

**Zeitschrift:** Plan : Zeitschrift für Planen, Energie, Kommunalwesen und Umwelttechnik = revue suisse d'urbanisme

**Herausgeber:** Schweizerische Vereinigung für Landesplanung

**Band:** 18 (1961)

**Heft:** 1

**Artikel:** Verwertung von organischen Industrieabfällen auf dem Weg der Kompostierung

**Autor:** Braun, Rudolf

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-781774>

#### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### 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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### 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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 23.02.2026

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

## Verwertung von organischen Industrieabfällen auf dem Wege der Kompostierung

Von Dr. Rudolf Braun, EAWAG, Zürich

Mitteilung Nr. 170 aus der Eidg. Anstalt für Wasserversorgung,  
Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG) an der Eidg.  
Technischen Hochschule Zürich; Dir.: Prof. Dr. O. Jaag.

### I. Allgemeiner Teil

Bietet schon die einwandfreie Beseitigung und Verwertung des Haus- oder Stadtmülls Schwierigkeiten mannigfaltiger Art, so gilt dies noch in weit grösserem Masse für die Abfälle aus Industrie und Gewerbe. Verhältnismässig einfach stellt sich das Problem bei manchen anorganischen, wasserunlöslichen Rückständen, da sie ohne Gefährdung von Oberflächen- und Grundwasser im Gelände deponiert werden können, falls man dafür überhaupt noch Platz hat, im Gegensatz zu löslichen, anorganischen Stoffen, deren schadlose Beseitigung vielfach derartige Konsequenzen finanzieller Natur mit sich bringt, dass sie die grosse Sorge mancher Industriebetriebe darstellt.

Die folgenden Ausführungen beschränken sich nur auf organische Abfallstoffe, die jedoch in zahlreichen Fällen noch grössere Schwierigkeiten bieten als anorganische Stoffe, weil manche von ihnen nicht nur wasserlöslich, sondern dazu infektions- und fäulnisfähig, stinkend und ekelerregend sind, und dadurch deren Deponie im Gelände zum vornehmerein kaum in Frage kommt. Bei der Beseitigung organischer Industrieabfälle spielen also neben der Gewässerbeeinträchtigung auch hygienische Belange eine ausschlaggebende Rolle (Kuisel 1950).

Anderseits sind jedoch die Möglichkeiten der *Verwertung* organischer Rückstände grösser als bei anorganischen, denn viele von ihnen können kompostiert oder verbrannt werden oder sogar als Viehfutter dienen. Aber auch unter den organischen Abfällen gibt es solche, die schwerlich auf einem der genannten Wege beseitigt werden können. Wir erwähnen als Beispiel die giftstoffhaltigen Abfälle aus chemischen Fabriken, wie Alkaloiddrogenreste, Metallsalze, arsen- und sulfidhaltige Rückstände, ferner die Abfälle und sog. Mutterlaugen aus Anilin-, Phenol- und Farbenfabriken sowie pharmazeutischen Betrieben usw. Man wird wohl daran denken müssen, solche Abfälle in regionalen Entgiftungsanlagen zu behandeln, damit sie bei einer nachfolgenden Deponie keinen Schaden mehr stiften können.

Wir bezwecken mit dieser Arbeit, einige Beispiele der Verwertung organischer Industrieabfälle mit Hilfe der Kompostierung aufzuzeigen, wobei wir jetzt schon betonen möchten, dass dieser Weg nicht unbedingt in jedem Fall der wirtschaftlich günstigste zu sein braucht.

Bevor wir auf die eigentliche Praxis der Kompostierung solcher Abfälle eingehen, möchten wir einige Begriffe und Gesetzmässigkeiten, die bei diesem Vorgang wichtig sind, etwas näher erläutern.

Wenn organische Abfälle pflanzlichen oder tierischen Ursprungs auf oder in den Boden gelangen, unterliegen sie einem Abbau- und Umwandlungsprozess, der in erster Linie von Mikroorganismen (Bakterien und Pilzen) ausgelöst und vollzogen wird. Beim Abbau-Prozess handelt es sich zur Hauptsache um Vorgänge, die mit einem Verbrennungsprozess verglichen werden können. Sauerstoffarme, energiereiche Kohlenstoffverbindungen der organischen Substanz werden dabei in niedermolekulare Verbindungen umgewandelt, was unter Abgabe von Energie geschieht, die von den Mikroorganismen zum Teil ausgenutzt wird. Hier zeigt sich also schon die Bedeutung des organisch gebundenen Kohlenstoffes als Energieträger. Im Endstadium dieses Abbauprozesses entstehen schliesslich aus der ursprünglichen organischen Substanz Gase (Methan), Kohlensäure, Wasser und Mineralsalze.

Geschieht dieser Prozess unter Anwesenheit des Sauerstoffs, so spricht man von aerober Zersetzung oder *Verrottung*. Fehlt er jedoch, so handelt es sich um eine anaerobe Zersetzung oder *Fäulnis*. Entsprechend bezeichnet man auch die Organismengruppen, welche diese Prozesse durchführen, als aerobe bzw. anaerobe Mikroorganismen. Beide Vorgänge, Verrottung und Fäulnis, laufen bei der Umwandlung organischer Stoffe im natürlichen 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 von spezifischen Enzymen 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, Ammoniak und Wasser, so spricht man von *Mineralisation*. Anderseits aber verwenden die Mikroorganismen bereits abgebaute oder frische organische Substanz als Nahrung zum Aufbau ihrer Körpersubstanz, wobei wieder der umgekehrte Vorgang eintritt: Einfache organische und 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 zersetztlich bzw. angrifbar durch Mikroorganismen.

Wenn auch gewisse Abbaustufen nur von ganz bestimmten Mikroben vorgenommen werden, so geschieht der Gesamtabbau der organischen Substanz durch ein Heer verschiedenster Organismen. In einem Gramm einer Mischung von Müll und Klärschlamm sind beispielsweise mehrere Milliarden Keime vorhanden (Glathe 1959). 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 (Wittich 1952). Die eine Organismengruppe schafft also erst die Voraussetzung für die Weiterverarbeitung durch die andere.

Manche Forscher bezeichnen nun die Summe der zwischen Ausgangssubstanz und den mineralisierten Endstoffen auftretenden Zwischenprodukte als *Humus*. Es ist also ein Sammelbegriff für eine ganze Stoffgruppe. Man hat indessen bald 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.

Wenn wir also organische Abfallstoffe rationell humifizieren, kompostieren wollen, brauchen wir bloss die Natur zu kopieren, resp. die natürlichen Vorgänge räumlich und zeitlich zu konzentrieren und den Mikroorganismen optimale Lebensbedingungen zu schaffen, wie dies seit einigen Jahren in modernen Müllkompostwerken geschieht.

Während jedoch im normalen Haus- oder Stadtmüll alle Voraussetzungen für eine Kompostierung vorhanden sind, namentlich wenn er mit Klärschlamm vermischt wird, so zeigen organische Industrieabfälle meistens eine sehr einseitige Zusammensetzung. Folglich müssen je nach Art der Abfälle die Voraussetzungen für die rationelle Kompostierung erst geschaffen werden. Diese Voraussetzungen sind:

1. günstiges Gärsubstrat
2. günstiges C/N-Verhältnis
3. optimaler Wassergehalt
4. gute Durchlüftung, d. h. günstige physikalische Struktur
5. genügende Menge und optimale Art von Mikroorganismen.

