

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse  
**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein  
**Band:** 116 (1965)  
**Heft:** 6

**Artikel:** Die Beseitigung fester Abfallstoffe Aufgaben und Probleme  
**Autor:** Braun, Rudolf  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-767389>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 08.02.2025

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

### Die Beseitigung fester Abfallstoffe

#### Aufgaben und Probleme

*Rudolf Braun, EAWAG Zürich*

(Aus einem Vortrag im Rahmen der Naturforschenden Gesellschaft Zürich, November 1964)

Eine der negativen Seiten unserer Hochkonjunktur und unseres Wohlstandes ist zweifellos die Flut fester und flüssiger Abfälle, die im Dienste der Reinhaltung unseres Lebensraumes unschädlich gemacht werden müssen; eine Aufgabe, die — obwohl sie äußerst dringlich ist — weit weniger attraktiv ist als manch andere Aufgabe der öffentlichen Hand. Auf die Folgen einer unzweckmäßigen, mancherorts sogar als liederlich zu bezeichnenden Art und Weise der Beseitigung von Hausmüll, Industrieabfällen und anderen Abgängen brauchen wir nicht näher einzugehen, sie sind zur Genüge bekannt.

#### Die Beseitigung häuslicher Abfälle

Noch vor wenigen Jahren galt die Hauptsorge unserer Behörden ausschließlich der Beseitigung des Hausmülls. Der Inhalt des Ochsnerimers lag und liegt heute noch an erster Stelle der zu beseitigenden festen Abfälle. Die meisten Gemeinden entledigten sich dieser Aufgabe auf die einfachste, billigste, jedoch mangelhafteste Art und Weise, nämlich mit der mehr oder weniger ungeordneten Ablagerung in der Landschaft und nahmen die üblen Folgen, wenn auch mit schlechtem Gewissen, in Kauf. Einige Städte und Landgemeinden gingen jedoch schon vor Jahrzehnten mit gutem Beispiel voran und erstellten Verbrennungs- und Kompostwerke, in denen die Haushaltabfälle unschädlich gemacht werden.

Heute sind in der Schweiz 10 Verbrennungsanlagen — darunter 4 Großanlagen — und 11 Kompostwerke in Betrieb. Viele dieser Werke stellen regionale Aufbereitungsanlagen dar, an die zahlreiche Gemeinden angeschlossen sind. So umfaßt beispielsweise die Kompostierungsanlage Werdenberg-Liechtenstein 18 Gemeinden des Kantons St. Gallen und des Fürstentums Liechtenstein. An die Anlage Zürich-Oberland sind 23 Gemeinden der Kantone Zürich und St. Gallen angeschlossen. Aus technischen und wirtschaftlichen Gründen setzt sich das regionale Denken und Planen auch auf dem Gebiet der Abfallbeseitigung immer mehr durch. Gemeinde- und Kantonsgrenzen, ja selbst Landesgrenzen, sollten dabei kein Hindernis darstellen.

Ende 1965 werden die häuslichen Abfälle von etwa 2,3 Millionen Einwohnern in Verbrennungs- und Kompostwerken unschädlich gemacht. Zahlreiche größere regionale Anlagen sind in Projektierung begriffen oder stehen unmittelbar vor Baubeginn. Nach vorsichtiger Schätzung werden im Jahre 1970 mindestens 3,2 Millionen Einwohner an solche Anlagen angeschlossen sein — ein Resultat, das sich insbesondere im Vergleich zu ausländischen Verhältnissen durchaus sehen lassen kann.

Wir können feststellen, daß die Verarbeitung, die Unschädlichmachung von Hausmüll heute keine nennenswerten technischen Schwierigkeiten mehr bietet, sowohl bei der Verbrennung als auch bei der Kompostierung. Aber damit haben wir nur ein Teilproblem, nicht aber das Gesamtabfallproblem gelöst.

Mit dem Anstieg der Bevölkerungszahl, mit der wachsenden Hochkonjunktur, der fortschreitenden Industrialisierung traten jedoch neue Schwierigkeiten und Probleme auf. Heute sind es nicht nur die häuslichen Abfälle, also Müll, Sperrgut und Gartenabraum, die schadlos beseitigt werden müssen. Es kommen dazu der Schlamm aus kommunalen Abwasserreinigungsanlagen, die festen und schlammförmigen Abfälle aus Industrie und Gewerbe, die ölhaltigen Abfälle, die in Großgaragen, in Mineralölabscheidern und bei der periodischen Reinigung der Öltanks entstehen, sowie die Kadaver, Konfiskate und Abfälle aus Schlachthöfen und Metzgereien.

Vergegenwärtigen wir uns kurz, um welche Abfallmengen es sich dabei handelt. In der Schweiz rechnen wir heute für großstädtische Verhältnisse mit einem Anfall an häuslichen Abfällen von 200 bis 230 kg pro Einwohner und Jahr (inklusive Geschäftsmüll). In Gemeinden mit halbstädtischem Charakter ist diese Menge geringer, etwa 150 bis 170 kg, und in rein ländlichen Gebieten dürfte sie etwa zwischen 50 und 120 kg liegen. In einer mechanisch-biologischen Abwasserreinigungsanlage fällt pro Einwohner und Tag etwa 1 Liter ausgefauter Klärschlamm mit einem Wassergehalt von etwa 93% an. Eine Stadt von der Größe Zürichs produziert pro Jahr über 100 000 Tonnen häuslicher Abfälle, entsprechend einem Volumen von etwa 300 000 m<sup>3</sup> und etwa 160 000 m<sup>3</sup> Faulschlamm. Rechnet man noch die übrigen Abfallarten hinzu, so entspricht das Gesamtvolumen dieser jährlich anfallenden festen und schlammförmigen Abfälle einem Würfel von etwa 80 m Kantenlänge!

Alle diese verschiedenartigen Abfallstoffe müssen so verarbeitet werden, daß die Endprodukte keinen Schaden mehr verursachen und daß ihre Menge und ihr Volumen möglichst stark reduziert werden. Wenn wir von der sogenannten geordneten Deponie absehen, die große Geländeflächen benötigt und daher nur noch in wenigen Fällen zur Anwendung kommt, so kann diese Verarbeitung entweder mit Hilfe der Verbrennung oder der Kompostierung erfolgen.

