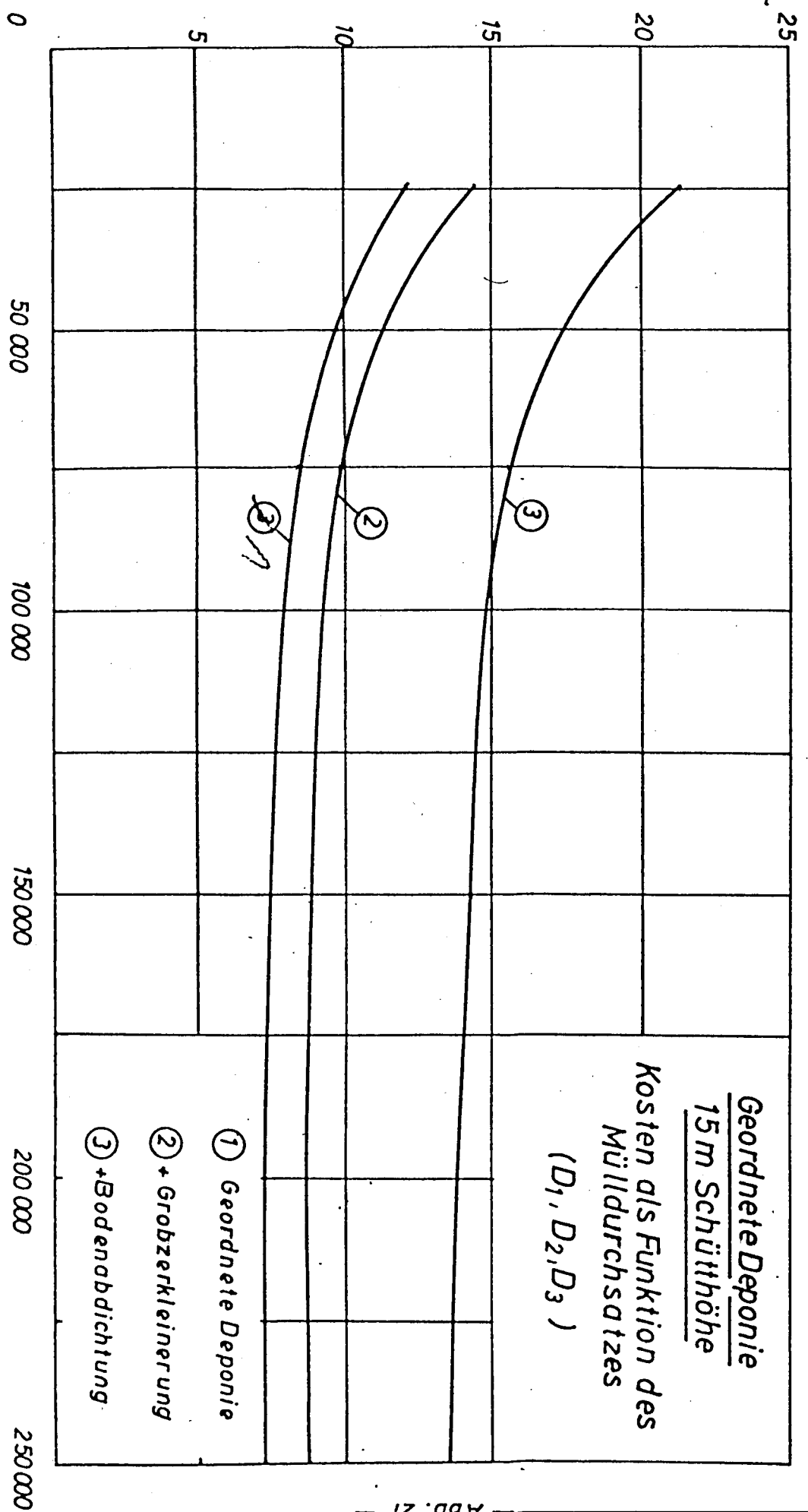
20 000

40 000

60 000

80 000

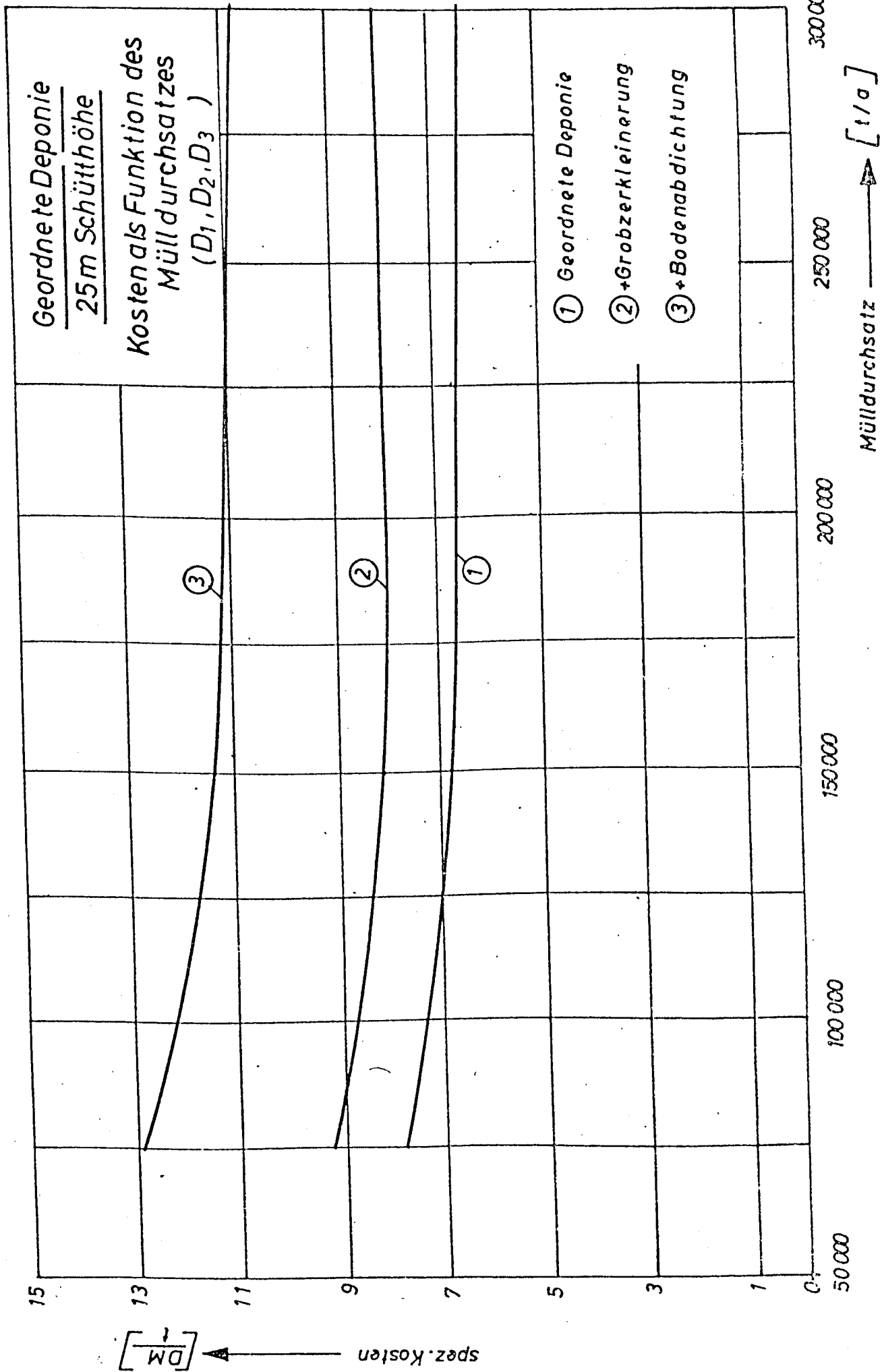
spez. Kosten \rightarrow [DM]



Geordnete Deponie
15m Schütthöhe
 Kosten als Funktion des
 Mülldurchsatzes
 (D₁, D₂, D₃)

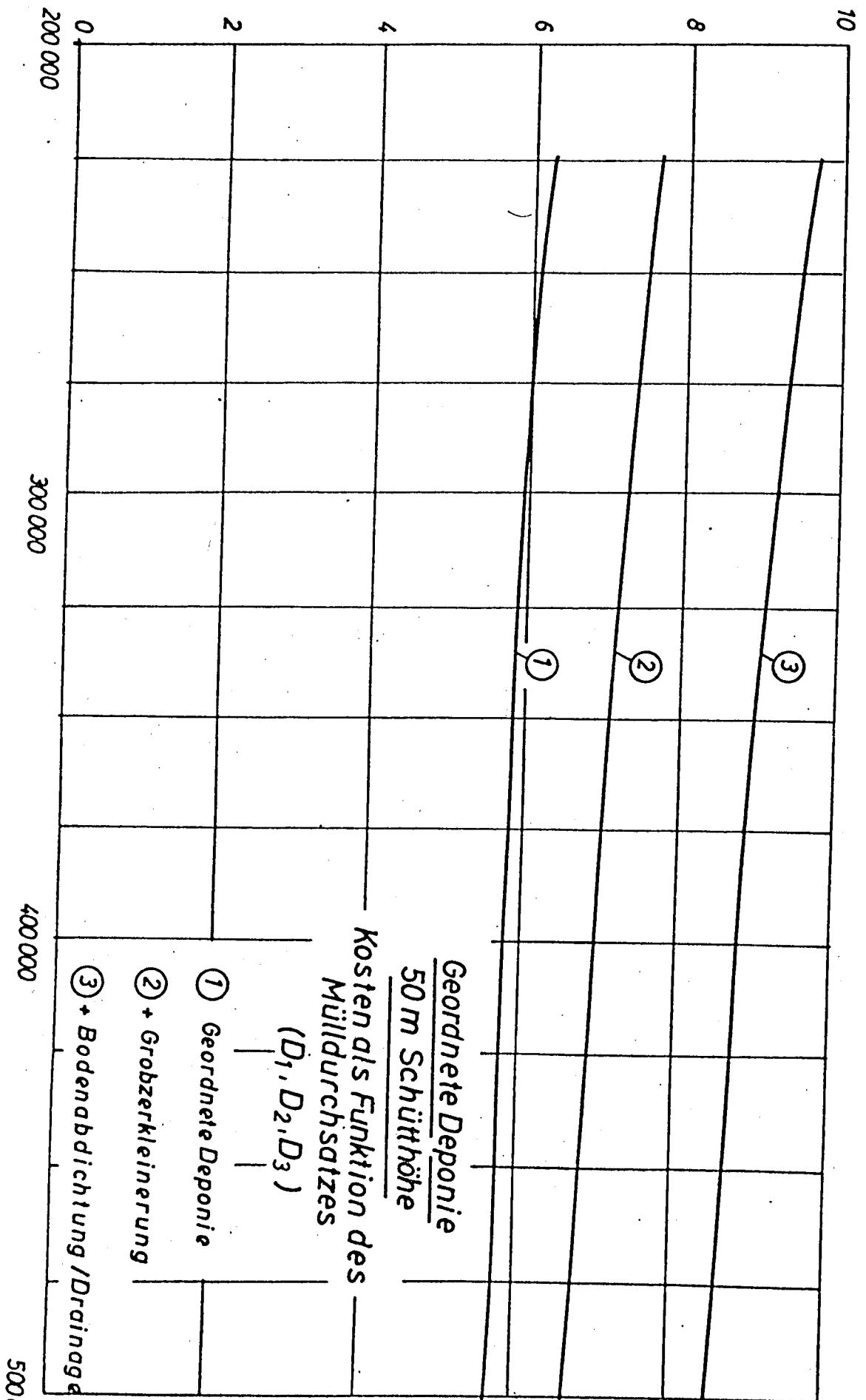
- ① Geordnete Deponie
- ② + Grobzerkleinerung
- ③ + Bodenabdichtung

Mülldurchsatz \rightarrow [t/a]



spez.Kosten

$\left[\frac{DM}{t} \right]$



Geordnete Deponie
50 m Schütthöhe

Kosten als Funktion des Mülldurchsatzes

(D_1, D_2, D_3)

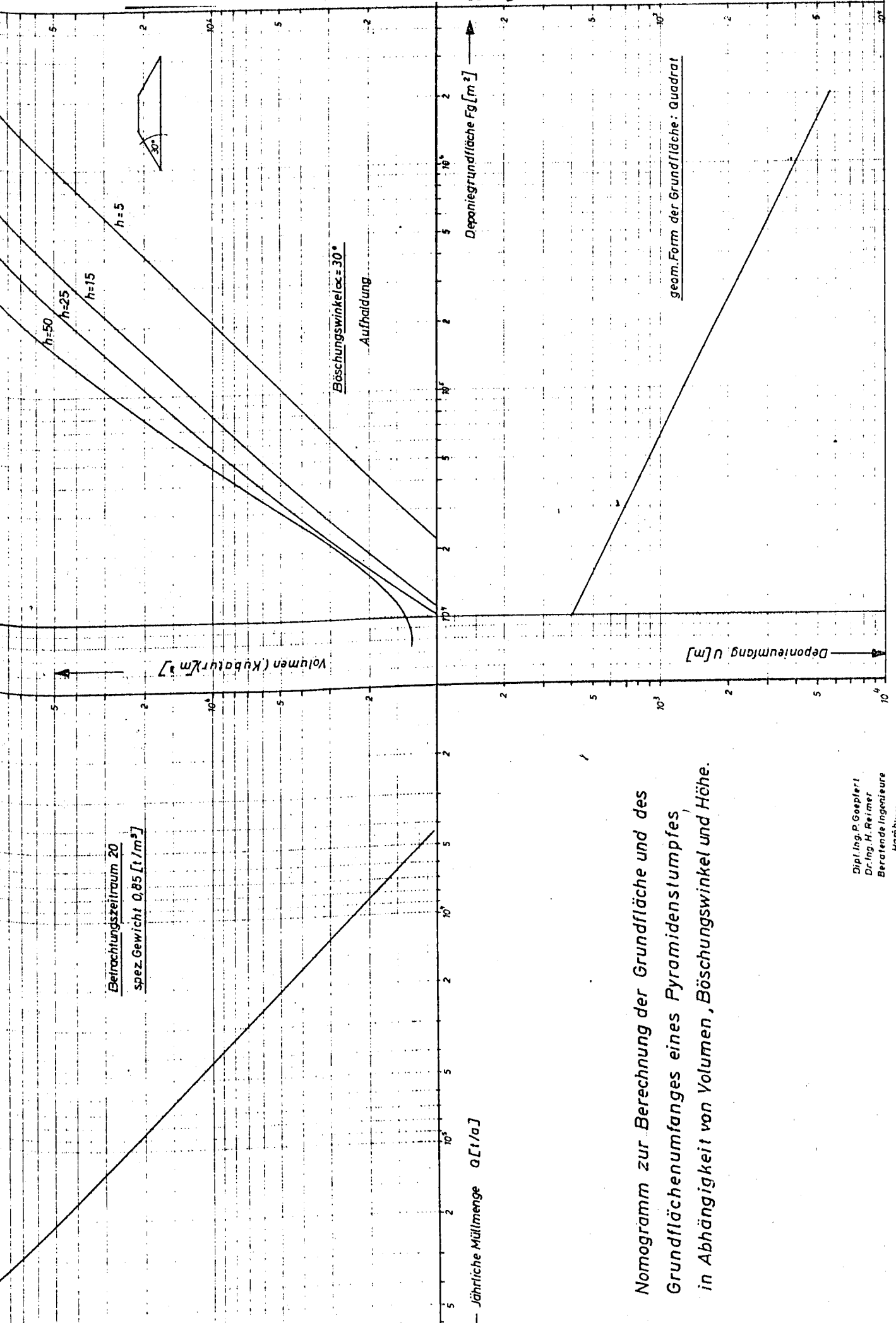
① Geordnete Deponie

② + Grobzerkleinerung

③ + Bodenabdichtung / Drainage

Mülldurchsatz

$[t/a]$



Nomogramm zur Berechnung der Grundfläche und des Grundflächenumfanges eines Pyramidenstumpfes, in Abhängigkeit von Volumen, Böschungswinkel und Höhe.

Literaturverzeichnis

- [1] Entwurf eines Gesetzes über die Beseitigung von Abfallstoffen.
Drucksache 24/71 vom 12.1.1971
Verlag Dr. H Heger, 53 Bonn - Bad Godesberg 1
- [2] Battelle Institut e.V., Frankfurt
Gutachten für die Auskunfts- und Beratungsstelle Müll des Siedlungsverbandes Ruhrkohlenbezirk, Essen, Leistung und Kosten von Sammel- und Transportsystemen für das Planungsinstrument zur regionalen Abfallbeseitigung. Oktober 1971
- [3] H. Orth und R.A. Riedlinger
Kommunalwirtschaftliche Bedeutung der Abfallbeseitigung insbesondere durch Müllverbrennung
Müll und Abfall, 3. Jahrgang (1971) Heft 5
E. Schmidt-Verlag, Berlin.
- [4] J.D. Schmitt-Tegge
Kostenstrukturanalyse und Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen bei verschiedenen Verfahren zur Beseitigung kommunaler Abfälle.
Schriftenreihe des Deutschen Arbeitskreises für Wasserforschung, Heft 7,
E. Schmidt-Verlag, Berlin.
- [5] Autorengemeinschaft Dipl.-Ing. Schenkel und Mitarbeiter bei der ABM, Essen
Der Grad der Volumensreduktion als Vergleichsmaßstab der Beseitigung fester Abfallstoffe.
Müll und Abfall, 1. Jahrgang (1969) Heft 3
E. Schmidt-Verlag, Berlin.

- [6] Betriebsabrechnung für die "Straßenreinigung" und die
"Müllbeseitigung",
Erfahrungsbericht der Stadt Datteln (37.000 E)
Rundschreiben Nr. 31/1968 Az. 707011,
Kommunale Gemeinschaftsstelle für Verwaltungsvereinfachung (KGST), Köln - Marienburg.
- [7] D. Stickelberger
Vergleichbare Kostenermittlung auf dem Gebiet der
Müllbehandlung
Sonderdruck Nr. 399, EAWAG.
Dübendorf - Zürich, Schweiz.
- [8] Dipl.-Ing. Goepfert, Dr. Ing. Reimer, Hamburg
Kostenindices für Abfallbeseitigungsanlagen,
Im Auftrage der Auskunfts- und Beratungsstelle Müll
des Siedlungsverbandes Ruhrkohlenbezirk im Mai 1971.
- [9] Auskunfts- und Beratungsstelle Müll des Siedlungs-
verbandes Ruhrkohlenbezirk, Essen
Untersuchung über die zukünftige Abfallbeseitigung
im Ruhrgebiet
Schriftenreihe des SVR, Essen, Heft 43.
- [10] B. Jäger, Mannheim
Bau- und Betriebskosten von Abfallbeseitigungsanlagen
Müll und Abfall, Heft 2, 1971
E. Schmidt-Verlag, Berlin.
- [11] W. Dunz
Planung kleiner und mittelgroßer Deponien
Müll und Abfall, Heft 1, 1971
E. Schmidt-Verlag, Berlin

Harald Supersperg

Landwirtschaftliche Schlammverwertung

Für eine klaglose landwirtschaftliche Schlammverwertung auf lange Sicht müssen folgende Voraussetzungen bzw. Bedingungen gegeben oder erfüllt sein:

1. In wirtschaftlich tragbarer Entfernung von der Kläranlage muß eine genügend große landwirtschaftlich genutzte Fläche zur Verfügung stehen.
2. Der für eine landwirtschaftliche Verwertung vorgesehene Schlamm darf Schadstoffe nicht in solchen Konzentrationen aufweisen, daß es zu einer nachhaltigen Schädigung des Bodenzustandes oder der Nutzpflanzen führen kann.
3. Bei größerem Schlammanfall muß dessen Transport und Verteilung zufriedenstellend gelöst werden.
4. Im Interesse der Gesundheit von Mensch und Tier, höherer Ansprüche an landwirtschaftlichen Produkte und an die Umwelt ganz allgemein muß den hygienischen Forderungen entsprechend Rechnung getragen werden.

Der Flächenbedarf für eine landwirtschaftliche Schlammverwertung hängt im wesentlichen vom jeweiligen Standort, der Nutzungsart und der Fruchtart ab. Der Flächenbedarf wird daher innerhalb gewisser Grenzen schwanken.

IMHOFF (1966) gibt in einem Vergleich den Flächenbedarf für Trockenbeete, Schlammteiche und nasse Schlammabfuhr (Verwertung) mit 1:2:70 an. Nimmt man z.B. die jährliche Faulschlammmenge von 10.000 Einwohnern mit rund 3.500 m³ an, so ergeben sich rd. 24,5 ha als erforderliche Fläche für eine nasse Abfuhr. Beim Niersverband (Jahresbericht 1968) werden die Ackerflächen in einem dreijährlichen Turnus mit rd. 400m³/ha beschlammte. Die erforderliche Fläche beträgt dafür 26,2 ha. Ebenfalls beim Niersverband werden auf Grünland jährlich 200 m³/ha aufgebracht. Der Flächenbedarf macht in diesem Fall nur 17,5 ha aus.

STONE gibt die erforderliche Fläche für 10.000 Einwohner mit 19 ha, JENKINS mit 22 ha (Lehr- und Handbuch der Abwassertechnik, Bd. III, 1969) an.

Als Richtwert für den Flächenbedarf einer landwirtschaftlichen Naßschlammverwertung können daher 25 ha für jeweils 10.000 Einwohner angenommen werden.

Etwas geringer ist der Flächenbedarf bei der Verwertung von stichfesten Faulschlämmen von Trockenbeeten. HUSEMANN (1970a) hält Gaben von 500 dz/ha Trockenmasse für zweckmäßig. Unter Zugrundelegung eines dreijährlichen Turnusses sind daher rd. 18,1 ha erforderlich. Als Richtwert sind in diesem Fall etwa 20 ha für jeweils 10.000 Einwohner zu empfehlen.

Die Auswirkungen eines Abwasserschlammes auf den Bodenzustand und die Nutzpflanzen hängen im wesentlichen von dessen Inhaltsstoffen ab, die je nach Herkunft und Behandlungsart ziemlich unterschiedlich sein können.

Abwasserschlämme enthalten neben den für die Landwirtschaft günstig zu beurteilenden Stoffen wie organische Substanz, Pflanzennährstoffen, Calcium- und Magnesiumverbindungen und verschiedenen Spurenelementen, eine Reihe anderer Stoffe, die sich teils indifferent und teils bei höheren Konzentrationen als schädlich erweisen können.

Alle Stoffe, die sonst im Boden in geringen Mengen vorkommen, wie Aluminium, Eisen, Silizium, Natrium und Chlor beeinflussen den landwirtschaftlichen Wert des Schlammes nicht wesentlich. Höhere Konzentrationen von Natrium und Chlor sind jedoch zweifellos von Nachteil.

Schädlich können sich auch höhere Gehalte an Metallen wie Zink, Blei, Kupfer, Kadmium, Chrom, Nickel und Quecksilber auswirken, da es bei dauernder Zufuhr von Schlämmen mit höheren Metallgehalten im Boden zu einer Anreicherung kommen kann. Mit der Zeit wird dadurch für die Pflanzen die Schädlichkeitsgrenze erreicht, deren Höhe allerdings noch nicht eindeutig geklärt ist. Es bleibt auch noch zu prüfen, welche Schwermetallkonzentrationen in den Pflanzen für Mensch und Tier toxisch wirken bzw. welche Grenzen eingehalten werden müssen (Lehr- und Handbuch der Abwassertechnik, Bd. III, 1969).

SCHÄFER (1969) untersuchte diese Frage beim Niersverband im Rahmen eines zweijährigen Feldversuches mit flüssigem Faulschlamm, der zu mehr als 3/4 aus industriellem Abwasser von Textilfabriken, Färbereien und

Gerbereien stammte. Im wesentlichen fand er keine schädigende Wirkung der Schwermetalle. Es stieg zwar im Anwendungsjahr der Schwermetallgehalt in der Pflanzenmasse an, im Folgejahr lagen die entsprechenden Werte aber nur mehr unbedeutend über jenen der mineralisch gedüngten Vergleichsflächen. Bemerkenswert ist auch die Erkenntnis, daß bei höheren Bodenreaktionen die Schwermetallaufnahme der Pflanzen verringert wurde. Die pH-Werte der Versuchsfläche lagen zwischen 4,9 und 6,1, also relativ niedrig.

Diese Versuche erlauben daher den Schluß, daß bei einer dosierten Anwendung von Schlämmen aus überwiegend häuslichem Abwasser eine kritische Anreicherung an Schwermetallen in absehbarer Zeit nicht zu befürchten ist.

Eine zeitweilige Beeinträchtigung des Pflanzenwachstums kann auch durch höhere Gehalte an Mineralölen, Teerprodukten und Detergentien hervorgerufen werden. Diese Schadstoffe werden aber im Boden durch Mikroorganismen bald abgebaut.

Neben den bisher genannten Stoffen enthält ein Abwasserschlamm aber auch pathogene Keime, Parasiten und dgl. Als besonders gefährlich gelten Wurmeier, Salmonellen und Viren. Bei einer landwirtschaftlichen Schlammverwertung ist dies zu berücksichtigen. Es sind die notwendigen hygienischen Schutzmaßnahmen zu treffen, worauf im letzten Abschnitt etwas näher eingegangen werden darf.

Der landwirtschaftliche Nutzwert von Abwasserschlämmen wurde in der letzten Zeit in einer Reihe von Gefäß- und Feldversuchen überprüft. Obwohl die Stickstoff- und Phosphorgehalte in Abwasserschlämmen erhebliche Mengen ausmachen können, wie Tab. 1 zeigt, steht die reine Düngerwirkung heute nicht mehr im Mittelpunkt der Betrachtungen. Der organischen Substanz wird zunehmend eine wesentliche Bedeutung als Bodenverbesserungsmittel beigemessen. Dies wurde von SAXEN (1965) auf sandigen Böden nachgewiesen. Die Erhöhung der Sorptionskapazität ist dabei im wesentlichen auf eine Humusanreicherung in der Krume zurückzuführen, was auch von BARTELS (1966) und SCHÄFER (1967) gefunden wurde. SCHÄFER (1967) kommt allerdings zu dem Schluß, daß die chemischen und physikalischen Eigenschaften eines Bodens nach einer Beschlämmung nur kurzzeitig verbessert werden. Auch wegen der nachlassenden Düngewirkung ist daher eine wiederholte Beschlämmung im drei- bis vierjährigen

Tab. 1 Nährstoffe in Abwasserschlämmen

Autor	Schlammart	H ₂ O	org.	Nährstoffgehalte in				C-Geh.	C/N-
		Gehalt	Substanz	% d.Tr.S.				in %	Verh.
		%	% d.Tr.S	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	d.Tr.S	
WESCHE (1966)	Klärschlamm von Trocken- beeten	55,3	32,0	1,96	2,43	0,24	9,00	18,6	9,5
WESCHE (1966)	Faulschlamm, flüssig	92,8	60,8	3,22	1,60	0,25	9,42	35,4	11,0
TIETJEN (1965)	Faulschlamm, flüssig Anhaltswerte	95	-	3,5	3,0	0,5	3,0	-	-
WESCHE (1966)	Faulschlamm von Trocken- beeten	71,5	44,7	2,58	2,44	0,26	11,35	26,0	10,0
TIETJEN (1965)	Faulschlamm von Trocken- beeten Anhaltswerte	70	-	2,3	2,5	0,3	2,8	-	-
Eigene Untersuchungen									
Faulschlamm, Max.		98,5	63,5	8,45	3,27	0,48	3,56	36,9	6,62
flüssig	Mittel	97,3	51,2	6,3	2,98	0,47	2,60	29,7	4,90
KA. Baden	Min.	94,7	36,6	3,4	2,6	0,44	2,03	21,3	3,13
Aerob stabilisierter Naßschlamm,									
KA. Blumental		98,9	31,8	0,64	3,30	0,57	1,75	18,5	28,9
KA. Neusiedl/See*		88,4	32,8	0,56	0,28	0,20	1,08	19,1	34,0

* aus Schlammsilo

Turnus notwendig. Trotz dieser Einschränkung kann aber die landwirtschaftliche Schlammverwertung, insbesondere bei viehlosen Betrieben, einen erheblichen Beitrag für eine geregelte Humuswirtschaft leisten.

