

# Die Verarbeitung und Verwertung von Müll und Klärschlamm

Autor(en): **Braun, Rudolf**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **77 (1959)**

Heft 7

PDF erstellt am: **08.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-84207>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## Die Verarbeitung und Verwertung von Müll und Klärschlamm

DK 628.49

Von Dr. Rudolf Braun, EAWAG, Zürich

Mitteilung Nr. 148 aus der Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG) an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich, Direktor Prof. Dr. O. Jaag

In neuerer Zeit ist die zweckmässige Beseitigung des Mülls (im schweizerischen Sprachgebrauch «Kehricht» genannt) und des in den Abwasserreinigungs-Anlagen anfallenden Klärschlammes zu einer der dringlichsten Aufgaben für die städtischen und kommunalen Behörden geworden. Den Städten und Gemeinden muss ein Weg gewiesen werden, wie sie ihre festen und flüssigen Abfallstoffe auf volkswirtschaftlich möglichst vernünftige Art und Weise loswerden können, und zwar so, dass dabei die Belange der Hygiene, des Gewässerschutzes und des Landschaftschutzes gewahrt bleiben. Die mancherorts noch üblichen Müllablagerungen in Bachtobeln, an Rändern von Strassen und Spazierwegen, in alten Kiesgruben, an den Ufern der Seen und Flüsse und in den Wäldern müssen verschwinden. Solche Ablagerungen verderben unter Umständen das Oberflächen- und Grundwasser, verpesten die Luft, verschandeln die Landschaft und können zu Rauch- und Ungezieferplagen führen. Das Müllproblem ist zu einem wichtigen Bestandteil der Fragen des Gewässerschutzes geworden und muss mit diesen zusammen gelöst werden.

Neben dem Müllproblem bereitet jedoch auch die Beseitigung und Verwertung des Klärschlammes unseren städtischen und kommunalen Behörden grosse Sorgen. Nachdem sich das Schweizervolk einhellig zu einem umfassenden Schutz der ober- und unterirdischen Gewässer bekannt hat, gilt es, diesen Gedanken in die Tat umzusetzen. Es werden daher immer mehr Kläranlagen gebaut werden müssen. Der in diesen Anlagen anfallende Schlamm wird üblicherweise in Faulräumen ausgefault und an die Bauern abgegeben, die ihn zu Düngzwecken verwenden. Verfügt eine Kläranlage über ein genügend grosses Hinterland für den Schlammabsatz, so dürfte die Schlammfrage für die betreffende Gemeinde gelöst sein. Durch die in Zukunft in vermehrtem Masse zu erstellenden Kläranlagen wird der Anfall an Schlamm jedoch so gross, dass in manchen Gemeinden ein ernsthaftes Problem hinsichtlich der zweckmässigen Verwendung dieser Schlamm-Mengen entstehen kann. Wenn das Angebot die Nachfrage übersteigt, können wir inskünftig kaum noch damit rechnen, dass die Bauern den gesamten Anfall von flüssigem ausgefaulten Schlamm abnehmen und in der Landwirtschaft verwenden, selbst, wenn der Schlamm gratis abgegeben wird. Während in früheren Jahren der Schlammabsatz kaum ein Problem darstellte, so sind heute schon Gemeinden gezwungen, ihren Schlamm auf kostspielige Weise wegführen und irgendwo im Gelände ablagern zu müssen, was ohne Gefährdung der ober- und unterirdischen Gewässer kaum mehr möglich ist.

Die Hemmung des Schlammabsatzes hat

jedoch neben dem Ueberangebot noch zwei weitere Gründe: 1. Die nassen Sommer der letzten Jahre erschwerten die Verwendung von flüssigem Schlamm, indem die Wiesenböden schon ohne Begüllung zu nass waren. 2. Das im Jahre 1954 in Kraft gesetzte Milchlieferungsregulativ verbietet den Bauern die Verwendung von Klärschlamm zu Düngzwecken auf Wiesenland während der ganzen Vegetationsperiode, und zwar wegen der angeblich ungünstigen Wirkung der Klärschlamm-Düngung auf die Milch- und Käsewirtschaft. Man befürchtet, dass durch Düngung der Wiesen mit Schlamm die Zahl der Buttersäurekeime in der Milch erhöht und dadurch die Käsefabrikation gestört würde. Ob diese Befürchtung begründet ist, muss erst noch durch Versuche bewiesen werden.

Mit einem nennenswerten Absatz von flüssigem Klärschlamm an die Gärtner ist ebenfalls nicht zu rechnen. Er ist dungstoffmässig einseitig zusammengesetzt, unpraktisch in der Anwendung und enthält in grosser Zahl aktive Unkrautsamen, insbesondere Tomatensamen, die den Faulprozess überdauern.

### I. Gemeinsame Verarbeitung von Müll und Klärschlamm

Die sich immer deutlicher zeigenden Schwierigkeiten beim Absatz von Klärschlamm und die Notwendigkeit, den Müll zweckmässig zu beseitigen, haben im Verlauf der letzten Jahre dazu geführt, einer gemeinsamen Aufarbeitung und Verwertung fester und flüssiger Abfallstoffe vollste Aufmerksamkeit zu schenken. Es bestehen folgende Möglichkeiten, Müll und Klärschlamm gemeinsam zu verarbeiten:

#### a) Verbrennung

Der Klärschlamm wird in eine brennbare Form gebracht und mit Müll zusammen in den üblichen Verbrennungsanlagen verbrannt, wie dies z. B. das Verfahren der Firma von Roll vorsieht. Dabei wird der ausgefaulte Schlamm in einem Autoklaven auf 200 ° C erhitzt, anschliessend zentrifugiert, getrocknet und in der Müllverbrennungsanlage oder in einer eigens dafür erstellten Anlage verbrannt. Diese Vorbehand-