Diese fünf Bedingungen seien etwas eingehender erläutert:

### 1. Das günstige Gärsubstrat

Bei der Kompostierung wird der organisch gebundene Kohlenstoff von den Mikroben unter Zuhilfenahme des Sauerstoffs veratmet und die dabei gebildete Kohlensäure ausgeschieden. 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, woher auch Spurenelemente eine wichtige Rolle bei der Ernährung spielen. Alle diese Stoffe müssen also in einem Gärsubstrat in günstigen Mengen vorhanden sein. Hingegen dürfen darin keine toxisch wirkenden Verbindungen enthalten sein, welche eine Mikrobentätigkeit verzögern oder gar verhindern. Darunter verstehen wir nicht nur eigentliche Giftstoffe, sondern z. B. auch zu hohe Salzkonzentrationen. Auch zu saures und zu alkalisches Milieu muss vermieden werden. Der pH-Wert des zu kompostierenden Materials sollte möglichst um den Neutralpunkt herum liegen.

### 2. Das günstige C/N-Verhältnis

Wie bereits erwähnt, spielt der in organischen Stoffen enthaltene Kohlenstoff zur Hauptsache eine Rolle als Energieträger, weniger als Baustoff. Es kann angenommen werden, dass für den Einbau von einem Teil Kohlenstoff in die Zellsubstanz etwa zwei Teile verbrannt und als Kohlensäure wieder ausgeatmet werden (Pöpel, 1957). Ein grosser Teil der dabei erzeugten Energie wird wieder als Wärme frei, weshalb der Verrottungsprozess stets mit einer starken Erwärmung verbunden ist. Da die Mikroben pro Gewichtseinheit Stickstoff etwa 30 Gewichtsteile Kohlenstoff verarbeiten, verläuft der Verrottungsprozess am günstigsten, wenn das Verhältnis zwischen Kohlenstoff und Stickstoff (C/N-Verhältnis) der Ausgangsstoffe bei 30 liegt. Ist das Verhältnis grösser als 30, so tritt nicht nur ein Verlust an Kohlenstoffen auf, sondern die Abbauprozesse werden verlangsamt. Ist es jedoch zu eng, d. h. unter 10, so wird der nicht als Zellbaustoff benötigte Stickstoff als Ammoniak abgespalten und geht in die Luft verloren.

### 3. Der optimale Wassergehalt

Die Mikroorganismen benötigen für ihre Tätigkeit eine gewisse Menge Wasser wie jedes Lebewesen. Sie enthalten selber viel Wasser und 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 (Pöpel 1957). Als günstigster Wassergehalt der Rohstoffe haben sich 40 bis 60 Prozent erwiesen.

### 4. Gute Durchlüftung

Wir erstreben einen aeroben Verrottungsvorgang, nicht eine Fäulnis, weil nur dadurch eine Erhöhung der Temperatur und mit ihr eine Vernichtung allfäll-

lig vorhandener pathogener Keime im Abfallmaterial gewährleistet ist. Die Mikroorganismen benötigen daher genügend Sauerstoff. Das zu kompostierende Material muss folglich eine Lockerstruktur besitzen, so dass möglichst alle Teile mit Luft in Berührung kommen.

### 5. Genügend Mikroorganismen

Während im normalen Hausmüll und Klärschlamm Milliarden von Keimen pro Gramm enthalten sind und sofort mit ihrer Abbautätigkeit beginnen, sobald wir ihnen günstige Lebensbedingungen bieten, sind

Tab. 1. Industrieabfälle vorwiegend organischer Art, die sich zur Kompostierung eignen

<i>Industrie</i>	<i>Art der Abfälle</i>
<b>1. Nahrungs- und Genussmittelindustrie</b>	
Zuckerfabriken	Pülpe, Schlempe, Schlamm
Stärkefabriken	Pülpe, Faserstoffe
Konservenfabriken	Pülpe, Abfälle von Gemüse und Früchten
Schokoladefabriken	Kakao- und Nusschalen, Fette
Malz- und Hefefabriken	Treber, Pressrückstände
Brauereien	Treber, Pressrückstände, Hopfenabfälle
Brennereien, Mostereien	Schlempen, Kernobststeine, Presskuchen, Filterrückstände
Schlachthöfe, Fleischwarenindustrie	Konfiskate, Fett, Blut, Fleischstücke, Magen- und Darminhalte, Knochen, Klauen, Hörner
<b>2. Pflanzen- und Tierabfälle verarbeitende Industrie</b>	
Pektinfabriken	Obsttrester, Zucker, Filterrückstände
Darmaufbereitungsindeustrie	Darmfetzen, Fette
Haare, Borsten und Federn verarbeitende Industrie	Federn, Haare, Borsten, Fett
Kadaververwertung	ähnlich wie Schlachthöfe
Holzverzuckerungsindeustrie	Lignin, Schlempen, Filterrückstände
<b>3. Holz-, Zellstoff- und Papierindustrie</b>	
Holzsleifereien, Sägereien, Hobelwerke	Holzabfälle, Rinden
Zellstoffindustrie	Fasern, Sulfitablaugen, Schlamm
Papier- und Kartonfabriken	Zellulosefasern, Schlamm
<b>4. Textilindustrie</b>	
Wollwäschereien, Tuchfabriken	Wolle, Haare, Fasern
Textilausrüstereien	Rückstände von Imprägnierungen, Paraffine, Wachse
Kunstseidefabriken und Chemiefaserindustrie	Viskosereste, Schlamm
<b>5. Leder-, Leim- und Gelatineindustrie</b>	
Gerbereien, Lederfabriken	Haare, Hautfetzen, Lohe, Lederabfälle, Schlamm, Phlobaphene
Leimfabriken	Haare, Hautfetzen, Fett, Schlamm
Gelatinefabriken	Haare, Hautfetzen, Schlamm
<b>6. Pharmazeutische Industrie</b>	
Antibiotikafabriken	Gärtankschlempen, Filterrückstände, Schlamm
Alkaloidfabriken	ausgelaugte Pflanzenreste, Filterrückstände, Mutterlaugen
<b>7. Erdölindustrie</b>	Mineralöl, Sludge, Filterrückstände

vielfach industrielle Abfälle sehr arm an Keimen. Wenn wir alle Voraussetzungen 1—4 einhalten, jedoch nicht dafür sorgen, dass eine gewisse Zahl von Mikroben im Substrat enthalten ist, dauert es unter Umständen längere Zeit, bis das Material von Natur aus mit Verrottungskeimen versorgt wird. In solchen Fällen ist eine Impfung am Platze, z. B. mit biologisch aktivem Klärschlamm oder mit angerottetem Müll. Wenn die Umweltbedingungen für das Mikrobenleben günstig sind, so werden sich die mit dem Impfmaterial eingebrachten Keime sehr rasch vermehren.

Nach diesen theoretischen Ueberlegungen wollen wir nun prüfen, wie in der Praxis die Kompostierung organischer Industrieabfälle möglich ist.

In den meisten Fällen können diese Abfälle nicht für sich allein kompostiert werden, weil durch die einseitige Zusammensetzung selten die fünf erwähnten Voraussetzungen erfüllt sind. Der erste Schritt wird also sein, zu prüfen, welche Korrekturen, welche Ergänzungen wir vornehmen müssen.