## Die Beseitigung des Klärschlammes

Die Beseitigung dieses Endproduktes der Abwasserreinigung ist so alt wie die Abwassertechnik selbst. Der Schlammfaulraum bildete und bildet heute noch in den meisten Fällen den Schlußpunkt in der ganzen Verarbeitungskette in einer Kläranlage. Es war naheliegend, den flüssigen, ausgefaulten Schlamm landwirtschaftlich zu verwerten, um die in ihm enthaltenen organischen und anorganischen Stoffe, insbesondere Stickstoff- und Phosphorverbindungen auszunützen. Auch heute noch wird in zahlreichen, insbesondere kleinen Gemeinden der Flüssigschlamm von den Landwirten restlos abgenommen, so daß für diese Gemeinden keine Schwierigkeiten bei der Schlammabeseitigung entstehen. In der Schweiz wird der Schlamm meistens mit Stallgülle vermischt, wobei ein nährstoffmäßig ausgeglicheneres und wertvolleres Produkt entsteht als Schlamm oder Gülle für sich allein. Kombinierte Schlamm-Gülle-Düngung wird auch von unseren eidgenössischen landwirtschaftlichen Versuchsanstalten empfohlen.

Durch die stets wachsende Zahl von Abwasserreinigungsanlagen wird der Schlammanfall immer größer. Verfügt eine Kläranlage nicht über ein genügend großes landwirtschaftlich genutztes Hinterland, so übersteigt das Angebot bald die Nachfrage, und die betreffende Gemeinde hat mit Schwierigkeiten zu rechnen. Größere Transportdistanzen als etwa 5 km wird der Landwirt nicht auf sich nehmen, denn der Flüssigschlamm mit seinem Wassergehalt von mindestens 90% erträgt keine hohen Transportkosten. Besonders kritisch wird die Schlammabeseitigung in größeren Gemeinden oder Städten, die nicht über ein ausgedehntes landwirtschaftliches Gebiet verfügen. Heute spitzt sich die Abwassertechnik mehr und mehr zu einer Technik der Aufbereitung und Beseitigung des Schlammes zu.

Das Überangebot ist jedoch nicht der einzige Grund, weshalb die Landwirtschaft nicht mehr in der Lage ist, den gesamten Schlammanfall abzunehmen. Es wurden Bedenken laut gegen die Klärschlammdüngung der Wiesen in milchwirtschaftlich genutzten Gebieten, indem man einen schädlichen Einfluß der bakteriologischen Beschaffenheit des Schlammes via Futterpflanzen auf die Käseherstellung befürchtete. Dies führte im Jahre 1954 zu einem gänzlichen Verbot der Schlammverwendung auf Wiesen während der Vegetationszeit, was sich verständlicherweise sehr erschwerend auf den Schlammabsatz mancher Kläranlagen auswirkte. Die Abgabe des flüssigen Schlammes an die Landwirtschaft ist und bleibt jedoch mit Abstand die einfachste und wirtschaftlich günstigste Art der Beseitigung, selbst wenn der Schlamm kostenlos an die Bauern abgegeben wird, wenn er sogar auf Kosten der Gemeinde zu den Bauern ins Gülleloch oder auf die Felder transportiert wird.

Inwieweit sind nun diese Befürchtungen seitens der Käsefachleute begründet?

Die eidgenössische landwirtschaftliche Versuchsanstalt Liebefeld hat in Zusammenarbeit mit der milchwirtschaftlichen Versuchsanstalt ausgedehnte Untersuchungen auf Kunstwiesen durchgeführt, die einerseits mit Stallgülle allein, andererseits mit Gülle plus Klärschlamm behandelt wurden, um abzuklären, ob der Klärschlammzusatz zur Gülle via Futterpflanzen die Milch in bakteriologischer Hinsicht nachteilig beeinflußt und ob der Bestand der Futterpflanzen der Wiesen ungünstig verändert werde.

Die 5 Jahre dauernden Versuche ergaben jedoch, daß in der Milch der Kühe, die auf klärschlammgedüngten Wiesen gehalten wurden, keinerlei ungünstige Veränderungen des Gehaltes an Mikroorganismen festgestellt werden konnten und daß der Futterpflanzenbestand durch den Zusatz von Klärschlamm zur Gülle sogar positiv beeinflußt wird.

Neben der erwähnten Bedenken, die durch diese Untersuchungen wohl eindeutig entkräftet werden konnten, sind es heute allgemeine hygienische Gesichtspunkte, die gegen die Verwendung des Klärschlammes in milchwirtschaftlich genutzten Gebieten ins Feld geführt werden. Die Hygieniker weisen darauf hin, daß auch im einwandfrei ausgefaulten Schlamm mit bakteriellen Krankheitserregern gerechnet werden muß, so daß eine gewisse latente Gefahr der Übertragung grundsätzlich besteht. Ob jedoch diese Gefahren wirklich gravierend sind und ob das von verschiedener veterinärhygienischer Seite geforderte allgemeine Verbot der Verwendung von Klärschlamm in der Landwirtschaft gerechtfertigt ist, möchten wir bis zu einer klaren Beweisführung bezweifeln. Seit Bestehen der Abwassertechnik — und das ist immerhin mehr als ein halbes Jahrhundert — wird Klärschlamm in der Landwirtschaft verwendet, und es ist uns noch kein einziger Fall bekannt geworden, wo eine Übertragung von Krankheiten auf Tiere oder Menschen eindeutig auf die Verwendung von einwandfrei ausgefaultem Schlamm zurückgeführt werden konnte. Es wäre wirklich an der Zeit, daß sich erfahrene Epidemiologen diesen Fragen in vermehrtem Maße annehmen.

Ist es nicht möglich, den gesamten Schlamm in flüssiger Form an die Landwirtschaft abzugeben, so besteht der erste Schritt für jede weitere Verarbeitung und Verwertung in der Herabsetzung des Wassergehaltes des Schlammes. Dies kann mit Hilfe natürlicher Entwässerungsverfahren (Schlammtrockenbeete) oder mit künstlichen Verfahren (zum Beispiel Zentrifugen, Vakuumfiltern usw.) erfolgen. Schlammtrockenbeete sind bedeutend billiger im Bau und Betrieb als künstliche Verfahren, benötigen jedoch reichlich Platz.