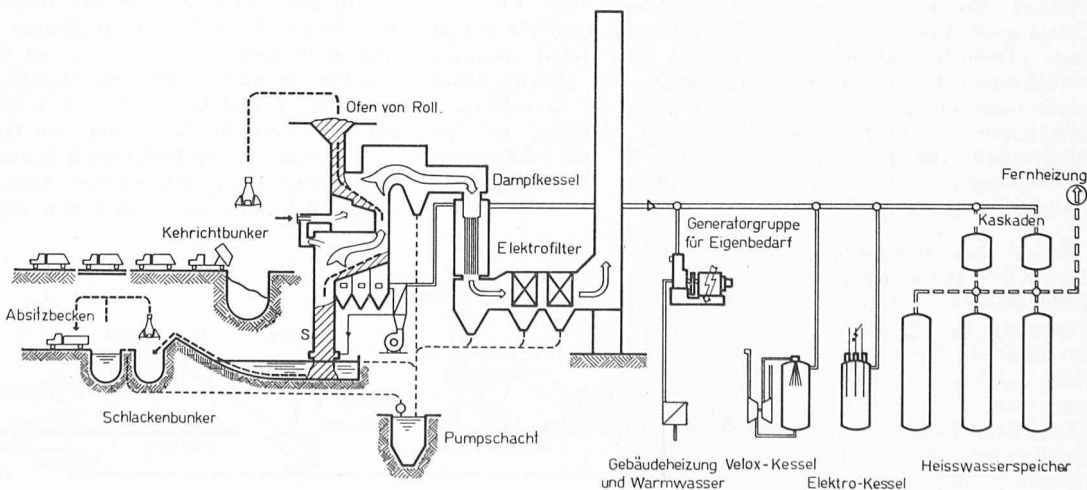


Bild 1. Schema der Müllverbrennungsanlage der Stadt Bern, System von Roll (nach Walker, 1958). S = Schlackengenerator. Bilder 1 u. 4 Clichés NZZ

lung des Schlammes bedingt natürlich bedeutende finanzielle Mittel, andererseits kann durch den Schlammzusatz die in der Verbrennungsanlage erzeugte Wärmemenge erhöht werden. Bei Bedarf kann der getrocknete Schlamm auch als Dünger abgegeben werden. Obwohl die gemeinsame Verbrennung den Bedürfnissen der Hygiene voll Rechnung trägt, kommt sie aus wirtschaftlichen Gründen nur für grosse Städte in Frage.

In der Schweiz stehen heute fünf Müllverbrennungsanlagen in Betrieb, nämlich in Zürich (System Heenan & Froud), Basel, Bern und Lausanne (System von Roll). Eine kleinere Anlage älteren Datums steht in Davos (System Sulzer). Klärschlamm wird vorläufig noch in keiner dieser Anlagen mitverarbeitet. Anhand der Verbrennungsanlage Bern sei die Arbeitsweise einer solchen Anlage kurz beschrieben (Bild 1): Der von den Fahrzeugen in den Bunker gekippte unsortierte Müll wird von einem Greifer in den Einfülltrichter gebracht und fällt in den senkrechten Füllschacht. Von dort gelangt er auf den Vortrocknungsrost, wo er sich gleichmässig ausbreitet und durch die Strahlung des glühenden Mauerwerkes und die hochsteigenden Verbrennungsgase getrocknet wird. Der teilweise schon brennende Müll gleitet nun auf den Hauptrost, wo die eigentliche Verbrennung stattfindet. Am Ende des Hauptrostes sammeln sich die glühenden Schlackenstücke, in denen noch unverbrannter Kohlenstoff eingeschlossen ist. Dieser wird im anschliessenden Schlackengenerator restlos verbrannt. Die Schlacke wird hierauf in einem wassergefüllten Kanal gelöscht, weggeführt und im Gelände abgelagert. Die heissen Feuergase verlassen die Verbrennungskammer und geben ihre Wärme an zwei Dampfkessel ab. Der in den Rauchgasen enthaltene Staub wird mittels Elektrofilter abgeschieden, die Staubteilchen mit einem Wasserstrahl abgeschwemmt und mit der Schlacke zusammen abgeführt. Der in den beiden Dampfkesseln erzeugte Dampf wird in die Sammelbatterie geleitet und von hier über ein Fernleitungsnetz an die verschiedenen Wärmeverbraucher verteilt.

Ausser dem Hausmüll werden in der Anlage Bern auch Abfälle aus Industrie und Gewerbe verbrannt, wie Holzabfälle, Gummiabfälle, Gasmaskenfilter, Zelluloidabfälle, verdorbene Medikamente, Akten, Farb- und Lackrückstände usw.

#### b) Kompostierung

Der Klärschlamm wird bis zu einem bestimmten Wassergehalt entwässert, meistens bis zur Stichfestigkeit, und mit Müll zusammen in den üblichen Müllkompostwerken zu Kompost verarbeitet. Für mittlere und kleinere Städte und Gemeinden scheint uns auf Grund unserer bisherigen Erfahrungen die gemeinsame Kompostierung mit Müll die wirtschaftlich vernünftigste Art der Verwertung des Schlammes zu sein, soweit er nicht in flüssiger Form direkt an die Bauern abgegeben werden kann.

In der Schweiz haben folgende fünf Städte und Gemeinden Kompostwerke erstellt: Küsnacht ZH und La Chaux-de-Fonds (Dano-Egsetor-Verfahren), Rüschlikon und Chur (Dano-Biostabilisator-Verfahren) und Uzwil (Bühler-Verfahren). Obschon in diesen Anlagen der Klärschlamm heute noch nicht mitverarbeitet wird, da die betreffenden Gemeinden vorläufig keine Kläranlagen besitzen, ist die Möglichkeit der Schlammbeimischung in den folgenden Darstellungen über die Arbeitsweise dieser Verfahren mitberücksichtigt.

Beim *Dano-Biostabilisator-Verfahren* (Maschinenfabrik Dano, Kopenhagen) gelangt der Rohmüll vorerst in einen Bunker und wird von dort auf einem Förderband in den Biostabilisator gebracht (Bilder 2 und 3). Ein Rüttelsieb zur Ascheaussiebung lässt sich

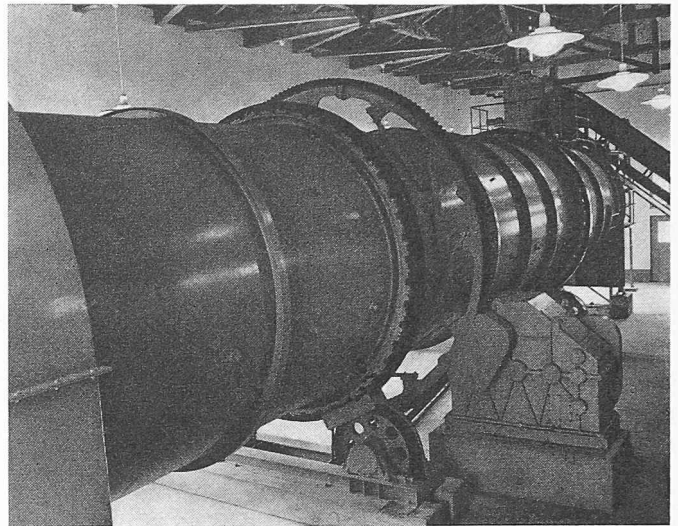


Bild 3. Dano-Biostabilisator-Anlage in Chur

bei Bedarf vorschalten. Stichfester Klärschlamm kann im Bunker, auf dem Förderband oder unmittelbar vor dem Stabilisator dosiert dem Müll beigegeben werden.