Die erste und zweite Bedingung, das günstige Gärsubstrat mit günstigem C/N-Verhältnis, werden erfüllt sein, wenn im Material genügende Mengen an organischen Stoffen mit veratembarem Kohlenstoff und wirksamerem Stickstoff enthalten sind. Ist der Kohlenstoff im organischen Material nicht veratembbar, wie dies z. B. bei manchen Kunststoffen der Fall ist, so ist eine Kompostierung nicht möglich. Ferner muss wirksamer Stickstoff in genügender Menge vorhanden sein, dass ein C/N-Verhältnis von ca. 20—30 entsteht. Es gibt Industrieabfälle, die einen sehr hohen Stickstoffgehalt aufweisen, wie z. B. gewisse Abfälle der Textilindustrie (Wolle), der Pflanzen- und Tierabfälle verarbeitenden Industrie und der Schlachthöfe, die eher ein zu enges C/N-Verhältnis besitzen. Den Luxus, bei der Verrottung wertvollen Stickstoff zu verlieren, können wir uns nicht leisten. Es ist daher vorteilhaft, diese Abfälle mit solchen zu mischen, die zu wenig Stickstoff, also ein zu weites C/N-Verhältnis besitzen, wie z. B. mit Abfällen der Holz-, Zellstoff- und Papierindustrie.

Die dritte Bedingung, den Wassergehalt von 40 bis 60 Prozent, können wir relativ einfach einhalten. Ist das Material zu trocken, muss es angefeuchtet werden; ist es zu nass, wie z. B. manche schlammartigen Abfälle, muss es entweder entwässert oder mit trockenem Müll gemischt werden.

Die vierte Bedingung, die günstige Lockerstruktur mit guter Durchlüftung, muss bei manchen Abfällen erst geschaffen werden. Am einfachsten geschieht dies ebenfalls durch Mischung mit Müll, wobei wir gleichzeitig auch die fünfte Bedingung (genügend Mikroben) erfüllt haben.

Tabelle 1 (S. 23) zeigt eine Zusammenstellung von Industriegruppen, deren Abfälle im Prinzip durch Kompostierung verwertet werden können.

#### *Gruppe 1: Nahrungs- und Genussmittelindustrie*

Die Abfälle dieser Industriegruppe sind auf Grund ihrer Zusammensetzung besonders gut geeignet zur

Kompostierung, denn ihr Gehalt an abbaubarer organischer Substanz ist sehr hoch (z. T. > 50 Prozent) und das C/N-Verhältnis liegt meistens in einem günstigen Bereich. Manche von diesen Abfällen, wie z. B. diejenigen der Schlachthöfe und der Fleischwarenindustrie, weisen ein sehr enges C/N-Verhältnis auf, so dass sie mit Vorteil als Zusätze für die Kompostierung von Müll und Abfällen der Papier- und Holzindustrie mit zu weitem C/N-Verhältnis verwendet werden können.

In der Schweiz konnten hauptsächlich mit Abfällen der Brennerei-Mosterei-Industrie sowie mit Schlachthofabgängen Erfahrungen gesammelt werden. So hat die EAWAG Versuche durchgeführt zur Kompostierung von Schlamm aus Mostereien, der ein ausgezeichnetes Ausgangsmaterial für die Kompostierung darstellt, wie dies aus folgender Tabelle ersichtlich ist.

Tabelle 2:

#### *Zusammensetzung des stichfesten, unausgefaulten Klärschlammes einer Grossmosterei*

	%
Wassergehalt . . . . .	84,0
Glühverlust (gesamte org. Substanz) . . .	70,5
Inerte organische Substanz . . . .	17,5
Wirksame organische Substanz . . . .	53,0
Laugenlösliche Humusstoffe . . . .	17,9
Total Stickstoff . . . .	1,62
Phosphor, ber. als $P_2O_5$ . . . .	0,59
Kalium, ber. als $K_2O$ . . . .	0,36
Kalzium, ber. als CaO . . . .	3,9
Magnesium, ber. als MgO . . . .	0,33
pH-Wert vor Kalkbehandlung . . . .	5,9
pH-Wert unmittelbar vor Kompostierung . .	7,0
(%-Gehalt auf Trockensubstanz berechnet)	

Bei diesen Versuchen wurde der unausgefaulte Klärschlamm einer Grossmosterei maschinell bis zur Stichfestigkeit entwässert mit dem Vibrationseindicker nach Heymann der Kläranlage Winterthur. Da der Originalschlamm sauer war (pH 5,9) und außerdem in grossen Mengen schleimartige Stoffe enthielt, musste er mit Kalk vorbehandelt werden. Dadurch gestaltete sich die Entwässerung auf dem Vibrationssieb bedeutend einfacher. Der entwässerte Schlamm mit einem pH-Wert von 7 wurde hierauf mit zerkleinertem Müll im Verhältnis von 1:1 vermischt und in Mieten kompostiert. Durch die Mischung mit Müll war die Lockerstruktur und ein günstiger Wassergehalt gewährleistet. Durch den hohen Gehalt an Stickstoff und wirksamer organischer Substanz des Schlammes ging der Verrottungsvorgang rascher vor sich und das Endprodukt war bedeutend wertvoller als bei der Kompostierung von Müll allein.

Abgänge von Schlachthöfen werden in der Schweiz seit einigen Jahren mit gutem Erfolg kompostiert. Das Problem der Beseitigung solcher Abfälle stellt sich natürlich in mittelgrossen und kleineren Gemeinden, in denen aus wirtschaftlichen Gründen geeignete Verbrennungsanlagen fehlen, um die bei den Schlachtun-

gen anfallenden Abfälle und Konfiskate geruchlos und unschädlich zu beseitigen. So sind in den letzten Jahren in den Schlachthöfen von Baden, Olten, Rorschach, Brugg und Herisau sog. «Beccarigärzellen» gebaut worden. Sie bestehen aus einer geräumigen Betonkammer mit Wand- und Bodenbelüftung und einem Wasserablauf. Während des Einfüllens und der nachfolgenden Lagerung der Abfälle erfolgt eine Komprimierung und Entwässerung des ursprünglich nassen und voluminösen Materials. In einem ca. sechsmonatigen Verrottungsvorgang tritt ein aerobter Ab- und Umbau des Materials ein, so dass nach dieser Zeit ein dem Stallmist ungefähr ebenbürtiges Bodenverbesserungsmittel entsteht.

Tabelle 3:

*Zusammensetzung des aus Schlachthofabfällen hergestellten Kompostes im Vergleich zu gut verrottetem Stallmist (nach Fuhrmann und Weber 1958)*

	Schlachthof-Kompost %	Stallmist %
Wassergehalt . . . . .	82,0	75,0
Glühverlust . . . . .	94,9	92,0
Organische Substanz . . . . .	12,9	17,0
Kohlenstoff in org. Substanz . . . . .	50,0	52,0
Total Stickstoff . . . . .	0,52	0,50
C/N-Verhältnis . . . . .	12,5	15—17
Gesamt-Phosphorsäure . . . . .	0,52	0,35
Kali . . . . .	0,19	0,60
Kalk . . . . .	0,51	ca. 1

(%-Gehalt auf Originalsubstanz berechnet)

Ausgedehntere Versuche mit solchen Beccarizellen konnten namentlich *Fuhrmann* und *Weber* (1958) im Schlachthof Olten durchführen. Für eine solche Behandlung eignen sich hauptsächlich vegetabilische Schlachtabfälle, wie z. B. Darm- und Mageninhalte der grossen Wiederkäuer und Pferde, sowie kleinere animalische Abfälle, Darmreste, Nabel, kleine Fleischstücke usw., wogegen Knochen, Hufe, Klauen, Hörner, ganze Tierkörper und grosse Fleischstücke weniger geeignet sind, da sie vorerst zerkleinert werden müssten. Eine solche maschinelle Zerkleinerung von Schlachthofabfällen mit nachfolgender Kompostierung mit Müll zusammen wurde mit gutem Erfolg versuchsweise in der Bühler-Kompostierungsanlage in Uzwil durchgeführt. Namentlich Knochen, Hufe, Klauen und Hörner bilden durch ihren hohen Stickstoffgehalt einen wertvollen Zusatz zur Kompostierung.