Für manche Gemeinden wird die Ablagerung des entwässerten oder getrockneten Schlammes auf geeignetem Gelände in Frage kommen. Falls es die chemische Zusammensetzung des Schlammes erlaubt, das heißt, unter der Voraussetzung, daß in ihm keine pflanzenschädigenden Stoffe enthalten sind (zum Beispiel Schwermetallsalze aus Industrieabwässern), so sollte die Verwendung im Pflanzenbau im Vordergrund stehen.

Stichfester Schlamm (Wassergehalt etwa 70 bis 75 %) ist wegen seiner unhandlichen, lehmig-klebrigen Form in der Praxis wenig gefragt, im Gegensatz zum streufähigen, getrockneten Schlamm (Wassergehalt etwa 10 bis 35 %), der ein Dünge- und Bodenverbesserungsmittel darstellt, dessen Wert nicht unterschätzt werden sollte. Sein Gehalt an Stickstoff und Phosphor liegt immerhin in der Größenordnung von 2 bis 3 %, nebst wertvoller organischer Substanz.

Handelt es sich darum, mit dem Schlamm zugleich auch den Müll zu beseitigen, so steht namentlich für kleinere und mittelgroße Gemeinden die gemeinsame Kompostierung beider Abfallstoffe im Vordergrund. Wenn der Schlamm bis zur Stichfestigkeit entwässert wird, kann er in äquivalenten Mengen mit Müll zusammen kompostiert werden. Dadurch wird nicht nur der Verrottungsvorgang beschleunigt und intensiviert, sondern der daraus hergestellte Kompost wird bedeutend wertvoller als gewöhnlicher Müllkompost. Durch die gemeinsame Verrottung bei Temperaturen bis zu etwa 65 °C werden die im Schlamm gegebenenfalls noch enthaltenen pathogenen Keime und Unkrautsamen wirksam vernichtet, so daß das Endprodukt auch hygienisch einwandfrei ist. Mehrere solcher kommunaler Müll-Klärschlamm-Kompostwerke sind in der Schweiz seit einiger Zeit in Betrieb. Die Mitverarbeitung des Schlammes bedeutet also bei der Kompostierung einen Vorteil, bei der Verbrennung hingegen eine Komplikation.

Die Verbrennung des Schlammes steht insbesondere dann im Vordergrund, wenn eine Verwertung im Pflanzenbau aus irgendwelchen Gründen nicht möglich ist oder wegen der chemischen Zusammensetzung suspekt erscheint und auch keine Möglichkeit der Ablagerung im Gelände vorhanden ist.

Stichfester Schlamm kann in speziellen Feuerungsaggregaten, zum Beispiel in den aus der Erzröstung bekannten Turm- und Etagenöfen verbrannt werden, wobei die auf der unteren Etage freiwerdende Verbrennungswärme auf den oberen Etagen das noch feuchte Schlammmaterial vortrocknet.

Von seiten der Müllverbrennungsindustrie wird erklärt, daß Klärschlamm mit Müll zusammen in konventionellen Müllverbrennungsanlagen verbrannt werden könne, sofern der Schlamm vorher auf 45 bis 40 % Restwassergehalt getrocknet werde. Die wenigen bisherigen Ergebnisse aus der Praxis reichen jedoch nicht aus, diese Art der Verbrennung endgültig zu beurteilen.

Über den derzeitigen Stand der Klärschlammabeseitigung in der Schweiz kann folgendes gesagt werden: In den weitaus meisten Fällen wird der Schlamm noch in flüssiger Form an die Landwirtschaft abgegeben. Man ist sich jedoch im klaren darüber, daß über kurz oder lang diese einfache und billige Art der Beseitigung aus den bereits dargelegten Gründen aufgegeben werden muß.

In den Müllkompostwerken Vilette bei Genf, Werdenberg-Liechtenstein, Zürich-Oberland und Küsnacht wird flüssiger oder entwässerter Schlamm gemeinsam mit Müll kompostiert. Auch die in Projektierung begriffenen Kompostwerke sehen diese gemeinsame Verarbeitung vor. Die großen Städte wie Zürich, Bern, Lausanne und andere beschäftigen sich mit der Planung zur Verbrennung des Schlammes in speziellen Feuerungsaggregaten. In Lausanne ist eine Anlage im Bau, in der mit Hilfe eines neuentwickelten Wirbelschichtofens vorentwässerter Schlamm verbrannt wird.

### **Die Beseitigung der Industrieabfälle**

Auf Grund der denkbar größten Heterogenität in chemischer und physikalischer Hinsicht stellen sich bei der Beseitigung industrieller Abfälle vielfach bedeutende Schwierigkeiten ein, die eine gesonderte Behandlung solcher Stoffe erfordern.

Wir unterscheiden bei den festen Abgängen aus der Industrie und des Gewerbes zwischen Industriemüll, das heißt, Abfälle allgemeiner Art (Büro- und Kantinenabfälle, Kehrriech, Verpackungsmaterial), und eigentlichen betriebsspezifischen Abfällen. Darunter verstehen wir alle in Gewerbe- und Industriebetrieben bei der Verarbeitung der Grundstoffe zu Fertigfabrikaten anfallenden festen und schlammförmigen Rückstände, ferner verdorbene Rohware und nicht verwertbare Ausschußware, Abfallgebilde mit Chemikalienresten und Rückstände bei der Industrierwasserbehandlung (zum Beispiel Schlämme aus Neutralisations- und Entgiftungsanlagen).

Der Industriemüll im oben erwähnten Sinne kann in den meisten Fällen als gleichartig mit Hausmüll betrachtet und somit in konventionellen Müllverbrennungs- oder Kompostwerken verarbeitet werden.