Der Biostabilisator, eine langsam rotierende Längstrommel, stellt gewissermassen eine bewegliche Gärzelle dar, in der intensive biologische Abbauvorgänge stattfinden. Durch die Rotation zermahlen und zerkleinern sich die Müllbestandteile von selbst. Wenn die Anlage ohne Zusatz von Klärschlamm arbeitet, muss der Müll vorher mit Wasser befeuchtet werden, damit das Gemisch eine für die Tätigkeit der Mikroorganismen optimale Feuchtigkeit aufweist. Eine Ventilationsanlage bläst durch einen längs der Gärtrommel verlaufenden Kanal Luft ins Innere des Stabilisators und gewährleistet dadurch einen aeroben Abbau, also eine Verrottung des Müllklärschlamm-Gemisches. Die Abgase aus der Trommel (Wasserdampf, Kohlensäure und Luft) werden durch ein Kamin ins Freie geführt. Bei neueren Anlagen wird ein grosser Teil dieser Abgase im Kreislaufsystem wieder in die Trommel zurückgeführt, um eine allfällige Geruchbelästigung in der Umgebung durch die Abgase zu vermeiden. Das Müllmaterial verbleibt drei bis fünf Tage im Biostabilisator. Durch mikrobielle Abbauvorgänge in der Trommel entstehen Temperaturen bis rd. 60° C, welche die Unkrautsamen, Wurmeier und pathogenen Keime weitgehend vernichten. Nach etwa fünf Tagen verlässt der nun in «Rohkompost» umgewandelte Müll die Gärtrommel. Ein Magnetabscheider entzieht die Eisenbestandteile (Blechbüchsen, Nägel usw.), welche in einer hydraulischen Presse paketiert und dem Altstoffhändler verkauft werden können. Ein Gravitationsabscheider entfernt wesentliche Anteile an Glas- und Keramikscherben. Auf einem Rüttelsieb werden die feinen Kompostanteile abgeschieden und im Freien in Mieten gelagert. Größere organische Bestandteile, die während der Behandlung im Biostabilisator nicht oder ungenügend zerfallen sind, gelangen ein zweites Mal in die Trommel, gegebenenfalls nach einer Zerkleinerung in einer einfachen Hammermühle.

Obwohl das Material nach Verlassen des Biostabilisators weitgehend kompostähnliches Aussehen besitzt, handelt es sich dabei nicht um eigentlichen «Reifkompost». Die Haupt-

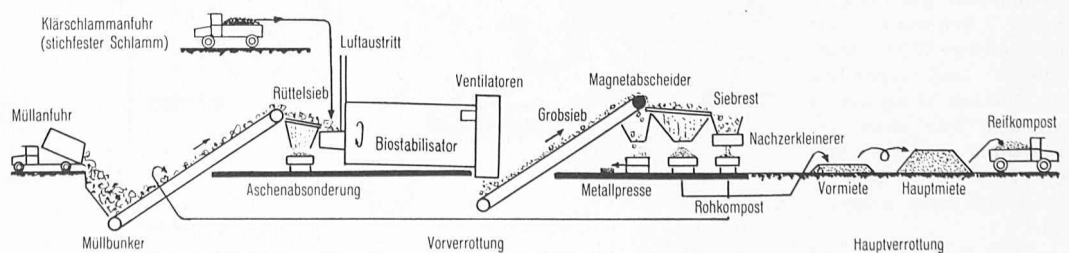
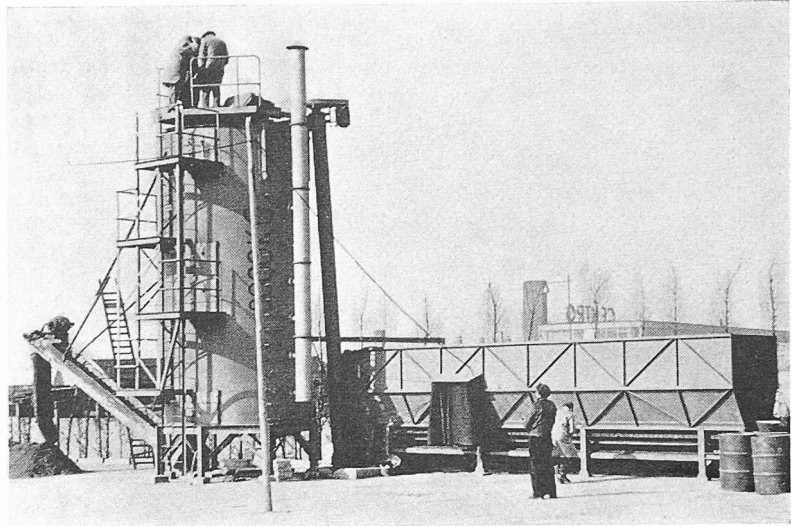


Bild 2. Schema des Dano-Biostabilisator-Verfahrens (nach Allenspach, 1958)



Bild 5. Müllverwertungsanlage Uzwil (Bühler-Verfahren)

Bild 6 (rechts). Digester nach Earp-Thomas, Versuchsanlage Schiedam (Firma Multibacto, Basel)



verrottung findet erst in den Mieten statt, in deren Innern wiederum durch biologische Abbauvorgänge Temperaturen bis zu 70° C entstehen. Nach etwa dreimonatiger Lagerung kann der nunmehr ausgereifte Kompost für die verschiedenen Zwecke verwendet werden. Als Wärmespender für Treibbeete kann jedoch auch der vorverrottete Rohkompost unmittelbar nach Verlassen des Biostabilisators eingesetzt werden.