Die Nährstoffwirkung der Abwasserschlämme ist weitgehend abhängig von der Art und Lagerungszeit des Schlammes. Wegen des geringen Kaligehaltes aller Schlammarten (vergl. Tab.1) ist eine Kalizusatzdüngung notwendig. Für den Faulschlamm aus Baden ergibt sich das Nährstoffverhältnis $N : P : K = 1 : 0,5 : 0,08$. Berücksichtigt man, daß von den Gesamtnährstoffgehalten nur ein Teil pflanzenverfügbar ist, dann verschlechtert sich dieses Nährstoffverhältnis sogar noch weiter.

BUCK (1954) untersuchte auf einem Lehm die N- und P-Ausnutzung in % des Gesamtgehaltes eines Faulschlammes für die Fruchtfolge Zückerribe, Gerste und Futterraps. Die N-Ausnutzung betrug bei der niedrigen Schlammgabe 27 % bei der hohen Schlammgabe 21 %. Die P-Ausnutzung lag bei 11 % bzw. 8 %. Legt man diese Ausnutzungswerte zugrunde, dann ergibt sich für den Badener Schlamm das Nährstoffverhältnis $N : P : K = 1,0 : 0,2 : 0,08$. In Österreich wird derzeit bei einer Handelsdüngung das optimale Nährstoffverhältnis mit $1 : 0,7 : 1,5$ (Mitteilung der österr. Düngerberatungsstelle) angegeben. Demgemäß wäre allenfalls auch eine Phosphatzusatzdüngung in Erwägung zu ziehen.

HUSEMANN und NITSCHKE (1970) fanden auf einem Sandboden, daß flüssiger Faulschlamm bessere Erträge zur Folge hatte als Faulschlamm von Trockenbeeten. Die beste Ertragsleistung lieferte die gemeinsame Anwendung von Faulschlamm und Mineraldüngung. Bei den beschlammten Vergleichsflächen wurden im zweiten und dritten Jahr noch beachtliche Nachwirkungen festgestellt. HUSEMANN (1970b) berichtet auch über sehr günstige Ergebnisse einer langjährigen Faulschlammverwertung auf Schotterböden des Münchner Stadtgutes Dietersheim. BARTELS (1966) und SCHÄFER (1967) fanden ebenfalls bei ihren Feldversuchen auf Sandboden und auf lehmigem Auboden bei Hackfrüchten, Getreide und Grünland, daß eine Beschlämmung mit K_2O -Zusatzdüngung im Vergleich zu einer Handelsdüngung annähernd gleichwertige Ergebnisse lieferte.

Auf leichten bis mittelschweren Böden wurden darüber hinaus noch eine Reihe weiterer Feldversuche angestellt (MÖHLER, 1968).

Über die Auswirkung einer Beschlämmung von mittelschweren bis schweren Böden ist dagegen noch weniger bekannt. Dies veranlaßte die Stadt Wien, MA 30, Feldversuche mit Faulschlamm durchzuführen. Als Versuchsfläche wurde eine rd. 3,5 ha große Fläche südlich von Laxenburg vom Land-

wirtschaftsbetrieb der Stadt Wien zur Verfügung gestellt. Bei der Bodenaufnahme wurden vier Bodenformen ausgeschieden. Die Bodenarten der Krume reichen von schluffigem Ton bis sandigem Lehm mit einem Schluff- und Roh-tonanteil von 90,4 bis 68,7 %. Die Böden haben eine hohe Sorptionskapazität, eine schlechte Wasserleitfähigkeit und sind dicht bis sehr dicht gelagert, weshalb Infiltrationen ins Grundwasser infolge der Beschlämmung weitgehend ausgeschlossen erscheinen. Diese Frage soll nach dem letzten Feldversuch im Rahmen der bodenphysikalischen Abschlußuntersuchung noch eingehend überprüft werden. Vor der ersten Schlammgabe waren die Böden gut mit N und K versorgt. Bei Phosphat bestand ein gewisser Mangel.

Das Versuchsprogramm wurde so festgelegt, das auf Grund der Ergebnisse Rückschlüsse auf den optimalen Beschlämmungsturnus und die zweckmäßige Höhe einer Einzelschlammgabe auf den H-Parzellen und die Wirkung von Schlammgaben als Kopfdüngung auf den F-Parzellen gezogen werden können. Auf den H-Parzellen wurden Schlammgaben von 40 und 60 mm bzw. 400 und 600 m³/ha mit und ohne Kalizusatzdüngung von 280 bzw. 420 dz/ha K₂O jeweils im Herbst im jährlichen bis vierjährigen Turnus vorgesehen. Für die F-Parzellen wurden 40 mm Schlamm- und Wassergaben mit und ohne Kalizusatzdüngung (280 dz/ha K₂O) für Hackfrüchte und rd. 25 bis 30 mm für Getreide gewählt. Die bisher durchgeführten Düngungsmaßnahmen sind in Abb. 1, dem Lage- und Bodenplan der Versuchsfläche, in der jeweiligen Behandlungsparzelle eingetragen. Als Vergleichsfläche wurde rechts (H/O) und links (F/O) der zur Beschlämmung vorgesehenen Parzellen ein ortsüblich handelsgedüngter Streifen herangezogen.

Der ausgefaulte Schlamm wurde von der mechanisch-biologischen (Belebungsanlage) Kläranlage der Stadt Baden mit Senkgrubenwagen von 5 bis 8 m³ Inhalt angefahren, durch Schnellkupplungsrohre gepumpt und durch einen Gülleregner mit Sektorschaltung auf der Versuchsfläche verregnet.

In Tab. 2 sind die Nährstoffgaben auf die handelsgedüngten Flächen im einzelnen und die Nährstoffgaben durch die Beschlämmung auf zwei Jahresblöcke mit und ohne Kalizusatzdüngung in Summe zusammengestellt.

BA 0 1 2 3 4 4 3 2 1 0

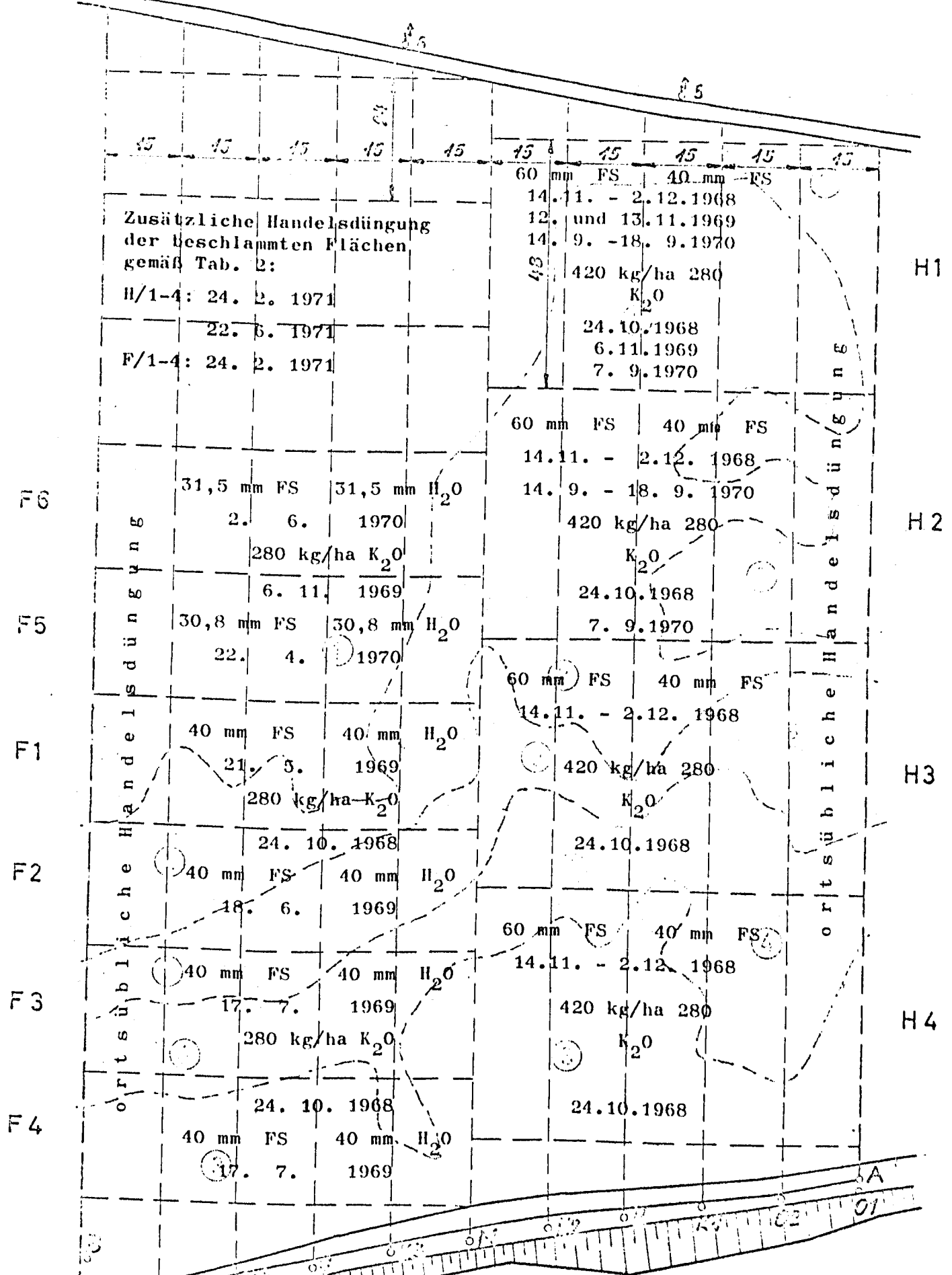


Abb. 1 Lage- und Bodenplan mit Parzelleneinteilung und durchgeführten Düngungsmaßnahmen
 M = 1 : 1.000

Tab. 2 Reinnährstoffgaben durch die Handelsdüngung und Nährstoffgaben durch die Beschlämmung von H 1 und H 3

Parz.Nr.	Datum	N	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O	Org.Subst.	Fruchtart
	12. 2.1969	104	135	270	-	
F/0	15. 5.1969	104	-	-	-	Zuckerrübe
und	17. 3.1970	39	105	150	-	Sommergerste
H/0	24. 2.1971 ¹⁾	78	105	250	-	Erbse/
	22. 6.1971 ¹⁾	39	35	60	-	Brechbohne
	Summe	364	380	730	-	
H1/1,(2)	18.11.1968	1.800	714	118 (958)	13.080	
H1/(3),4	12.11.1969					
	14. 9.1970	2.700	1.067 (1.436)	176	19.630	
H3/1,(2)		680	255	47 (327)	3.660	
H3/(3),4	25.11.1968	1.020	382	490 (70)	5.490	

1) zusätzlich auf alle beschlämmten H-Parzellen

Vor der Erörterung der Auswirkungen der Beschlämmung auf den Bodenchemismus und die Erträge einzelner Behandlungsvarianten, darf an Hand der monatlichen Niederschlagssummen, die in Abb. 2 mit dem jeweiligen 60-jähr. Mittelwert verglichen sind, der Witterungsverlauf während der drei-Versuchsjahre kurz umrissen werden.

Die Versuchsfläche liegt im pannonisch beeinflussten Klimagebiet mit einem Jahresniederschlagsmittel von 570 mm und einem Temperaturmittel von 9,8 °C.

Die Winterperiode 1968/69 war sehr trocken, während die Niederschläge während der Vegetation zwar über dem langjährigen Mittel lagen, aber sehr ungleich verteilt waren. Die Zuckerrüben wurden nicht beregnet.

Die Winterperiode 1969/70 war dagegen sehr feucht. Während der Vegetationsperiode 1970 lagen die Niederschläge auf der Höhe des langjährigen Mittelwertes, sie fielen aber ungleich verteilt. Für die Gerstenernte und den -ertrag waren insbesondere die Niederschläge im Juli

ungünstig, da diese zu einer Lagerung des Getreides führten.

In der Winterperiode 1970/71 lag die Niederschlagssumme bei schlechter Verteilung über dem Mittelwert. Während der Vegetationsperiode 1971 fielen nur im Juni höhere Niederschläge sonst blieben sie weit unter den Monatsmittelwerten. Besonders kritisch war die Situation im Juli und August. Infolge der geringen Niederschläge wurden die Erbsen zweimal und die Bohnen fünfmal mit jeweils 25 mm beregnet. Die Regengaben

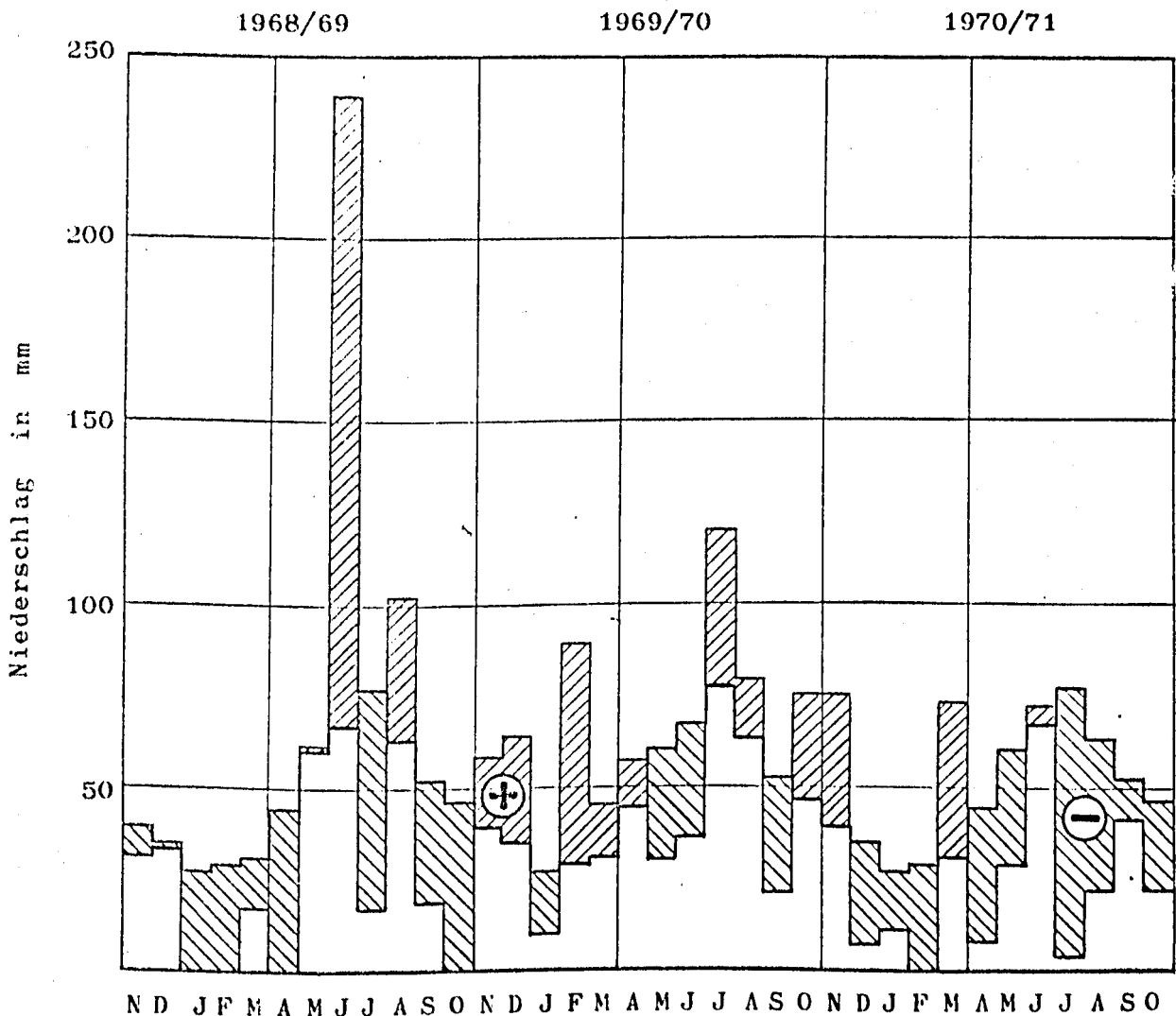


Abb. 2 Monatliche Niederschlagssummen im Vergleich mit den 60-jähr. Mittelwerten.

machten in Summe 175 mm aus.

Um den Einfluß der Beschlämmung auf den Bodenchemismus feststellen zu

können, wurden jeweils am Anfang der Vegetationsperioden und nach den Versuchsernten Bodenproben von allen Behandlungspartellen aus zwei Boden-

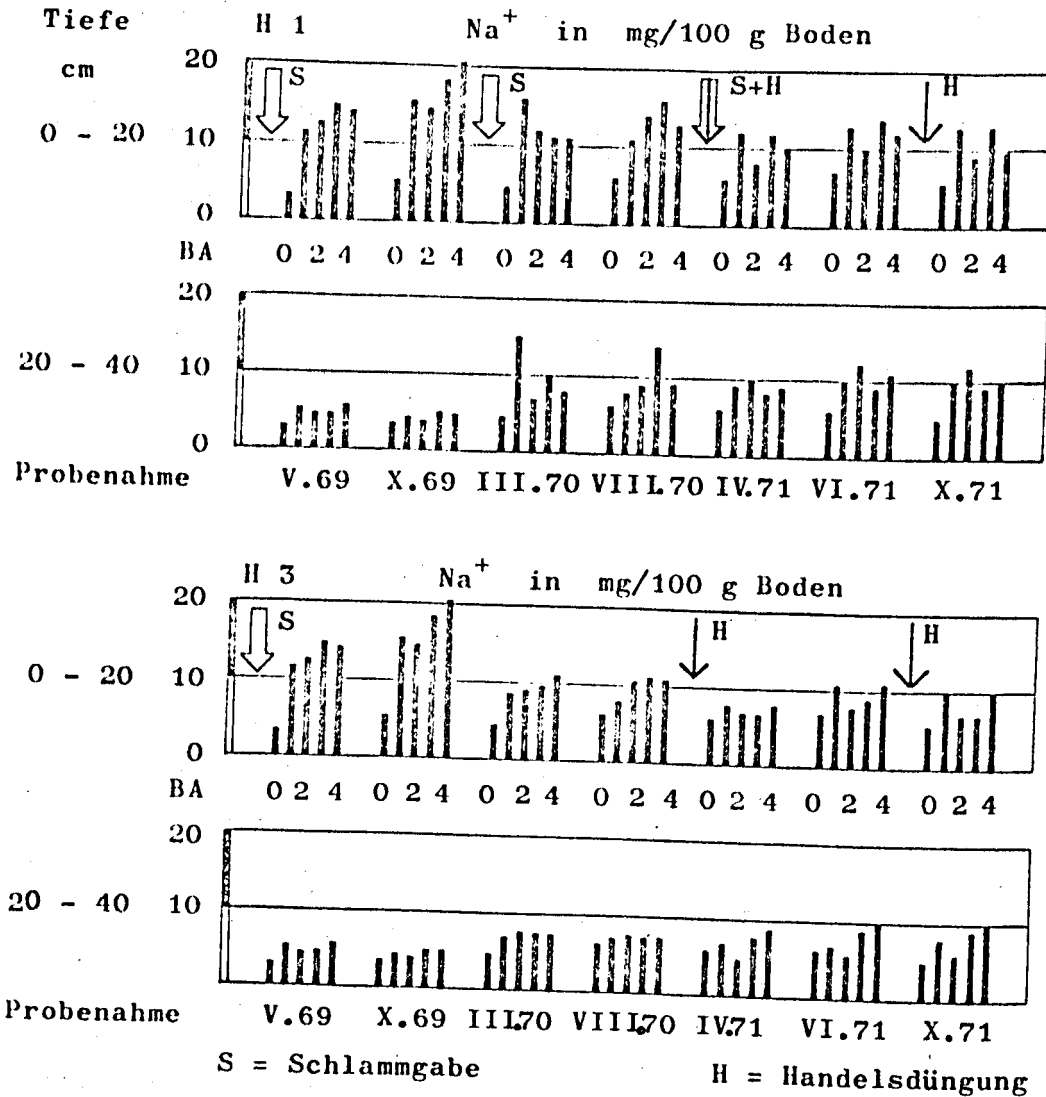


Abb. 3 Acetatlösliche Na⁺-Gehalte der einzelnen Behandlungsarten der Jahresblöcke H1 und H3

schichten entnommen und im Labor auf ihren pH, ihre Leitfähigkeit, ihren Gehalt an Pflanzennährstoffen, Alkalien, Erdalkalien, Eisen und Mangan untersucht. Von allen untersuchten Größen zeigten sich im Verlaufe der drei Versuchsjahre bisher nur beim Na-Gehalt und bei den Pflanzennährstoffen beschlammungsbedingte Unterschiede.

In Abb. 3 sind die Natriumgehalte zwischen 0 und 20 cm und 20 und 40 cm Bodentiefe aller Behandlungsvarianten der Jahresblöcke H1 und H3 zusammengestellt.

Nach der ersten Schlammgabe zeigte sich in der oberen Bodenschichte eine deutliche Erhöhung des Natriumgehaltes der beschlammten gegenüber den handelsgedüngten Parzellen. Der erreichte Maximalwert von 20,3 mg/100 g Boden zwischen 0 und 20 cm entspricht etwa 1,5 % des Na-Sättigungsgrades. Die Na-Anreicherung hat aber weder zu einer ungünstigen Verschiebung der Nährstoffrelation noch zu einer feststellbaren Strukturverschlechterung geführt. Durch zwei weitere Schlammgaben auf H1/1-4 wurden in der oberen Bodenschichte die Na-Gehalte absolut nicht weiter erhöht. Die Natriumgehalte zeigten eher eine leicht rückläufige Tendenz, was im wesentlichen auf die Niederschläge in den Winterperioden 1969/70 und 1970/71 zurückzuführen ist. Das Natrium wurde in tiefere Bodenschichten verfrachtet, was durch die höheren Na-Gehalte zwischen 20 und 40 cm bewiesen wird. Insgesamt liegen die Natriumgehalte auf den dreimal beschlammten Parzellen von H1 nur geringfügig über den nur einmal beschlammten auf H3.

Sehr interessant ist auch ein Vergleich der Nährstoffgehalte, ausgedrückt als Gesamtstickstoff, acetatlösliches P_2O_5 und acetatlösliches K_2O , der einzelnen Behandlungsvarianten des Jahresblockes H1 und jener des Jahresblockes H3. Auf den bisher dreimal beschlammten Parzellen von H1 stiegen die N-Gehalte in beiden Bodenschichten an, während diese auf den nur einmal beschlammten Parzellen von H3 sich nur geringfügig veränderten. In beiden Fällen zeigte sich der Einfluß der Handelsdüngung am 24.2.1971.

Beim acetatlöslichen P_2O_5 , das annähernd dem pflanzenverfügbaren gleichgesetzt werden kann, war auf den beschlammten Parzellen von H1 trotz erheblicher Phosphatzufuhr durch die drei Schlammgaben und durch die Handelsdüngung eine erhebliche Abnahme zu erkennen, während dieses auf den nur einmal beschlammten Vergleichsflächen von H3 eine eher steigende Tendenz aufwies. Die geringen verfügbaren Phosphatmengen auf H1 sind auf umfangreiche Phosphatfestlegungen in Form von Kalzium-, Aluminium- und Eisenphosphaten sowie organisch gebundene Phosphate zurückzuführen. Die genannten Elemente sind im Faulschlamm reichlich vorhanden. Bei Flächen, die hoch und in relativ kurzen Abständen beschlammmt werden, ist also tatsächlich eine Phosphatzusatzdüngung empfehlenswert.

Beim acetatlöslichen K_2O kam es sowohl auf H3 als auch auf H1 zu einer leichten Abnahme.

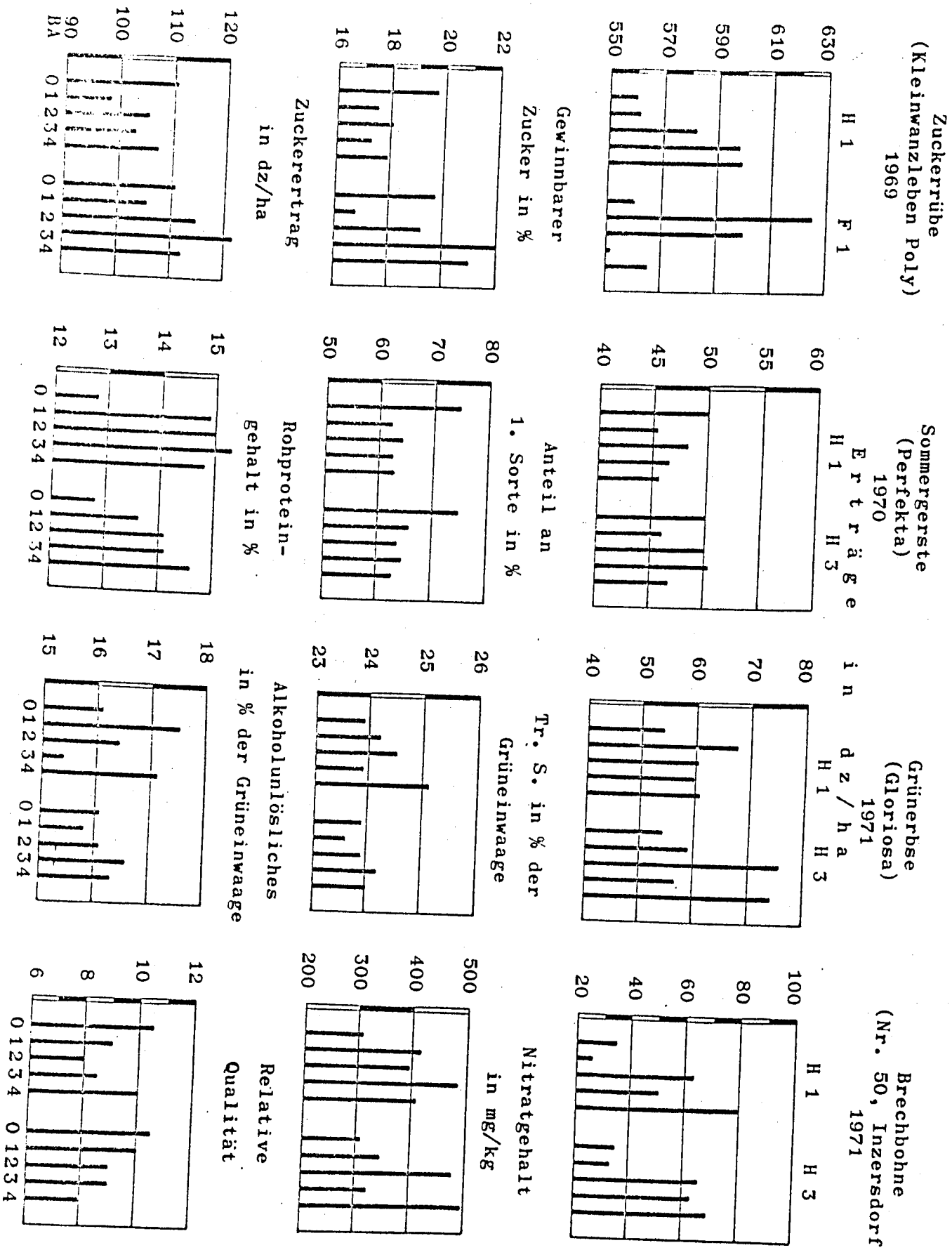


Abb. 4 Erträge und Qualitätsmerkmale der Beschlämmungsversuche in Laxenburg

Auf allen Behandlungsparzellen der Versuchsfläche wurden Ertragsbestimmungen durchgeführt und die Früchte auf ihre Qualität untersucht. In Abb. 4 sind die wesentlichsten Ergebnisse zusammengestellt. Bei den Zuckerrüben wird im ersten Versuchsjahr die Herbstbeschlammung mit einer Frühjahrsbeschlammung, die als Kopfdüngung am 21.5.1969 aufgebracht wurde, verglichen. Bei den folgenden Fruchtarten wurden jeweils die Erträge und wesentliche Qualitätsmerkmale der jährlich beschlammten H1-Parzellen mit jenen der nur einmal beschlammten H3-Parzellen gegenübergestellt.