Schwierigkeiten besonderer Art bieten hingegen die spezifischen Industrieabfälle anorganischer und organischer Natur mit ihren verschiedenartigen chemischen und physikalischen Eigenschaften. Von Fall zu Fall muß geprüft werden, welcher Weg der Beseitigung der zweckmäßigste ist. In kommunalen Müllverbrennungsanlagen läßt sich eine große Zahl verschiedenartiger Industrieabfälle verarbeiten, insbesondere dann, wenn eine große Menge von Hausmüll als «Trägersubstanz» zur Verfügung steht. Manche Abfälle neigen jedoch bei den in Verbrennungsanlagen üblichen Brenntemperaturen von 800 bis 1000 °C bereits zur Versinterung und erschweren oder verunmöglichen dadurch den Betrieb.

Manche Abfallstoffe, insbesondere schlammartige Rückstände aus Neutralisations- und Entgiftungsanlagen, sind jedoch nicht geeignet, in Rostöfen, wie sie bei der Müllverbrennung üblich sind, verarbeitet zu werden. Um sie in möglichst wasserunlösliche, damit aber deponierbare Form überzuführen, müssen sie versintert werden. Dazu reichen jedoch die Temperaturen in den üblichen Müllverbrennungsöfen nicht aus. Spezielle Verbren-

nungsaggregate ohne Rost, nach Art der Muffelöfen, mit Brenntemperaturen über 1000 °C sind in Entwicklung begriffen.

Zu den Industrieabfällen, die eine gesonderte Behandlung erfordern, gehören auch die ölhaltigen Stoffe, wie Abfallöle, schlammartige Ölrückstände, die bei der Tankreinigung anfallen, sowie die in Mineralölabscheidern entstehenden Ölsandschlämme.

Während sich Abfallöle und in Abscheidern aufgerahmte Öle ohne besondere Schwierigkeiten verdüsen und verbrennen lassen, so versagt diese Methode bei der Unschädlichmachung der Ölschlämme aus der Tankreinigung, insbesondere aber der in den Abscheidern sich bildenden Ölsandschlämme. In neuerer Zeit ist es der Technik gelungen, auch für diese Stoffe Brennkammern ohne Rost zu entwickeln.

Prinzipiell lassen sich auch alle organischen Industrieabfälle mit Hilfe der Kompostierung in unschädliche humifizierte Form überführen, unter der Voraussetzung, daß sie biologisch abbaubar sind und keine eigentlichen Giftstoffe enthalten. Es betrifft dies Abfälle der Nahrungs- und Genußmittelindustrie, der Pflanzen- und Tierabfälle verarbeitenden Industrie, der Holz-, Zellstoff- und Papierindustrie sowie der Textil-, Leder-, Leim- und Gelatineindustrie. Gegebenenfalls müssen diese Abfälle vorbehandelt werden, beispielsweise durch Entwässerung, Zerkleinerung und Neutralisierung.

Sowohl bei der Verbrennung als auch bei der Kompostierung hat es sich gezeigt, daß die Aufgabe der Beseitigung mancher Industrieabfälle einfacher zu lösen ist, wenn diese Stoffe mit häuslichen Abfällen gemeinsam mitverarbeitet werden. Es drängt sich daher eine Zusammenarbeit zwischen Gemeinden und Industriebetrieben geradezu auf. Erst wenn dies aus Gründen spezieller Zusammensetzung der Abfälle nicht möglich ist, sollten gesonderte Beseitigungsmöglichkeiten ins Auge gefaßt werden. Die Entscheidung, welchem Verfahren dabei der Vorzug gegeben werden soll, ist manchmal nicht einfach zu treffen.

### **Die Beseitigung tierischer Abfälle**

Auch die Beseitigung der Kadaver, Konfiskate und Schlachthofabfälle bedarf dringend einer Verbesserung. Es kann nicht bezweifelt werden, daß eine unkontrollierte, verantwortungslose Beseitigung dieser Abfälle beträchtliche Gefahren in bezug auf die Verschleppung von Tierseuchen und tierischen Parasiten, auf die gesundheitliche Schädigung von Mensch und Tier und auf die Verschmutzung der Gewässer in sich birgt. Obschon gesetzliche Vorschriften zur einwandfreien Beseitigung solcher Abgänge bestehen, zeigt die Praxis ein bedenkliches Bild, wobei meistens nur Einzelfälle bekannt und in der Tagespresse kommentiert werden. Werfen wir einen kurzen Blick auf eine Statistik des Verbandes der Aare-Rhein-Elektrizitätswerke, der in vorbildlicher Weise die am Rechen der einzelnen Werke angeschwemmten Tierkadaver seit Jahren entfernen und unschädlichmachen läßt:



In den Elektrizitätswerken an der Limmat, der Aare und am Rhein wurden beispielsweise im Berichtsjahr 1962/63 insgesamt 21 676 Kleintierkadaver (Hunde, Katzen, Ferkel usw.) und 141 Kälber, Ziegen, Schafe und Schweine angeschwemmt! Eine zurzeit vom Eidgenössischen Veterinäramt durchgeführte gesamtschweizerische Erhebung wird dieses beschämende Bild über die verantwortungslose Art und Weise der Beseitigung von Kadavern, Konfiskaten und Schlachtabfällen noch verstärken. Für das Jahr 1963 wurde ein Anfall von etwa 22 000 Tonnen tierischer Abfälle errechnet. Davon wurden 8300 Tonnen (also nur 37%) in Beseitigungsanlagen unschädlich gemacht. Man rechnet jedoch in den nächsten Jahren mit einer Verdoppelung bis Verdreifachung des Anfalles an tierischen Abgängen, denn der Fleischkonsum des Schweizers steigt beängstigend an. Dieser Umstand verlangt dringend die Erstellung weiterer Aufbereitungs- oder Verbrennungsanlagen. Die bis heute weitverbreiteten Wasenplätze sind hygienisch und ästhetisch unbefriedigend und werden nur noch in speziellen Fällen geduldet werden können.

### **Die Verwertung der Endprodukte**

Wie bereits erwähnt, ist es das Ziel der Abfallaufbereitungstechnik, die Abfälle in unschädliche Form überzuführen und sie zugleich in ihrer Menge und ihrem Volumen möglichst stark zu reduzieren. Das heißt: Bei jedem technischen Verfahren entstehen Rückstände, Endprodukte, die entweder im Gelände deponiert oder gegebenenfalls verwertet werden können.