Der *Dano-Egsetor* ist gewissermassen der Vorläufer des Biostabilisators. Anstelle der Längstrommel befindet sich eine kurze, ebenfalls rotierende Trommel (mit höherer Drehzahl als beim Stabilisator), welche den Müll nur zerkleinert, ohne die Bestandteile mikrobiell aufzuschliessen und abzubauen. Der zerkleinerte Müll wird auf Mieten gelagert und kompostiert.

Beim *Bühler-Verfahren* (Bilder 4 und 5), das von der Maschinenfabrik Gebr. Bühler in Uzwil entwickelt worden ist, wird der unsortierte Rohmüll samt den größeren Sperrstoffen (Gartenabraum, Holzarrassen usw.) in einen Bunker gekippt und mittels eines schrägen Stahlschuppenbandes der ersten Hammermühle zur Grobvermahlung zugeführt. Ein Magnetabscheider entzieht hernach die Eisenbestandteile; der zerkleinerte Müll gelangt in einem Kettentransporteur auf ein Vibrationssieb zur Abscheidung der feineren Anteile, in denen Glasscherben und andere Hartstoffe enthalten sind. Diese werden in einem nachgeschalteten Feinwalzwerk vollständig pulverisiert. Das Scherbenproblem kann also bei diesem Verfahren als weitgehend gelöst betrachtet werden. Der Siebrest wird in einer Feinmühle nachzerkleinert und mit den Feinanteilen der Grobvermahlung vermischt. Nach Bedarf kann dem zerkleinerten Müll in einem Zwangsmischer auch stichfester Klärschlamm beigegeben werden. Das Produkt wird wie bei den bereits besprochenen Verfahren im Freien in Mieten gelagert und während dieser Zeit zwei- bis dreimal maschinell umgearbeitet, um einen einwandfreien aeroben Verrottungsvorgang sicherzustellen. Nach drei bis vier Monaten kann das Mate-

rial als Reifkompost eingesetzt werden. Aehnlich wie beim Danoverfahren der Rohkompost, kann auch beim Bühlerverfahren der frische zerkleinerte Müll als Wärmespender für Treibbeete verwendet werden.

Vom Ingenieur-Büro Streit in Genf wurde das sog. *Streit-Verfahren* entwickelt. Der Müll wird dabei in Hammermühlen zerkleinert und in einem horizontalen Ofen, wie er in ähnlicher Bauart für die Graströcknung verwendet wird, getrocknet und in einem Zyklon von den Hartstoffen befreit. Das Material kann dann in loser oder brikettierter Form als Brennstoff verwendet werden. Auch Klärschlamm soll dabei mitverarbeitet werden können. Ob der zerkleinerte und getrocknete Müll, der nach der Behandlung im Trockenofen weitgehend steril sein dürfte, sich ohne weitere Zusätze für eine Kompostierung eignet, müsste u. E. noch abgeklärt werden. Jedenfalls scheint aber dieses Verfahren die Möglichkeit einer Kombination von Verbrennung und Kompostierung zu geben.

Ebenfalls ein kombiniertes Verfahren stellt dasjenige der Firmen Pawert und Multibacto, Basel, dar. Dieses erst kürzlich entwickelte sog. *SMG-Verfahren* (Schweiz. Metallurgische Gesellschaft) kombiniert Müllzerkleinerung, Trocknung, Brikettierung und biologische Aufbereitung. Eine nach diesem Verfahren arbeitende Versuchsanlage steht zur Zeit in Muttens in Betrieb. In ihr wird der Müll ebenfalls in einer Hammermühle (Novorotor der Firmen Ruckstuhl-Basel und Hazemag-Münster) zerkleinert. Nach einer thermischen Trocknung und Sortierung in einem Schwebetrockner kann der Müll entweder brikettiert und als Brennstoff verwendet werden, oder er wird in einem Digester nach Earp-Thomas vorkompostiert (Multibacto-Basel). Dieser «Verdauer» ist eine in acht Etagen eingeteilte senkrechte Gärzelle (Bild 6) und erzeugt eine ähnliche Wirkung wie der Biostabilisator. Der vorher zerkleinerte Müll wird mit einem Bakterienpräparat geimpft, mit Wasser oder mit Klärschlamm befeuchtet und gelangt in die oberste Etage des Digesters. Durch eine Zentralachse werden in jeder

Etage vier Arme mit je zwei Pflugmessern in Bewegung gesetzt, welche den zerkleinerten Müll mischen und von Etage zu Etage weiterbefördern. Nach 24 bzw. 48 Stunden (je nachdem, ob die Anlage kontinuierlich oder nur tagsüber in Betrieb steht) hat das Material die unterste, 8. Etage erreicht. Von dort wird es auf einem Transportband ins Freie befördert. Jede Etage kann getrennt mit Frischluft zur Aufrechterhaltung aerober Abbauvorgänge versorgt werden. Ein Kamin führt die Abgase ins Freie. Durch mikrobielle Tätigkeit entstehen im Digester Temperaturen bis zu 65° C. Innerhalb von 24 Stunden verwandelt sich der zerkleinerte Rohmüll in ein Produkt von mehr oder weniger krümeliger, faseriger Struktur, das dunkelbraun gefärbt ist und keinen typischen Müllgeruch mehr aufweist. Obschon der Müll innerhalb

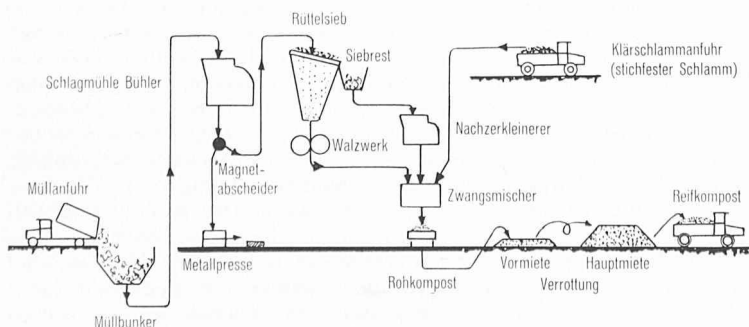


Bild 4. Schema des Bühler-Verfahrens (nach Allenspach, 1958)