Die Erfahrungen mit der Kompostierung der Abfälle im Schlachthof Olten waren sehr gut (*Fuhrmann* und *Weber* 1958). Konfiskate wurden jedoch aus Sicherheitsgründen nicht verwendet. Bei sachgemässer Wartung können Geruchbelästigung und Gewässerverunreinigung vermieden werden; zudem fallen die wöchentlichen Abfuhrdienste weg, und die Zellenentleerung wird zur Zeit des Düngerbedarfes, also im Frühjahr und Herbst, vorgenommen. Es erwachsen bei dieser Verarbeitung weder ein besonderer Arbeitsaufwand noch Strom- oder Brennstoffkosten.

*Gruppe 2:  
Pflanzen- und Tierabfälle verarbeitende Industrie*

Auch die Abfälle aus dieser Industriegruppe können im Prinzip ebenso gut kompostiert werden wie diejenigen aus Gruppe 1. Vereinzelt wurden auch in der Schweiz in kleineren Betrieben Trester, Federn und Haare zu Kompost verarbeitet. Eingehende Erfahrungen liegen bis heute jedoch nicht vor.

*Gruppe 3: Holz-, Zellstoff- und Papierindustrie*

Über diese Abfälle wird weiter hinten eingehender berichtet.

*Gruppe 4: Textilindustrie*

Abgesehen von Paraffinen, Wachsen und einigen mineralischen Rückständen können auch die Abfälle dieser Industrien verwertet werden, indem sie z. B. gemeinsam mit Müll oder Stallmist kompostiert werden. So verwenden seit jeher die Arbeiter von Wollwäschereien solche Abfälle, indem sie sie im Garten kompostieren. Der Schweizer *Ernst Baumann* hat auf seiner bekannten Orangenplantage «Casamas» in Spanien ein Verfahren entwickelt, bei welchem er Wollabfälle (ca. 10 Tonnen/Jahr) mit Stallmist, Müll und anderen Abfällen verarbeitet. Ferner werden dort auch Jute-Abfälle mit Erfolg kompostiert. Sie müssen jedoch in Bottichen mit einer Lösung aus 80 Prozent Wasser und 20 Prozent Gülle einige Tage vorbehandelt werden.

*Gruppe 5: Leder-, Leim- und Gelatineindustrie*

Unter den Abfallprodukten dieser Industriegruppe sind namentlich Gerbereiafbälle besonders wertvoll, weil sie einen hohen Gehalt an organisch gebundenem Stickstoff enthalten, wie z. B. Schnittreste der gegerbten und ungegerbten Häute. Der Stickstoffgehalt in ungegerbten Hautrückständen beträgt 12—13 Prozent, in gegerbten etwa 6—10 Prozent. Nach Mitteilung von Herrn *Ernst Baumann* (Küsnacht ZH) werden insbesondere in Frankreich solche Abfälle in grösserem Ausmass verwendet, wobei sie entweder kompostiert oder mit Säuren und Alkalien hydrolysiert und zu Düngern verarbeitet werden. Auch in der Schweiz liefern einzelne Düngerfabriken organische Dünger auf der Basis von Hautabfällen.

*Gruppe 6: Pharmazeutische Industrie*

Verschiedene Abfälle dieser Industrie könnten kompostiert werden, doch fehlen hierüber aus der Schweiz jegliche Erfahrungen. In den USA werden jedoch in grösserem Maßstab solche Abfallprodukte kompostiert (*Gabaccia* 1959). So wurde bei einer grösseren pharmazeutischen Fabrik (Lederle-Werke) am Pearlfluss eine Versuchsanlage erstellt und ein Verfahren entwickelt, um die bei der Herstellung von Antibiotika anfallenden Schlempen, Filterrückstände und Schlämme sowie die bei der Extraktion verschiedener tierischer Organe entstehenden Rückstände zu kompostieren. Diese Abfallstoffe, mit einem sehr günstigen und konstanten C/N-Verhältnis von 15, wurden in Mi-

schung mit verschiedensten Stoffen verarbeitet. Als günstigste Mischung erwies sich: 65 Gewichtprozent Industrieabfälle, 25 Prozent Stallmist, 10 Prozent Sägespäne. Zu 100 kg dieser Mischung wurden 500 g Phosphatsalz zugegeben, um den etwas zu tiefen P-Gehalt auszugleichen. Dieses Material wird dann auf einen Wassergehalt von 50—60 Prozent eingestellt und in mehreren Stufen kompostiert. Der Kompost wird in den umliegenden Gemeinden verkauft. Es hat sich gezeigt, dass diese Art der Verwertung der anfallenden Schlämme von Antibiotikafabriken und der Extraktionsanlagen zur Gewinnung von pharmazeutischen Produkten die wirtschaftlich weitaus günstigste Beseitigungsart darstellt.

#### Gruppe 7: Erdölindustrie

Russische Fachleute haben festgestellt, dass in gewissen ölhaltigen Gesteinen und in Abfällen der Erdölproduktion (basische Abfälle, Brennschiefer, bituminöse Gesteine, saurer Goudron usw.) Stoffe enthalten sind, die das Pflanzenwachstum anregen (Gusseinow, 1958). Im Institut für Bodenkunde und Agrochemie der Akademie der Wissenschaften in Aserbeidschan wurden Versuche durchgeführt, bei denen festgestellt wurde, dass der positive Einfluss dieser Stoffe auf die Pflanze hauptsächlich auf Veränderungen der mikrobiologischen Prozesse, auf der verstärkten Assimilierbarkeit der Phosphor- und Stickstoffionen im Boden sowie auf der Intensivierung der physiologischen und biochemischen Prozesse beruht. Vor allem werden den Naphtensäuren und den Mineralölen diese Wirkungen zugeschrieben, die auch auf die Entwicklung von Azotobakter und auf die antibiotische Aktivität von Schimmel- und Strahlenpilze fördernd wirken. So sollen durch die praktische Anwendung dieser Erkenntnisse Mehrerträge bei Tomaten bis zu 35 Prozent und bei Kohlarten bis zu 40 Prozent gegenüber un behandelten Pflanzen möglich sein.

Offenbar auf Grund dieser Ergebnisse sind in letzter Zeit verschiedene «Kompostierungsmittel» auf Erdölbasis in den Handel gekommen. Die bisher gesammelten Erfahrungen reichen jedoch noch nicht aus, um heute schon ein endgültiges Urteil über die Brauchbarkeit dieser Produkte zu fällen.

## II. Spezieller Teil

Etwas ausführlicher möchten wir das Problem der Kompostierung von Abfällen der Industriegruppe 3 behandeln, da wir hierüber eigene Erfahrungen sammeln konnten.

### 1. Die Kompostierung von Holzabfällen

In der holzverarbeitenden Industrie, in Holzschnellereien, Sägereien, Hobelwerken, Möbelfabriken, Zellstoff-, Papier- und Kartonfabriken fallen grosse Mengen an Holzabfällen an in Form von kleineren Holzstücken, Sägemehl, Sägespänen, Rinden, Fasern und Schlämme, die beseitigt werden müssen. Manche Ab-

fälle können zu neuen Produkten, wie z. B. Spanplatten, verarbeitet werden. Die Holzabfälle können aber auch durch Verbrennung beseitigt werden. In manchen Fällen sind diese Verwertungs- oder Beseitigungsarten aus verschiedenen Gründen unwirtschaftlich, und dann stellt sich die Frage nach der Kompostierungsmöglichkeit dieser Stoffe.