Bei den Verbrennungsverfahren kann die entstehende Wärme verwertet werden. In den meisten Fällen lohnt sich diese Wärmenutzung nur in größeren Anlagen, da die notwendigen Installationen kostspielig sind. Die Verbrennungsrückstände, also Asche und Schlacken, müssen im Gelände deponiert werden, ebenso die nicht brennbaren anorganischen Abfallstoffe.

Bei den Kompostierungsverfahren sind es die biologisch nicht oder schwer abbaubaren organischen Stoffe, bestehend aus Kunststoffen, gewissen Textilien, Gummi usw., die in Form des sogenannten «Siebrestes» anfallen und ebenfalls deponiert werden müssen, es sei denn, die betreffende Anlage verfüge über eine geeignete Ofenanlage. Daneben sind es die anorganischen Anteile, die ebenfalls deponiert werden müssen.

Die bei der Kompostierung mit Hilfe des natürlichen, jedoch örtlich und zeitlich konzentrierten Verrottungsvorganges in Humuserde übergeführten organischen Abfälle können deponiert oder als Bodenverbesserungsmittel verwertet werden.

Wir unterscheiden bei der Kompostierungstechnik zwischen einfachen Anlagen, die nur dazu dienen, die Abfälle zu kompostieren, das heißt, sie in unschädliche Humuserde überzuführen, die im Gelände deponiert werden kann, und Anlagen, die aus den verrotteten Abfällen ein verkaufsfähiges Produkt, den Müll- bzw. Müllklärschlammkompost herstellen. In den letztgenannten Anlagen wird durch zusätzliche Aufbereitung, das heißt Siebung,

Ausscheidung störender Fremdstoffe (zum Beispiel Plastikstücke, Glas- und Keramikscherben) ein attraktiver Kompost hergestellt, der auch gesteigerten Anforderungen zu genügen vermag. Es ist Aufgabe der mit der Planung beauftragten Fachleute, zu entscheiden, ob für eine Gemeinde oder Region nur eine einfache, sogenannte «Homogenisierungsanlage» zweckmäßig ist, die nur ein ablagerungsfähiges Endprodukt herstellt, oder ob in der betreffenden Region ein Bedarf an Kompost vorhanden ist, der ein technisch aufwendigeres Kompostwerk rechtfertigt.

Eingehende Untersuchungen in- und ausländischer Fachleute haben gezeigt, daß einwandfrei aufbereiteter Müllkompost bei gezielter Anwendung ein sehr gutes Bodenverbesserungsmittel darstellt, das durchaus geeignet ist, die vielerorts feststellbare Lücke in der Humusversorgung mancher Böden zu schließen. So führt beispielsweise die halbstaatliche Kompostierungsgesellschaft V. A. M. in Holland seit Jahren in ihrer Anlage in Wijster ausgedehnte Pflanzenversuche durch, bei denen die Auswirkung des Kompostes auf Wachstum und Ertrag verschiedener Kulturpflanzen untersucht werden. Daneben werden durch das Institut für Bodenfruchtbarkeit in Groningen, neben chemischen, pflanzenphysiologischen und mikrobiologischen Kompostuntersuchungen, langjährige Feldversuche mit Müllkompost in verschiedenen Gegenden Hollands angelegt, mit dem Ziel, die Nachwirkung des Kompostes auf Pflanze und Boden festzustellen. Zudem wird untersucht, ob durch die Anwendung von Kompost der Gehalt an organischer Substanz in den verschiedenen Böden Hollands und damit deren Fruchtbarkeit erhöht werden kann. Der durchschnittliche Gehalt der holländischen Böden an organischer Substanz beträgt etwa 4%, der optimale Gehalt für das Pflanzenwachstum liegt jedoch bei 8%.

Aus den bisherigen Versuchen können vorläufig folgende Schlüsse gezogen werden:

1. Beim größten Teil der untersuchten Kulturpflanzen führt die Anwendung von Kompost zu einem erhöhten Wachstum und einer Ertragssteigerung. Diese Steigerung ist um so größer, je niedriger der Gehalt des Bodens an organischer Substanz und je schlechter seine physikalische Struktur ist.
2. Es ist möglich, den Gehalt eines Bodens an organischer Substanz und damit seine Fruchtbarkeit durch die Anwendung von Kompost zu erhöhen. Diese Erhöhung nähert sich asymptotisch einem Maximum, bei dem sich Zufuhr und Zersetzung der organischen Substanz die Waage halten, das heißt, die Menge Kompost, die nötig ist, um die organische Substanz des Bodens um eine Einheit zu erhöhen, ist um so kleiner, je niedriger der Anfangsgehalt dieses Bodens an organischen Stoffen ist.
3. Bei einem Boden, dessen Humusgehalt unter dem Optimum liegt, führt die Erhöhung des Humusgehaltes um eine Einheit durch Kompost zu einer Ertragssteigerung von durchschnittlich 5 bis 10%.

4. Bei Parallelversuchen mit Kompost und Mineraldüngern und Mineraldüngern allein kann auf den mit Kompost behandelten Parzellen (jährliche Mineraldüngergabe, aber nur einmalige Kompostgabe) eine mehrere Jahre dauernde ertragssteigernde Nachwirkung des Kompostes beobachtet werden.

#### **Anwendung im Waldbau**

Bei der Pflanzennachzucht in der Waldwirtschaft erschweren oder verhindern extreme Bodeneigenschaften (schwere nasse Böden oder sandig-trockene, nährstoffarme Böden) die Entwicklung junger Waldpflanzen. Jahrelange Untersuchungen von Surber (1959 et al., 1962) haben ergeben, daß durch Zufuhr von Humusstoffen in Form von Kompost ungünstige Bodeneigenschaften ausgeglichen werden können. Um die für Forstgärten notwendige Humusversorgung sicherzustellen, verwendet die Forstwirtschaft seit langem waldeigene Ausgangsmaterialien (Laub, Reisig, Torf usw.), welche kompostiert werden. Diese Materialien besitzen jedoch ein weites Kohlenstoff-Stickstoff-Verhältnis und verrotten daher sehr langsam (2 bis 3 Jahre). Beimischungen von zerkleinertem und angerottetem Müll fördern jedoch die Verrottung und setzen dadurch die Rottezeit auf etwa 5 Monate herab. Mischkompost aus gleichen Teilen Laub, Reisig und Frischmüll ergibt die besten Wuchsleistungen, wobei die damit behandelten Jungpflanzen mindestens um ein Jahr früher verschult werden können als diejenigen, die nur mit Mineraldüngern behandelt wurden. Die Verwendung von Kompost bietet in der Waldpflanzennachzucht eindeutig sachliche und wirtschaftliche Vorteile.