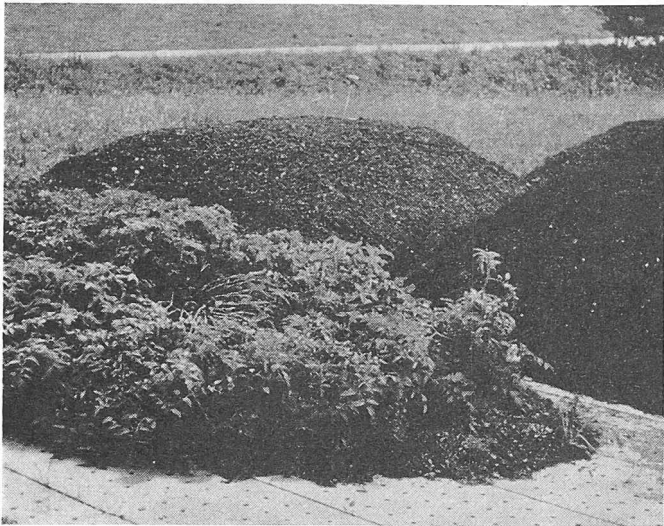


Bild 7. Durch eine gemeinsame Kompostierung mit Müll werden die im Klärschlamm vorhandenen Unkrautsamen vernichtet. Die vordere Miete enthielt nur entwässerten, ausgefaulten Klärschlamm. Nach kurzer Zeit war sie überwuchert von Unkräutern, in erster Linie von Tomatenpflanzen, deren Samen den Faulprozess überdauern. Die Miete im Hintergrund bestand aus einer Mischung von Müll und Klärschlamm. Durch die Vorverrottung im Biostabilisator wurden sämtliche Unkrautsamen vernichtet.

24 Stunden mikrobiell erstaunlich weit aufgeschlossen und abgebaut wird und nachher ein kompostähnliches Aussehen besitzt, kann das Produkt noch nicht als eigentlicher Reifkompost bezeichnet werden. Wie lange es noch gelagert werden muss, um den vollen Reifegrad zu erreichen, müsste u. E. ebenfalls genau abgeklärt werden.

Sowohl das Streit- als auch das SMG-Verfahren geben also die Möglichkeit, je nach Bedarf Brennstoff oder Kompost zu erzeugen. Vielleicht wird man, falls sich diese Verfahren in der Praxis einmal bewährt haben sollten, nicht mehr auf die bis heute übliche Alternative «Verbrennung oder Kompostierung» angewiesen sein, sondern die Möglichkeit schaffen, dass sich je nach den jeweilig herrschenden Absatzmöglichkeiten sowohl die eine als auch die andere Arbeitsweise durchführen lässt.

Auf die weiteren Müllaufbereitungsverfahren, die sich im Ausland z. T. schon seit Jahren bewährt haben (Dorr-Oliver-, Baden-Baden-Verfahren, Beccari-Verdier-Zellen, Pfeiffer-Verfahren usw.) gehen wir hier nicht weiter ein, sondern verweisen auf die am Schluss angegebene Fachliteratur.

### c) Vorteile und Möglichkeiten einer gemeinsamen Kompostierung von Müll und Klärschlamm

Vor drei Jahren erhielt die Abteilung für Müllforschung der EAWAG von den Kantonen Zürich, Bern, Aargau, Thurgau und St. Gallen den Auftrag, durch ausgedehnte Versuche abzuklären, ob und in welchen Mengen und in welcher Form Klärschlamm mit Müll zusammen kompostiert werden kann. Diese Versuche wurden in der Dano-Biostabilisator-Anlage Rüslikon durchgeführt [3, siehe Literaturverzeichnis am Schluss des Aufsatzes].

Es hat sich dabei gezeigt, dass es möglich ist, ausgefaulten Klärschlamm mit Müll in äquivalenten Mengen zu verarbeiten, d. h. in Mengen, in denen Müll und Klärschlamm aus dem selben Einzugsgebiet anfallen. Dieser Äquivalenzpunkt ist jedoch nur zu erreichen, wenn der ausgefaulte Klärschlamm auf einen Restwassergehalt von etwa 70 % (stichfest) entwässert wird. Bei dieser äquivalenten Mischung (etwa 2 Gewichtsteile Müll + 1 Gewichtsteil entwässertes Schlamm) konnte nicht nur ein optimaler Rotteverlauf erzielt werden, sondern der Müllklärschlamm-Kompost enthielt mehr als doppelt so viel wirksame organische Substanz und rund 50 % mehr laugenlösliche Humusstoffe als der gewöhnliche Müllkompost. Auch nährstoffmässig bedeutete diese Mischung eine Verbesse-

rung, indem der Gehalt an Phosphor und Stickstoff erhöht werden konnte. Auch die im Klärschlamm in beträchtlicher Menge vorhandenen Unkrautsamen konnten vollständig vernichtet werden, wie dies Bild 7 deutlich zeigt.

Nachdem die technischen Probleme der Mitverarbeitung von Klärschlamm beim Danoverfahren in Rüslikon abgeklärt werden konnten, galt es, auch entsprechende Versuche mit dem schweizerischen Bühlverfahren in der Anlage Uzwil durchzuführen. Auch bei diesem System liess sich ausgefaulte, stichfester Schlamm ohne Schwierigkeit mit Müll zusammen in äquivalenten Mengen verarbeiten und verrotten.

Sowohl bei den Rüslikoner- als auch bei den Uzwiler-Versuchen wurde entwässertes Schlamm verwendet, der in einem in der Kläranlage der Stadt Winterthur in Betrieb stehenden Vibrationseindicker nach Heymann (Firma Vibratec, Zürich) behandelt wurde. Vergleichshalber wurde auch stichfester Klärschlamm verwendet, der in den üblichen Schlammtrockenbeeten bis zum gleichen Wassergehalt entwässert wurde. Es ergab sich dabei deutlich, dass sich vibrierter Schlamm besser für eine Kompostierung eignet als Trockenbeetschlamm. Das ebenfalls auf Vibration beruhende «Rheum-Verfahren» (Firma Wartmann, Zürich) erzeugt einen ähnlich strukturierten Schlamm wie das Heymann-Gerät, der sich zweifellos ebenso gut für eine Kompostierung mit Müll zusammen eignen dürfte. Diese Tatsache ist offenbar auf das grössere Porenvolumen (Lockerstruktur) des vibrierten gegenüber des Trockenbeetschlammes zurückzuführen. Während sich vibrierter Schlamm mühelos mit zerkleinertem Müll homogen mischen und anschliessend verrotten liess, bildeten sich bei der Verwendung von Trockenbeetschlamm Klumpen, die weder bei der Mischung noch bei der nachfolgenden Verrottung zum Zerfall gebracht werden konnten.