Aber nicht nur in der eigentlichen Industrie, sondern auch in der Waldwirtschaft ist der Anfall an Holzabfällen in Form von Reisig, Laub, kleinen Ästen (die nicht mehr zu Brennholz gebündelt werden), Holzspänen und Sägemehl sehr hoch. Anderseits ist der Bedarf an Kompost in der Forstwirtschaft außerordentlich gross, und zwar zur Bodenverbesserung in Forstgärten (Baumschulen). Wie die gemeinsamen Versuche der Eidg. Forstlichen Versuchsanstalt mit der EAWAG gezeigt haben, können die mit grossen Mengen von Kompost aufgezogenen Jungpflanzen durchschnittlich mindestens 1 Jahr früher verschult werden als die unbehandelten Pflanzen. Seit altersher bemühen sich die Forstbetriebe, auf eigenem Gelände Holzabfälle zu kompostieren, nicht nur, um genügend Kompost zu erhalten, sondern auch, um diese Abfälle sinnvoll zu beseitigen.

Die Kompostierung von Holzabfällen, wie sie bisher von den Forstbetrieben praktiziert wurde, dauert normalerweise 2—3 Jahre. Wenn wir bedenken, dass Hausmüll in 2—3 Monaten in Reifkompost umgewandelt werden kann, erscheinen uns die 2—3 Jahre Verrottungszeit der Holzabfälle außerordentlich hoch und unwirtschaftlich. Verschiedene Industrien versuchten ebenfalls, Holzabfälle zu kompostieren, kamen aber aus wirtschaftlichen Gründen wieder davon ab.

Die Ursache dieser extrem langen Verrottungszeit liegt in der einseitigen chemischen Zusammensetzung und in der physikalischen Struktur der Abfälle. Unsere Anstalt hatte sich, gemeinsam mit der Eidg. Forstlichen Versuchsanstalt, das Ziel gesetzt, in Form ausgedehnter Versuche zu prüfen, wie Holzabfälle rationeller und wirtschaftlicher kompostiert werden können. Es gelang uns dabei, die Jahre dauernde Verrottungszeit auf 5—6 Monate abzukürzen, indem wir einfach die schon mehrmals genannten fünf Voraussetzungen für die Kompostierung verwirklichten.

Die erste Bedingung, das günstige Gärsubstrat, war durch den Gehalt der Rohstoffe an organischer Substanz von über 90 Prozent (berechnet auf Trockensubstanz) gegeben.

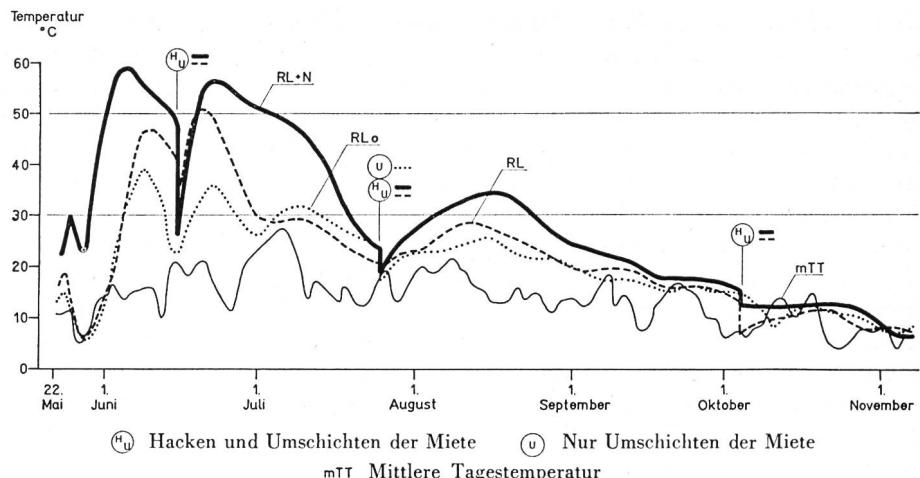
Die zweite Bedingung, das günstige C/N-Verhältnis, musste erst erfüllt werden. Holzabfälle enthalten nur etwa 0,1 bis 0,5 Prozent Stickstoff in Form von Eiweiß. Das C/N-Verhältnis beträgt in der Regel über 50! Wir korrigierten es durch Zugabe von Stickstoff in Form von körnigem Harnstoff oder von entwässertem Klärschlamm.

Die dritte Bedingung, der günstige Wassergehalt, konnte durch periodisches Anfeuchten des Materials leicht erfüllt werden.

Die vierte Bedingung, die Durchlüftung und günstige Lockerstruktur, musste erst geschaffen werden.

Abb. 1.

Temperaturverlauf in den Mieten RLo, RL+N und RL.



Ein grosser Teil der Holzabfälle bestand aus Laubblättern, die sich beim Aufschichten der Komposthaufen parallel lagerten und durch Verdichtung die Luftzufluss erschwerten. Durch eine Vorbehandlung in einer einfachen fahrbaren Häckselmaschine mit Benzinmotor wurden die Blätter, zusammen mit kleineren, sonst nicht verwertbaren Ästen und Reisig, zerkleinert. Dadurch war eine genügend lockere Struktur des Ausgangsmaterials sichergestellt.

Die fünfte Bedingung, das günstige Bakterienleben, stellte sich ein, als die Bedingungen eins bis vier erfüllt waren. Eine Intensivierung der Verrottungsvorgänge war jedoch möglich durch Zugabe eines «biologischen Aktivators» in Form von Klärschlamm und angerottetem Müll.

Bei diesen Versuchen erstellten wir aus den verschiedensten Rohmaterialien Mieten und kontrollierten den Verlauf der Kompostierungsvorgänge. In Abbildung 1 sind drei Kurven von Mietentemperaturen ersichtlich, die bekanntlich ein Indizium für die im Innern der Miete stattfindenden Verrottungsvorgänge darstellen. Die Miete RLo bestand aus gleichen Volumenteilen Laub und kurzgeschnittenem Reisig. Beide Materialien wurden nach der in der Forstwirtschaft bisher üblichen Methode lagenweise aufgeschichtet und

von Zeit zu Zeit umgearbeitet. Die punktierte Kurve RLo zeigt den Temperaturverlauf dieser Miete, wobei zu beachten ist, dass die Höchsttemperaturen kaum 40 Grad Celsius erreichten. Es handelte sich also um einen stark verlangsamten Verrottungsvorgang, der in der Praxis aus den oben genannten Gründen erst nach wenigstens zwei Jahren abgeschlossen wäre.

Eine geringfügige Verbesserung der Verrottungsvorgänge erzielten wir, indem wir die zur Schichtung neigenden, damit aber die Durchlüftung erschwerenden Laubblätter ebenfalls zerhackten. Die Höchsttemperatur erreichte dadurch immerhin 50 ° C; sie fiel jedoch nach kurzer Zeit wieder ab (siehe gestrichelte Kurve RL).

Was eine Verbesserung bzw. Verengung des C/N-Verhältnisses, also eine Zugabe von Stickstoff, zur Folge haben kann, zeigt uns die ausgezogene Kurve RL+N. Das Material dieser Miete war genau das selbe wie in Miete RL, aber mit Zusatz von Harnstoff. Schon nach wenigen Tagen erreichte die Mietentemperatur eine Höhe von 60 ° C. Der Verlauf dieser Temperaturkurve weist auf einen normalen Ablauf der Kompostierungsvorgänge hin, die nach etwa fünf Monaten abgeschlossen waren. Die Abbildungen 2 und 3 (Durchlicht-Photos der Komposte von Miete RLo



Abb. 2. Kompost der Miete RLo nach 140 Tagen. Verrottung läuft erst an.