In den Alpenvorländern der Schweiz ergibt sich nach Surber (1962) neuerdings eine weitere Verwendungsmöglichkeit für Kompost. Im ganzen Alpenvorlande ist im Laufe der Zeit die natürliche Waldgrenze infolge eines extremen Holzverbrauches um Hunderte von Metern heruntergedrückt worden. Dadurch wurde das Hauptanrißgebiet für Lawinen sehr stark vergrößert. Man hat also größtes Interesse daran, diese oberen, meist steilen und unproduktiven Zonen raschestens wieder zu bewalden, was jedoch äußerst schwierig ist, weil durch die frühere Entwaldung für Neusaaten zu harte klimatische Bedingungen geschaffen worden sind. Eine natürliche Wiederaufforstung durch Anflug ist kaum zu erwarten. Man sieht heute eine sehr gute Möglichkeit der Bewaldung in der Verwendung von Ballenpflanzen, indem die Sämlinge in mit Kompost gefüllten Töpfen oder Plastiksäcken verschult werden. Man hat mit gutem Erfolg diesen Weg bereits beschritten.

#### **Anwendung im Weinbau**

Klenk (1957), Banse (1961), Peyer (1958, 1962) und Eggenberger (1961) haben gezeigt, daß dem Müllkompost im Weinbau größte Bedeutung

zukommt als Ersatz für fehlende wirtschaftseigene organische Düngemittel. Dabei liegt der Hauptwert nicht in einer Nährstoffwirkung, sondern in der Zufuhr humusbildender Stoffe sowie der Verbesserung der physikalischen Bodenstruktur der Weinbergareale. Mit Hilfe des Kompostes können die gefürchteten Abschwemmschäden bei Starkregen wirksam vermieden und die Bearbeitung schwerer Böden erleichtert werden. Neben einer allgemeinen Strukturverbesserung erfährt in erster Linie der Wasserhaushalt der weinbaulich genutzten Böden eine erhebliche Verbesserung.

Gemeinsame Versuche der EAWAG mit der Eidgenössischen Versuchsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau Wädenswil in einem Rebgelände in Eglisau zeigten eindrücklich, daß mit einer Kompostbehandlung der Böden die Abschwemmung der Feinerde bei starkem Regen im Vergleich zu unbehandelten Böden auf einen Bruchteil herabgesetzt werden kann (siehe Abb. 1). Dabei wurden in den Parzellen mit 2 m<sup>3</sup> Kompost pro Are und denjenigen mit doppelter Kompostmenge nur geringfügige Unterschiede festgestellt. Die mit der abgeschwemmten Feinerde verbundenen Nährstoffverluste zeigt Tabelle 1.