An Stelle von ausgefaultem Schlamm wurde auch frischer, unausgefaulter Klärschlamm verwendet, der ebenfalls durch Vibration entwässert wurde. Der Verlauf der Rottevorgänge bei der Frischschlamm-Gabe war sogar noch besser und der Kompost wertvoller als bei der Verwendung von ausgefaultem Schlamm. Der Müllklärschlamm-Kompost wurde auf Grund der Untersuchungen vom Hygiene-Institut der Universität Zürich als hygienisch einwandfrei befunden.

Im Prinzip würde sich also bei einer gemeinsamen Kompostierung von Müll und Klärschlamm die kostspielige Schlammausfaltung erübrigen. Es dürfte jedoch noch verfrüht sein, einer Gemeinde anzuraten, auf den Bau der Schlammfäulräume zu verzichten, bevor nicht weitere Grossversuche im Dauerbetrieb durchgeführt worden sind. Die Frage der Schlammfäulung hängt bekanntlich noch von so vielen Faktoren ab (unregelmässiger Anfall des Frischschlammes, Stapelmöglichkeit, hygienische Belange, Geruchproblem usw.), dass sie nicht ohne gründliche Abklärung beantwortet werden kann. Es scheint uns aber doch in Anbetracht dieser Ergebnisse möglich zu sein, das Volumen der Fäulräume wesentlich zu verkleinern, wenn eine solche kombinierte Verarbeitung in Frage kommt.

## II. Verbrennung oder Kompostierung des Mülls?

Wenn die Behörden unserer Städte und Landgemeinden vor der Aufgabe stehen, ihr Müllproblem zu lösen, so taucht immer wieder die schwerwiegende Frage auf, ob der Müll verbrannt oder zu Kompost verarbeitet werden soll. Diese Frage ist allerdings in vielen Fällen nicht mit einem glatten Ja oder Nein zu entscheiden, hängt sie doch von so vielen Faktoren ab, dass nur durch ein gewissenhaftes Studium der Gegebenheiten und Möglichkeiten in der betreffenden Gemeinde und durch eine objektive Beurteilung der Sachlage die für die Gemeinde günstigste Lösung des Müllproblems gefunden werden kann. Der Kampf zwischen den Anhängern der Verbrennung einerseits und denjenigen der Kompostierung andererseits ist manchmal erbittert, und hüben wie drüben wird nicht immer mit genügend sachlichen Argumenten gefochten. In solchen Fällen sollten durch eine unabhängige Instanz die verschiedenen Möglichkeiten der Müllbeseitigung, der Klärschlammverarbei-

tung und des zu erwartenden Absatzes von Wärme oder Kompost abgeklärt werden. Vor- und Nachteile der bestehenden Verfahren sollten unter Berücksichtigung der Bau- und Betriebskosten sorgfältig gegeneinander abgewogen werden. Steht eine Gemeinde vor der Wahl eines Müllbeseitigungssystems, so müssen sich die verantwortlichen Instanzen in erster Linie über folgende Punkte Klarheit verschaffen:

1. Zahl der einer zukünftigen Anlage anzuschliessenden Einwohner unter Berücksichtigung der Möglichkeit, für mehrere Gemeinden eine gemeinsame Anlage zu erstellen.
2. Allgemeine Struktur der Gemeinde; Abklärung der Absatzmöglichkeiten von Wärme, Kraft oder Kompost auch nach ausserhalb der Gemeinde liegenden Gebieten.
3. Art und Menge der anfallenden festen Abfallstoffe (nicht nur des Hausmülls, sondern auch der industriellen Abfälle).

So wäre es zum Beispiel unsachlich, einer Gemeinde zu einer Müllverbrennungsanlage zu raten, wenn die Zahl der anzuschliessenden Einwohner nicht gross genug ist, um einen wirtschaftlichen Betrieb der Anlage sicherzustellen oder wenn für die anfallende Wärme keine genügende Absatzmöglichkeit (namentlich im Sommer) besteht. Aber selbst für eine grössere Stadt wäre es unverantwortlich, den Müll zu verbrennen, wenn in der unmittelbaren Umgebung ein Bedarf an Kompost besteht und der Absatz gesichert ist. Ebenso unzweckmässig wäre es aber auch, wenn zum Beispiel eine grössere Stadt in einem ausgesprochenen Industriegebiet mit entsprechend zusammengesetzten Abfallstoffen und ohne Absatzmöglichkeit für Kompost eine Kompostieranlage erstellen würde.

Das währende Müllbeseitigungsverfahren muss auch wirtschaftlich verantwortlich sein. Das heisst allerdings nicht, dass es sich selber tragen oder dass die Gemeinde mit der Müllbeseitigung sogar ein Geschäft machen soll.

Jede Müllbeseitigung bleibt vorläufig noch eine Belastung für eine Gemeinde. Aufgabe der Planung ist es jedoch, ein Verfahren zu wählen, das die Kosten möglichst tiefzuhalten erlaubt.

Wir haben einige Müllverbrennungs- und Kompostwerke um Angaben über Bau- und Betriebskosten gebeten. Solche Zahlenangaben können allerdings nicht vorbehaltlos miteinander verglichen werden. Was die *Baukosten* anbetrifft, müssen wir bedenken, dass die Anlagen fast luxuriös, die andern eher bescheiden erstellt und ausgerüstet sind. In Bild 8 sind die Baukosten einiger Anlagen graphisch dargestellt und mit den Angaben von Pöpel [10] verglichen. Die Kosten wurden pro angeschlossenem Einwohner auf eine einheitliche Preis-Basis für das Jahr 1957 umgerechnet. Da die Kosten für den Landerwerb bei solchen Anlagen ganz erheblichen Schwankungen unterworfen sind und daher bei Vergleichen empfindlich stören würden, sind sie nicht miterfasst. Ferner wurde in der Darstellung in Bild 8 auch die Kapazität der Anlagen berücksichtigt, d. h. es sind die Kosten für die zur Zeit angeschlossenen Einwohner, sowie diejenigen bei Vollaussnutzung der Anlage angegeben. Beispiel: Die Baukosten der Müllverbrennungsanlage Bern betragen pro angeschlossenem Einwohner 87 Fr. bei der zur Zeit 175 000 betragenden Einwohnerzahl. Die Kapazität der Anlage liegt jedoch bei 300 000 Einwohnern, d. h. bei Vollaussnutzung würden sich die Baukosten noch auf 51 Fr. pro Einwohner bemessen. Die Angabe der Kapazität ist in Bild 8 in Klammern gesetzt.