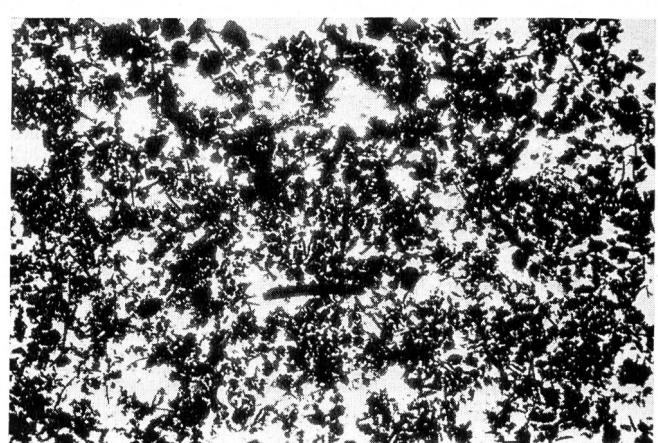


Abb. 3. Kompost der Miete RL+N nach 140 Tagen. Verrottung ist abgeschlossen.

und RL+N im Alter von 140 Tagen) dokumentieren das Gesagte noch deutlicher.

Aehnliche Versuche wurden auch von einer Studiengruppe an der Universität Washington durchgeführt, wobei Sägemehl, Holzspäne und Baumrinden mit verschiedenen anderen organischen Abfällen zusammen kompostiert wurden, z. B. mit Stallmist, Hühnermist, Klärschlamm, Brauereiabfällen und Abfällen der Fischereiindustrie (Gessel 1960). Eine Mischung von zwei Teilen Holz auf einen Teil organischer Abfälle hat sich dabei gut bewährt, sofern letztere einen Stickstoffgehalt von mindestens 2 Prozent aufweisen. Bei zu geringem Stickstoffgehalt der organischen Abfälle muss Stickstoff in mineralischer Form zugegeben werden, unter Umständen auch andere mineralische Nährstoffe. Bei einem sehr hohen N-Gehalt der Abfälle, wie z. B. bei Fischereiabfällen, empfiehlt sich ein Zusatz von 10—20 kg Superphosphat oder Gips pro Tonne Komposttrockensubstanz, um Stickstoffverluste zu vermeiden. Grössere Holzabfälle, wie Baumrinden, grobe Holzspäne usw. müssen vor der Kompostierung zerkleinert werden.

Bedeutend schwieriger ist die Kompostierung von industriellen Holzabfällen, wie Sägemehl und Sägespäne ohne Zusatz von Müll, Klärschlamm oder anderen Abfällen. Wenn jedoch die fünf Bedingungen für die Kompostierung eingehalten werden, so sind auch diese sehr einseitig zusammengesetzten Abfälle verrottbar. Um einen Anhaltspunkt für die Praxis zu gewinnen, führten wir Kompostierungsversuche mit Sägemehl und feinen Holzspänen in labormässigem Maßstab durch. Als «Gärzellen» verwendeten wir gelochte Plastic-Körbe von 60 Litern Inhalt, die wir mit dem zu kompostierenden Material füllten. Obschon bei solchen Versuchen in kleinstem Maßstab eine Interpretierung der Ergebnisse und deren Uebertragung auf die Praxis nur mit grossem Vorbehalt möglich ist, konnten doch folgende interessante Tatsachen festgestellt werden:

1. Um einen normalen Verlauf der Verrottungsvorgänge sicherzustellen, sollten den Holzabfällen mineralische Nährstoffe zugefügt werden, so dass ein C/N-Verhältnis von etwa 30 entsteht und das zu verarbeitende Material mindestens 0,2 Prozent Phosphor enthält.
2. Der im Holz (namentlich im Lignin) enthaltene Kohlenstoff ist für die Mikroorganismen schwer angreifbar bzw. veratembbar, so dass der Kompostierungsvorgang sehr langsam vor sich geht. Durch Zugabe von Rohrzucker (25 g pro Kilo Holz) konnten die Abbauvorgänge schlagartig intensiviert werden, weil die darin enthaltenen Kohlenstoffverbindungen unmittelbar veratembbar sind. Diese «Initialzündung» in Form von Zucker wirkte weit mehr als eine zusätzliche Impfung mit einem Bakterienpräparat oder mit angerottetem Kompost.
3. Auf Grund der Ergebnisse der Laborversuche schätzen wir die Dauer der Kompostierung von Sägemehl auf fünf bis sechs Monate.

Nun erreichte uns in den letzten Tagen von der University of Wisconsin, Madison, die Nachricht, dass es dort gelungen sei, Sägemehl in vier bis fünf Wochen zu kompostieren (Wilde 1960). Da dies gegenüber unseren Ergebnissen einen grossen Fortschritt bedeutet, möchten wir doch kurz diese neue Methode beschreiben.

Bei Versuchen zur Kompostierung von Torf fand man, dass z. B. *Sphagnum-Torf* durch eine Behandlung mit gasförmigem Ammoniak und anschliessender Neutralisation mit Phosphorsäure in ein gut kompostierbares Material übergeführt werden kann. Anderseits zeigte mit Nährstoffen und Blattabfällen angereichertes Sägemehl einen starken Bewuchs mit einem Pilz, der als *Coprinus ephemerus*, eine Tintlingart, identifiziert werden konnte. Dieser Pilz bewirkt bekanntlich einen starken Abbau der Zellulose. Die Kombination der chemischen Behandlung mit Ammoniak und Phosphorsäure und einer Impfung mit *Coprinus ephemerus* erwies sich nun als bestens geeignet, um Sägemehl in sehr kurzer Zeit in guten Kompost zu verwandeln. Dabei geht man folgendermassen vor: Das Sägemehl wird in 200 Liter fassende Fässer eingefüllt und pro Fass 1—1,5 kg gasförmiges Ammoniak eingeblasen. Das so behandelte Sägemehl wird etwa eine Woche stehen gelassen, dann auf dem Boden ausgebreitet und mit Phosphorsäure neutralisiert (130 ml 85 %ige techn. Phosphorsäure in 15 l Wasser). Hierauf werden 0,5 kg schwefelsaures Kali (50 %ig), in etwa 8 l Wasser gelöst, zugegeben. Nach einigen Tagen Lagerung wird das Material mit *Coprinus*-Kulturen geimpft. Nach guter Durchmischung wird das Sägemehl wieder in die Fässer eingefüllt, die zweckmässigerweise belüftet werden, um den Abbauvorgang zu beschleunigen. Die Bildung von Fruchtkörpern von *Coprinus* an der Oberfläche zeigt an, dass die Impfung erfolgreich war. Gleichzeitig wird das Material von weissen Pilzhypfen durchsetzt und die Temperatur im Innern der Fässer steigt über 40 ° C. In diesem Stadium ist der Kompost als Impfmittel für grosse Mengen von chemisch vorbehandeltem Sägemehl geeignet, wobei 1 Prozent Impfmittel durchaus genügt.

Die eigentliche Kompostierung in grossem Massstab kann weitgehend mechanisch durchgeführt werden. Sie erfolgt am besten in Mieten, die periodisch umgearbeitet und befeuchtet werden. Die mit diesen Sägemehlkomposten durchgeföhrten Pflanzen- und Feldversuche waren sehr erfolgreich. Der Kompost zeigt infolge seiner hohen Kationenaustauschkapazität ein hohes Bindungsvermögen für Nährstoffe. Dadurch werden die Auswaschungsverluste im Boden vermindert und die Pflanzenverfügbarkeit der Nährstoffe erhöht.