Der Zuckerrübenertrag wurde durch alle Beschlammungsvarianten gegenüber den handelsgedüngten Vergleichsflächen leicht angehoben. Die Rübenqualität, gemessen am gewinnbaren Zucker und Zuckerertrag, wurde dagegen etwas vermindert. Am besten schnitt die im Mai beschlammte und mit einer K_2O -Zusatzdüngung versehene Parzelle F1/2 ab. Das schlechteste Ergebnis hatte die 40 mm Schlammgabe im Herbst (H1/1) zur Folge.

Im großen und ganzen kann man aber sagen, daß die Ertragsleistung der beschlammten Parzellen jener der handelsgedüngten gleichwertig war. Durch die Beschlammung wird der Ertrag angehoben, gleichzeitig aber die Qualität etwas gesenkt. Durch eine Kalizusatzdüngung wird die Qualitätsverminderung in Grenzen gehalten.

Bei der Sommergerste war das Ergebnis der einmaligen Beschlammung (H3) etwas erfolgreicher als das der zweimaligen (H1). Die Erträge lagen etwas unter jenen der handelsgedüngten Flächen, weil die Niederschläge im Juli auf den stickstoffreichen, beschlammten Parzellen zu einer stärkeren Lagerung des Getreides führten. Durch die Kalizusatzdüngung wurde dieser Effekt genauso gemildert, wie die Zunahme des Rohprotein-gehaltes.

Auch hier sind die Ertragsleistungen der beschlammten und kalizusatzgedüngten Parzellen jenen der handelsgedüngten annähernd gleichwertig, da offenbar infolge des Witterungsverlaufes bei keiner Vergleichsvariante die Qualitätsansprüche an eine Braugerste erfüllt wurden.

Im Februar und Juni 1971 wurden durch ein Versehen der Betriebsleitung entgegen dem Versuchsprogramm alle beschlammten Parzellen gemeinsam mit den übrigen Flächen handelsgedüngt (vergl. Tab. 2).

Bei den Erbsen hatte dies auf allen beschlammten Parzellen einen Mehrertrag zur Folge, wobei nur bei den dreimal beschlammten Parzellen H1/1 und H1/4 größere Qualitätseinbußen durch Erhöhung der Trockensubstanz und des "Alkoholunlöslichen" auftraten. Insgesamt war die einmalige Beschlämmung (H3) der dreimaligen (H1) deutlich überlegen.

Beachtliche Mehrerträge wurden auf den beschlammten Parzellen mit Ausnahme von H1/1 und H3/1 auch bei Brechbohnen erzielt. Wegen der höheren Stickstoffgehalte der beschlammten Parzellen stieg allerdings der Nitratgehalt in den Brechbohnen unterschiedlich hoch an, ohne aber einen kritischen Wert zu erreichen. Die relative Qualität wurde durch die Summe der durch eine Bonitierung des allgemeinen Gesundheitszustandes, der Form der Hülse, der Fleischigkeit, des Reifegrades und der Kochprobe gewonnenen Einzelwerte von 1 bis 5 beurteilt. Die relative Qualität der Brechbohne der beschlammten Parzellen ist gestiegen, da eine kleinere Summe eine höhere Qualität anzeigt. Im übrigen ist die dreimalige Beschlämmung (H1) der einmaligen etwa gleichwertig.

Unter der Voraussetzung, daß im Rahmen einer landwirtschaftlichen Schlammverwertung dem Landwirt der Schlamm kostenlos auf die Felder gebracht wird, können zur Beurteilung des Beschlämmungserfolges zwei Kriterien herangezogen werden. Liegen die Erträge der handelsgedüngten und beschlammten Flächen annähernd gleich hoch, dann kann man die Kosten der Handelsdüngung abzüglich der K_2O -Zusatzdüngung als Erfolg in Rechnung stellen. Werden beschlammte Flächen auch handelsgedüngt, dann ist der Mehrertrag der beschlammten Flächen als Erfolg zu werten. Der Beschlämmungserfolg der Versuche in Laxenburg ist in Tab. 3 zusammengestellt. Bei Zuckerrübe und Sommergerste ergab sich der Beschlämmungserfolg durch die Einsparung der Handelsdünger- und Streukosten auf den beschlammten Parzellen gegenüber den handelsgedüngten Vergleichsflächen. Bei Erbsen und Bohnen wurde wegen der zusätzlichen Handelsdüngung aller beschlammten Parzellen nur der durchschnittliche Mehrertrag der vier Beschlämmungsvarianten der Jahresblöcke H1 und H3 gegenüber den ausschließlich handelsgedüngten Vergleichsflächen in Rechnung gestellt.

Die bisher durchgeführten bodenphysikalischen Untersuchungen beschränkten sich auf die Feststellung des Bodenfeuchteverlaufes und auf Bodenfestigkeitsbestimmungen mit einem Flügelbohrer. Ein Einfluß der Be-

Tab. 3 Fruchtart und mittlerer Beschlämmungserfolg

Jahr	Anzahl der Schlämmgaben	Parz. Nr.	Fruchtart	Erfolg S/ha	Erfolg aufgrund
1961	1	H 1-4	Zuckerrübe	2.500,-	Einsparung bei der Handelsdüng.
1970	1 bzw. 2	H 1-4	Sommergerste	1.000,-	
1971	3	H 1	Erbse/Bohne	7.180,-	mittlerer
	1	H 3	Erbse/Bohne	8.960,-	Mehrerträge

schlämmung konnte noch bei keiner untersuchten Größe festgestellt werden. Eingehende bodenchemische und bodenphysikalische Untersuchungen sollen erst nach der Ernte im fünften Versuchsjahr durchgeführt werden.

Faßt man die bisherigen Versuchsergebnisse zusammen, dann ist eine landwirtschaftliche Verwertung von geeigneten Schlämmen in wirtschaftlich hohen Einzelgaben auch auf schweren Böden möglich. Die Bearbeitungsbehinderungen, die dem Landwirt durch das notwendige Einarbeiten des Schlammes in den Boden erwachsen können, und allfällige Einschränkungen der Fruchtfolge, werden durch den Beschlämmungserfolg zweifellos gedeckt. Der optimale Beschlämmungsturnus dürfte voraussichtlich bei drei bis vier Jahren liegen. Die Höhe einer Schlämmgabe wird je nach dem Ausbringungszeitpunkt und der Fruchtart zwischen 30 und 60 mm bzw. 300 und 600 m³/ha festzulegen sein. Eine Kalizusatzdüngung ist in jedem Fall notwendig. Als Fruchtfolgen kommen in Frage: Hackfrucht, Sommerung, Winterung oder Hackfrucht, Sommerung, Feldgemüse, Winterung. Für die jeweilige Fruchtfolge wird unter Berücksichtigung der Schlämmgabe im ersten Jahr ein Wirtschaftsplan mit einer abgestuften, zweckmäßigen Handelsdüngung im zweiten und dritten bzw. vierten Jahr aufzustellen sein.

Der Schlammtransport und dessen Verteilung auf den Verwertungsflächen bereitet heutzutage technisch keine Schwierigkeiten mehr. Etwas problematischer dürfte allerdings die Wahl des wirtschaftlich günstigsten Verfahrens sein, da dieses von der Art und Menge des anfallenden Schlammes, von der Entfernung zwischen Kläranlage und Verwertungsfläche, von der Kulturart, von der Ausbringungszeit, von der Organisation und von anderen abhängt.

Mechanisch entwässerter Schlamm kann ähnlich wie stichfester Schlamm von Trockenbeeten mit modernen Miststreuern verteilt werden. Infolge der klebrig-plastischen Konsistenz dieser Schlämme wird dieses Verfahren aber nicht sehr geschätzt. Die Streufähigkeit der Schlämme kann durch Ausfrieren während des Winters auf Trockenbeeten oder Deponien verbessert werden. Dazu sind aber relativ große Flächen notwendig, die meistens nicht zur Verfügung stehen. Schlamm von Trockenbeeten wird vielfach auch abgelehnt, weil er meistens stark verunkrautet ist und einen geringeren Stickstoffgehalt aufweist wie etwa flüssiger Faulschlamm (vgl. Tab. 1). Das Ausbringen von stichfesten Schlämmen ist auch sehr arbeitsaufwendig. Auf dem Gut Dietersheim wurde der Arbeitsaufwand für eine Naßschlammverteilung von 1000 m³/ha mit 14 AKh (Arbeitskraft-Stunden) und für das Streuen einer entsprechenden Menge stichfesten Schlammes von einer Deponie mit 93 AKh berechnet (HUSEMANN, 1970b). Trockenschlamm wird daher auf landwirtschaftlich genutzten Flächen schwer unterzubringen sein. Etwas günstiger dürfte der Absatz in Weinbaugebieten sein.

Bei der Planung von Kläranlagen sollte der Schlammabfuhr bzw. Unterbringung von vornherein mehr Beachtung geschenkt werden. Schlamm von Belebungsanlagen trocknet im allgemeinen viel schlechter als Schlamm von mechanischen Anlagen. In der Praxis treten daher bei Belebungsanlagen mit Schlamm-trockenbeeten zunehmend Schwierigkeiten auf, weil der Schlamm auch bei längerer Lagerung nicht genügend trocknet. Sind schließlich die Trockenbeete gefüllt, folgt häufig eine improvisierte, hygienisch bedenkliche Schlammabfuhr. Manchmal wird der Naßschlamm auch kurzerhand in die Vorfluter abgelassen.

Erfolgversprechender als eine landwirtschaftliche Verwertung von Trockenschlamm ist eine Verwertung von Naßschlamm, insbesondere von gut ausgefaultem Naßschlamm. Dies zeigt eine ganze Reihe von Beispielen in Deutschland, England, Schweden und in der Schweiz.

Die günstigste Zeit für die Schlammausbringung liegt zwischen der Getreideernte und dem Wintereinbruch. Bei kleineren Kläranlagen kann dies durch die Errichtung von Schlammsilos berücksichtigt werden. Im Laufe des Herbstes können dann die Landwirte den Naßschlamm mit Jauche- oder Güllefässern von der Kläranlage abholen und auf die Felder fahren.

Falls in unmittelbarer Nähe der Kläranlage größere landwirtschaftlich genutzte Flächen zur Verfügung stehen, kann der Naßschlamm auch durch Schnellkupplungsleitungen unmittelbar auf die Felder gepumpt und verregnet werden. Dieses Verfahren ist dann relativ billig, wenn dazu Beregnungsrohre der Landwirte benützt werden können. Zur Schlammförderung hat sich bei den Versuchen in Laxenburg eine Exzentrerschneckenpumpe ganz gut bewährt.

Bei größeren Kläranlagen wird aber eine möglichst kontinuierliche Schlammabgabe während des ganzen Jahres anzustreben sein, wenn keine Möglichkeit besteht, den Naßschlamm über längere Perioden zu speichern. In diesem Fall sind die organisatorischen Probleme ungleich schwieriger zu lösen als der Transport. In einem reinen Ackerbaugebiet wird es sehr schwer sein, im Juni und Juli genügend Beschlämmungsflächen zu finden. Gegebenenfalls kann während dieser Zeit auf Flächen ausgewichen werden, die rekultiviert oder begrünt werden sollen. Als Ausweichflächen könnten gegen eine Ablöse auch Brachen herangezogen werden. Stehen im Beschlämmungsgebiet Wiesen oder Weiden zur Verfügung, dann sind diese während der Sommermonate zur Beschlämmung heranzuziehen, was z.B. beim Niersverband seit 1960 mit Erfolg geschieht. Gewisse Schwierigkeiten für eine kontinuierliche Schlammabgabe können sich auch während der Wintermonate durch schwierige Wegverhältnisse ergeben.

Ob die Sicherstellung der Schlammabnahme besser durch Verträge mit einer Schlammverwertungsgenossenschaft wie zwischen der Stadt München und der Ödlandgenossenschaft Garching (KARNOVSKY, 1966) oder nach dem Prinzip von Angebot und Nachfrage wie beim Niersverband geregelt wird, muß im Einzelfall entschieden werden. Beide Möglichkeiten bieten da oder dort Vorteile. Bei Verträgen mit Verwertungsgenossenschaften wird sich ein Kommunalunternehmen vor unberechtigten Nachtragsforderungen der Vertragspartner schützen müssen, worin aber schon der Keim für ein gewisses Mißtrauen liegen könnte. Wird der Schlamm nach Angebot und Nachfrage abgegeben, dann muß der Klärwerksbetrieb die Naßabfuhr und die Schlammverteilung selbst durchführen.

Der Schlammtransport von der Kläranlage in das Verwertungsgebiet kann durch Tankwagen oder durch Schlammdruckleitungen erfolgen.

Bei der Kläranlage Maple Lodge in West-Hertfordshire sind Tankwagen mit 4,5 m³ Inhalt im Einsatz, die den ausgefaulten Naßschlamm von der Klär-

anlage unmittelbar auf die Felder fahren und über Prallteller verteilen (IMHOFF, 1966). Beim Niersverband werden Tank-Sattelschlepper mit 19 m³ Inhalt verwendet. Diese schweren Fahrzeuge bleiben normalerweise auf Straßen oder befestigten Wegen. Der Naßschlamm wird durch einen Kompressor über Schnellkupplungsleitungen, die bis zu 700 m lang sein können, zu einem Güllewerfer gedrückt und auf die Fläche verspritzt.

1967 betragen die Kosten der Naßschlammabfuhr in Abhängigkeit von der Entfernung: DM 2,- bei 7 km,
 DM 2,70 bei 15 km und
 DM 4,- bei 30 km (Niersverband, Jahresbericht 1967).

1971 wurden bei einer mittleren Transportentfernung von 8 km 287.300 m³ Naßschlamm verwertet. Die Kosten wurden mit 2,54 DM/m³ d.s. 18,30 S/m³ ermittelt (Niersverband, Jahresbericht 1971).

Als allgemeine Regel für eine Naßabfuhr kann angenommen werden, daß der Nutzinhalt der Tankfahrzeuge umso größer sein soll, je länger die Transportstrecke ist. Sind zwischen Kläranlage und Verwertungsgebiet größere Fahrtstrecken zurückzulegen, dann kann auch die Errichtung einer Schlammdruckrohrleitung in Erwägung gezogen werden. Bezüglich der hydraulischen Bemessung von Schlammdruckleitungen darf auf die Arbeiten von ANNEN (1961, 1963) verwiesen werden. Einige praktische und wirtschaftliche Hinweise sind bei RAYNES (1970) zu finden.

Zur überschlägigen Berechnung des Druckverlustes eines Faulschlammes mit rd. 90% Wassergehalt in einem glatten Rohr können nach ANNEN (1963) bei Durchflußgeschwindigkeiten über 1,25 m/s Druckverlusttafeln für Abwasser mit einer Zähigkeit von $\nu = 1,31 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ und einer Rauigkeit der Rohrwand von $k = 0,4 \text{ mm}$ herangezogen werden. Die Rauigkeit der verwendeten Rohre soll durch einen Sicherheitszuschlag berücksichtigt werden. Am hydraulischen Rechenschieber der Wr.Wasserwerke müßte demnach für technisch glatte Rohre mit der Stufenmarke 4 gerechnet werden.

Wie die Verteilung des Schlammes ab dem Ende der Druckleitung schließlich erfolgt, wird weitgehend von den örtlichen Möglichkeiten und Voraussetzungen abhängen. In Frage kommen Naßabfuhr ab einer Abfüllstation oder Verteilung durch Schnellkupplungsleitungen.

Wie schon einleitend betont wurde, sind bei einer landwirtschaftlichen Verwertung von Klärschlamm zur Erfüllung der hygienischen Forderungen

im Interesse der Gesundheit von Mensch und Tier, besondere Vorsichtsmaßnahmen zu treffen. Eine Gefährdung von Mensch und Tier besteht vor allem bei der Unterbringung eines nicht oder nur wenig behandelten Schlammes aus häuslichem Abwasser, da die Lebensdauer der Krankheitserreger im Schlamm beachtlich sein kann. Nach STRAUCH und PARRAKOVA (1969) braucht in diesem Zusammenhang keine strenge Unterscheidung zwischen Frischschlamm und Faulschlamm getroffen werden, da KÖSER (1967) in 89 % aller Proben aus den Schlammkrusten, die sich auf einer mit Faulschlamm behandelten Grünfläche nach trockenem Sommerwetter bildeten, bis zur 14. Woche Salmonellen fand. Wird der Schlamm dagegen in Ackerland eingearbeitet, waren schon nach 14 Tagen keine Salmonellen mehr nachzuweisen (vergl. FREYTAG, 1970). Bei einer Einarbeitung des Schlammes in den Boden, gehen die sonst sehr resistenten Bandwurmeier auch ein. Nach FORSTNER (1970) bestehen gegen die landwirtschaftliche Verwertung von Faulschlämmen in viehlosen Betrieben keine Bedenken, wenn die Beschlämmung im Herbst erfolgt und im Folgejahr solche Feldfrüchte angebaut werden, die nicht roh verzehrt oder verfüttert werden. Die Verwendung von aerob stabilisierten Schlämmen hält er nur nach einer Sterilisierung oder Pasteurisierung für vertretbar. Ähnliche Forderungen werden auch von anderen z.B. von STRAUCH und PARRAKOVA (1969) vertreten. Auch ROEDIGER (1967) meint, daß als hygienisch einwandfreies Verfahren nur die Pasteurisierung von nassem Faulschlamm in Frage kommt und zwar wie er aus dem Faulturn abgezogen wird, auch dann, wenn er nicht zur Naßabfuhr bestimmt ist.

Alle diese hygienischen Forderungen sind sicherlich berechtigt, sie dürften aber in absehbarer Zeit praktisch nicht zu realisieren sein. Diesem Umstand tragen die Schweizer Feststellungen und Empfehlungen betreffend die Verwertung von Klärschlamm in der Landwirtschaft in gewisserweise Rechnung (Eidg. Departement des Innern, 1968). Sie besagen im wesentlichen: Alle nicht pasteurisierten Schlammarten, wie frischer und aerob stabilisierter Schlamm sowie Rückstände aus Einzelreinigungsanlagen und geschlossenen Abwassergruben dürfen grundsätzlich nur im Ackerbau Zugang finden.

Gut ausgefauter Schlamm kann ganzjährig im Ackerbau und nach dem letzten Schnitt bzw. Weidegang bis vor Wachstumsbeginn auf Grünland angewendet werden. Für ausreichende Stapelmöglichkeiten ist Sorge zu tragen.

Auf Futterflächen darf während der Vegetationszeit nur pasteurisierter Klärschlamm (Schweizerisches Milchlieferungsregulativ) ausgebracht werden.

Im Hinblick auf die neueren Erkenntnisse über die Resistenz bzw. Infektionstüchtigkeit von Wurmeiern, Bakterien und Viren im Klärschlamm, dürfte die DIN 19650, Bewässerung und Verwendung von Abwasserrückständen, Hygienische Richtlinien, teilweise überholt sein. Nach REPLOH (1971) soll in der BRD in Kürze ein Merkblatt herauskommen, unter welchen Voraussetzungen die Unterbringung des Klärschlammes im Landbau verantwortet werden kann.

Zur Erreichung einer seuchenhygienisch unbedenklichen Klärschlammverwertung wird man sich daher vorerst an die Schweizer Empfehlungen halten. Bei größeren Kläranlagen, die mangels ausreichender Speichermöglichkeiten den Schlamm kontinuierlich abgeben müssen, wird aber eine Pasteurisierung unumgänglich sein.

Eine landwirtschaftliche Schlammverwertung wird dann gelingen, wenn die hygienischen Forderungen entsprechend beachtet und die Landwirte über die Anwendung von Klärschlamm gut aufgeklärt werden. Am überzeugendsten ist in diesem Zusammenhang immer das gute Beispiel. Wichtig ist auch, eine Stickstoffüberdüngung durch zu hohe Schlammgaben oder durch einen zu kurzen Beschlämmungssturnus zu vermeiden. Eine funktionierende landwirtschaftliche Schlammverwertung bietet jedenfalls die Möglichkeit, den Klärschlamm in den natürlichen Stoffkreislauf zurückzuführen. So gesehen, kann sie als Dienst der Landwirtschaft am Umweltschutz betrachtet werden.

Literaturverzeichnis:

- ANNEN, G.: Rohrströmung von Klärschlamm.
Emschergenossenschaft Essen, 1961.
- ANNEN, G.: Zur Berechnung der Reibungsverluste von Klärschlamm.
GWF, 104. 342 - 346, 1963.
- ATV Lehr- und Handbuch der Abwassertechnik, Bd. III, Verlag
W. Ernst u. S., Berlin, München, 1969.

- BARTELS, R.: Der Einfluß von städtischen Abwasserschlämmen verschiedener Vorbehandlung auf die Bodeneigenschaften und die Ertragsleistungen von Sandböden.
Diss., T.U. Berlin, 1966.
- BUCK, K.: Untersuchungen über die Beurteilung, Aufbereitung und Anwendung von städtischem Klärschlamm als Düngemittel.
Diss., Hohenheim, 1954.
- DIN 19 650 Bewässerung und Verwendung von Abwasserrückständen.
Hygienische Richtlinien, 1956.
- Eidg. Departement des Innern: Die Verwertung von Klärschlamm in der Landwirtschaft.
I.A.M. Informationsblatt Nr. 34, 276 - 281, 1968.
- FORSTNER, M.J.: Untersuchungen über die Ansteckungsfähigkeit von Eiern menschen- und tierpathogener Würmer in landwirtschaftlich verwerteten Abwasserschlämmen.
Z.f.K.u.F., 11, 350 - 365, 1970.
- FREYTAG, B.: Hygienische Gesichtspunkte bei der Abwasserschlammentwertung.
Z.f.K.u.F., 11, 345 - 349, 1970.
- HUSEMANN, C.: Zur Problematik der Abwasserschlammentwertung im Landbau.
Z.f.K.u.F., 11, 257 - 275, 1970a.
- HUSEMANN, C.: Die langjährige Verwertung von Abwasserfaulschlamm.
Z.f.K.u.F., 11, 290 - 314, 1970b.
- HUSEMANN, C. u. H. NITSCHKE: Fünfjährige Ergebnisse eines vergleichenden Feldversuches mit Abwasserfaulschlämmen, Stallmist und Minereraldüngung auf Sandboden.
Z.f.K.u.F., 11, 273 - 289, 1970.
- IMHOFF, K.R.: Eindickung von Schlamm und Entwässerung von stabilisiertem Schlamm. Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie, Bd. 13, Verlag R. Oldenbourg, München, 1966.
- KARNOVSKY, F.: Die Lösung des Schlammproblems an der Kläranlage München. Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie. Bd. 13, Verlag R. Oldenbourg, München, 1966.
- KÖSER, A.: Die tierhygienische Seite der landwirtschaftlichen Abwasser- und Abwasserschlammentwertung. Schriftenreihe des KfK. Heft 16, Verlag Wasser u. Boden, Hamburg, 1967.

- MÖHLER, B.: Die landwirtschaftliche Verwertung des Abwasserschlammes.
K.f.K., Verlag Wasser und Boden, Hamburg, 1968.
- Niersverband: Jahresbericht 1967, 1968, 1971
- RAYNES, B.C.: Economic transport of digested sludge slurries.
Jour. WPCF, 42, 1379 - 1386, 1970.
- REPLOH, H.: Gesichtspunkte zur seuchenhygienischen unbedenklichen Verwertung im Landbau. Kurzbericht Nr. 25, Tagung über Behandlung und Beseitigung von Abwasserschlämmen, Essen, 28. bis 30. April 1971.
- ROEDIGER, H.: Die anaerobe alkalische Schlammfäulung, 3. Aufl.
Verl. R. Oldenbourg, München, 1967.
- SCHÄFER, K.: Feld- und Gefäßversuche zur landwirtschaftlichen Verwertung von schwermetallhaltigen, flüssigen Klärschlämmen. Diss., Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, 1967.
- SCHAFFER, G.: Die Abwasserschlammverwertung auf landwirtschaftlichen Nutzflächen. Z.f. Acker- und Pflanzenbau, 126, 73 - 99, 1967.
- STRAUCH, D. u. E. PARRAKOVA: Gefährdung des Weideviehs bei der landwirtschaftlichen Verwertung von Klärschlamm.
ISWA Informationsblatt Nr. 2, 53 - 57, 1969.
- TIETJEN, C.: zit. nach WESCHE (1966)
- WESCHE, J.: Der Nährstoffwert verschiedener Abwasserschlämme.
Z.f.K.u.F., 7, 1 - 23, 1966.