Aus der Darstellung ist ersichtlich, dass sich die Baukosten mit der Zunahme der Zahl angeschlossener Einwohner ausserordentlich stark verringern. Soweit diese Angaben überhaupt verglichen werden können, lässt sich feststellen, dass die für schweizerische Verbrennungsanlagen ermittelten Baukosten erheblich niedriger sind als die von Pöpel [10] angegebenen Werte, während die Angaben über die Baukosten der Kompostwerke sehr gut mit den Pöpel'schen Werten übereinstimmen. Ueberdies dürfte ersichtlich sein, dass Müllverbrennungswerke aus rein wirtschaftlichen Gesichtspunkten nur für grössere Städte mit mindestens 100 000 Einwohnern in Frage kommen.

In Bild 9 sind die jährlichen *Betriebskosten* von Müllanlagen graphisch dargestellt. Sind schon die Vergleiche der

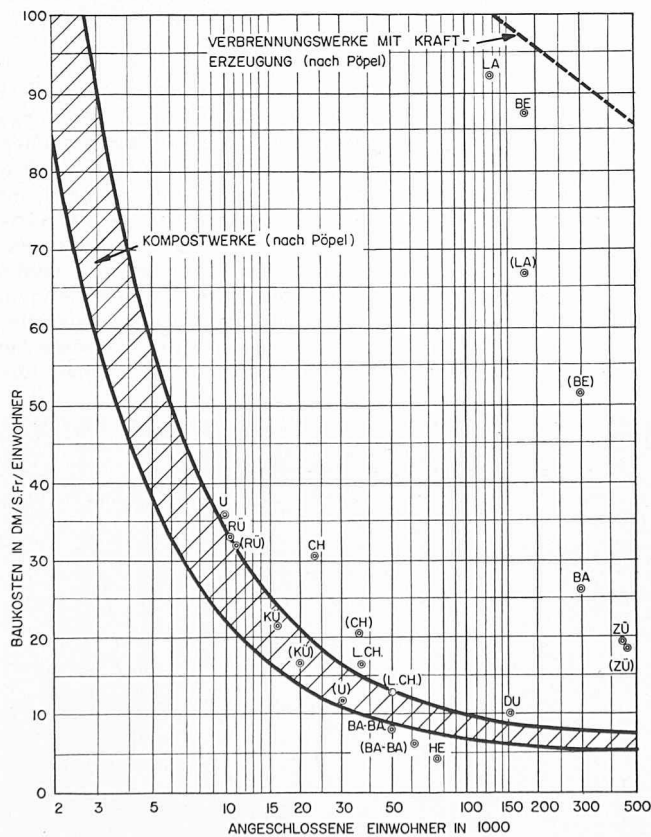


Bild 8. Baukosten von Verbrennungs- und Kompostwerken, einheitlich auf Preisbasis 1957 berechnet. Werte in Klammern beziehen sich auf Vollaussnutzung

BA	Verbrennungswerk Basel	DU	Kompostwerk Duisburg	LCH	Kompostwerk La Chaux-de-Fonds
BA-BA	Kompostwerk Baden-Baden	HE	Kompostwerk Heidelberg	RÜ	Kompostwerk Rüslikon
BE	Verbrennungswerk Bern	KÜ	Kompostwerk Küsnacht	U	Kompostwerk Uzwil
CH	Kompostwerk Chur	LA	Verbrennungswerk Lausanne	ZÜ	Verbrennungswerk Zürich

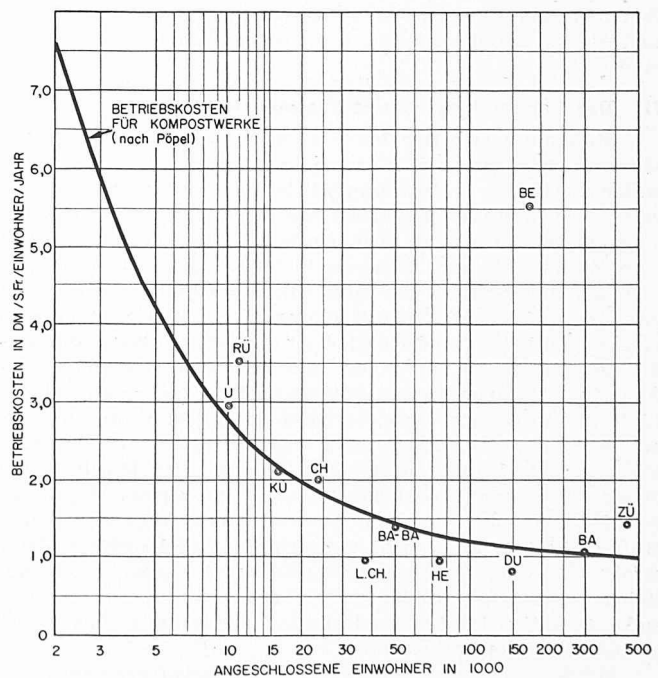


Bild 9. Jährliche Betriebskosten von Verbrennungs- und Kompostwerken, nach Abzug der Einnahmen, mit einheitlichem Kapitaldienst von 6% berechnet

Baukosten der verschiedenen Anlagen schwierig genug, so gilt dies für die Betriebskosten in noch vermehrtem Masse. Ausschlaggebend für die Betriebskosten (nach Abzug der Einnahmen) sind nicht nur die Verkaufspreise der entstehenden Produkte (Wärme, Kraft, Kompost, Altmaterial), die bei den einzelnen Anlagen sehr stark schwanken, sondern auch die innerbetriebliche Organisation, ferner der Kapitaldienst. Um eine einigermaßen vergleichbare Basis zu erhalten, haben wir für sämtliche Anlagen einen einheitlichen Kapitaldienst von 6% der Baukosten verrechnet (Verzinsung und Amortisation), wobei wir uns bewusst sind, dass dadurch bei manchen Anlagen die tatsächlichen finanziellen Verhältnisse anders liegen. Ohne diesen gemeinsamen Nenner wäre jedoch ein Kostenvergleich überhaupt unmöglich.