Die Kosten für die Herstellung des Sägemehlkompostes hängen natürlich von der Kapazität der Kompostieranlage und ihrer mechanischen Ausrüstung ab; sie sollten jedoch Fr. 4.— bis Fr. 5.— je Tonne nicht überschreiten. Dies gilt allerdings für amerikanische Verhältnisse, wo Ammoniak und Phosphor-

säure relativ billig sind. Wir werden jedoch auch in der Schweiz Versuche mit dieser neuen Aufbereitungsmethode, eventuell in Kombination mit anderen Materialien, durchführen und die wirtschaftlichen Möglichkeiten prüfen.

## 2. Sulfitablaugen als Zusatz bei der Müllkompostierung

Ein besonderes Sorgenkind unter den industriellen Abfallprodukten bilden bekanntlich die Sulfitablaugen der Zellstoffindustrie. Diese Industrie hat in den letzten Jahrzehnten einen ungeheuren Aufschwung erlebt und hat nicht nur die Papierindustrie, sondern auch die Textilindustrie, die Nahrungs- und Futtermittelindustrie, die Heilmittel- und Gärungsindustrie u. a. m. in sehr starkem Masse beeinflusst. Dieser positiven Entwicklung steht jedoch auch eine negative Seite gegenüber. Die Abfallprodukte der Zellstoffindustrie, die Sulfitablaugen, bereiten seit Jahrzehnten den Technikern, Chemikern und Industriellen grosses Kopfzerbrechen, und das Problem der schadlosen Beseitigung dieser Ablaugen wird von der Zelluloseindustrie der ganzen Welt eingehend studiert. Sulfitablaugen lassen sich nämlich nicht mit einem der üblichen und brauchbaren Abwasserreinigungsverfahren in befriedigender Art und Weise reinigen.

Die Sulfitablaugen entstehen in der Zellstoffindustrie bei der Gewinnung der Zellulose. Die Ausgangs-

stoffe sind zellulosereiche Hölzer, in erster Linie Fichten, Kiefern und Buchen, gegebenenfalls auch Stroh. In der Schweiz werden hauptsächlich Nadelhölzer mit einem Zellulosegehalt von über 54 Prozent verwendet (siehe Tabelle 4).

Das geschälte Holz wird zerschnetzt und in einer — eine freie schweflige Säure enthaltenden — Kalziumbisulfatlösung unter Druck gekocht (sog. Kocherlauge). Der Zweck dieses Aufschlusses ist, die inkrustierenden Bestandteile, wie Lignin u. a., aus dem zu verarbeitenden Rohmaterial herauszulösen und die Zellulose freizulegen. Das dabei anfallende Abfallprodukt, die Sulfitablauge, zeigt ungefähr folgende Zusammensetzung (siehe Tabelle 5):

Diese Ablaugen sind nicht nur ein lästiges Abfallprodukt, das, wenn es in die Gewässer gelangt, sehr grossen Schaden stiften kann, sondern sie enthalten noch rund 50 Prozent der verarbeiteten Holzsubstanz, die unausgenutzt vernichtet werden müssen. In Dutzenden von Patenten sind Möglichkeiten für die landwirtschaftliche Verwertung dieser Abfälle vorgeschlagen worden, wie z. B. Mischung mit Mineraldüngern, Eindampfen, mit Alkalien und Torf erhitzen usw., doch alle diese Vorschläge scheiterten bisher an den hohen Kosten, die eine solche Behandlung erfordert (Vogel 1948).

Wir fragten uns daher, ob es nicht möglich wäre, Sulfitablaugen als Zusatz zum Müll (anstelle von Wasser oder Klärschlamm) in einer Kompostieranlage zu verwenden. Sollte dies der Fall sein, so wäre eine wirtschaftlich günstige Art der Beseitigung dieser Abfallstoffe durchaus realisierbar.

Wie die Analyse der Sulfitablauge (Tabelle 5) zeigt, sind darin keine Stoffe enthalten, die prinzipiell eine solche Verarbeitung nicht zulassen würden. Es war jedoch noch abzuklären, ob gegebenenfalls der erhöhte Salzgehalt und die saure Reaktion (pH 3!) die Kompostierung verzögern, verunmöglichen oder bei Anwendung des Kompostes zu Pflanzenschädigungen führen.

Wir entschlossen uns daher, im Müllkompostwerk in Uzwil praktische Versuche durchzuführen, über die wir kurz berichten wollen. In der Anlage Uzwil wird der unsortierte Rohmüll nach dem Verfahren der Firma Gebr. Bühler mit Hilfe von Hammermühlen zerkleinert und im Freien in Mieten kompostiert. Bei Bedarf kann dem zerkleinerten Müll auch Klärschlamm beigegeben werden.

Bei der ersten Versuchsserie mischten wir frisch zerkleinerten Wintermüll mit Sulfitablauge (Wassergehalt 92 Prozent) einer Zellulosefabrik. Pro Tonne Müll wurden 312,5 l Lauge zugegeben. Das zu kompostierende Material hatte einen Wassergehalt von 43 Prozent und wurde auf Mieten von 1,3 m Höhe aufgeschichtet. Eine Miete mit Müll allein und entsprechender Wassermenge diente als Kontrolle.

Die in den Mieten entstehenden Temperaturen wurden täglich gemessen, um einen Anhaltspunkt über den Verlauf der Verrottungsvorgänge zu gewinnen. Aus-

Tabelle 4:

### Ausgangsstoffe für die Celluloseherstellung (nach Meinck 1951)

	Fichte	Kiefer in % T.S.	Buche	Stroh
Cellulose	57,84	54,25	53,46	35—45
Lignin	28,29	26,35	22,46	25
Pentosane	11,30	11,02	24,86	25
Harz, Fett, Wachs	2,30	3,45	1,78	
Asche	0,77	0,39	1,17	1—6

Tabelle 5:

### Zusammensetzung der Nadelholzsulfitablauge

	%
Wassergehalt	88—92
Glührückstand (Asche)	8—12
Gesamte organische Substanz	80—90
Lignin	47—48
Kohlehydrate	25—26
Harze, Fette	2—3
Proteine	1—2
Organische Säuren	Spuren
Gesamt-SO <sub>2</sub>	15—16
Kalzium als CaO	5—7
Stickstoff	0,1—0,2
(% -Gehalt berechnet auf Trockenstoffe)	
Phosphor	Spuren
Total Kohlenstoff	ca. 40
C/N-Verhältnis	über 300
pH-Wert	ca. 3

serdem wurden von sämtlichen Mieten alle 14 Tage Proben für die chemische Untersuchung entnommen, ferner mit jedem Material ebenfalls alle 14 Tage Pflanzversuche durchgeführt; denn bekanntlich spricht bei der Beurteilung der Qualität eines Kompostes weder der Chemiker noch der Biologe, sondern die Pflanze allein das letzte Wort.

Die Ergebnisse dieser ersten Versuchsserie waren folgende:

1. Die Beimischung von Sulfitablauge zum Müll vermochte den Gesamtchemismus des zu kompostierenden Materials nur wenig zu beeinflussen. Der Gehalt an wirksamer organischer Substanz wurde leicht erhöht, was positiv zu bewerten ist. Eine Erhöhung des Mineralstoffgehaltes war kaum feststellbar.
2. Der stark saure Charakter der Sulfitablauge kam in der Mischung nicht mehr zum Ausdruck, weil

der Müll wie ein sehr guter Puffer wirkte. Der pH-Wert im Müll allein betrug 8,6, in der Mischung 8,4.