Reino Sääntti:

Neue Probleme der Schlammbehandlung

Schlämme der Nährstoffeliminierung

1. Allgemeines

Die steigenden Forderungen betreffend die Reinheit der Gewässer haben besonders in den nördlichen Ländern verursacht, daß die biologische Reinigung der Abwässer nicht mehr genügend ist, sondern man braucht dazu eine hochwertige Entfernung der Nährstoffe aus dem Abwasser, um die Eutrophierung der Vorfluter zu begrenzen. Bei der Planung der neuen kommunalen Klärwerke hat die Phosphoreliminierung eine wichtige Rolle bekommen. Die wichtigsten Methoden der Phosphoreliminierung sind:

- a) Direktfällung als einzige Reinigungsstufe
- b) Chemische Vorfällung und biologische Behandlung
- c) Chemische Fällung kombiniert mit der Belebtschlammethode (Simultanfällung)
- d) Chemische Fällung nach der biologischen Behandlung (Nachfällung)

In Finnland hatte man im Frühjahr 1971 etwa 70 Phosphorfällungsanlagen im Gebrauch für die kommunalen Abwässer. Die Gesamtkapazität dieser Anlagen war etwa $100.000 \text{ m}^3/\text{Tag}$. Die meisten von diesen Anlagen hatten Simultanfällung mit Eisensulfat als Koagulant. Die meisten von diesen Kläranlagen sind klein, weniger als $1.000 \text{ m}^3/\text{Tag}$. Mehrere größere und kleinere Anlagen sind in der Planungs- und Bauphase. In Finnland sind von den oben erwähnten Methoden c) und a) in Verwendung, in Schweden werden die neuen Kläranlagen meistens mit d) und a) geplant.

2. Mengen und Zusammensetzung der Schlämmen der Nährstoffeliminierung

Die Schlammengen der Nährstoffeliminierung sind meistens etwas größer als die der biologischen Abwasserreinigung. Zusammen mit der Planung der Schlammbehandlung für die Stadt Helsinki wurden

die Schlammengen der Phosphorfällung nach Tabelle 1 geschätzt. Der Zusatz an Eisensulfat wurde im Mittel für 24 Gramm $\text{Fe}^{2+}/\text{m}^3$ geschätzt, oder 11 Gramm $\text{Fe}^{2+}/\text{Einwohner}$ und Tag, mit einer spezifischen Abwassermenge von 460 Liter/Einwohner und Tag.

Nach schwedischen Angaben sind die Schlammengen von verschiedenen Reinigungsstufen gemäß Tabelle 2 (Ulmgren, 1972).

Der endgültige Zuwachs an Schlammengen ist von der Schlammbehandlungsmethode abhängig. Aus Tabelle 3 gehen die Einwirkungen der Faulung auf die Schlammengen der Simultanfällung hervor. Wenn der Rohschlamm und der Überschussschlamm gemeinsam gefault sind, steigt die endgültige Schlammmenge mit nur etwa 10 %, und mit etwa 30 %, wenn der Simultanschlamm separat behandelt wird. Für die Kalk- und Aluminiumfällung sind die Zuwachsmengen von derselben Größe oder von 10 % bis 40 %.

Die Fällungskemikalien und die gefällten Nährstoffe haben eine Einwirkung auf die Zusammensetzung des Schlammes.

Tabelle 4 zeigt einige Eigenschaften des Schlammes mit Fe-Simultanfällung. Betreffend die Schlämme der Stickstofffällung kann festgestellt werden, daß die Nitrifikations-Denitrifikationsmethode und die Ammonia-Strippingmethode Schlämme geben, die ärmer an Stickstoff sind als bei der üblichen biologischen Reinigung. Die Ammonia-Magnesium-Phosphatmethode bindet den Stickstoff in den Schlämmen, und in diesem Falle sind die Schlämme demgemäß reicher an Stickstoff. Es gibt noch keine bemerkenswerten Erfahrungen von diesen Methoden im Norden.

3. Probleme der Behandlung der Nährstoffschlämme

Eindickung

Die meisten Chemikalien, die in der Nährstoffeliminierung verwendet werden, sind gleichzeitig Koagulante für die Schlämme, so daß sie auch als Hilfskoagulante bei der Eindickung und Entwässerung des Schlammes fungieren. Die üblichen Eindickungsmethoden der Schlämme, d.h. Sedimentation, Flotation und Zentrifugalseparation, können auch für die Nährstoffschlämme verwendet werden.

Faulung

Von der Faulung der Nährstoffschlämme hat man heute noch ziemlich wenig Erfahrungen. Als eventuelle Probleme können das Lösen des Phosphors aus den Phosphorschlämmen und die giftige Einwirkung auf die Gärungsbakterien erwähnt werden. Gemäß einigen Untersuchungen in Helsinki mit simultangefälltem Schlamm ist das Lösen des Phosphors sehr gering und der Chemikalienzusatz (Eisen) hat keine Nachteile für den Betrieb der Faulräume erwiesen. Die Zusammensetzung des Schlammwassers ist während der Gärung der Phosphorschlämme besser gewesen als bei der früheren Gärung von gemischtem mechanisch-biologischen Schlamm.

Die Zweckmäßigkeit der Faulung ist von der Verwendungsart des Schlammes abhängig. Zum Beispiel das Verbrennen kann ebenso gut ohne Faulung geschehen.

Wärmekonditionierung

Die speziellen Probleme, die in der Wärmekonditionierung vorkommen können, sind:

- Verkrustung der Wärmetauscher
- Lösen des Phosphors in das Schlammwasser

Bei einer Serie von Versuchen in Helsinki (Viitasalo, 1972) hat man festgestellt, daß das Lösen des Phosphors kein Problem ist. Die hohe Schlammwasserkonzentration nach der Wärmekonditionierung an organischen Stoffen bedeutet eine Belastung für die Abwasserreinigung. Eine separate Behandlung dieses Wassers wäre vielleicht in einigen Fällen zweckmäßig.

Entwässerung

Die Entwässerung der Nährstoffschlämme kann im allgemeinen mit denselben natürlichen und künstlichen Methoden geführt werden wie die der mechanisch-biologischen Schlämme. Die Filterbarkeit der Nährschlämme dürfte im allgemeinen etwas besser sein als die der biologischen Schlämme. Beim Wählen der Entwässerungs-koagulantien sollten die im Schlamm schon vorhandenen Chemikalien beachtet werden. Im Falle der Phosphorfällung können diese günstig auf die Entwässerung einwirken. Die Verwendung von Kalk

in der Phosphorfällung oder Ammonia-Stripping produziert Schlämme mit hohem pH-Wert, und dieses kann die Verwendung von Entwässerungskoagulantien, die einen niedrigen pH-Wert brauchen, verhindern. Die Schlämme von der Simultanfällung mit Eisen oder Aluminium können mit ziemlich geringen Fällungskemikalienzusätzen entwässert werden (Helsinki, 1971).

Zentrifugieren

Wie die Schlämme der Primär- und Sekundärbehandlung, können auch die Nährstoffschlämme zentrifugiert werden. In diesem Zusammenhang ist die Qualität des Rejekts von großer Bedeutung. Gewöhnlich soll man hochwirksame Koagulantchemikalien oder Polyelektrolyte verwenden, um gute Resultate zu bekommen.

Thermische Trocknung und Verbrennung

Die thermische Trocknung und die Verbrennung haben gleiche Forderungen an die Vorbehandlung des Schlammes. Um die Wärmeverlustwerte in tragbaren Grenzen zu halten, müssen die Schlämme entwässert werden. Die thermische Trocknung braucht immer extra Energie von außen, aber die Verbrennung kann auch autark geschehen, wenn die Entwässerung genügend effektiv ist.

Ein spezielles Problem mit der Verbrennung ist die Vergasung der Phosphorverbindungen als Phosphorpentoxide, was gewissermaßen zur Eutrophierung der Gewässer durch Regenwasser führen könnte.

4. Probleme der Verwertung der Nährstoffschlämme

Die Schlämme der Nährstoffeliminierung sollten so gut wie möglich in den natürlichen Kreislauf des Materials zurückgeleitet werden. Weil die Technik der Nährstoffeliminierung heute noch ganz jung ist, hat man keine sehr umfangreichen Erfahrungen von der Verwertung dieser Schlämme. Die neuen Eigenschaften dieser Schlämme können Überraschungen verursachen, und deswegen braucht man Untersuchungen, um die Begrenzungen und Möglichkeiten klarzustellen.

Beim Vergleich der Einwirkungen der gewöhnlichen mechanischen

und biologischen Schlämme mit den Schlämmen der Phosphoreliminierung kommen insbesondere folgende Faktoren zur Diskussion:

- der höhere Phosphorgehalt im Schlamm verursacht einen besseren Düngungswert,
- die Phosphorfällmittel und Phosphornährstoffe können noch mit Phosphordüngemittel in kultivierten Böden schädliche Verbindungen eingehen,
- die Phosphorfällmittel haben eventuelle Giftwirkungen auf die Pflanzen,
- die Phosphorfällung mit Kalk produziert Schlämme mit hohem pH-Wert, was eine nützliche Einwirkung haben kann.

Nach schwedischen Untersuchungen (Jansson, 1972) haben Schlämme der Phosphorfällung eine nützliche Einwirkung auf das Wachstum gehabt, gemäß Tabelle 5, aber auf Grund dieser Resultate mit Aluminiumschlamm könnte man vermuten, daß Aluminium eine nachteilige Wirkung auf den Düngungswert hat.

Die Resultate der erwähnten Untersuchungen zeigen nicht genügend, wie man die Nährmittelschlämme in der landwirtschaftlichen Verwendung behandeln sollte. Man braucht noch mehr Forschungsergebnisse und Erfahrungen, da eben dieser Bereich sehr wichtig für die Schlammprobleme der Gemeinden ist.

Tabelle 1. Zuwachs der Schlammengen bei der Phosphorfällung
(Helsinki, 1971)

	Zuwachs der Schlammmenge t.s. %
Eisensulfatsimultanfällung	10 - 30
Kalk-Vorfällung	10 - 40

Tabelle 2. Schlammengen von verschiedenen Reinigungsstufen
in Schweden (Ulmgren, 1972)

	Schlammmenge (t.s.)		Schlamm- volumen l/p.d.	Trocken- substanz- gehalt %
	g/m ³	g/p.d.		
Mechanische Reinigung	150	60	1-2	3-6
Biologische Reinigung				
Belebtschlamm mit mech. Reinigung	90	35	1-3	1-3
Belebtschlamm ohne mech. Reinigung	240	95	2,5-5	2-4
Tropfkörper mit mech. Reinigung	65	25	0,6-2,5	1-4
Chemische Reinigung				
Direktfällung (125 g AVR)	70	30	1-3	1-3
Nachfällung (125 g AVR)	60	25	1,3-2,5	1-2
Nachfällung (400 g KALK)	600	240	8-12	2-3

Tabelle 3. Einwirkungen der Faulung auf die Schlammengen der
Simultanfällung mit FeSO₄ (Helsinki, 1970)

	Belebt- schlamm- anlage	Simultanfällung	
		gemeins. Faulung	getrennt (Simultan- schlamm nicht gefault)
Rohschlamm (mechanisch)	99	99	99
Überschußschlamm	57	57 + 11	57
Summe vor der Faulung	156	167	
Summe nach der Faulung	101	112	65 + 68 = 133

Tabelle 4. Eigenschaften des Schlammes der Simultanfällung mit FeSO_4 (120 g/m^3)

Eigenschaft	Normale Überschuß- schlamm	Fe-Überschuß- schlamm
Trockensubstanz %	0,5	1,0
Kohlenstoff % (aus t.s.)	35-40	25
Eisen --"	3	16
Sedimentierte Trocken- substanz, halbe Stunde %	15-50	25-85

Tabelle 5. Ernte der Gerste bei Gefäßversuchen mit Al-
gefälltem Schlamm 1967-69 (Jansson, 1972)

	P-reiche Erde		P-arme Erde	
	g/Gefäß	Rel.wert	g/Gefäß	Rel.wert
Kontrolle ohne P	74	100	31	100
Superphosphat	74	100	52	167
Mittelwert für 4 Al-gefällten Schlämme	72	97	55	177
Gefaulter Schlamm ohne P-Fällung	74	100	60	193

Dietegen Stickelberger

ABFALLVERWERTUNG ODER ABFALLVERNICHUNG ?

Inhaltsangabe

1. Abfallvernichtung
2. Abfallverwertung
 - 2.1. Anorganische und organisch synthetische Abfälle
 - 2.2. Organische (gewachsene) Abfälle
3. Definition von Begriffen
4. Die ökologische Sukzession
 - 4.1. Die horizontale Sukzession
 - 4.2. Die vertikale Sukzession
5. Die Energiequellen der Landwirtschaft
 - 5.1. Industrieller Energieeintrag
 - 5.2. Biologischer Energieeintrag
6. Schlussfolgerung

Dietegen Stickelberger:

Abfallverwertung oder Abfallvernichtung?

1. Abfallvernichtung

Bis vor kurzem war die Antwort für den Durchschnittsbürger auf die Frage nach dem Verbleib von Abfällen denkbar einfach. Sie lautet: Man beseitigt sie - oder besser - man vernichtet sie. Diese "durchschnittsbürgerliche" Ausdrucksweise hat sich merkwürdigerweise auch in der Fachsprache "eingebürgert", obschon ja ein offensichtlicher Denkfehler vorliegt, indem Materie weder zerstört, noch beseitigt werden kann, so wenig wie sich Materie neu bilden lässt. Aber eben, Unliebsames wie Abfälle, Schädlinge und dergleichen befördert man mit einem kleinen Selbstbetrug am besten in das nicht existente Nichts.

Es geht hier aber um wesentlich mehr als um eine sprachliche Spiegelfechtereie, deshalb nämlich, weil wir das Beseitigen und das Vernichten instinktiv mit einem endgültigen Verschwindenlassen verbinden. In Kriminalromanen etwa steht der Mörder in grösster Verlegenheit vor der Leiche, weil er vor der Tat nicht an das Beseitigen gedacht hat. Durch den sprachlichen Lapsus der Abfallvernichtung sind wir geprägt von der unwirklichen Vorstellung, dass Materie verschwinden könne.

Deshalb - bei der Entwicklung von Abfall-Technologien - müssen wir uns schon vor der Planung im klaren sein, dass anscheinend vernichtete Abfälle immer und in jedem Fall Luft, Wasser oder Boden oder alle drei Elemente belasten.

Damit ist die Frage nach der Abfallvernichtung wohl in unwiderlegbarer Weise beantwortet. Wesentlich komplexer ist die Frage nach der Verwertung.

2. Abfallverwertung

Es ist Ihnen wahrscheinlich bekannt, dass von Amerika her der neue Impuls des Re-cycling, der Wiederverwendung von Abfällen kommt.

Bis zum Solid Waste Disposal Act anno 1965 hatte man sich in den USA wenig um feste Abfälle gekümmert. Erst dann begann von Staates wegen die Forschung. 1970 wurde die Gesetzgebung ergänzt durch den Resource Recovery Act. Das bedeutet eine grundsätzliche Abkehr von der bisherigen Wegwerfzivilisation in erster Linie aus Umweltschutzgründen, dann aber auch, weil die Grenzen der Rohstoffquellen absehbar werden. Der neue Trend in Amerika heisst nun: "One man's waste is another man's resource"; eines Menschen Abfall ist eines andern Rohstoff, oder auch, die Abfälle der einen Firma sind die Rohstoffe der eigenen oder einer andern Firma.

Auch bei uns dürfte die konsequente Durchführung des Prinzips der Wiederverwendung die einzig gangbare Lösung auf lange Sicht sein, vor allem auch im Hinblick auf die Gewässerverschmutzung. Dabei ist zu unterscheiden zwischen anorganischem und organisch-synthetischem Abfall aus Industrien einerseits und organisch gewachsenem Abfall aus Hausmüll und Lebensmittelindustrien andererseits. Papier, Pappe und Holzabfälle gehören ebenfalls dazu.

2.1. Anorganische und organisch-synthetische Abfälle

Grundsätzlich unterscheidet sich Industrieabfall von Hausabfall dadurch, dass er als Einheit nicht erfasst werden kann. Global gesehen ist er unübersehbar, weil jegliche nur denkbare oder auch einstweilen noch undenkbare Substanz darin enthalten sein kann. Demgegenüber ist jeder Industrieabfall - für sich betrachtet - einigermaßen definierbar. Somit bleibt nichts anderes übrig, als dass jeder Industriezweig seine spezifischen

Abfälle zunächst einmal selbst kennenlernt, und zwar in qualitativer und quantitativer Hinsicht; ferner dass er prüft, in welcher Weise eine Rückführung der Abfälle in den eigenen oder auch in einen anderen Fabrikationsprozess möglich ist. Anlässlich der Tagung der Föderation europäischer Gewässerschutz im Oktober 1971 formulierte Professor Braun diesen Punkt in den dort erarbeiteten Erkenntnissen folgendermassen:

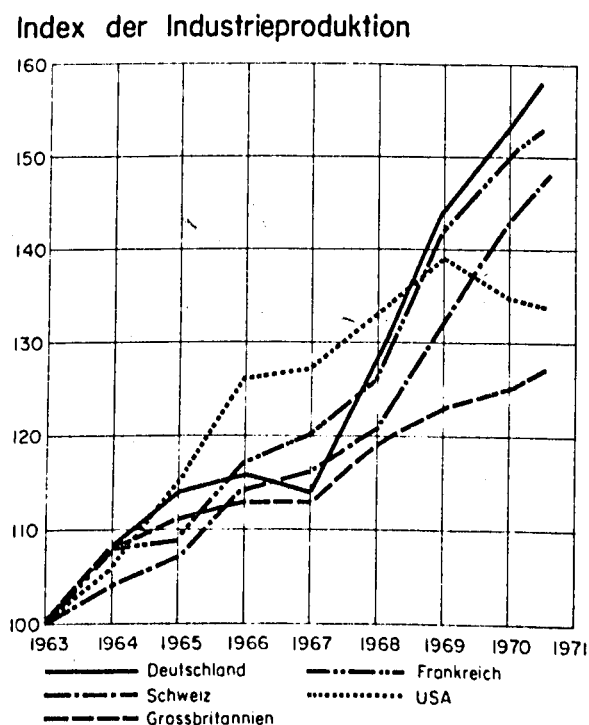
"Die heutigen Kenntnisse über die Wirkungsmechanismen toxischer und schwer abbaubarer Fremdstoffe und deren quantitative Tragweite in den verschiedenen Lebensräumen sind noch sehr lückenhaft. Die interdisziplinäre Grundlagenforschung auf diesem Gebiet, einschliesslich der Erarbeitung geeigneter Bewertungsmassstäbe, muss auf internationaler Basis vertieft und intensiviert und die hierfür notwendige finanzielle Grundlage geschaffen werden".

Die interdisziplinäre Forschung auf internationaler Basis ist hier von entscheidender Bedeutung verbunden mit entsprechender Gesetzgebung. Einer Wiederverwendung der Industrieabfälle wird allerdings heute noch von seiten der Industriellen einiger Widerstand entgegengesetzt; denn die entstehenden Mehrkosten müssen einen Mehrpreis des gehandelten Produktes zur Folge haben. Eine solche Massnahme kommt erst dann in Frage, wenn der Gesetzgeber durch entsprechende Umweltschutzverordnungen die Rezirkulation erzwingt. Erzwingen lässt sich aber eine Verteuerung der Verkaufsprodukte erst, wenn die Auslandskonkurrenz ähnlichen Bedingungen unterworfen wird. Dies sind wirtschaftspolitische Ueberlegungen. Vom Gewässerschutz her gesehen ist eine intereuropäische Zusammenarbeit womöglich noch dringender, denn die Fliessgewässer und die darin enthaltenen Schmutzstoffe halten sich bekanntlich nicht an die politischen Grenzen.

Im Vergleich zum Hausmüll ist die Flut der Industrieabfälle auch deshalb besonders belastend, weil die Bevölkerung jährlich um 1 1/2 bis 2 % wächst, die industrielle Produktion dagegen - mit ihren vielfach unbekanntem und persistenten Ausscheidungen - um 6 bis 10 %. Aber es kommt noch ein weiteres dazu: aus 3/3 Rohmaterialien entstehen durchschnittlich 1/3 erwünschte Verkaufsprodukte und 2/3 unerwünschte Nebenprodukte oder feste, flüssige oder gasförmige Abfälle (1). Dies gilt für die chemische Industrie; in andern Industriezweigen mögen die Verhältnisse ähnlich liegen.

Fig. 1 zeigt den steilen Anstieg der industriellen Produktion in einigen europäischen Ländern seit 1963.

Fig. 1



Theoretisch ist jeder Abfall wieder verwendbar, in der Praxis gibt es mannigfaltige Schwierigkeiten. Immerhin wurden laut einer Schätzung der Zeitschrift "Fortune" (Okt. 71) zum Schutz vor Umweltverschmutzung von der amerikanischen Industrie 1971 \$ 1,5 Milliarden investiert. Interessante Technologien einzel-

ner Industriezweige sind teilweise auch schon publiziert. Es eröffnen sich hier grosse Möglichkeiten für Fachleute der technischen und chemischen Richtung. Bemerkenswerte Beispiele sind Backsteine und Glaswolle aus Schlacke von Müllverbrennungsöfen, hergestellt in staatlichen amerikanischen Versuchslaboratorien und Spanplatten aus Kompost, hergestellt in der Schweiz durch einen privaten Unternehmer.

Gesamthaft betrachtet darf die Fragestellung nicht mehr lauten: "Was ist billiger, neue Rohstoffe oder Wiederverwendung?", sondern: "Wie können Industrieabfälle auf wirtschaftlichste Weise wiederverwendet werden?"

2.2. Die organischen (gewachsenen) Abfälle

Im Gegensatz zu den Industrieabfällen ist Hausmüll zwar in seiner Zusammensetzung heterogen, jedoch als Gesamtheit übersehbar und innerhalb bestimmter Fehlergrenzen definierbar. Vor allem besteht ein relativ hoher Anteil (ca. 70 - 80 %) aus abbaubarer organischer Substanz. Grundsätzlich stammt diese abbaubare organische Substanz der Zivilisationsabfälle von Lebewesen, d.h. entweder sind es die Reste von pflanzlichen Lebewesen (Gemüse, Obst, Papier, Holz) oder tierischen (Fleisch, Knochen, Fett). Oder es handelt sich um menschliche oder tierische Stoffwechselprodukte. Sieht man ab von den mineralischen und synthetischen Industrieprodukten, dann nimmt eine menschliche Siedlung alles Gewachsene im weitesten Sinn - einschliesslich Fisch und Fleisch - in sich hinein und stösst es verdaut durch die Kanalisation oder auch nur verändert als Müll wieder aus sich heraus.

So gesehen stoffwechselt die Stadt oder das Dorf wie irgend ein Lebewesen, sei dieses nun ein winzig kleines Bakterium oder eine Kolonie von Bakteriën, irgend ein Tier oder eine Pflanze oder ein Mensch oder eben eine Kolonie von Menschen.

Im Augenblick des Ausstossens ist für den ausstossenden Organismus dieser Abfall unerwünscht, sonst würde er ihn nicht ausscheiden. Dagegen gibt es überall, wo ein solcher Prozess stattfindet, Spezialisten, die das Ausgeschiedene wieder als Nahrung aufnehmen. Im günstigsten Fall entsteht als Endprodukt Humus, aus dem die Pflanze ihre Nahrung bezieht, die dann ihrerseits wieder die Grundlage menschlicher Nahrung ist, sei es nun direkt oder auch indirekt auf dem Umweg über den Metzger.

Diese gigantische Buchhaltung von Eingängen und Ausgängen vollzieht sich auf der ganzen Erde üppig oder mager, geruchlos oder stinkend, je nach Temperatur, der Anwesenheit von mehr oder weniger Luft und Wasser oder dem Gehalt an Stickstoff oder Kohlenstoff.

Die Grundzüge dieses Naturhaushaltes sollen im folgenden untersucht werden. Zur Vermeidung von Missverständnissen ist es wesentlich, einige in diesem Zusammenhang hineingestellte Begriffe zu definieren.

3. Definition von Begriffen

Oekologie: Wissenschaft von den Beziehungen der Organismen zur belebten und unbelebten Umwelt.

Biozönose: Die bei gegebenen äusseren Bedingungen sich einstellende und in natürlichem Gleichgewicht erhaltende Gemeinschaft von Pflanzen- und Tierarten eines Biotops.

Biotop: Teil der Landschaft bzw. der Umwelt, der von einer charakteristischen und konstanten Gemeinschaft von Tier- und Pflanzenarten besiedelt wird.

Oekosystem: Biozönose und Biotop bilden eine funktionelle Einheit, in der Lebewesen und Umwelt wechselseitig aufeinander einwirken. Beispiele: See, Wiese, Wald, Teich, Pfütze. Das

Oekosystem ist ein Organismus höheren Grades, in welchem sich belebte und unbelebte Komponenten gegenseitig bedingen.

Metabolismus (Stoffwechsel): Die physikalischen und chemischen Prozesse, die laufend in lebenden Organismen stattfinden.

Katabolismus: Abbauende Organistentätigkeit bis zum Zustand des Endproduktes "Abfall" unter Energieabgabe.

Entropie: Theoretisches Energiemass, das in einem thermodynamischen System nicht in mechanische Arbeit umgesetzt werden kann.

Stabil: Ein System ist stabil, wenn es trotz äusseren Einflüssen (Klimaeinbrüche, Ueberdüngung, Schädlingsbekämpfung, etc.) sich selber einigermaßen gleich bleibt. Nach dem zweiten Thienemann'schen Gesetz (2) ist ein Biotop bei grosser Artenzahl und relativ geringer Individuenzahl stabil, d.h. optimal. Je vielgestaltiger ein Oekosystem ist und je verschiedenartiger seine Bewohner sind (Diversität, heterogene Biozönose) desto langsamer ist der Nährstoffkreislauf und desto kleiner die Entropie (metabolische Oekonomie).

Unstabil: Ein Oekosystem ist unstabil bei Artenarmut und Individuenreichtum der Bewohner. Die wenigen Arten sind ökologisch gleichartig ausgebildet (homogene Biozönose). Der Nährstoffkreislauf ist schnell und kurz bei grosser Entropie (metabolische Verschwendung).

Nährstoffkreislauf schnell: Der schnellste und kürzeste Kreislauf vollzieht sich ohne Beteiligung von Organismen. Extremfall: menschliche Ernährung durch synthetisch hergestellte Nährstoffe. Weniger extrem und realisierbar: Pflanzenkulturen mit in Wasser gelösten Nährstoffen (Hydroponik).

Nährstoffkreislauf langsam: Im Beispiel des Oekosystems Boden werden die abgestorbenen Pflanzenteile gefressen und ausgeschieden, die Exkremete von anderen wieder gefressen und wie-

der ausgeschieden. Eine ganze Reihe von Erst-, Zweit-, Dritt- und Folgezersettern schliesst sich an, bis zur schliesslichen Aufnahme von Nährstoffen durch die Pflanze (Gemüse, Obst - indirekt Weidegras - Milch, Fleisch, die dem Menschen als Nahrung dient). Beim jeweiligen Durchgang durch den Tierdarm beträgt die Zersetzungsleistung nur 1 bis 10 %, so dass für den Nachfolger immer noch genügend Verdauliches übrig bleibt.

Als Vergleich könnte man den Veredlungsprozess in der Textilindustrie heranziehen, wo von der Rohfaser bis zum Endverbraucher viele dazwischenliegende Industrien von den einzelnen Veredlungsvorgängen leben.

Pufferintensität: Im ökologischen Zusammenhang Ausdruck der Konstanz eines Gleichgewichtszustandes gegenüber äusseren Einflüssen. Bei stabilen Verhältnissen ist die Pufferintensität im Oekosystem hoch, bei unstabilem (labilem) System niedrig (wenig Resistenz gegen Krankheits- und Schädlingsbefall). Zwischen stabil und unstabil liegen die verschiedensten Grade der Metastabilität.