Tabelle 1  
*Kompostversuche Weinberg Eglisau*

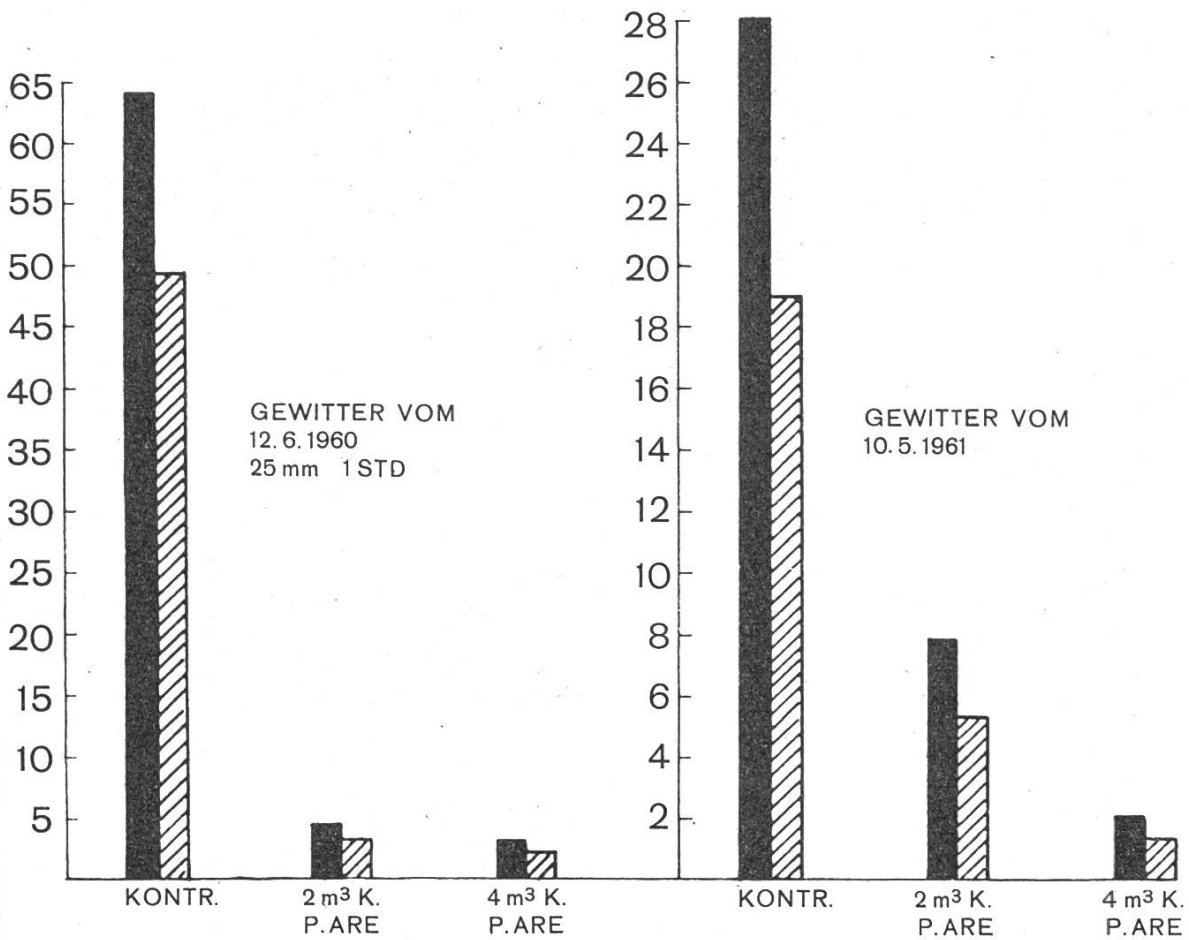
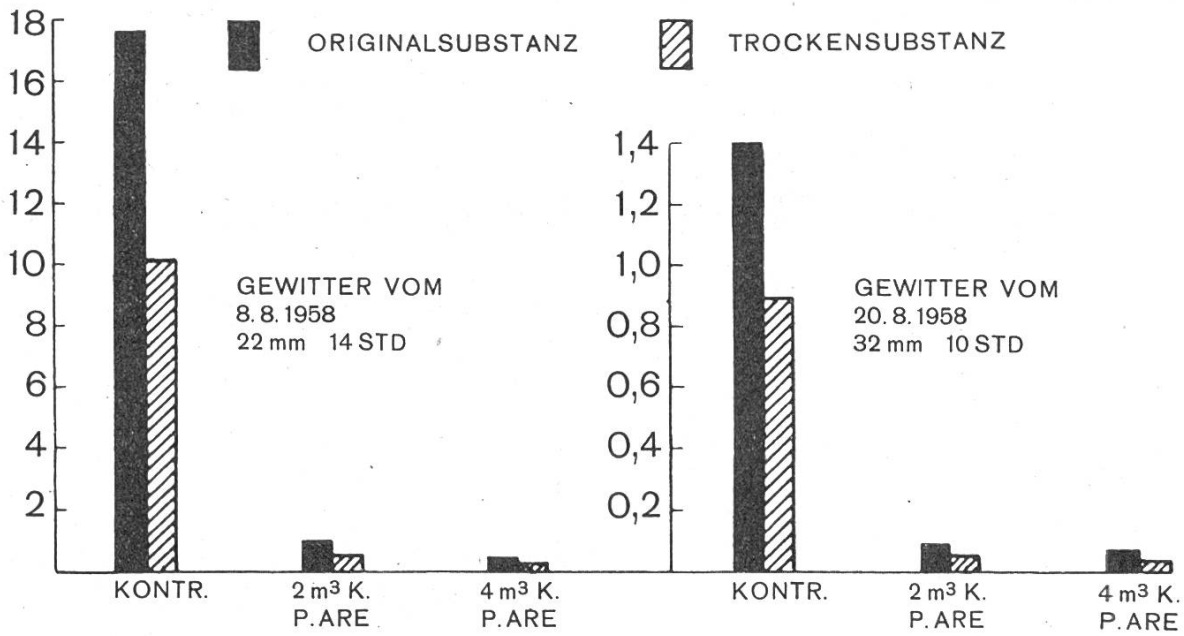
Nährstoffverluste in kg pro Hektare durch Abschwemmung der Feinerde			
Gewitter vom 16. Juni 1960 25 mm Regen in 1 Stunde	Kontrolle	2 m <sup>3</sup> Kompost pro Are	4 m <sup>3</sup> Kompost pro Are
Gesamte organische Substanz	2070	172	161
Wirksame organische Substanz	1755	122	139
Huminstoffe	305	22	39
Gesamt-Stickstoff	44	3	3
Phosphor als P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	59	5,5	4,6
Kalium als K <sub>2</sub> O	93	8,7	8,5
Magnesium als MgO	493	33	29
Kalzium als CaO	3840	260	187
Karbonate als CaCO <sub>3</sub>	7780	500	370

#### Anwendung im Obstbau

Versuche von Hilkenbäumer (1962) haben die ertragsteigernde Wirkung von Müllkompost (100 Tonnen pro Hektare) bei verschiedenen Apfelsorten ergeben. Höhere Kompostgaben (200 und 300 t/ha) zeigten geringere

# KOMPOST-VERSUCHE WEINBERG EGLISAU

ABGESCHWEMMTE FEINERDE IN TONNEN PRO HEKTARE



Wirkungen. Mengen von 500 und 1000 t/ha wirkten sogar hemmend. Auf Böden mit schlechter physikalischer Struktur werden mit Kompostgaben von 100 t/ha bessere Wirkungen auf die vegetative und generative Entwicklung von Obstgehölzen erzielt als auf Standorten mit günstiger physikalischer Struktur des Bodens.

### **Anwendung im Gartenbau**

Hierüber liegen namentlich aus Holland zahlreiche Forschungsergebnisse vor (Den Dulk, 1962). Durch den empfindlichen Rückgang der Stallmistproduktion ist in holländischen Gartenbaubetrieben die Nachfrage nach Kompost in stetem Steigen begriffen. Es ist gelungen, mit Hilfe von Müllkompost schwere Böden in ihrer Textur derart zu verbessern, daß auch sie gartenbaulich genutzt werden konnten. Im Gegensatz zu den Untersuchungen von Steigerwald (1956) zeigte sich bei den holländischen Versuchen (Den Dulk, 1962), daß Stallmist einen noch besseren Einfluß auf die Bodenstruktur ausübt als Müllkompost. Den Dulk führt dies darauf zurück, daß Stallmist die Löslichkeit der Bodenphosphorsäure beträchtlich erhöht, im Gegensatz zu Kompost, der die Mobilisierbarkeit eher herabsetzt. In den meisten Fällen waren Stallmist und Kompost jedoch gleichwertig, sofern durch Zugabe von mineralischem Phosphor zum Kompost diese Wirkung ausgeglichen wurde.

### **Anwendung von Kompost zur Kultivierung von Ödland**

In Holland werden große Anstrengungen unternommen, Ödlandböden mit schlechter Bodenstruktur in fruchtbare Gartenböden umzuwandeln. Versuche von Buringh (1962) haben ergeben, daß durch Kombination von mechanischer Bodenbearbeitung und Anwendung von Müllkompost zur Erhöhung der biologischen Aktivität des Bodens gute Ergebnisse erzielt werden. Die Resultate der Versuche mit jungen Obstplantagen auf altem Ödland waren vielversprechend.