3. Der Gang der Temperaturen in sämtlichen Mieten war während der zweimonatigen Versuchsperiode befriedigend und zeigte einen guten Verlauf der Kompostierung an.
4. Die Pflanzversuche (Weizentest) ergaben, dass der mit Sulfitablauge hergestellte Kompost dem gewöhnlichen Müllkompost mindestens ebenbürtig, eher noch überlegen ist, wie dies aus Abb. 4 hervorgeht.

Eine zweite Versuchsserie wurde durchgeführt, indem frisch zerkleinerter Sommermüll der Dano-Egsetor-Anlage Küsnacht mit Sulfitablauge vermischt und in Laborgärzellen (gelochte Plastic-Körbe) kompostiert wurde. Die Laugenzugabe (92 Prozent Wassergehalt) wurde bei diesen Versuchen bedeutend er-



Abb. 4. Wachstum der Versuchspflanzen (Weizen) in Müllkompost mit Zusatz von Sulfitablauge.

*Obere Reihe:* Kompost mit Sulfitablauge, zwei Wochen lang kompostiert. Von links nach rechts: Kontrolle (mittelmässige Gartenerde); Mischung Kompost:Erde 1:10, 1:5, 1:1, Kompost ohne Erde. Die wachstumshemmende Wirkung des zu jungen Kompostes ist namentlich in der letzten Schale rechts deutlich sichtbar.

*Mittlere Reihe:* Kompost mit Sulfitablauge, sechs Wochen lang kompostiert, dieselben Mischungsverhältnisse wie oben. Selbst im reinen Kompost ohne Erde ist das Wachstum gut, da die Verrottung fast beendet ist.

*Untere Reihe:* Wachstum des Weizens in Kompost ohne Sulfitablauge (links) und mit Sulfitablauge (rechts), sechs Wochen lang kompostiert.

höht (pro Tonne Müll 600 l Lauge). Das Ausgangsmaterial besass einen Wassergehalt von 75 Prozent. In einer weiteren Gärzelle wurde zerkleinerter Müll bis zur Uebersättigung mit Sulfitablauge getränkt, so dass während der ersten Zeit der Kompostierung sogar anaerobe Verhältnisse herrschten.

Auch bei dieser zweiten Versuchsserie mit erhöhter Zugabe von Sulfitablauge zeigten sich weder beim Kompostierungsvorgang noch bei den Pflanzversuchen irgendwelche schädlichen Einwirkungen. Wir hatten im Gegenteil sogar den Eindruck, dass der mit Sulfitablauge behandelte Kompost eine bessere Wirkung auf das Pflanzenwachstum ausübt.

Nach diesen positiv verlaufenen Tastversuchen müssen nun Grossversuche durchgeführt werden, wobei Sulfitablaugen mit geringerem Wassergehalt verwendet werden sollten, um die verarbeitbare Menge zu erhöhen. Wenn auch diese Versuche positiv ausfallen, so wäre die Möglichkeit geboten, dass eine Zellulosefabrik ihre Abgänge in einem naheliegenden Müllkompostwerk einer Gemeinde auf einfache und ökonomische Weise beseitigen könnte.

Mit diesen Ausführungen wollten wir zeigen, wie sich im Prinzip organische Rückstände der Industrie in Kompost verarbeiten lassen. Damit ist jedoch das Problem der Beseitigung noch nicht gelöst! Das Produkt dieser Verarbeitung, der Kompost, muss schliesslich auch abgesetzt und verkauft werden können, um die Kosten der Beseitigung und Verarbeitung möglichst tiefzuhalten. Im Gartenbau, in der Pflanzenaufzucht der Forstbetriebe, im Weinbau und teilweise sogar in der Landwirtschaft kann der Kompost als Bodenverbesserungsmittel gut verwendet werden, unter der Voraussetzung, dass er eine einwandfreie Qualität besitzt und zu einem angemessenen Preis abgegeben wird.

Befindet sich ein Industriebetrieb in der Nähe eines Müllkompostwerkes einer Gemeinde, so wird diese Möglichkeit der Mitkompostierung von Industrieabfällen zweifellos aktuell. In den nächsten Jahren werden auch in der Schweiz zahlreiche neue Kompostwerke gebaut, so dass sich für manche Industrien neue Aspekte eröffnen.

Damit soll aber nicht gesagt sein, dass die Kompostierung organischer Industrieabfälle überall der

einzig richtige Weg ist. In manchen Fällen ist es wirtschaftlicher, sie zu verbrennen. Der Zweck dieser Arbeit war einzig der, auf diese eine Möglichkeit der Beseitigung aufmerksam zu machen. Es geht uns nicht darum, ein neues organisches Bodenverbesserungsmittel, nämlich Kompost, herzustellen, sondern einzig und allein darum, die Abfälle möglichst ökonomisch zu beseitigen, und dazu dient die Kompostierung als Mittel zum Zweck. In jedem Industriebetrieb muss von Fall zu Fall untersucht werden, auf welchem Wege eine möglichst sinnvolle, wirtschaftlich günstige Beseitigung der Abfälle vorgenommen werden soll.

#### Literatur

- Fuhrmann H. und Weber W. (1958): Eignung und Leistungsfähigkeit von Gär-(Beccari-)Zellen zur Verwertung anfallender Schlachtabfälle. (Schweiz. Arch. f. Tierheilkunde, Bd. 100, H. 3.)
- Gabaccia A. J. (1959): Composting Waste Sludge from Pharmaceutical Manufacturing. (Sew. and Ind. Wastes, V. 31, P. 1175.)
- Gessel S. P. (1960): Composting Wood Wastes with Other Organic Materials. (Compost Science, Vol. 1, Nr. 1, Rodale Press, Emmaus, Penns.)
- Glathe H. (1959): Biologische Vorgänge bei der Kompostierung von Müll. (Internationaler Kongress der IAM 1959, Scheveningen.)
- Gusseinow D. M. (1958): Berichte der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, Bd. 119, H. 5, S. 1032—1034.
- Kuisel H. F. (1950): Das Problem der Beseitigung fester Abfallstoffe aus Industrie und Gewerbe. (Strasse und Verkehr, Bd. 36, Nr. 4.)
- Meinck F., Stooff H. und Weldorf R. (1953): Industrie-Abwässer. (Verlag Gustav Fischer, Stuttgart.)
- Pöpel F. (1957): Grundsätzliche Fragen bei der Behandlung von Siedlungsabfällen. (Arbeitstagung AkA Düsseldorf, Vortragsheft.)
- Surber E., Braun R. und Peter E. (1959): Versuche zur Beschleunigung der Kompostbereitung. (Mitt. Schweiz. Anstalt f. d. Forstl. Versuchswesen, Bd. 35, H. 6.)
- Vogel H. (1948): Sulfitzellstoff-Ablaugen. (Verlag Wepf & Co., Basel.)
- Wilde S. A. (1960): Marketable Sawdust Composts. (Compost Science, Vol. 1, Nr. 2, Rodale Press, Emmaus, Penns.)
- Wittich W. (1952): Der heutige Stand unseres Wissens vom Humus und neue Wege zur Lösung des Rohhumusproblems im Walde. (Schriftenreihe der Forstl. Fakultät Univ. Göttingen, Bd. 4.)

#### Vorankündigung

Freitag, den 28. April 1961, ab 15.30 Uhr, wird in Luzern die diesjährige Delegiertenversammlung der Schweizerischen Vereinigung für Gewässerschutz durchgeführt.

Am Vormittag von 10.30 bis 13.15 Uhr findet unter dem Patronat von Herrn Bundesrat Prof. Dr. H. P. Tschudi eine öffentliche Kundgebung über das Thema «Gewässerschutz, die Aufgabe unserer Generation» statt.

Eine definitive Einladung wird Mitgliedern und eingeladenen Gästen Ende März 1961 zugestellt werden.