Biomasse: Gesamtmasse der in einem Lebensraum vorkommenden Lebewesen.

Edaphon: Sammelbegriff für die Organismenwelt des Bodens.

Lebendverbauung: Biologisch gebildete Bodenaggregate, die mittels Bildung von Schleimstoffen durch das Edaphon stabilisierend wirken.

Hydrokulturen (Hydroponik, Wasserkulturen): Die erdlose Kultur von Nutz- oder Zierpflanzen durch Beigabe sämtlicher Nährstoffe in löslicher Form zum Wasser, das über die Wurzelfasern die Pflanze versorgt.

Eutrophierung: Nährstoffanreicherung, trophisch: mit der Ernährung zusammenhängend.

4. Die ökologische Sukzession

Ein Oekosystem entwickelt sich nach Stumm und Stumm-Zollinger (3) aufgrund von klaren Gesetzmässigkeiten (Fig. 2).

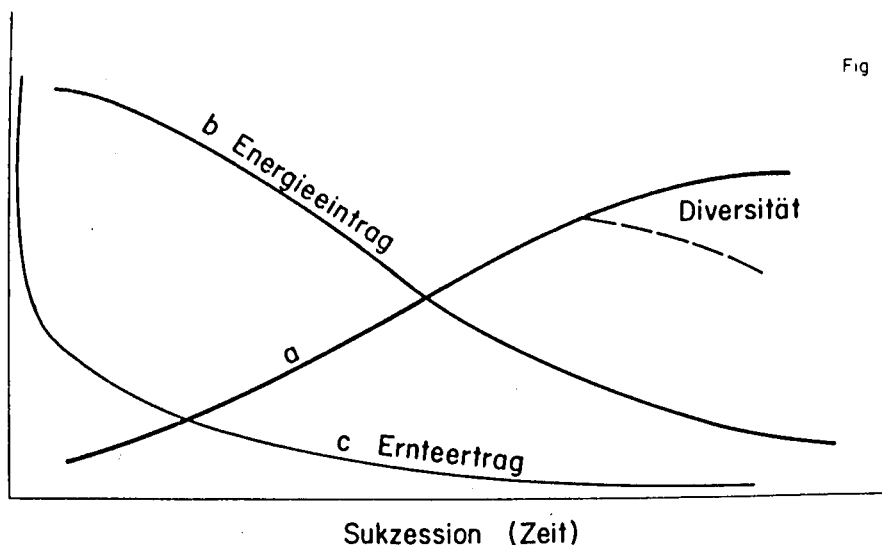


Fig 2

Wir betrachten hier - etwas vereinfacht - nur die Zusammenhänge von Boden und Pflanze. Aus der Oekologie der Gewässer entwickelt, übertrug Stumm (4) den Entwicklungsablauf auf die Pedosphäre, d.h. auf den Boden und damit auf die Landwirtschaft. Die Figur hat einen qualitativen und schematischen Charakter.

4.1. Die horizontale Sukzession

Es sind drei Parameter, die den zeitlichen Ablauf des Systems bedingen:

a) Mit dem Fortschreiten der Zeit (Sukzession) sucht das System Stabilität. Die ökologische Sukzession führt zu einer Schlussgesellschaft von grosser Diversität und von optimaler Nutzung der vorhandenen Energie für die metabolischen Prozesse. Immer mehr komplexe Kontrollen und Rückkoppelungen werden zur Aufrechterhaltung der Biozönose entwickelt.

b) Während die Organisation des Systems bis zur maximalen Di-

versität und Stabilität erhöht wird, verlangsamen sich die Nährstoffkreisläufe und der Energiefluss nimmt beim Durchgang durch die Biomasse progressiv ab.

c) Durch die Abnahme des Energieflusses und die Zunahme der Stabilität wird der Ernteertrag laufend geringer.

Daraus ergibt sich folgende schematische Situation (Tab. 1):

Unstabil	Stabil
homogene Biozönose	heterogene Biozönose (Diversität)
metabolische Verschwendung	metabolische Oekonomie
schnelle kurze Nährstoffkreisläufe	langsame lange Nährstoffkreisläufe
grosse Entropie	kleine Entropie
hohe Erosionsrate	niedrige Erosionsrate
hoher Grad von Nährstoffausschwemmung	niedriger Grad von Nährstoffausschwemmung
Eutrophe Seen	Oligotrophe Seen
Verunreinigte Flüsse	Unbelastete Flüsse

Stumm zieht nun folgende Konsequenz:

"Wie aus dieser Abbildung hervorgeht, können wir eine hohe Nettoproduktivität und eine grosse Ernte nur dann erreichen, wenn wir entgegen dem Trend der Sukzession durch Energieeintrag (pflügen, düngen, Schädlinge bekämpfen) die Diversität herabsetzen. Eine ertragreiche Bewirtschaftung des Landes ist nur dann möglich, wenn wir den Kräften der Natur entgegen wirken. - Eine Erhöhung der landwirtschaftlichen Produktion, die durch die Zufuhr zusätzlicher Energie in Form von mechanischer und chemischer Energie erzielt wird, wird erkaufte durch Zerstörung der Regelmechanismen und durch Verlust der Diversität. - Land und Wasser sind voneinander abhängige organische Systeme. Die Beeinträchtigung des einen führt zur Beeinträchtigung des andern. Eine produktive Mono-

kultur auf dem Lande ist unvereinbar mit einem nicht verunreinigten Gewässer".

Als Kompensation zu diesem betrüblichen Facit postuliert Stumm die Pflege von Landschaften mit stabilem Oekosystem, die der Erholung dienen.

Damit ist mit dem Rüstzeug der Oekologie klar ausgesagt, dass die Landwirtschaft nach der heutigen Praxis zwangsläufig zur progressiven Gewässerverschmutzung führt. Diese Aussage dürfte den Tatsachen eher entsprechen als die Auffassung führender landwirtschaftlicher Kreise. An der LUFA-Tagung im September 1971 in Kiel kam Finck am Ende seines Vortrags zu folgender Feststellung (5): "Die Intensivdüngung muss keineswegs zwangsläufig zu einer Gewässer-Eutrophierung führen, sondern kann und sollte sich auf die Eutrophierung des Kulturbodens beschränken". Ein solcher Kompromiss ist nach Stumm nicht möglich.

4.2. Die vertikale Sukzession

Der von Stumm dargelegte Entwicklungsablauf der ökologischen Sukzession lässt sich jedoch für die Landwirtschaft auch in anderer Weise interpretieren. Das Modell dazu liefert der Mischwald. Aus den jährlich im Herbst zu Boden fallenden Blättern ergeben sich Schichten (6).

a) Die Waldstreu bildet als oberste Schicht die Bodendecke. Diese als Förna bezeichnete organische Decke von äusserlich kaum veränderten Waldabfällen übernimmt die Abschirmung und gleichzeitig die Kontaktstelle zum Boden gegenüber äusseren Einflüssen wie Regen, Wind, Sonne, etc. Sie bildet den Energiespeicher für spätere Nutzung.

b) Unter der Förna bildet sich die Vermoderungs- oder Rotte-schicht. Hier herrschen die Schimmelpilze und Aktinomycceten vor und betreiben einen rasanten exothermen Abbau der strukturier-

ten Kohlehydrate mit entsprechend grosser Entropie und metabolischer Verschwendung. Die Keimzahlen sind bei kleiner Artenzahl sehr gross. Eine Pflanze, die ohne Ausweichsmöglichkeit zum Wachsen in dieser Zone gezwungen wird, zeigt Symptome von Krankheit oder verminderter Resistenz; oft stirbt sie ab. Die Keimung wird verhindert oder verzögert (7). Das, was in der Kompostierungstechnik als Frischkompost bezeichnet wird, entspricht dieser zweiten aggressiven Abbauphase, in welcher Fermente, Vitamine und Antibiotika gebildet werden. Die hier entstehenden Farbstoffe sind Vorstufen zu Huminsäuren.

Die Rotteschicht ist ihrem Wesen nach unstabil.

c) In der Humusstoffschicht sind die ursprünglichen Strukturen der Blätter, Larven und sonstiger Ueberreste von Bodentieren nicht mehr erkennbar. Der Abbau ist beendet. Bei geringer Keimzahl herrscht hohe Diversität und entsprechende metabolische Oekonomie bei kleiner Entropie. Diese Schlussphase entspricht dem pflanzenverträglichen Reifkompost. Durch Bodenkleintiere wie Regenwürmer erfolgt die Vermischung mit Bodenmineralien und die Bildung von Ton-Humus-Komplexen und Eiweiss-Humus-Komplexen. Die Humusstoffschicht ist ihrem Wesen nach stabil (8).

Rusch (9) hat das Schema einer keimenden Pflanze im geschichteten Boden dargestellt (Fig. 3).

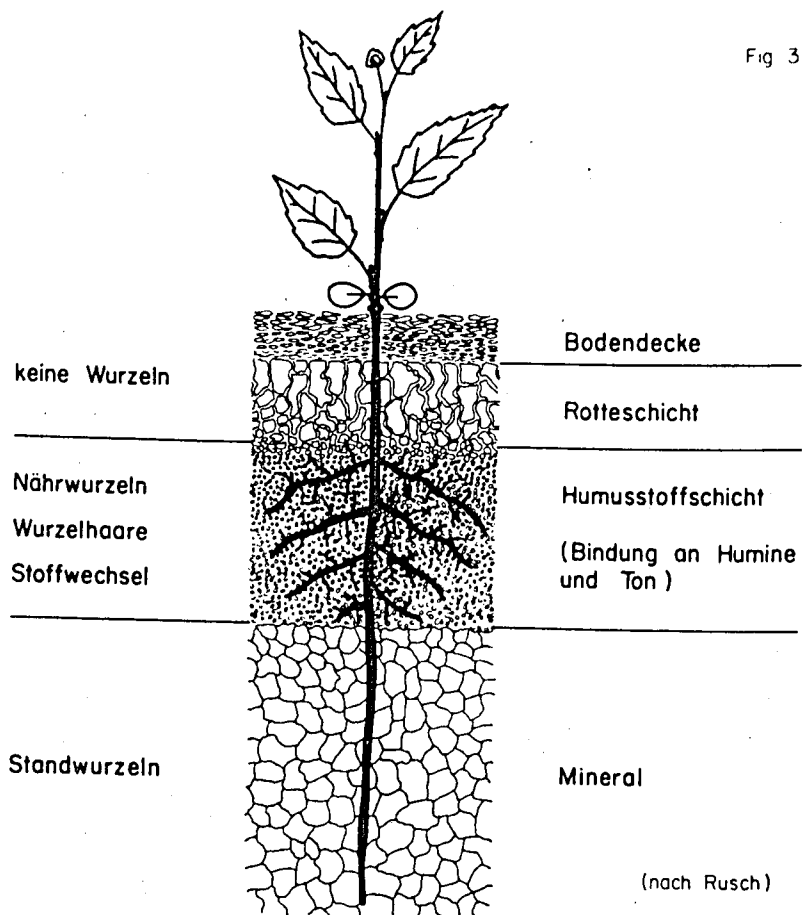
Im beschriebenen Modellwald wird jährlich im Herbst eine neue Blätterdecke aufgelegt, wodurch die vorjährige Decke zur Rotteschicht wird und die Rotteschicht humifiziert. Die sogenannte Streunutzung - das Entfernen der Bodendecke während des Krieges in deutschen Wäldern zu Heizzwecken - hat beträchtlichen, teils unwiederbringlichen Schaden angerichtet. Dies ist ein Indiz für die Wichtigkeit der Biozönose im Waldboden.

Anhand von sukzessiven Keimzählungen eines im Zeitablauf humifizierten organischen Materials hat Rusch (10) dargestellt, wie Fruchtbarkeit erst schrittweise entsteht (Tab. 2).

Tab. 2

Grundversuch mit humifizierendem organischem Material im Vergleich zu Wachstum und Keimung

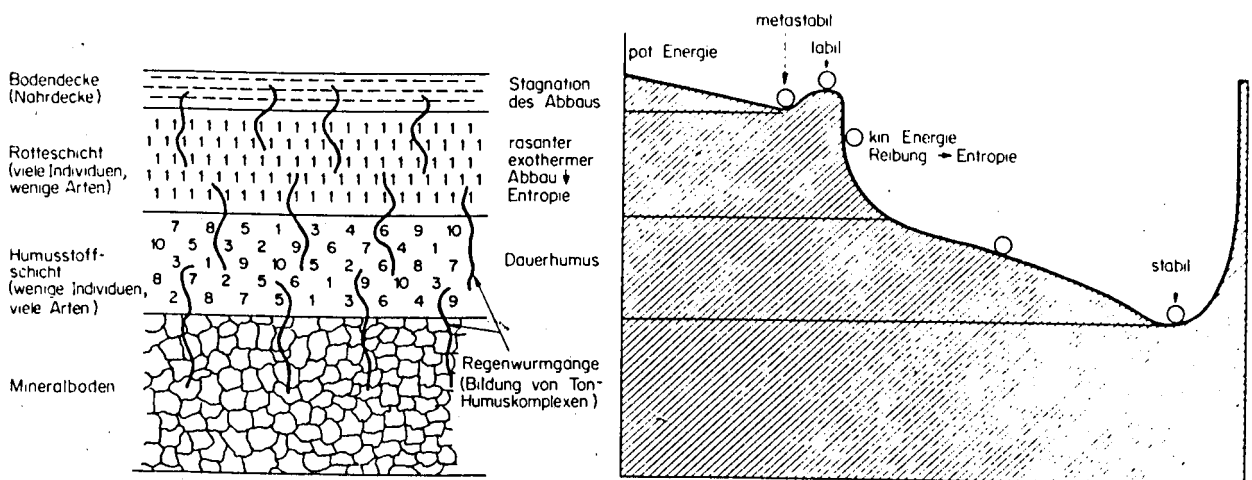
Alter der Erde	Zellzahl in $0,1 \text{ mm}^3$	Frischpflanzen-Masse in kg/ar	Keimung
Beginn	3800	∅	∅
4 Wochen	3350	∅	1 %
3 Monate	480	4,24	20 %
1 Jahr	162	52,6	75 %
2 Jahre	76	144,0	100 %



Schematische Darstellung der unterirdischen Pflanzenteile bei ökologischer Schichtung (vertikale Sukzession)

Die Darstellung der ökologischen Sukzession Fig. 2 muss somit nicht nur für den "horizontalen" zeitlichen Ablauf gelten, sie lässt sich auch auf die durch den Jahresablauf zeitlich bedingte Schichtenbildung "vertikal" anwenden (Fig. 4). Die Deckschicht mit ihrer Speicherung potentieller Energie geht in der Rotteschicht über in kinetische Energie und erreicht schliesslich in der Humusstoffschicht einen stationären Zustand. Diese schematisch dargestellten drei Schichten sind einerseits getrennt durch zeitlichen Abstand (horizontale Sukzession) andererseits gleichzeitig vorhanden (vertikale Sukzession).

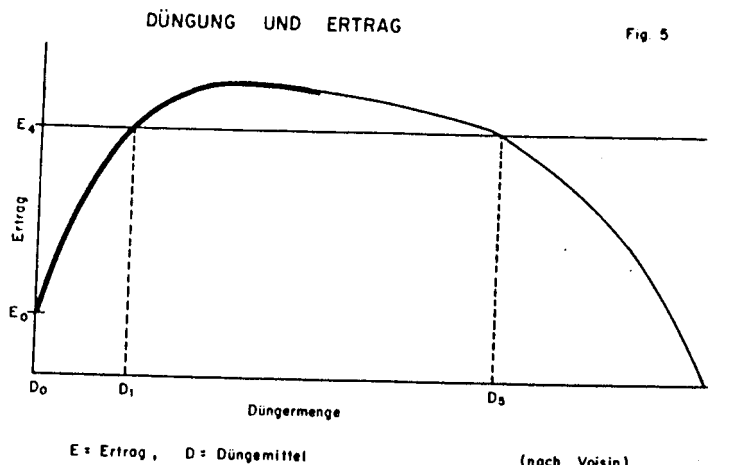
Fig 4



Vergleich zwischen einem biologischen und einem mechanischen Energieumwandlungsprozess

5. Die Energiequellen der Landwirtschaft

Wie jeder Produktionszweig braucht die Landwirtschaft Energie. Wie dargelegt wurde, ist jede Produktionssteigerung mit erhöhtem Energieeintrag verbunden. Immerhin stösst die Steigerung bald an eine Grenze und schlägt ins Gegenteil um. Voisin (11) hat dies am Beispiel progressiver Düngergaben überzeugend dargestellt (Fig. 5).



Die Kurve zeigt, dass man den Ertrag (E_4) im Verhältnis zu dem von E_0 (ohne Dünger) auf zwei Arten vervierfachen kann:

- durch eine normale Düngergabe (D_1)
- durch eine fünfmal grössere Gabe (D_5)

5.1. Industrieller Energieeintrag

Die Landwirtschaft wird heute nach den gleichen Grundsätzen betrieben wie die Industrie. Der Erfolg war durchschlagend, die Produktionssteigerung gross. Heute, im Zeichen des Umweltschutzes, beginnt sich jedoch der Pferdefuss abzuzeichnen. Das Modell der ökologischen Sukzession von Stumm macht deutlich, dass Produktionssteigerung durch unmittelbaren industriellen Energieeintrag unweigerlich mit Unstabilität verbunden sein muss.

In die Praxis übersetzt lassen sich die Folgen an einem Beispiel aufzeigen:

Der Energieeintrag der Bodenkleintiere wird ersetzt durch den Pflug und durch mobile Mineraldünger. Die gleichfalls vom Edaphon abhängige Lebendverbauung wird abgelöst durch Schaumplastik, dem die Aufgabe zukommt, das Porenvolumen zu erhöhen. Mit dieser statischen, isolierten Massnahme zur Bodenverbesserung kann es jedoch nicht gelingen, die Dynamik der Bodentiere zu ersetzen. Man erreicht damit vorübergehend einen gewissen Lufteintrag in den Boden und eine erhöhte Wasserdurchlässigkeit. Alle übrigen dauernd erbrachten Leistungen des Edaphon

verschwinden. Die Erosion und damit die Beeinträchtigung der Gewässer wird immer mehr zum Problem nicht nur der Hanglagen. Um zu ermitteln, welche Energieleistung vom Edaphon erbracht wird, seien folgende Zahlen genannt. In einem guten Waldboden leben pro Hektare (12):

1000 kg kleinste Bodentiere (Geisseltiere, Wurzelfüssler, Wimpertierchen)

330 kg mittelgrosse Bodentiere (Schnecken, Spinnen, Asseln, Doppelfüssler, Tausendfüssler, Käfer und andere Insekten)

4000 kg Regenwürmer

100 kg Wirbeltiere

Bedenkt man, dass pro Hektare Grünfläche nur etwa 500 kg Grossvieh ernährt werden kann, so erhält man einen Begriff von der Bedeutung der Bodentiere.

Der industrielle Energiefluss reduziert die empfindlichen Arten des Edaphons im Ackerboden, während die anpassungsfähigen Arten wegen Mangel an Wettbewerb überhand nehmen. Rasant vermehren sich dadurch z.B. unspezifische Nematoden (durchsichtige, kleine Würmer, 0,5 bis 2 mm lang, auch Aelchen genannt, bisher sind 5000 Arten aus Böden beschrieben worden) (13). Ihre Nahrungsgrundlage war die gesamte abgestorbene Masse des Bodens. Aus Mangel attackieren sie lebendes Gewebe von Kulturpflanzen und werden Schädlinge. Die Bekämpfung erfolgt mit Pestiziden. Durch die Unstabilität der Bodenverhältnisse verliert die Kulturpflanze ihre Pufferintensität und wird zum bevorzugten Nährboden einzelner Organismenarten, die dann Schädlinge genannt werden und sich epidemisch vermehren. Die Pestizide wirken selektiv. So wirkt DDT spezifisch gegen Insekten, während spinnenartige Tiere unempfindlich sind. Deren Entwicklung wird dadurch gefördert. Die rote Spinne - heute ein Hauptfeind der Obstkulturen - entwickelte sich in epidemischer Weise erst seit Beginn der DDT-Aera.

Aus diesem Trend lässt sich folgende Sukzession ableiten:

Industrieller Energieeintrag → metabolische Verschwendung → erhöhte Erntemenge → homogene Biozönose → Eutrophierung der Gewässer → erhöhter Krankheits- und Schädlingsbefall → erhöhter Gifteintrag → Vermehrung der Schädlingsindividuen → erhöhte toxische Gesamtsituation → Hydrokulturen im sterilen Raum → Unwirtschaftlichkeit und kalorienreiche Nahrung mit schwacher Pufferintensität (Zivilisationskrankheiten).

Die radikalere (utopische) Lösung im gleichen Sinn der maximalen Nettoproduktion bei einem Minimum an Struktur:

Nährstoffe werden in einer für den Menschen gut aufnehmbaren Form ohne Umweg über Pflanze und Tier direkt verabreicht. Verzicht auf alle Metabolismen ausser jener des Menschen, dadurch maximale "metabolische Verschwendung" und maximale "Vereinfachung der Futterkette" bei maximaler Umweltverschmutzung.

5.2. Der biologische Energieeintrag

In Analogie zur Oekologie des Mischwaldes lässt sich zwanglos das Modell der Eingliederung metabolischer Endprodukte in den Nahrungskreislauf denken.

Wenn die gesamte organische (gewachsene) Substanz der Zivilisationsabfälle in der Landwirtschaft rezirkuliert würde, dann wäre auch nach Abzug der Entropieverluste in Abhängigkeit der trophischen Stufen ein hoher Energieeintrag möglich. Anstelle des raschen Energieflusses mit seinem notwendigen Verlust an Stabilität und Diversität, seiner grossen Entropie und schnellem Nährstoffkreislauf tritt der Energieeintrag durch Rückführung der metabolischen Endprodukte. Der biologische Energieeintrag ersetzt den mechanischen und industriellen.

Folgender Trend lässt sich ableiten:

Rückführung metabolischer Endprodukte → biologischer Energieeintrag → Erntemenge entsprechend dem Eintrag an Biomasse → Biozönose vertikal von homogen bis heterogen → keine Abgänge in die Gewässer → Diversität auch bei Monokulturen → hohe Pufferintensität der Nahrung → an der Quelle erfasster Umweltschutz → Oekonomisierung der ursprünglich unwirtschaftlich scheinenden Rückführung der Zivilisationsabfälle.

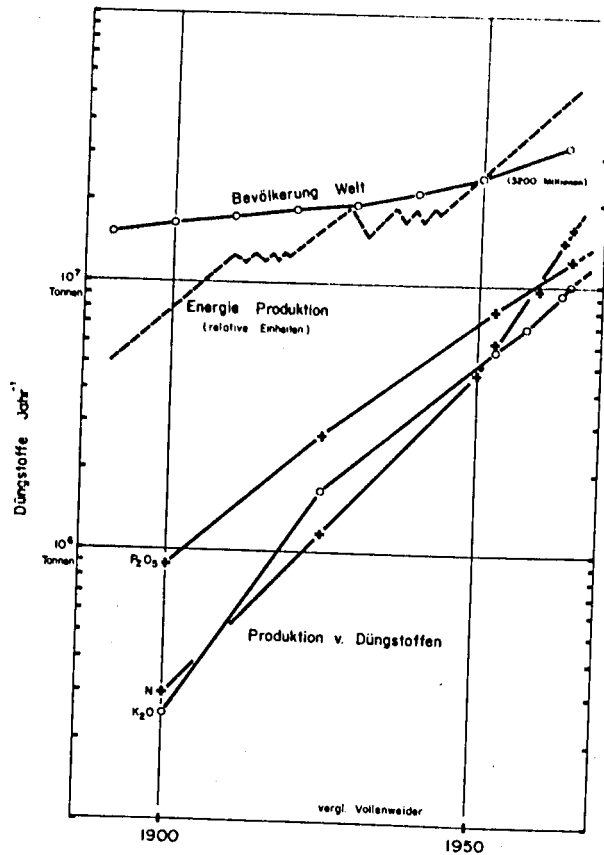
Die pfluglose Landwirtschaft bei nur oberflächlicher Bodenbearbeitung wird in der Praxis seit Jahren in einigen hundert Bauernbetrieben und in etlichen Intensivbetrieben, vor allem des Gemüsebaus, mit züchterischem und finanziellem Erfolg betrieben. Allerdings werden dabei verhältnismässig wenig Siedlungsabfälle (Stadtkompost) verwendet. Zur Hauptsache werden die im eigenen Betrieb gewonnenen organischen Ueberreste genutzt.

Es kann sich daher bei den vorliegenden Folgerungen einstweilen nur um ein Modell handeln, das einen Extremfall darstellt.

Zwischen der utopischen Forderung nach totaler Nutzung aller organischen Zivilisationsabfälle und der ebenso utopischen totalen Synthetisierung aller Nährstoffe ist jegliche Zwischenstufe denkbar. Augenblicklich schwingt das Pendel in Richtung des schnellstmöglichen Kreislaufs mit all den daraus erwachsenden negativen Folgen für die Umwelt.

Vollenweider (14) hat die Düngerproduktion zur Energie- und Bevölkerungszunahme in Beziehung gesetzt und damit anschaulich den Trend in Richtung metabolische Verschwendung dargestellt (Fig. 6).

Fig. 6



6. Schlussfolgerung

Es sollte aufgezeigt werden, dass eine ertragreiche Bewirtschaftung des Landes auch möglich ist, wenn wir den Kräften der Natur nicht entgegenwirken, sondern gezielt mit ihnen arbeiten. Ein Wirtschaftlichkeitsvergleich unter Einbezug der Verschmutzung der Umwelt und deren Reinigung einerseits und der Umweltschonung durch langfristige Massnahmen in Richtung "Wiederverwendung" andererseits dürfte zu Gunsten dieser Möglichkeit ausfallen. Die ökologische Sukzession in ihrer vertikalen Ausrichtung verspricht die Realisierung zweier sich anscheinend ausschliessender Prinzipien, nämlich Stabilität und hohe Erträge. Stabilität bedeutet auch: reines Wasser. Reines Wasser ist bestimmt wirtschaftlicher und zuträglicher als gereinigtes Wasser.

Unser Ausgangspunkt war die Alternative, ob Afälle zu vernichten oder zu verwerten sind. Die Antwort von der Oekologie her

ist die, dass

- Vernichtung ein Widerspruch in sich selbst ist,
- die gestörte Buchhaltung von Eingängen und Ausgängen im Naturhaushalt durch gepufferte Koppelungen der Endprodukte mit der Urproduktion wieder in Ordnung zu bringen ist.

Bis zur Verwirklichung sind allerdings noch Hindernisse psychologischer, technologischer und wirtschaftlicher Art zu überwinden. Doch dürfte es zweckmässig sein, bei der Planung konkreter Abfallbehandlungs-Aufgaben eine Modellvorstellung dieser Art vor Augen zu haben. Es lassen sich damit vordergründige Fehlinvestitionen vermeiden. Auch die Industrie könnte - von einer andern Seite her kommend als bisher - an einer Entwicklung in der genannten Richtung entscheidend teilnehmen. (Aufbereitung, Zerkleinerung, Verteilung, Konfektionierung, biochemische Hilfsmittel, zusätzliche Nährstofflieferung auf der Basis eines langsamen Nährstoffkreislaufs).