### **Kompost zur Rekultivierung in Bergbaugebieten**

Kick (1962) hat geprüft, ob und wie eine Rekultivierung der durch den Tagebergbau, insbesondere durch den Braunkohlenbergbau, zerstörten landwirtschaftlich oder forstlich genutzten Flächen möglich ist. In der Bundesrepublik Deutschland handelt es sich dabei um Flächen von etwa 15 000 Hektaren, die durch den Braunkohlenbergbau erfaßt sind. Versuche haben ergeben, daß eine Rekultivierung mit Hilfe von Müllkompost möglich und wirtschaftlich interessant ist, wodurch ein neues bedeutsames Anwendungsgebiet für Kompost geschaffen werden könnte. Entsprechend den guten Erfahrungen mit der Kompostverwendung im Weinbau zur Verhinderung von Abschwemmschäden kann Kompost auch zur Festigung der hochgekippten Halden gegen Erosionsschäden und zur Förderung der Wiederbewaldung dienen.

## Literatur

- Banse H. J.* (1961): Beeinflussung der physikalischen Bodeneigenschaften durch Kompostgaben (Informationsblatt der Intern. Arbeitsgemeinschaft f. Müllforschung Nr. 13, Zürich).
- Buringh P.* (1962): Erfahrungen über die Kompostverwendung zur Kultivierung von Ödland (II. Intern. Kongreß der IAM 1962, Essen).
- Den Dulk P. R.* (1962): Einige Ergebnisse der Anwendung von Müllkompost und anderen organischen Düngern im Gartenbau der Niederlande (II. Intern. Kongreß der IAM 1962, Essen).
- Eggenberger W.* (1961): Erfahrungen mit Müllkompost im Weinbau (Mitt. Klosterneuburg, Serie A, XI. Jahrg.).
- Hilkenbäumer F.* (1962): Erfahrungen über die Kompostverwendung im Obstbau (II. Intern. Kongreß der IAM 1962, Essen).
- Kick H.* (1962): Erfahrungen über die Kompostverwendung zur Rekultivierung in Bergbaugebieten (II. Intern. Kongreß der IAM 1962, Essen).
- Klenk E.* (1957): Die Verwendung von Müllkompost im Weinbau (Informationsblatt der Intern. Arbeitsgemeinschaft f. Müllforschung Nr. 2, Zürich).
- Peyer E.* (1958): Versuche zur Verhütung von Schwemmschäden im Rebbau und deren Messung (Schweiz. Zeitschr. f. Obst- u. Weinbau, Bd. 67).
- Peyer E.* (1962): Erosionsgefahren im Rebbau und deren Verhütungsmöglichkeiten (Informationsblatt der Intern. Arbeitsgemeinschaft f. Müllforschung Nr. 15, Zürich).
- Steigerwald E.* (1956): Müll-Klärschlamm-Kompost als Bodenverbesserungs- und Düngemittel (Prakt. Blätter f. Pflanzenbau und Pflanzenschutz, H. 6).
- Surber E.* (1962): Erfahrungen über die Kompostverwendung in der Forstwirtschaft (II. Intern. Kongreß der IAM 1962, Essen).
- Surber E., Braun R. und Peter E.* (1959): Versuche zur Beschleunigung der Kompostbereitung (Mitt. Schweiz. Anstalt f. d. forstliche Versuchswesen, Bd. 35, H. 6).

## Résumé

### Les buts et les problèmes que pose l'utilisation des déchets solides

Si nous voulons réaliser de façon conséquente la conservation de notre espace vital, il est extrêmement important de pouvoir utiliser sous une forme inoffensive, non pas seulement les produits d'épuration des eaux usées, mais encore les déchets ménagers ou industriels. Aujourd'hui, à l'aide d'installations d'incinération ou de compostage, on peut transformer les déchets ménagers de façon à éliminer leurs propriétés nocives. A l'heure actuelle nous avons en Suisse 10 installations d'incinération et 11 de compostage en activité. Il s'agit en grande partie d'installations régionales qui desservent plusieurs communes. De nombreuses autres installations sont actuellement projetées ou en cours de réalisation.

L'utilisation des gadoues d'épuration des eaux usées pose encore de nombreux problèmes à plus d'une commune, parce que l'agriculture n'est pas encore en mesure d'utiliser complètement les boues produites en quantité toujours plus grande par les stations d'épuration qui prennent naissance un peu partout. Ainsi donc, l'offre dépasse la demande. Des considérations d'ordre hygiénique incitent les agriculteurs à ne pas utiliser ces boues, particulièrement dans les régions à production de lait (Cf. Règlement concernant la livraison du lait), et contribuent à l'accumulation des stocks. Il n'est pas encore possible de livrer les gadoues sous forme liquide et il faut les débarasser de leur eau avant de les transformer par incinération ou compostage, ce qui élève sensiblement les frais. L'incinération des boues d'épuration pose encore de nombreux problèmes, de nature économique,

tandis qu'un compostage de la gadoue liquide et des ordures ménagères présente des avantages certains. Le compost ainsi obtenu est bien meilleur que celui produit par les ordures seules, sans adjonction de boues, et il peut être utilisé avec succès dans les différents secteurs de la culture.

Les procédés pour supprimer la nocivité des déchets industriels présentent de nombreuses difficultés, en particulier en ce qui concerne l'utilisation de certains résidus qui ne sont ni incinérables, ni compostables et qui en raison de leur solubilité dans l'eau ne peuvent pas être déchargés sans un traitement préalable. Ces matières doivent passer à la cuisson puis être pulvérisées, de façon à les rendre insolubles.

Il faut prêter une attention toute particulière aux déchets organiques (cadavres, produits de confiscation aux abattoirs, déchets de boucherie). Ils doivent être incinérés dans des fours spéciaux ou transformés à grands frais en farine organique dans des installations spéciales.

La technique d'utilisation des déchets a pour but d'éliminer par transformation la nocivité des ordures tout en réduisant leur volume. Seule une analyse approfondie des conditions particulières à une commune permet de déterminer s'il faut avoir recours pour cela à l'incinération ou au compostage.

*Traduction : J.-Ph. Schütz*