Literaturverzeichnis

- (1) Gubser H., "Abwasserprobleme", Vortrag anlässlich der ERFA-Sitzung der Betriebsdirektoren, Dez. 1968
- (2) Thienemann A.F., "Leben und Umwelt", Rowohlts deutsche Enzyklopädie, Hamburg 1956, S. 122
- (3) Stumm W. and Stumm-Zollinger E., "Chemostasis and Homeostasis in aquatic ecosystems; principles of Water Pollution Control", S. 19
- (4) Stumm W., "Wechselwirkung Land - Wasser in ökologischer Sicht", vervielfältigtes Ex. S. 6, Vortrag am Symposium der Schweiz. Landwirtschaftlichen Forschungsanstalten in Bern, Okt. 1971
- (5) Finck A., "Probleme der Intensivdüngung im Hinblick auf die Gewässer-Eutrophierung". Vortrag an der Jahreshauptversammlung des Verbandes Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (LUFA), in Kiel, Sept. 1971
- (6) Rohde G., "Flächenkompostierung der Natur", LR 72, Deutsches Zentralinstitut für Lehrmittel, Berlin 1958, DDR
- (7) Rusch H.P., "Bodenfruchtbarkeit", Heidelberg 1968, S. 147
- (8) Die Bezeichnungen Förna, Vermoderungsschicht, Humusstoffschicht gehen auf Hesselmann 1925 zurück, cit. bei Scheffer-Ulrich, Lehrbuch der Agrikulturchemie und Bodenkunde III. Teil "Humus und Humusdüngung" Bd. 1, Stuttgart 1960, S. 9
- (9) Rusch op. cit. S. 111
- (10) Rusch op. cit. S. 140
- (11) Voisin A., "Grundgesetze der Düngung", Bayerischer Landwirtschaftsverlag München, Basel, Wien, 1966
- (12) Dunger W., "Tiere im Boden", Neue Brehm-Bücherei 327-A, Ziemsens Verlag, Wittenberg Lutherstadt, 1964
- (13) Dunger W., op. cit. S. 55
- (14) Vollenweider R.A., "Die wissenschaftlichen Grundlagen der Seen- und Fließwassereutrophierung unter besonderer Berücksichtigung des Phosphors und des Stickstoffs als Eutrophierungsfaktoren", OECD Ref. No. DAS/CSI/68.27, Nov. 1968

Werner Lengyel:

Raumordnung und Abfallwirtschaft

1. Ausblick

Zur Zeit der Erfindung der beweglichen Lettern in der Mitte des 15. Jahrhunderts wurden nach optimistischen Schätzungen rd. 1000 Buchtitel im Jahr produziert. Heute sind es pro Tag mehr und dazu kommen Millionen Periodika.

Die Hälfte des gesamten Energieverbrauches seit Nutzbarmachung des Feuers durch den Menschen wurde in diesem Jahrhundert konsumiert und der Energieverbrauch steigt weiter an.

An der Schwelle der Superindustrialisierung ballen sich die Menschen immer mehr in Städten zusammen. 1850 gab es auf der Welt 4 Millionenstädte, 1900 waren es 19 und 1960 bereits 141. Die Zahl der in Städten lebenden Menschen verdoppelt sich in weniger als 10 Jahren.

Die zivilisierte Wegwerfgesellschaft ist im Begriff, restlos mit den Dimensionen der Vergangenheit zu brechen und treibt mit immer größerer Beschleunigung dem Konsuminfarkt entgegen. Bei der Verherrlichung des wirtschaftlichen Fortschrittes wird übersehen, daß eine Produktionssteigerung von 7 % jährlich zumindest eine Verdopplung der Abfallstoffe innerhalb von 10 Jahren bedeutet.

Fortschritt, Steigerung des Lebensstandards und steigendes Sozialprodukt - bis wohin? Man befürchtet eine Zunahme der Weltbevölkerung innerhalb der nächsten 30 bis 40 Jahre auf 10 Milliarden Menschen. Bei gleichzeitiger, technisch durchaus möglicher Anhebung des "Lebensstandards" auf nordamerikanische Maßstäbe ergäbe dies 3 Milliarden Autos und Schwierigkeiten mit dem für den Betrieb dieser Autos notwendigen Sauerstoff.

2. Raumordnung - Abfallordnung

Vor diesem Hintergrund drängt sich der Ruf nach einer ordnenden Ideologie geradezu auf. Und der Raum, für den diese Ordnung gelten muß, kann nur der gesamte Lebensraum der Menschheit sein. Genau so wie sich aus der Wohnhöhle durch Ordnung der einzelnen Bedürfnisse die menschenwürdige Wohnung mit differenzierten Bereichen entwickelt hat, muß sich die Ordnung der Zukunft über den gesamten Planeten erstrecken.

Industrielle Technologie, Verkehr und Lebensgewohnheiten der Menschen lassen schon heute zumindest kontinentale Planungen äußerst dringlich erscheinen. Oder betrifft es wirklich nur den jeweiligen Fischerort, wenn z. B. jeden Sommer Millionen Europäer einen schmalen Küstenstreifen an der Adria übervölkern und Spuren hinterlassen, die nicht bis zum nächsten Jahr verschwunden sind? Oder betrifft es wirklich nur den Kapitän bzw. Reeder jenes Schiffes, welches im Jahre 1971 mit hochgiftigen Abfällen von der Nordsee in den Atlantik gejagt wurde und schließlich wieder im heimatlichen Hafen die todbringende Fracht löscht?

Durch dieses Hinauswachsen der Probleme zuerst über die Gemeinde-, dann über Landesgrenzen bedingt, setzten - anfangs zögernd, verstärkt erst in den letzten Jahrzehnten - überregionale Planungen ein (z. B. in Österreich: Wurzer, 1951/52, "Regionalplanung Wörther See"). In jüngster Zeit dokumentieren sich wahrlich weitblickende Raumordnungsgedanken z. B. in der Einteilung Europas in sechs Großräume. Um die zentrale Stadtlandschaft, begrenzt durch die Städte Liverpool, Le Havre, Genf, Bregenz und Hamburg, gruppieren sich der hohe Norden, der atlantische Kreis, der Alpenbogen, der Mittelmeerkreis und der Hanseatische Kreis. Projiziert man in diese Einteilung Europas z. B. die Fremdenverkehrsströme, so ergibt sich eindeutig eine von der zentralen Stadtlandschaft radial nach außen verlaufende Richtung, wenn man von gewissen klimatischen, hauptsächlich in Nord-Südrichtung verlaufenden Vektoren absieht und die politische Teilung in Ost und West vernachlässigt.

Da jede industrielle Aktivität naturgemäß Siedlungstätigkeit, Verkehrsaufkommen und Umweltbeeinträchtigung nach sich zieht, ist es höchste Zeit, diese sechs differenzierten Räume, also den Lebensraum Europa, im Sinne einer kontinentalen Raumplanung zu erforschen, die weitere Entwicklung vor auszuplanen und durch Schaffung einer (Raum-) Ordnung für die nächsten Generationen eine menschenwürdige Umwelt sicherzustellen.

Wer durch mehrere Jahre die heute bereits irreparable Verschmutzung der dalmatinischen Küste durch Öl verfolgt, begreift die raumvalente Bedeutung der Abfallwirtschaft. Wenn es dem gesellschaftspolitischen Leitbild des Europäers entspricht, an der Mittelmeerküste seinen Urlaub zu verbringen, dann müssen alle industriellen Planungen in diesem Raum auch mit den Erfordernissen des Erholungsraumes konfrontiert und die Auswirkungen der beiden konträren Entwicklungen jeweils rückgekoppelt werden. Geschieht dies nicht, dann werden entweder die einen oder die anderen Einrichtungen fehlinvestiert sein. Konkret ausgesprochen: Erdölraffinerien und Pipelineköpfe (Triest, Rijeka) mitten in einer großräumigen Erholungslandschaft werden in der Zukunft sicher als Fehlentwicklung eingeschätzt werden.

Es gibt auch zahlreiche, nicht so weit hergeholte Beispiele, wo die Rückkoppelung der jeweiligen Planungen vernachlässigt wurde und dadurch heute die Abfallfrage zu gewaltigen Kalamitäten führt. Hätten z. B. die jeweils Verantwortlichen der verschiedenen Zellulosefabriken an Mur, Ager und Krems die Schwierigkeiten geahnt, die ihren Nachfolgern auf den Vorstandsstühlen das Abwasser- und Abluftproblem heute bereitet, so wäre manche Investition ausgeblieben oder an einem anderen Ort (Fluß) getätigt worden. Oder: sicher war es für die politischen Vertreter ein Erfolg und für die Industrie von Vorteil, mitten in einem Gemüseanbauggebiet Konservenfabriken zu errichten, aber wer hat die langfristigen Auswirkungen der Abwasserbelastung im Vorfluter, einem See, auch für die fernere Zukunft, also innerhalb der nächsten 50 Jahre, geprüft?

Daraus ersieht man, wie mannigfaltig Raumplanung und Abfallwirtschaft verknüpft sind und wie wenig dies auch in jüngster Zeit von verschiedenen Stellen beachtet wird. So enthielten die von den beiden großen österreichischen Parteien im Jahre 1968 vorgelegten (Raum-)Pläne für das Bundesland Niederösterreich keine Aussagen zur Frage der Abfallwirtschaft. Auch die im Kärntner Raumordnungsgesetz (1969) beschlossenen Entwicklungsziele lassen den diesbezüglichen Willen des Gesetzgebers nur in einem allgemeinen Hinweis auf "die Eigenart der Landschaft bewahren" erkennen. Erst in dem von Prof. Dr. R. Wurzer, Technische Hochschule Wien, zusammen mit rd. 40 Experten im Jahre 1970 erstellten Raumordnungsgutachten für Österreich finden sich Kapitel über Abwasser- und Abfallbeseitigung. In der 1972 erschienenen umfassenden Informationsschrift über Wasserwirtschaft und Umweltschutz, herausgegeben vom BMLF, werden zahlreiche konkrete raumbezogene Empfehlungen ausgesprochen. Besonders hervorzuheben sind z. B. die für überregionale Bauvorhaben höheren Förderungssätze beim Wasserwirtschaftsfonds.

Wenn also sowohl den Fachleuten als auch den entscheidenden politischen Gremien die schicksalhafte Verkettung zwischen Raumplanung und Abfallwirtschaft heute klarer zu werden beginnt, dann bleiben nur noch die Zielpunkte und die Methodik der **A b f a l l o r d n u n g** abzustecken, um dieser neuen wissenschaftlichen Disziplin zu der lebenswichtigen Bedeutung zu verhelfen, die ihr in der heutigen Industriegesellschaft zusteht.

3. Zielpunkte der Abfallordnung

Schaffung einer Abfallwirtschaft, die in ständiger Wechselwirkung mit den Zielsetzungen der Raumordnung abgestimmt und betrieben wird.

Minimierung der Summe aller Umweltbeeinflussungen (auf belebte und unbelebte Materie, Wasser, Boden, Luft).

Optimierung des Einsatzes der für diesen Zweck verfügbaren Mittel des Sozialproduktes.

- 3.1 Die Raumordnung soll günstige Lebensbedingungen für die Menschheit bei gleichzeitiger Bewahrung einer menschenwürdigen Umwelt schaffen und die zur Erreichung dieser Ziele führenden Leitlinien erarbeiten. Zu günstigen Lebensbedingungen gehören aber sicher - und ebenso ist es im Sinne erwünschter Leitlinien - wenn die Gewässer sauber, das Weichbild der Siedlungen ohne Abfälle und die Luft zum Atmen ist. Daher muß z. B. bei der Planung einer günstigen wirtschaftlichen Voraussetzungen versprechenden industriellen Produktionsstätte in einem Notstandsgebiet genau geprüft werden, ob die Beeinträchtigung der Umwelt durch diese Fabrik nicht etwa größere negative Folgen bringt als der erwartete soziale Aufschwung begrüßenswert ist.

Mannigfaltig sind auch die erforderlichen Abstimmungen hinsichtlich standortbezogener Entscheidungen. So kann die Rentabilität einer Investition, wenn nur arbeitsmarktpolitische oder Faktoren des Rohstoffes beachtet werden, auf Grund des schlechten Standortes in bezug auf den Abfall in Frage gestellt werden. Es erscheint sogar denkbar, daß in Zukunft auf Grund der Rückkopplung zwischen Raum- und Abfallordnung Produktplanungen aufgegeben werden müssen, mit anderen Worten: das genaue Studium der Auswirkungen der Produktion und des Konsums eines neuen Waschmittels beispielsweise ergibt einen Negativsaldo hinsichtlich der Beeinflussung des Menschen und seiner Umwelt. Auf jeden Fall müssen bei der Erstellung der Leitlinien für die Raum- wie auch Abfallordnung jene Aufwendungen bereits berücksichtigt werden, die nach Erreichung des Planungszieles für die Erhaltung der gesunden Umwelt aufgebracht werden müssen. Es sollte also beim Start des Fließbandes klar sein, wie und wie teuer sich dieses rd. 1000 kg schwere, chromblitzende Auto nach einer immer kürzeren Gebrauchsdauer beseitigen läßt, oder bei der feierlichen Grundsteinlegung eines riesigen Versandschlachthofes, wie sich die Abwässer am zur Verfügung stehenden Vorfluter durch Jahr-

zehnte hindurch auch nach einer auftretenden Kapazitätsausweitung zufriedenstellend beseitigen lassen.

- 3.2 Die Minimierung der Summe aller Umweltbeeinflussungen kann nur erreicht werden, wenn sachlich erforscht wird, wie die einzelnen Abfälle beseitigt werden sollen. Allzu leichtfertig werden Methoden der Abfallbeseitigung auf Grund von scheinbaren Vorteilen in bezug auf einen der drei Bereiche Wasser, Boden, Luft gewählt und nicht nach Gesichtspunkten, die diesem Gedanken der komplexen Betrachtung Rechnung tragen. Oder wurde schon jemals ein Gesamtbelastungsplan für die Beeinträchtigung von Gewässer, Boden und Luft nach einheitlichen Maßstäben erstellt?

Vor einiger Zeit hat in den USA eine im Regierungsauftrag forschende Firma neben anderen Möglichkeiten zur Müllbeseitigung auch ernsthaft das Zerkleinern der Abfälle in der Wohnung und Abschwemmen zusammen mit dem Abwasser vorgeschlagen. Diese Methode widerläuft eindeutig dem Grundsatz einer Minimierung der Umweltbeeinflussung. Bei dem immer fühlbarer werdenden allgemeinen Wassermangel müßte mit allem Nachdruck erforscht werden, wie man vom WC ohne hygienische Einbußen wekommt, und nicht vorzuschlagen, das kostbare Trinkwasser als Transportmittel zunächst zu verunreinigen und danach mit hohem Aufwand das Müllabwasser wieder zu reinigen. Hier ergeben sich für die Disziplinen Raumordnung und Abfallordnung noch sehr lohnende und zunehmend lebenswichtige Aufgaben.

- 3.3 Die Optimierung der wirtschaftlichen Mittel schließlich soll eine möglichst große Effektivität der umweltschützenden Bemühungen und Aufwendungen sicherstellen. Es widerspricht diesem Grundsatz, wenn an einem Flußsystem eine Stadt ihre Abwässer vollbiologisch reinigt und alle anderen Orte ohne jede Reinigung ihre Abwässer einleiten. Es wäre auf den relevanten Zeitraum betrachtet doch wesentlich effektiver, wenn alle Verschmutzer einen ersten Schritt der Reinigung getan hätten und zumindest die groben Abwasserstoffe entfernten.

Wenn auch die Schwierigkeiten, die sich übergemeindlichen Planungen durch die Planungshoheit der Gemeinden sehr oft entgegenstellen, gegenwärtig sind, muß doch eine Müllverbrennungsanlage für eine Stadt von 25.000 Einwohnern als im Sinne einer großräumigen Abfallordnung falsch bezeichnet werden, wenn in rd. 1000 m Entfernung von ihrem Standort die riesige ungeordnete Deponie der nächsten Gemeinde liegt. Ohne bauliche Vergrößerung könnte die Anlage ein wesentlich größeres Einzugsgebiet bedienen und damit wäre zweifellos das aufgewendete Kapital effektiver investiert.

4. Methodik der Abfallordnung

4.1 Terminologie

Die Terminologie der Abfallbeseitigung bezieht ihre Fachausdrücke und Begriffsbestimmungen aus den jeweiligen Unterdisziplinen, wie Abwasserbeseitigung, Müllbeseitigung, Hygiene, Biologie, Chemie etc. Eine Zusammenstellung der im deutschen Sprachgebrauch üblichen Begriffe findet sich im "Handbuch für Müll- und Abfallbeseitigung" unter den Kennzahlen 1200 bis 1228. Aus der Sprachregelung der Raumordnung sind die entsprechenden Begriffe für Raum, Region, Raumplanung, Strukturpolitik etc. zu entnehmen.

Jedenfalls soll in Anlehnung an eine Definition des Begriffes Raumordnung der Ausdruck "Abfallordnung" jenen wünschenswerten Zustand der Umwelt charakterisieren, der optimal den Teilleitplänen hinsichtlich der Gewässergüte, der Reinerhaltung der Luft und der möglichst geringen Verunstaltung der Landschaft entspricht. Es ist durchaus möglich, auch bei der Abfallbeseitigung von Strukturpolitik zu sprechen, wenn z. B. Einzugsgebiete von Einrichtungen zur Abfallbeseitigung über Gemeindegrenzen hinweg oder quer durch diese hindurch neu festgelegt werden.

4.2 Grundlagen der Abfallordnung

4.2.1 Der Raum

Genau wie bei der Raumordnung muß allen Betrachtungen zunächst die Festlegung jenes Raumes vorangestellt werden, dem das jeweilige Studium gilt. Selbstverständlich kann dieser Raum aber nicht für sich allein und isoliert Gegenstand von Planungen sein. Es muß vielmehr der wechselseitige Einfluß der umgebenden Regionen und Räume untersucht und grundsätzlich die höherwertigen Ordnungen beachtet werden. Die Leitbilder sollen grundsätzlich vom Großen ins Kleine (Erde? - Kontinent - Großraum, Region - Gemeinde) von der zuständigen Plattform aus aufgestellt und durch Weisungen in hierarchischer Form konkretisiert werden.

Wichtige Faktoren ergeben sich aus der Landschaft, der Topographie, dem Klima, der Hydrologie des Planungsgebietes (in Innsbruck wurde z. B. die schon sehr konkrete Planung einer Müllverbrennungsanlage nicht zuletzt wegen der meteorologischen Erscheinung der langandauernden winterlichen Inversion der Luftschichten im Talkessel fallen gelassen).

Die genaue statistische Erforschung der Bevölkerungsstruktur, der Siedlungsformen, der gewerblichen und industriellen Anlagen sowie in Erholungsgebieten des Fremdenverkehrs stellt ebenso eine fundamentale Vorarbeit dar.

4.2.2 Infrastruktur

Vor allem für die Beseitigung fester Abfälle spielt die Infrastruktur im Planungsraum eine wesentliche Rolle. Verkehrswege müssen die Transporte der Abfallstoffe aufnehmen, die Elektrizitäts- und Fernwärmeversorgung hat unmittelbaren Einfluß auf die Menge und Beschaffenheit z. B. des Hausmülls. Bestehende

Grundwassernutzungen und für die Zukunft wichtige Grundwasservorkommen müssen beachtet und geschont werden.

Die bestehende räumliche (Un-)Ordnung mit allen ihren Kollisionen zwischen ungenügender Abfallbeseitigung und den Erfordernissen des Umweltschutzes muß entflochten und gegebenenfalls auf mögliche Interimslösungen durchforscht werden. Selbstverständlich sind schon bei der Basisforschung die möglichen Kombinationen in der Beseitigung der einzelnen Abfallgruppen zu beachten. Daraus können sich wichtige Rückschlüsse auf den Standort der einzelnen Anlagen ergeben.

4.2.3 Leitbilder der Raumplanung

Jede planerische Aktivität auf dem Gebiet der Abfallwirtschaft steht auf tönernen Füßen, wenn nicht peinlichst genau erhoben wird, wie die Entwicklungskräfte in der Zukunft im Raum angreifen werden. Jeder Aspekt der Raumordnungspolitik hat einen Einfluß auf die künftige Abfallwirtschaft. Zwischen der Wasserwirtschaft in einem Industrierevier und der Wasserwirtschaft in einem Erholungsraum bestehen gravierende Unterschiede. Die Wasserkraftnutzung beeinflusst die Abfallwirtschaft erheblich, man denke nur an den Unterschied in der Selbstreinigungskraft eines Vorfluters als ursprüngliches Gerinne und als Staurationkette.

4.3 Prognosen

Nach Kenntnis der natur- und menschenbezogenen Grundlagen im betrachteten Lebensraum müssen die künftigen Entwicklungen möglichst treffsicher ermittelt werden. Hier gilt es, die vielseitigen Möglichkeiten der Rückkopplung zu durchleuchten und das wahrscheinlichste Zukunftsmodell zu finden. Neuerdings erhält die Disziplin der Zukunftsforschung fruchtbare Anregungen aus der Computer- und Netzplantechnik. Wesentlich ist naturgemäß zunächst die zahlenmäßige Abschätzung der Bevölkerungsbewegung,

sowie die Linien der künftigen Industriepolitik und -struktur. Es hat keinen Sinn, Vorsorge für die gemeinsame Reinigung von städtischem und industriellem Abwasser zu treffen, wenn das Absterben der Industrie infolge Strukturwandel voraussehbar ist. Auch der Einfluß des Fremdenverkehrs auf die Anforderungen an die Umwelt muß möglichst genau vorausgesagt werden. Seit Generationen fließen Abwässer aus Fremdenverkehrsorten in Seen und in ufernahe Bereiche der Weltmeere. Die Beeinträchtigung der Erholungsuchenden war bestimmt vor 40 Jahren nur um wenige Punkte geringer als heute, aber erst in den letzten Jahren befassen sich Massenmedien mit der Umweltverschmutzung und plötzlich wird diese auch allgemein erkannt und beachtet.

4.4 Maßgebende Abfallmengen

Die Abfälle des betrachteten Raumes sollen nach folgender Einteilung erfaßt werden:

- feste Abfälle,
- flüssige Abfälle,
- Altöle und Ölderivate,
- Tierkadaver, Abfälle der Tierhaltung und -schlachtung,
- Wracks,
- Betonmüll und Bauschutt,
- Sondermüll,
- radioaktiver Abfall.

Eine detaillierte Besprechung der einzelnen Abfallarten erübrigt sich an dieser Stelle, da im Rahmen dieses Seminars ausführlich darüber referiert wird.

Für eine überregionale Abfallordnung sollte allerdings beachtet werden, daß sich die Einzugsgebiete einzelner Beseitigungs- bzw. Behandlungsanlagen überschneiden können bzw. sich sogar überdecken sollten. Je schwieriger eine Abfallsorte zu behandeln ist, desto geringer ist der Anteil der Transportkosten an den Gesamtkosten der Beseitigung.

Eine zentrale Abfallbeseitigungsanlage in einem Schwerpunkt eines Raumes wird z. B. das Abwasser aus dem unmittelbaren Kanalisationsbereich, den Haus- und Gewerbemüll aus einem Umkreis von 20 - 30 km, Sondermüll, Altöl und Tierkadaver sowie Schlachthausabfälle aber ohne Schwierigkeit von einem ganzen Bundesland verarbeiten können. In der Regel verhält sich der Schwierigkeitsgrad der Verarbeitbarkeit verkehrt proportional zur Abfallmenge.

Hinsichtlich des Atommülls gibt es schon globale Kontakte, um die relativ geringen Mengen ohne dauernde Gefährdung unseres Planeten beseitigen zu können.

Immer mehr Schwierigkeiten wird in Zukunft der Betonmüll bereiten. Die heute errichteten Bauten müssen nach einer Nutzungsdauer von vielleicht 25 - 30 Jahren erneuert und damit abgetragen werden. Die heute bekannten Methoden des Abtragens von Stahlbetonbauten sind sehr kostspielig. Die Folgen einer Zerstörung von Städten im Ausmaß der Verwüstungen während des zweiten Weltkrieges kann man sich bei dem derzeitigen Anteil der Stahlbetonbauten an den Bauten der modernen Städte gar nicht vorstellen. Im Jahre 1945 konnten die Aufräumarbeiten ohne Maschineneinsatz mit Spitzhacke und Schaufel begonnen werden. Angesichts von Stahlbetonsäulen, -platten und -wänden würde dies ein kaum erfolgversprechendes Beginnen sein. Trotz dieser heute noch ungelösten Probleme mit dem Betonmüll müssen natürlich Überlegungen zu seiner Beherrschung in der Zukunft angestellt werden.

Bei einer weiteren Verdichtung der Ballungszentren werden Raumordnung und Abfallordnung - in diesem Falle möge der Begriff Abfallordnung nicht falsch verstanden sein - sich auch mit dem Fragenkomplex um die heutige Erdbestattung beschäftigen müssen. Nicht nur die Flächen werden knapp, auch die dauernde und zunehmende Beeinträchtigung des Grundwassers wird beachtet werden müssen.

Jedenfalls muß eine Abfallordnung alle heute bekannten Abfälle erfassen und für jede Art die derzeitigen und die künftigen Mengen in alle Betrachtungen einbeziehen. Dabei müssen wieder die Entwicklungen der Wirtschaft, des Konsums und der Lebensgewohnheiten hinsichtlich ihres Einflusses auf die Abfallmenge und -beschaffenheit untersucht und rückgekoppelt werden. Wenn die chemische Großindustrie die Steigerung der Kunststoffweltproduktion von 20 Millionen Kubikmeter im Jahre 1970 auf 1,5 Milliarden Kubikmeter im Jahr 2000 schätzt, dann müssen von der Abfalltechnik heute diese vorhersehbaren Tendenzen berücksichtigt werden. Die Nutzungsdauer von Abfallbeseitigungsanlagen nimmt zwar auch immer ab, doch auf 20 - 25 Jahre Betriebszeit sollten sie dennoch ausgelegt sein.

4.5 Technische Möglichkeiten der Abfallbeseitigung

Die Behandlungsarten der Abfallbeseitigung lassen sich auf wenige Tätigkeiten einschränken, u. zw.:

- Einsammeln,
- Hygienisieren,
- Ablagern,
- Kompostieren,
- Verbrennen.

Jedes Abfallordnungsmodell für einen bestimmten Raum sollte mit diesen bekannten technischen Möglichkeiten der Abfallbeseitigung hinsichtlich jeder einzelnen Abfallart konfrontiert werden. Die naturgegebenen Voraussetzungen des Raumes beeinflussen naturgemäß die zu wählende Beseitigungsmethode entscheidend. Müllkompost kann nur in Gartenbau-, Wein- oder Getreideanbaugebieten, nicht aber oder sehr schwer in Viehzuchtgebieten abgesetzt werden. Eine Mülldeponie in einem Grundwasserschongebiet wird auf Zeit zu hohe Aufwendungen zum Schutze dieses Grundwassers

erfordern. Die Abwasserbeseitigung eines Schizentrums auf einem Karststock wird ohne Ableitung der Abwässers ins Tal unmöglich sein. An einem See, an dem eine restlose Ableitung der Abwässer in den Abfluß unmöglich oder wirtschaftlich nicht tragbar erscheint, wird eine künftige Ausweitung der Belastung durch den Fremdenverkehr unmöglich sein. In Smoggebieten wird man die Errichtung einer Verbrennungsanlage nicht ohne genaue Untersuchung der zusätzlichen Belastung der Luft planen.

Bei der Beurteilung der technischen Möglichkeiten müssen naturgemäß wieder die Zielpunkte der Abfallordnung im Hinblick auf die Raumordnung, die Effektivität und die Wirtschaftlichkeit genauestens beachtet werden.

4.6 Leitbild der Abfallordnung

4.6.1 Organisationsform

Eine erfolgversprechende Abfallwirtschaft wird sehr selten genau nach Verwaltungsgrenzen eingeteilt werden können. Zumindest in Österreich sind die Gemeinden zu klein, um hinsichtlich einer umfassenden Abfallwirtschaft optimale Größen aufzuweisen. Selbst die Bundeshauptstadt wird innerhalb ihrer Grenzen in Zukunft nicht das Auslangen finden. Man denke an die Beseitigung des Klärschlammes von rd. 2,5 Mill. Einwohnergleichwerten, der auf dem Stadtgebiet von Wien nur verbrannt werden könnte. Betrachtet man gemeinsam mit der Stadt Wien auch ihr Umland, dann erscheint die Verbrennung der organischen Substanzen des Klärschlammes durchaus nicht mehr so zwingend.

Nach der Festlegung des zusammenhängenden Raumes sollte getrachtet werden, für diesen Raum eine entsprechende Organisationsform für die Realisierung der geplanten Abfallwirtschaft zu finden. Erst nach einer genauen Festlegung von Normen kann die Abfallwirtschaft nach einheitlichen Grundsätzen betrieben werden.

Für den übergeordneten Raum können Richtlinien erlassen werden, die nur allgemeinen Einfluß auf die Planung und den Betrieb der Anlagen in den Regionen und Gemeinden nehmen. Diese etwa für das ganze Bundesgebiet geltenden behördlichen Weisungen könnten Aufklärung in rechtlichen, technologischen und wirtschaftlichen Belangen geben. Zur Einhaltung dieser Richtlinien für eine einheitliche Abfallordnung könnten Gemeinden und Verbände gezwungen werden, indem staatliche Förderungen nur bei strenger Befolgung gewährt werden. Die hierfür notwendigen gesetzlichen Voraussetzungen müßte der Gesetzgeber schaffen.

Von den Ämtern der Landesregierungen könnten im Rahmen der Bundesrichtlinien konkrete Anweisungen für die einzelnen Regionen und Flußgebiete erlassen werden.

Die Studien und Planungen, die zu diesen Anweisungen führen, müßten von den Landesregierungen veranlaßt werden, um von vornherein lokalpatriotische Überlegungen auszuschließen. In den Flächenwidmungsplänen müßten die erforderlichen Flächen für die Abfallbeseitigung der nächsten Jahrzehnte von Amts wegen placiert werden. Jene Gebiete, die als Grundwasserträger oder besonders wichtige Erholungsräume deklariert sind, müssen von jeglicher Beeinträchtigung durch Abfall verschont bleiben. Die Einteilung in belastbare und schutzwürdige Landesteile hat sich dem sorgfältig erarbeiteten Leitbild der Abfallordnung des jeweiligen Bundeslandes unterzuordnen. Die Koordination mit den Leitbildern der benachbarten Regionen hat selbstverständlich zu erfolgen.

Die einzelnen Gemeinden in den jeweiligen Regionen können sich in Form z. B. eines Wasserverbandes gemäß WRG. 1959 oder als Verwaltungsgemeinschaft zusammenschließen. Auch die Organisation als privatrechtliches Unternehmen in öffentlichem Besitz kann zielführend sein. Grundsätzlich sollten jeweils die

gesamten Belange der Abfallwirtschaft von der jeweiligen Organisation wahrgenommen werden.

Am besten funktionieren heute z. B. jene Wasserverbände, wo die Kanalisation vom einzelnen Objekt bis zur Kläranlage in Händen einer selbständigen Verwaltung liegen und nicht nur die Hauptanlagenteile, wie Sammelkanäle und Kläranlagen, in die Kompetenz des Verbandes fallen. In diesem Falle gibt es immer Interessenskollisionen zwischen den Erfordernissen der Verbandsanlage und den Bestrebungen um die Ortskanalisation.

Im Sinne einer geregelten Abfallordnung kann daher nur die Besorgung der gesamten Abfallwirtschaft, also Abwasser und Müll, durch dieselbe Verwaltungsstelle angestrebt werden. Leider ist heute in der überwiegenden Zahl der Fälle die Abfallbeseitigung verschiedenen Stellen unterstellt. Lediglich in manchen kleineren Städten betreut eine Dienststelle Abwasser und Hausmüll. Industrie- und Gewerbemüll, Altöl, Schlachthausabfälle oder Sonderabfälle werden heute noch nirgends zentral bearbeitet.

Eine gemeinsame Verarbeitung aller Abfälle bringt jedoch große organisatorische, technologische und wirtschaftliche Vorteile. Meist wird sich eine zentrale Anlage vorteilhaft an dem durch Gefällsverhältnisse vorgegebenen Standort der Kläranlage einrichten lassen. Der in einer zentralen Anlage mögliche Verbundbetrieb bringt große energetische und personelle Vorteile.

In einer kombinierten Abfallbeseitigungsanlage zur Abwasserreinigung, Müllverbrennung, Altölbeseitigung und Tierkadaveraufbereitung benötigt man nur eine Betriebsleitung, eine Reparaturkolonne und kann vorteilhaft z. B. die Wärmekreisläufe koppeln.

Ein eingehendes Studium einer zentralen Abfallbeseitigungsanlage für die Landeshauptstadt Graz hat z. B. ergeben, daß eine

örtliche und verwaltungsmäßige Zusammenlegung beträchtliche Einsparungen erbrächte, u. zw.

rd. 20 % der Personalkosten und

rd. 38 % Energiekosten,

insgesamt also rd. 40 % der jährlichen Betriebskosten.

Dem Leitbild einer erstrebten Abfallordnung entspräche, wenn für jeden Abfallproduzenten, ob Gemeinde oder Industrie, eine Fachorganisation zuständig wäre. Diese qualifizierte Organisation müßte alleinverantwortlich für die Beseitigung aller Abfälle im Sinne der Zielsetzungen der Abfallordnung sein.

4.6.2 Einzugsgebiete

Wie bereits erwähnt, decken sich z. B. topographisch bedingte Einzugsgebiete für eine Kanalisation sehr selten mit bestehenden Verwaltungsgrenzen. Noch viel weniger trifft dies bei der Müllbeseitigung zu. Eine Müllverbrennungsanlage mit einer Nennleistung von 3 t/Stunde kann bei Einschichtenbetrieb und Fünftageweche und 50 % Auslastung den Müll von rd. 12.000 Einwohnern, bei Dreischichtenbetrieb und 20 % Überlastung aber von rd. 85.000 Einwohnern verarbeiten. Eine Leistung von 2 - 3 t/Stunde stellt aber die untere wirtschaftliche Grenze einer voll ausgestatteten Müllverbrennungsanlage dar. Mit anderen Worten: die zahlreichen, derzeit in Planung befindlichen Anlagen werden unterbelastet betrieben oder es muß ihr Einzugsgebiet beträchtlich erweitert werden. Aber auch verwaltungsmäßig müßte eine wirtschaftlich tragbare Größe angestrebt werden. Eine qualifizierte Geschäftsstelle mit dem erforderlichen Fachpersonal und Gerät ausgestattet, kann erst von einer größeren Gemeinschaft erhalten werden. Man denke etwa an eine Talschaft wie dem Zillertal mit einer Reihe von Kläranlagen und Müllbeseitigungsunternehmen. Für jede Gemeinde einen ausgebildeten Klärmeister anzustellen, übersteigt die

Finanzkraft der Gemeindekassen. Ein motorisierter Fachmann kann ohne weiteres alle Anlagen betreuen und mit einigen Hilfskräften, die fallweise zur Verfügung stehen, auch die Kanalisationen warten.

Selbstverständlich könnte ein zentraler Stab auch mit wesentlich besserem Gerät, etwa einem Hochdruckspülgerät, einem modernen Müllabfuhrwagen oder einer Planierdrape für die einzelnen Deponien ausgerüstet werden.

Unter der Voraussetzung eines leistungsfähigen Verkehrsnetzes können Müllbeseitigungsanlagen mit Einzugsgebieten, die sich bis 30 km vom Standort der Anlage erstrecken, wirtschaftlich betrieben werden. Für Sonderabfälle, Altöle und Tierkadaver müssen oft wesentlich größere Transportweiten, bis 300 km, in Kauf genommen werden.

Die erwünschte Abfallordnung sollte für jeden Punkt des Raumes für jeden Abfall den zugeordneten Standort der betreffenden Beseitigungsanlage angeben können.

4.6.3 Lastpläne der Restverschmutzung

Eine völlig unberührte Umwelt ist bei den heutigen und zukünftigen Einflüssen der menschlichen Zivilisation undenkbar und auch gar nicht erstrebenswert. Güteklasse I in allen Gewässern und nur ozonreiche Luft würde einen völligen Stillstand der heutigen Lebenserscheinungen bedeuten.

Trotzdem muß aber ein erträglicher Zustand der Gewässer, der Luft und der Landschaft angestrebt und wieder hergestellt werden. Um nun die Bemühungen sinnvoll anzusetzen bzw. koordinieren zu können, muß die unvermeidliche und zumutbare Restverschmutzung festgelegt werden.

Der erstrebte Gewässergütezustand kann nur erreicht werden, wenn Restverschmutzungen nur in dem Maße eingebracht werden, als dies auf Grund eines Abwasserlastplanes gestattet ist. Die zunehmende Aufwärmung der Gewässer infolge der ständig steigenden Kapazitäten der thermischen Kraftwerke muß durch Wärmelastpläne begrenzt werden. Selbstverständlich sind diese Belastungsgrenzen aufeinander abzustimmen, da Restverschmutzung und Aufwärmung eine gleichsinnige Verschlechterung des Gütezustandes ergeben.

Immissionslastpläne sollen der Raumordnung als wichtige Faktoren bei der Entwicklung von Industriegebieten dienen, wobei der Grundsatz gelten muß, daß eine Verschlechterung auf keinen Fall eintreten darf. Zusätzliche Quellen der Luftverschmutzung dürfen nur dann toleriert werden, wenn an bestehenden zumindest die entsprechende Fracht durch Einbau wirksamer Filter beseitigt wird.

Bei der Erstellung der Immissionslastpläne muß natürlich auf die klimatischen Verhältnisse des Gebietes Rücksicht genommen und die tolerierten Grenzwerte auf diese Erscheinungen abgestimmt werden. Um auch in Zukunft eine Abfallbeseitigung zu ermöglichen, sollen im Sinne einer geregelten Abfallordnung geeignete Flächen von einer Verbauung freigehalten und somit reserviert bleiben. Zukünftige Bemühungen zur Abfallbeseitigung haben sich an diese reservierten Flächen zu halten.

Für die Einhaltung der Zielsetzungen einer geregelten Abfallordnung ist es unerläßlich, einen Katalog der unvermeidlichen und zumutbaren Umweltbeeinträchtigungen in Form von Lastplänen zu besitzen und diesen laufend den sich ändernden Vorstellungen anzupassen.

5. Beispiele überregionaler Planungen auf dem Gebiet der Abfallbeseitigung

Hervorstechend sind in Österreich die überregionalen Planungen der Abwasserbeseitigung an Seen. Bedingt durch die in Österreich herrschende Meinung, die Abwässer möglichst vollständig von stehenden Gewässern fernzuhalten, wurden sehr früh in den Sechzigerjahren die ersten Wasserverbände nach dem Wasserrechtsgesetz gegründet. Vor allem in Kärnten gibt es an allen bedeutenden Seen Wasserverbände, so den Wasserverband Wörthersee-Ost, den Wasserverband Millstätter See, den Wasserverband Ossiacher See, den Wasserverband Faaker See und andere. Auch in Oberösterreich und Burgenland gibt es mehrere Abwasserverbände. Zweck dieser Verbände ist es, die natürliche Qualität der Seen bzw. sonstigen Vorfluter zu erhalten und zur Erreichung dieses Zieles Kanalisationen und Kläranlagen zu errichten und zu betreiben.

Auf dem Sektor der Müllbeseitigung wurde vor allem für das ganze Land Vorarlberg im Jahre 1969 eine Studie erstellt. Für die Zentralräume Innsbruck und Graz liegen Planungen ebenso vor wie für kleinere Gebiete in der West- und Oststeiermark, im Mürztal, im Ausseer Land sowie in einigen Regionen in den übrigen Bundesländern.

Konkrete Realisierungen von überregionalen Planungen im Sinne einer erwünschten Abfallordnung beginnen sich in Österreich allerdings erst zögernd durchzusetzen.

L. Bernhart

Regionale Planung zur Beseitigung
fester Abfallstoffe in Steiermark

Im Verlauf dieses Seminars ist zum wiederholten Male auf die innigen Zusammenhänge hingewiesen worden, die zwischen abgelagerten Abfällen und Wasservorräten, insbesondere dem Grundwasser, bestehen. Welches Ausmaß die Belastung von Landschaft, Boden und Wasser durch Müllablagerungen erreicht hat, konnte in seinem erschreckenden Umfang aus einer Aufnahme der Sand- und Schottergruben, der Müllschüttungen gleichzeitig mit einer Aufnahme von Tankstellen und Mineralöllagerungen festgestellt werden. Die Legende für die folgenden Darstellungen zeigte dieses Bild, während Sie im nachfolgenden Bild die Häufung solcher Stellen im Grazer-Feld, einem der bedeutenden Grundwasserfelder des Landes, dargestellt finden. Aber auch im anschließenden Leibnitzer-Feld, das ebenfalls ein für die steirische Trinkwasserversorgung wichtiges Grundwassergebiet ist, sind die Verhältnisse untragbar. Sie haben auch dazu geführt, daß eine Erweiterung der Wasserversorgungsanlage der Stadt Leibnitz unmöglich ist und dafür neue Gebiete herangezogen werden müssen.

Einige Zahlen als Ergebnis der Aufnahmen: Von 263 untersuchten Gemeinden des Murtales, das entspricht nahezu der Hälfte der steirischen Gemeinden nach dem Stand von 1966, besaßen nur 21 eine einigermaßen als geordnete Müllagerung anzusehende Lagerung, während 225 als wilde Lagerungen klassifiziert wurden. Dabei bin ich überzeugt, daß die Bezeichnung "geordnete Müllagerung" noch milde gewählt ist. Als geordnete Müllbeseitigung wurden dabei wohl eher solche mit regelmäßiger Zufuhr klassifiziert, wahrscheinlich kann man nur knapp die Hälfte davon als wirklich geordnete Depo-

nie bezeichnen. 57 Deponien lagen in unmittelbarer Nähe des Vorfluters; bei 150 bestand die Befürchtung der Beeinträchtigung des Grundwassers. Die ufernahen Deponien lagen an Bachufern oder zumindest im Hochwasserabflußbereich. Nr. 17 Müllagerungen wurden nachträglich saniert.

Besonders schwerwiegend sind wilde Müllagerungen in Schottergruben. Von 740 im Jahre 1966 aufgenommenen Schottergruben waren nur 153 in Betrieb. Bei rund $1/3$ der aufgenommenen Schottergruben wurde zur Zeit der Aufnahme freigelegtes Grundwasser auf der Sohle beobachtet. In 184 stillgelegten Schottergruben wurden Müllschüttungen im Grubenbereich festgestellt. Davon entsprachen nur 3 den Anforderungen einer einigermaßen geordneten Deponie. 404 stillgelegte Gruben wurden nach Beendigung des Abbaues nicht wieder in einen ordnungsgemäßen Zustand zurückgeführt und bilden daher weiterhin die Gefahr der Verunreinigung durch eingelagerten Müll.

Beispielsweise reichten im Grazer-Feld 51,5 % der Schottergruben in das Grundwasser, in 63,5 % wurde in diesem Gebiet Müll geschüttet.

In der Industriezone zwischen Bruck und Judenburg sind fast 60 % der aufgelassenen Schottergruben durch Müll beeinträchtigt. Trotz dieser mißlichen Verhältnisse sind seit der Aufnahme im Jahre 1966 in dem Referat für wasserwirtschaftliche Planung 83 weitere Bewilligungen von Schottergruben bekannt geworden.

Schon im Jahre 1963 hat das damalige Referat für Siedlungswasserbau an die steirischen Gemeinden die Umfrage gerichtet, wer von ihnen an einer Verbrennung der anfallenden Abfälle interessiert sei. Die Ergebnisse waren in der Grazer-Zeitung veröffentlicht worden.

Auf Grund der Erhebungen im Jahre 1966 wurde Prof. Dipl.-Ing. P. Bilek mit dem Abfassen einer Müllstudie Steiermarks beauftragt. Diese Studie unterscheidet zunächst nach der Gliederung der Bevölkerung verschiedene Charakteristiken, die für Müllanfall maßgebend sind, schildert dann die bekannten Möglich-

keiten der Müllbeseitigung, Deponie, Kompostierung, Verbrennung und errechnet die Bau- und Betriebskosten solcher Anlagen, wonach einzelne Gebiete gesondert untersucht werden. Weil für die Transportkosten die Förderweite maßgebend ist, davon aber auch das Mülleinzugsgebiet und von dieser Bevölkerungszahl und damit Größe der Anlage abhängig sind, wurde ein eigenes System zur Ermittlung der optimalsten Lösung entwickelt. Für die Steiermark wurden 11 Gebiete festgelegt, die für eine gemeinsame Müllverwertung nach den Bevölkerungszahlen geeignet erschienen. Unter Berücksichtigung der Verkehrsverbindungen wurde jener Punkt ermittelt, für den sich der geringste Summenwert der Produkte, Transportkilometer mal Müllmenge ergibt. Dieser Punkt wurde als Müllschwerpunkt bezeichnet und stellt den günstigsten Standort für eine Müllbeseitigungs- oder Müllverwertungsanlage dar. Die angewendete Methode ist aus dem Muster des Mülleinzugsgebietes des Raumes Mürzzuschlag erkenntlich. Aus der Bevölkerungszahl der einzelnen Siedlungen in Verbindung mit den Bau-, Betriebs- und Transportkosten wird nach einem grafischen Verfahren jener Wert ermittelt, bei dem die Kostenkurve $K_1 + K_2$ ein Minimum bildet. Nach der damaligen Auffassung besaßen von den 11 untersuchten Gebieten nur 2 den notwendigen Umfang, der eine Verbrennungsanlage als wirtschaftlich erscheinen ließ, während für die übrigen Gebiete Kompostierungsanlagen vorgeschlagen wurden. Für die außerhalb der dargestellten Gebiete gelegenen Gemeinden werden örtliche Lösungen mit geordneten Deponien empfohlen.

Eine weitere Übersicht über die Abfallstoffbeseitigung steirischer Gemeinden war an Hand der für die Bundesraumordnung erstellten Befragung der steirischen Gemeinden durch Prof. von der Emde möglich, wobei die dem Land zur Verfügung gestellten Ergebnisse im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft durch Dipl.-Ing. Kauderer ausgewertet und in einer Darstellung durch die Abteilung Wasser-

wirtschaftskataster des genannten Ministeriums der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt wurde. Diese Darstellung war die erste ihrer Art in Österreich.

Die Entwicklung schritt weiter und brachte zunächst in den Jahren 1967-1969, allerdings nicht in Übereinstimmung mit der Müllstudie, die Errichtung einer Veraschungsanlage im obersteirischen Industrieort Kapfenberg nach dem System Skortens für einen Müllabfuhrbereich von 24.000 Einwohnern mit einem durchschnittlichen Müllanfall von 133 t je Woche mit 2 Verbrennungsöfen mit festen Schrägrosten für max. 8 m³/h ohne Wärmerückgewinnung. Sie wird derzeit an 2 Tagen der Woche mit 2 Öfen, an 3 weiteren Tagen mit einem Ofen einschichtig gefahren. Die Kunststoffanteile im Müll bedingten nach Angabe des Stadtbaudirektors nach 1 1/2 Jahren Ausbesserungen an der Verkleidung. Eine weitere Anlage, und zwar eine Verbrennungsanlage, in einem Drehröhrofen, wurde von der Alpine-Montangesellschaft im oberen Murtal mit werksnahe Standort in Zeltweg errichtet. Es handelt sich um einen Prototyp für eine Anlage, die in möglicher Nähe des Werkes praktisch erprobt werden sollte. Ein Drehröhrofen wird wohl stets eines Stützfeuers bedürfen und damit höhere Betriebskosten verursachen. Wenn die Anlage auch befriedigend arbeitet, ist ihr Betrieb derzeit vor allem dadurch noch nicht wirtschaftlich, daß sie an nur zwei Wochentagen einschichtig im Betrieb ist und daher einen höheren Personalaufwand hervorruft, als wenn ein kontinuierlicher oder zumindest täglicher zweiseichtiger Betrieb in Betracht gezogen werden könnte. Sicherlich wird in der Folge das Einzugsgebiet vergrößert und dann die Anlage an Wirtschaftlichkeit gewinnen.

Die Zeit schreitet weiter und brachte im Jahre 1971 eine regionale Studie über die Abfallbeseitigung im Raum Mürzzuschlag, die wiederum Dipl.-Ing. Bilek verfaßt hatte. Die Planung überblickt nun 20 Jahre, d.h. einen Zeitraum bis zum Jahre 1990. Das Einzugsgebiet umfaßt zunächst den ganzen Bezirk Mürzzuschlag mit etwa 40.000 Einwohnern, berücksichtigt dann die Prognose für die Bevölkerungsentwicklung und kommt zu dem Ergebnis, daß der günstigste Standort einer Müllverwertungsanlage östlich von Krieg-

lach gelegen ist. Der Vorschlag erfaßt auch den Klärschlamm, der aus künftigen zentralen Abwasserreinigungsanlagen des Mürzverbandes anfallen wird und errechnet diesen aus an die Klärwerke Mürz I mit dem Standort Langenwang und Mürz II mit dem Standort Wartberg angeschlossenen 40.000 Einwohnern. Davon abgesehen ist die Gesamtmenge an Haus- und Industriegemüll für das Jahr 1971 mit 9.400 Tonnen, für das Jahr 1990 mit rund 15.000 Tonnen ermittelt worden.

Vorgeschlagen wird eine Zweiofen-Veraschungsanlage, wobei die derzeit anfallende Müllmenge etwa mit einem zweischichtigen Betrieb eines Ofens verarbeitet werden kann; im dreischichtigen Betrieb ist dieser Ofen voraussichtlich bis 1979 ausreichend, danach müßten zwei Öfen in zweischichtigen Betrieben stehen, wenn der gesamte Klärschlag mitverarbeitet werden soll. Eine Verwaltungsgemeinschaft ist in Bildung begriffen. Noch im Jahre 1972 soll der maschinelle Teil der Anlage ausgeschrieben werden, um konkrete Vorschläge für die Anlage selbst zu erhalten.

Weitere Gebietsstudien sind für das Ausseer-Land in Bearbeitung, wobei auch diese Ausarbeitung wieder der genannte Dipl.-Ing. Bilek übernommen hat. Der Standort ist dort noch unbekannt, das Ergebnis der Untersuchung dürfte voraussichtlich eine Veraschungsanlage sein.

Für das obere Ennstal mit dem Standort bei Schladming wird eine gemeinsame Anlage, hier sicherlich eine geordnete Deponie, in Erwägung gezogen.

Untersuchungen für den Bezirk Deutschlandsberg und für den Bezirk Feldbach bestehen vor. Auch im Bezirk Voitsberg ist eine Verbrennungsanlage - voraussichtlich wird es dazu kommen - in Erwägung gezogen, wobei eine Charakteristik des Bergbaugesbietes hervortritt, weil dort z.B. die Deputatkohle eine Rolle spielt, wodurch der Müll sehr aschenreich ist. Andererseits wäre im aufgelassenen Karlschacht I, einer großen Tagbaugrube, viel Platz für die Ablagerung der Asche verfügbar. Die Problematik, die sich beim langsamen Anstieg der Grubenwässer im Karlschacht bei Einstellen der Wasserhaltung zeigen wird, bedarf hier noch der technischen Lösung.

Auch im Raume Trofaiach bestehen Gedanken im Zusammenhang mit der Kläranlage im Klärgelände eine Müllverbrennungsanlage zu errichten und Untersuchungen dazu stehen noch bevor.

Entscheidend für die Verwirklichung solcher Absichten wird eine entsprechende Förderung von Müllverbrennungs- und Veraschungsanlagen ebenfalls auch von Kompostierungsanlagen und geordneten Deponien mittels des Wasserbautenförderungsgesetzes sein, wozu dieses auf das Thema Müll ausgedehnt werden sollte. Die großen Belastungen, die jetzt schon auf den Gemeinden ruhen, werden jedoch ohne Hilfe durch Bund und Land kaum realisiert werden können.

R. Bösch

Der Müll und seine Beseitigung in Vorarlberg.

Allgemeines

In Vorarlberg wird bis zum heutigen Tage der Müll in fast jeder einzelnen Gemeinde deponiert. Nur wenige Gemeinden haben eine gemeinsame Deponie. Die Beseitigung ist nach diesem Verfahren wie anderswo unhygienisch, grundwassergefährdend und luftverpestend. Nichtsdestoweniger bemühen sich sowohl das Amt der Vorarlberger Landesregierung als auch der Vorarlberger Gemeindeverband seit langem um die Bewältigung des Müllproblems. Das Land gab vor 4 Jahren eine Studie in Auftrag, während der Vorarlberger Gemeindeverband einen Unterausschuß für Müllbeseitigung ins Leben gerufen hat, der im Interesse der Gemeinden tätig wurde. Es zeigte sich, daß vor Entscheidungen über die Müllbeseitigung ein gründliches Studium dieser Materie unerlässlich ist. Die gründliche Besichtigung aller Beseitigungssysteme ist eine unbedingte Notwendigkeit. Ohne diese Erfahrung und diesen Anschauungsunterricht sind Gemeindefunktionäre nicht in der Lage, sachlich richtige Entscheidungen zu treffen. Man muß immer bedenken, daß die Industrie in erster Linie die Absicht hat, zu verkaufen. Nicht alles, was sie anbietet und anpreist, ist tauglich. Am besten orientiert man sich an länger betriebenen Anlagen und ihrer Kostenrechnung. Bei den Kapitalkosten sind bei allen Vergleichen dieselben Voraussetzungen anzunehmen (z.B. die Verzinsung des gesamten Anlagekapitals) und selbstverständlich auch die Betriebskosten zu vergleichen. Bei den Investitionskosten ergibt sich ein guter Anhaltspunkt, wenn man die Anlagekosten in Vergleich (= 1 Gewichtstonne Müll in der Stunde) zur Leistung setzt. Hier zeigt sich, daß kleinere Anlagen in der Anschaffung teurer sind, vor allem wenn man dieselben zusätzlichen Einrichtungen für die Luftreinhaltung miteinbezieht. Deshalb sind regionale Zusammenschlüsse unerlässlich.

Kompostierung, Verbrennung oder beides

Wenn man von Großstadtregionen absieht, so wurde dem Müllproblem zuerst mit der Kompostierung zuleibe gerückt. Die verrottbaren Bestandteile des Mülls waren vor 10 und mehr Jahren vor allem in ländlichen Gegenden wesentlich größer als heute. Deshalb war die Komposterzeugung ein tauglicher Weg, den Müll los zu werden. Der Kompost konnte damals noch zu annehmbaren Preisen abgesetzt werden, was den Betriebskosten zugute kam. Mittlerweile hat sich die Zahl der Kompostwerke stark zugunsten der Verbrennungsanlagen vermindert. Müllkompost hat heutzutage zufolge der Mitverarbeitung nicht verrottbarer Müllbestandteile nicht mehr die gewünschte Qualität, es sei denn, daß er im trockenen Zustand eine Feinabsiebung erfährt. Die Beseitigung der Siebreste schaffte immer größere Probleme, die man meistens durch Verbrennung löste. Nun muß man aber wissen, daß alle die Luft belastenden Bestandteile (PVC) in den Siebresten enthalten sind. Wenn kompostiert wird und die Siebreste verbrannt werden, ist die Luftbelastung fast gleich groß wie wenn der gesamte Müll verbrannt wird. Diesen Umstand übersehen übereifrige Umweltschützer in den meisten Fällen. Bei den steigenden nicht kompostierbaren Müllbestandteilen wird die Beseitigung der Siebreste zum Problem. Man kann sie entweder deponieren oder verbrennen. Volumenmäßig übersteigen die Siebreste bei der Kompostierung den Ascheanfall bei der Verbrennung.

Verbrennung mit Ausnützung der Energie

Die Verbrennung des Mülls bei Ausnützung der entstehenden Wärmeenergie wirkt sich auf die Betriebskosten grundsätzlich günstig aus. Es setzt jedoch eine größere Anlage voraus, damit sich die zusätzlichen Investitionen für die Energiegewinnung lohnen. Am günstigsten ist die Möglichkeit der regelmäßigen Dampfabgabe an einen geeigneten Betrieb. In dicht verbauten Stadtregionen lohnt sich auch die Aufbereitung von Warmwasser und der Betrieb von Heizungen. Nur bei ganz großen Anlagen ist die Umwandlung des Dampfes in elektrische

Grundenergie erstrebenswert.

Unsachliche und in ihrem Übereifer unbelehrbare "angebliche" Umweltschützer bekämpfen auch solche Anlagen, obwohl in diesem Falle der Müll als Brennstoff dient und für die erzeugte Menge Energie Heizöl eingespart werden kann. In diesem Fall haben wir es nicht einmal mit einer zusätzlichen Umweltverschmutzung zu tun, ganz abgesehen davon, daß eine Müllverbrennungsanlage selbstverständlich mit einem ausreichend hohen Kamin und einer Rauchgasfilterung ausgestattet wird. Über diese Einrichtungen verfügen Betriebe heutzutage in den seltensten Fällen.

Der Weg in Vorarlberg

Für Vorarlberg wurden sowohl auf Grund der von der Landesregierung veranlaßten Studie als auch auf Grund einer Empfehlung des Unterausschusses für die Müllbeseitigung des Vorarlberger Gemeindeverbandes 2 Müllbeseitigungsregionen geschaffen. Die Region Oberland umfaßt das Klostertal, das Montafon, den Walgau und Feldkirch mit den umliegenden Gemeinden. Dieses Gebiet ist identisch mit den Bereichen der Bezirkshauptmannschaften Bludenz und Feldkirch. Ein großer Teil dieses Gebietes besteht aus schmalen Talsohlen, die durchwegs Grundwasserbegleitströme führen, die für Trinkwasserversorgungen genutzt werden. Außerdem stehen geeignete Landflächen zur Deponie nicht in ausreichendem Umfang zur Verfügung. Andererseits böte sich in Frastanz ein Betrieb mit sehr hohem Dampfbedarf als Abnehmer an. Es wurde deshalb für die Region Oberland empfohlen, eine Müllverbrennungsanlage mit Dampferzeugung zu errichten. Obwohl die Müllverbrennungsanlage als Energieerzeuger keine zusätzliche Belastung der Luft ergeben hätte, fühlte sich das Aktionskomitee "Gesunder Lebensraum Vorarlberg", unterstützt durch die "Vorarlberger Nachrichten" für zuständig, dieses Vorhaben auf's schärfste zu bekämpfen. Die weitere Verfolgung dieses Zieles wurde durch die Zermürbung der bereits bestellten Proponenten vorderhand lahm gelegt. Nach dem

Selbsterhaltungsgesetz der Materie kann man keinen Stoff, auch nicht den Müll, zum Verschwinden bringen, sondern nur durch Bearbeitung umwandeln. Die Erhebung des Kompostbedarfes im Land Vorarlberg hat ergeben, daß mehr als 1000 Tonnen im Jahre nicht abzusetzen sind.

Der Müllbeseitigungsbezirk Unterland besteht aus dem Gebiet der Bezirkshauptmannschaft Dornbirn, den Gemeinden des Rheindeltas und des Laiblachtales sowie Bregenz samt den umliegenden Gemeinden mit einer Gesamtbevölkerung von ca. 150.000 Einwohnern. In dieser Region stehen in der Nähe des Bodensees und in den Torfgründen des unteren Rheintales ausreichend Deponieflächen zur Verfügung. Auf Grund neuer Erfahrungen über die Müllkompostierung hat der Vorarlberger Gemeindeverband deshalb vorgeschlagen, hier ein Kompostwerk zu errichten. Es besteht jedoch keineswegs die Absicht, Feinkompost zu erzeugen und diesen gegen Entgelt abzusetzen, weil diese Kalkulationsbasis unreal wäre. Vielmehr soll hier ein Grobkompost erzeugt werden. Die Siebreste werden mit dem reifen Grobkompost eingedeckt und mit abgeseibtem Feinkompost überschüttet. Eine "Pioniersaat" soll die Feinabdeckung dieser Deponie mit der Zeit in einen pflanzenfreundlichen Zustand bringen. Die angestrebte Kompostierung ist mit bisher üblichen Kompostwerken nicht vergleichbar. Die maschinelle Ausstattung der Anlage soll sicherstellen, daß jegliche Art von Müll zerkleinert und aller kompostierbarer Müll kompostiert werden kann. Die Kompostreife erfolgt von Anfang an zur Gänze im Freiland. Hier wird eine sogenannte Mietenfräse die aufgeschütteten Kompostmieten in einem einfachen Arbeitsgang beliebig oft umsetzen und den Kompost bis zur völlig unschädlichen Reife bringen. Eine Besonderheit ist darin zu sehen, daß für den Bau dieser Anlage nicht ein Gemeindeverband, sondern ein privates Unternehmen zuständig ist, das die erforderlichen Gründe für die Erstellung dieser Anlage bereits in seinen Besitz gebracht hat. Die Gemeinden der Region Unterland haben gemeinsam mit dem Unternehmen einen Vertrag und einen Verarbeitungspreis von S 264.-/to Müll ausgehandelt. Der Vertrag mit

dem Unternehmen läuft für 15 Jahre. Die Erstellung des Werkes wird 2 1/2 Jahre in Anspruch nehmen. Es steht in Aussicht, daß sich die beteiligten Gemeinden für die Anfuhr des Mülls zum Kompostwerk noch über einen Transportkostenausgleich einigen werden.

In Vorarlberg wird damit in Bälde eine Umweltschutzmaßnahme ersten Ranges gesetzt werden. Es wäre erfreulich, wenn alle mit dem Umweltschutz befaßten Institutionen sich dazu verstehen würden, zu praktischen Maßnahmen des Umweltschutzes "Ja" zu sagen, auch wenn es sich unter Umständen um eine Verbrennungsanlage mit den entsprechenden Reinigungsanlagen handelt. Übertriebene Forderungen an den Umweltschutz können Initiativen in dieser Richtung nur verzögern.

Hubert Mayr

Abfallplanung in Tirol

Die Probleme der Abfallbeseitigung in Tirol dürften sich nicht wesentlich von denen in anderen Bundesländern oder unseren Nachbarstaaten unterscheiden.

Mangels anderer Möglichkeiten wurden für die Beseitigung der Abfälle seit je Bachläufe, Au- und Waldgebiete mißbraucht. Mit fortschreitender Technisierung und steigendem Wohlstand war gleichzeitig ein vermehrter Anfall von Müll verbunden. Konnten bei herkömmlichen Heizungen noch maßgebliche Anteile der Abfälle mitbeseitigt werden, so ging mit der Umstellung der Wärmeerzeugung auf Öl und Elektrizität in zunehmendem Maße auch diese Möglichkeit verloren. Aber auch die Neugründung von Industrie- und Gewerbebetrieben bzw. die Erweiterung bestehender Betriebe erhöhte den Müllanfall.

Die Probleme der Abfallbeseitigung schoben sich dadurch immer mehr in den Vordergrund. Als schließlich die Verunreinigung der Gewässer und die Verunstaltung der Landschaft ein untragbares Ausmaß erreicht hatte, war zwangsläufig die Einschaltung der Gewässeraufsicht und der Wasserrechtsbehörden gegeben. Durchgeführte Strafverfahren, Wasserrechtsverhandlungen zur Wiederherstellung des gesetzmäßigen Zustandes sowie die intensive Arbeit der Gewässeraufsichtsorgane bewirkten wohl fühlbare Verbesserungen, aber der durch die Gebirgsstruktur des Landes bedingte Mangel an geeigneten Plätzen erschwerte oft die Realisierung vorhandener Projekte zur Sanierung der Mißstände. Zu diesem Zeitpunkt entschloß sich daher die Bundeswasserbauverwaltung, den Gemeinden geeignete Flächen des öffentlichen Wassergutes für Ablagerungszwecke zur Verfügung zu stellen. Im Rahmen der hierfür durchzuführenden Wasserrechtsverfahren konnten alle jene Maßnahmen vorgeschrieben werden, welche einen weitgehend ordnungsgemäßen und schadlosen Ablagerungsbetrieb gewährleisteten. Dabei wurden die Gemeinden vor allem zur Organisation einer geregelten und

für das gesamte Gemeindegebiet obligaten Müllabfuhr verpflichtet, wobei sich für ländliche Gemeinden das Müllsacksystem bestens bewährt hat. Damit war zumindest ein Teil der Abfallbeseitigung unter gesetzliche Kontrolle gebracht. Die laufende Überwachung dieser wasserrechtlich bewilligten Ablagerungsplätze seitens der Gewässeraufsicht bzw. bei Feststellung von schweren Mängeln die Anberaumung von Wasserrechtsverfahren zur Wiederherstellung des gesetzmäßigen Zustandes führten also dazu, daß ein Teil der Tiroler Gemeinden die Abfallbeseitigung zumindest in einem geordneten Rahmen betreibt. Die landauf und landab im Gelände und vor allem an den Gewässern festzustellenden wilden Abfallhöfen bestätigen jedoch, daß noch immer ein nicht unbeträchtlicher Teil der Bevölkerung die Abfallbeseitigung in Eigenregie betreibt. Hier wird das Fehlen eines diesbezüglichen Abfallbeseitigungsgesetzes offensichtlich. Es gibt nämlich bisher keine gesetzliche Handhabe, Gemeinden zu einer ordnungsgemäßen Abfallbeseitigung zu verpflichten. Es können lediglich jene Personen bestraft werden, welche sich durch Verunreinigung der Gewässer und deren Ufer einer Übertretung des Wasserrechtsgesetzes oder der Gewässerschutzverordnung (Teil des Naturschutzgesetzes - Landesgesetz) schuldig gemacht haben. Aber auch dies ist nur zielführend, wenn gleichzeitig von seiten der Gemeindeverantwortlichen die notwendigen Schritte unternommen werden. So wie die Errichtung und der Betrieb von Abwasserbeseitigungsanlagen belastet auch die ordnungsgemäße Abfallbeseitigung den Gemeindehaushalt und zählt damit zu jenen unpopulären Maßnahmen in einer Gemeinde, die meist vernachlässigt werden. Die Abfallbeseitigung ist aber nun einmal eine öffentliche Aufgabe, die als bedeutsamer Teil des Umweltschutzes und zwar im Hinblick auf den Gewässer-, Landschafts- und Naturschutz, aber vor allem in Anbetracht der Hygiene gelöst werden muß.

Die derzeitige Praxis der Abfallbeseitigung, die einfache Ablagerung ohne Vorbehandlung des Ablagerungsgutes mit fall-

weiser Verbrennung brennbarer Anteile hat sich inzwischen als vollkommen unzulänglich und untragbar erwiesen. Fäulnisgestank, Rauchschwaden und Brandgeruch, Ungezieferplage, wie Ratten und Fliegen sowie mit Papier und Abfallresten verschandelte Landschaften kennzeichnen die Umgebung der Ablagerungsplätze, verstreute wilde Ablagerungen an Gewässern und Waldwegen offenbaren den Unverstand des Einzelnen und verdeutlichen gleichzeitig das Versagen der Gemeindeverantwortlichen. Die in letzter Zeit im Fernsehen, Rundfunk und Presse gestartete Umweltschutzkampagne hat jedoch in der Bevölkerung ein durchaus positives Echo ausgelöst. Immer mehr Gemeinden gehen nunmehr daran, das heikle und brennende Problem der Abfallbeseitigung aufzugreifen.

Die Zukunft der Abfallbeseitigung liegt jedoch nicht in der Erschließung möglichst vieler Einzelmülldeponien. Es sollte vielmehr versucht werden, im Rahmen regionaler Zusammenschlüsse mehrerer Gemeinden zu Zweckverbänden eine möglichst wirtschaftliche Lösung zu finden. Nur bei Anschluß einer gewissen Einwohnerzahl an eine zentrale Abfallbeseitigung kann an die Anschaffung der für die Behandlung des Abfallgutes durch Verbrennung, Kompostierung oder Zerkleinerung notwendigen Maschinen und Geräte gedacht werden. Erfreulicherweise sind in Tirol in Richtung von Gemeinschaftsanlagen bereits brauchbare Ansätze vorhanden. Für den Raum Innsbruck sowie für den Raum Schwaz und das Zillertal waren Verbrennungsanlagen geplant. Nach verschiedenen öffentlichen Diskussionen um die durch Verbrennungsanlagen zu erwartenden Beeinträchtigungen, sowie auch wegen der hohen Herstellungs- und Betriebskosten wurden diese Projekte vorerst wieder fallen gelassen. In der Folge kam daher die Kompostierung ins Gespräch. Herstellung und Betrieb einer solchen Anlage sind als finanziell günstiger und wirtschaftlicher anzusehen. Man kam jedoch schließlich zur Erkenntnis, daß es primär Aufgabe der Gemeinden sei, die Abfälle schadlos zu beseitigen ohne die Kosten der Kompostaufbereitung und die Risiken des Absatzes tragen zu müssen. Damit war man bereits bei der

dritten Variante der Abfallbeseitigung, nämlich der Deponie von hygienisch verrottetem Abfall nach dem " Gießener Modell" gelangt. Es handelt sich dabei eigentlich um die Vorstufe zur Kompostierung. Hausmüll sowie Gartenabfälle, Marktabfälle, Straßenkehricht, Abfälle aus Kleingewerbebetrieben, Abfälle aus Tierhaltungen, Haussperrmüll und unter Umständen sogar diverse Arten von Industriemüll werden mittels geeigneter Maschinen bei gleichzeitiger Zugabe von Klärschlamm zerkleinert und durchmischt, sodaß ein möglichst gleichmäßig feuchtes Austragungsgut anfällt, welches anschließend in Trapezmieten einer gezielten und überwachten aeroben Verrottung zugeführt wird. Ob, zu welchem Zeitpunkt und in welcher Art die Ausscheidung von Metallen erfolgt, hängt von der Absatzmöglichkeit und den diesbezüglichen Erfahrungen ab. Nach einer Dauer von 3 bis 6 Monaten ist der Verrottungsvorgang so weit gediehen, daß alle verrottbaren Teile zu Humus geworden sind und das Material nunmehr nach Reduzierung auf etwa ein Drittel seines ursprünglichen Volumens überall schadlos deponiert werden kann. Diesbezügliche Untersuchungen der Arbeitsgemeinschaft der Justus Liebig Universität in Gießen haben ergeben, daß bei Zugabe von Klärschlamm bereits nach 21 Tagen, gerechnet vom Zeitpunkt der Zerkleinerung des Materials an, volle Seuchenfreiheit gewährleistet ist. Damit ist also gleichzeitig eine schadlose Beseitigung von Klärschlamm möglich. Es können, bezogen auf das Gewicht des Rohmüll, etwa 60 % Frischschlamm zugesetzt werden, sodaß daher künftig für günstig gelegene Klärwerke der Bau oder Betrieb von Faultürmen und Trockenbeeten eingespart werden könnte. Zufolge der Zerkleinerung, der gleichzeitigen Durchmischung und Befeuchtung des Materials und der sofort einsetzenden aeroben Verrottung ist nicht nur die Gefahr der Selbstentzündung gebannt, sondern aufgrund fehlender Hohlräume und mangels sauberen Futters auch der Ungezieferplage gesteuert. Im Vergleich zur Müllverbrennung und Müllkompostierung liegt die sogenannte "Hygienische Rottedeponie" sowohl in der Einrichtung als auch im Betrieb finanziell am günstigsten. Sollte aus irgend

einem Grunde die Erzeugung von Kompost erforderlich oder erwünscht sein, so kann dies jederzeit durch Nachschalten verschiedener Maschinen in einem zweiten Arbeitsgang geschehen, dies sollte aber, wie bereits erwähnt, nicht Aufgabe der Abfallbeseitigung sein. Doch ist bereits durch einfache Absiebung des verrotteten Materials die Möglichkeit geboten, Feinmaterial zu gewinnen, welches etwa dem Endprodukt einer Kompostieranlage entspricht und sowohl für die Abdeckung der Grobabfälle als auch für die Rekultivierung von Brachland verwendet werden kann. Die mit solchem Material abgedeckten Flächen können wie Humusböden eingesät oder bepflanzt werden. Diesbezügliche Versuche in Gießen haben sogar ein besseres Wachstum solcher Böden gegenüber normalen Ackerböden bestätigt.

In Tirol hat sich nunmehr eine Privatfirma angeboten, für einen Raum des unteren Inntales eine solche Anlage zu erstellen und zu betreiben. Die Grundflächen für die Errichtung und den Betrieb der Anlage einschließlich der Rottemieten sowie auch die entsprechenden Flächen für die Deponie des verarbeiteten Materials sind bereits gesichert. Um jedoch einen wirtschaftlichen Betrieb zu gewährleisten, ist der Anschluß von mindestens 30.000 Einwohnern, das sind etwa 8 bis 10.000 Haushalte, notwendig. Allen in einer Entfernung von weniger als 18 km liegenden Gemeinden wird ein Angebot übermittelt und um Entscheidung innerhalb von einem Monat gebeten. Nachdem alle in Frage kommenden Gemeinden zusammen ca. 55.000 Einwohner zählen und für einen Großteil der Gemeinden die Abfallbeseitigung bereits zu einem brennenden Problem geworden ist, ist zu hoffen, daß die Mindestanzahl von 30.000 anschlusbereiten Einwohnern erreicht wird. Damit könnte der angebotene Verarbeitungspreis von S 180.--/to Müll gehalten werden und wäre mit der Inbetriebnahme dieser Anlage noch in diesem Jahre zu rechnen. Für Tirol wäre dann ein Musterbeispiel einer umweltfreundlichen Abfallbeseitigung gegeben. Grundsätzlich ist man hierorts zur Auffassung gelangt, daß die Beseitigung von Haus-

und Haushaltssperrmüll nur als Teil der gesamten Abfallbeseitigung anzusehen ist. Es ist daher anzustreben, Abfallbeseitigungen so zu planen und einzurichten, daß nach Möglichkeit sämtliche Abfälle, also auch gewerbliche und industrielle Abfälle, Abbruch-, Aushub- und Abraummateriale, Klärschlamm, Räumgut aus Kläranlagen und Abscheidern usw. angenommen und verarbeitet bzw. deponiert werden können.

Aber auch von gesetzlicher Seite ist bereits in naher Zukunft eine Unterstützung zu erwarten. Es liegt bereits der dritte Entwurf eines Tiroler Abfallbeseitigungsgesetzes zur Begutachtung vor und sollte der endgültige Entwurf noch in diesem Jahr dem Landtag vorgelegt werden. Wenn, und dies ist zu hoffen, der Entwurf in etwa der derzeit vorliegenden Fassung zum Gesetz erhoben werden sollte, wäre dies in Zusammenwirkung mit der vorher beschriebenen Privatinitiative ein erster Schritt, die Abfallbeseitigung so auszurichten, daß unter weitgehender Berücksichtigung der Interessen aller Abfallerzeuger eine möglichst schadlose Beseitigung bei geringster Beeinträchtigung Dritter gegeben ist. Nach dem vorliegenden Gesetzentwurf sind bestehende Abfallbeseitigungen innerhalb gewisser Fristen entweder den Vorschriften des Gesetzes anzupassen oder aufzulassen. Abfuhr und Beseitigung der Abfälle hat dabei so zu erfolgen, daß dadurch die Interessen des Schutzes der Gesundheit, des Gewässerschutzes, des Natur- und Landschaftsschutzes, der Brandverhütung, der Wahrung des Orts- und Straßenbildes, der allgemeinen Sicherheit und sonstige öffentliche Interessen nicht beeinträchtigt werden. Damit sind jedoch alle bisherigen Abfallbeseitigungen als unzulänglich anzusehen. Nach dem Gesetzentwurf ist weiters die Möglichkeit gegeben, für Abfallbeseitigungen Grundflächen zu enteignen und, falls dies notwendig ist, durch Verordnung der Landesregierung Gemeinden zu Zwangsverbänden zusammenzuschließen, um die Errichtung und den Betrieb von Gemeinschaftsanlagen zu ermöglichen. Angeregt durch die geplante Abfallbeseitigungsanlage sowie im Hinblick auf das zu erwartende Tiroler Abfallbeseitigungsgesetz läßt sich

unser Bundesland in verschiedene Regionen einteilen ,deren Abgrenzung keinesfalls mit den politischen Bezirksgrenzen übereinstimmen muß, sondern lediglich durch die Situation geeigneter Plätze für Gemeinschaftsanlagen und der wirtschaftlichen Transportweite bedingt ist.

Ein besonderes Problem bildet der Anschluß von weitab gelegenen kleineren Ansiedlungen und Einzelbetrieben. Hier könnte nur durch Festlegung von Sammelstellen mit Großbehältern Abhilfe geschaffen werden. Allgemein könnte durch Einsatz von Großraumfahrzeugen mit Preßbehältern bei gleichzeitiger Errichtung von zentralen Umlade- oder Zwischenlagerstationen der angegebene wirtschaftliche Transportradius von 18 km übersprungen werden.

Mit der Inbetriebnahme der ersten regionalen Abfallbeseitigungsanlage dürften für Tirol die Weichen für eine Gesamtlösung der Abfallbeseitigungsprobleme gestellt sein.

W I E N E R M I T T E I L U N G E N
WASSER --- ABWASSER --- GEWÄSSER

- Band 1: Kresser, W.:
Das Wasser (1968)
- Band 2: Breiner, H.:
Die Gesetzmäßigkeiten der stationären
Flüssigkeitsströmung durch gleichförmig
rotierende zylindrische Rohre (1968)
- Band 3: von der Emde, W.:
Abwasserreinigung - Grundkurs (1969)
- Band 4: 4. Seminar ÖWW
Abwasserreinigungsanlagen
Entwurf - Bau - Betrieb (1969)
- Band 5: 5. Seminar ÖWW
Zukunftsprobleme der Trinkwasser-
versorgung (1970)
- Band 6: 6. Seminar ÖWW
Industrieabwässer (1971)
- Band 7: 7. Seminar ÖWW
Wasser und Abfallwirtschaft (1972)

Zu beziehen durch:

Band 1 und 2:

Institut für Hydraulik, Gewässerkunde
und Wasserwirtschaft

Band 3, 4, 5 und 6:

Institut für Wasserversorgung, Abwasser-
reinigung und Gewässerschutz

Technische Hochschule Wien, Karlsplatz 13
1040 Wien

Band 7:

Institut für Gewässerregulierung, landwirt-
schaftlichen Wasserbau und Abfallwirtschaft
Gußhausstraße 30/II, 1040 Wien

Berichtigungen

- A-10, 5. Zeile: Anaerobiern, lies: Aerobiern
A-20, 4. Abs., 2. Zeile: lies: nach Desinfektion oder
Entseuchung und Entwesung gerecht zu werden.
B-7, 17. Zeile: reichenden, lies: reihenden
B-8, 15. Zeile: statuarischen, lies: statuarisch
B-9, 11. Zeile: recht für die Kläranlage, lies: recht nicht
für die Kläranlage
F-9, 4. Zeile: Gräzellen, lies: Gärzellen
H-28, 5. Zeile: von unten: druckgesteuerten, lies: durch-
konstruierten
H-31, 4. Zeile: Chlorschlamm-trocknung, lies: Klärschlamm-
trocknung
H-31, 7. Zeile: durchgewirbelt, lies: aufgewirbelt
H-32, 4. Abs., 7. Zeile: Verbrennungsluft, lies: Verbrennung
verläuft
H-39, 1. Zeile: Dann, lies: dadurch
H-39, 2. Abs., 2. Zeile: Umlauföfen, lies: Muffelöfen
2. Abs., 2. Zeile: mit, lies: im
3. Abs., 2. Zeile: Härtesohle, lies: Herdsohle
H-41, 5. Zeile: ausgeführt, lies: entwickelt
H-42, 4. Zeile: worden. In ...
5. Zeile: Dort, lies: in Rotterdam wurde ...
I-4, 8. Zeile: Wärmege-winnung, lies: Wärmerückgewinnung
I-4, 4. Zeile: dienen. Aber, lies: dienen, aber
I-7, 2. Abs., 13. Zeile: rd 210 kg, lies: rd 230 kg
I-20, 8. Zeile: Grundwasser beeinflussen, lies:
Grundwasser ungünstig beeinflussen
I-24, 19. Zeile: Die Verbrennung wird, lies: kann
M-1, 6. Zeile: lies: denkbar
M-4, 23. Zeile: lies: aus den Betrieben heraus
M-15, 30. Zeile: lies: bezogen auf die jeweilige Nettoinvest.
M-16, 13. Zeile: lies: (...., Feuer, Strom)
M-31, 22. Zeile: lies: mit Ausnahme
N-8, Tabelle 2, letzte Zeile, Klammer falsch (70), 490, lies:
(490) und 70
N-18, 3. Abs., 3. Zeile von unten: lies: Schlamm-druckleitungen
O-17, 500 kg Großvieh, lies: 1000 kg