Die Einnahmen sind bei den angegebenen Betriebskosten in Abzug gebracht. Auch hier ergeben sich insofern schwer vergleichbare Werte, als der Verkaufspreis ein und desselben Produktes von Anlage zu Anlage ganz erheblich schwankt. So verkauft zum Beispiel das Kompostwerk Uzwil den Kompost für 15 Fr./m<sup>3</sup>, Künsnacht für 5 Fr./m<sup>3</sup>. Auch der Verkaufswert von Altmaterial ist sehr verschieden. In Deutschland kann es zu weit höheren Preisen abgesetzt werden als in der Schweiz.

Die von uns gesammelten Angaben haben wir in Bild 9 wiederum mit den von Pöpel [10] angegebenen Werten verglichen. Was die Betriebskosten von Kompostwerken anbetrifft, stimmen sie sehr gut mit den Pöpelschen Werten überein. Ueber die Betriebskosten von Verbrennungsanlagen finden sich bei Pöpel keine Angaben. Aus der Darstellung ist wiederum deutlich der Rückgang der Betriebskosten mit steigender Einwohnerzahl ersichtlich.

Auch beim Vergleich der Betriebskosten der verschiedenen Anlagen zeigt sich, dass eine Verbrennungsanlage erst bei einer grossen Zahl angeschlossener Einwohner wirtschaftlich verantwortbar ist. Auffallend ist der Unterschied der Betriebskosten zwischen der Verbrennungsanlage Bern und denjenigen von Basel und Zürich. Die Anlage Bern ist neueren, die Anlagen Zürich und Basel sind älteren Datums. Ausschlaggebend für den beträchtlichen Unterschied der Betriebskosten ist dabei auch der für Bern viel höhere Kapitaldienst infolge der höheren Baukosten (modernste Anlage mit Fernleitungsnetz), ferner die Tatsache, dass die Kapazität der Berner Anlage fast doppelt so hoch ist wie die zur Zeit angeschlossene Einwohnerzahl, im Gegensatz zu Zürich und Basel, deren Anlagen mehr oder weniger vollbelastet sind.

### III. Die Verwendung von Müllkompost

Man muss sich darüber klar sein, dass die Müllkompostierung, wenigstens in der Schweiz, nicht um ihrer selbst willen betrieben wird. Kompost ist bei uns noch nicht zu einer «Lebensfrage» geworden wie in einigen tropischen und subtropischen Gebieten. Die Kompostierung ist nur Mittel zum Zweck. Sie gibt unseren kleineren und mittleren Gemeinden und Städten die Möglichkeit, nicht nur ihren Müll und ihren Klärschlamm auf einwandfreie Weise zu beseitigen, sondern feste und flüssige Abfallstoffe volkswirtschaftlich vernünftig zu verwerten. Hat sich eine Gemeinde zum Bau eines Kompostwerkes entschlossen, so müssen in erster Linie die Praktiker, also die zukünftigen Abnehmer (Gärtner, Förster, Weinbauern, aber auch private Gartenbesitzer usw.), genau darüber aufgeklärt werden, was Müllkompost überhaupt ist und in welchen Fällen er mit Erfolg eingesetzt werden kann und wo nicht. Manche Misserfolge haben den Müllkompost in Misskredit gebracht. Sämtliche dieser Misserfolge konnten auf falsche Anwendung, allzu reichliche Gaben, ungeeignete Böden und Pflanzen, ferner auf mangelhafte Qualität infolge fehlerhafter Herstellung des Kompostes zurückgeführt werden.

Müllkompost ist in erster Linie ein *Bodenverbesserungsmittel*, weniger ein Düngemittel, denn sein Gehalt an mineralischen Pflanzennährstoffen, wie Stickstoff, Phosphor und Kali, ist, wenigstens im gewöhnlichen Müllkompost, zu gering, um ihn als «Dünger» im eigentlichen Sinne zu bezeichnen. Der Wert des Müllkompostes liegt hauptsächlich in seinem Gehalt an wirksamen organischen Substanzen, Humusstoffen und Spurenelementen.

Die dauernde Fruchtbarkeit des Bodens hängt bekanntlich nicht nur von seinem Gehalt an mineralischen Nährstoffen ab, sondern ebenso sehr von seiner physikalischen und biologischen Zusammensetzung. Bei der immer intensiveren Nutzung unserer Kulturböden stellt die Verwendung von Kunstdüngern zur Erhaltung der chemischen Bodenfruchtbarkeit eine absolute Notwendigkeit dar. Daneben muss aber der Boden genügende Mengen von wirksamen organischen Substanzen und Humusstoffen besitzen, um die optimale physikalische Struktur (Krümelstruktur) und ein gesundes Bodenleben sicherzustellen. Im Zeitalter der Mechanisierung und Motorisierung fallen immer weniger wirtschaftseigene organische Dünger, wie Stallmist und Gülle, an, um den schwindenden Humusgehalt der Böden wieder zu ergänzen. Diese mancherorts schon feststellbare Humuslücke kann mit Erfolg durch Müllkompost geschlossen werden. Die Mineraldüngung soll also durch den Kompost weder ersetzt, noch konkurrenziert, sondern ergänzt werden. Der Kompost fördert die wertvolle Krümelbildung im Boden und erhöht dessen wasserhaltende Kraft. Einerseits werden zu schwere Böden durch ihn aufgelockert, andererseits leichte Sandböden bindiger. Durch die wasserspeichernde Eigenschaft des Kompostes wird die Austrocknungsgefahr stark herabgesetzt, weil ein gut mit Kompost versehener Boden viel Wasser aufnehmen und es nach und nach wieder abgeben kann. Damit kann aber auch in vielen Fällen eine Erosion vermieden werden, was namentlich für die Steillagen der Weinberge von Bedeutung ist. Ferner ist bekannt, dass Kompost allgemein den Nährstoffhaushalt im Boden fördert. Neuere Untersuchungen holländischer Fachleute [Teensma 12] haben ergeben, dass die im Boden vorhandenen oder durch mineralische Düngung verabreichten Stickstoff- und Phosphorverbindungen von den Pflanzen besser aufgenommen und ausgenützt werden, wenn der betreffende Boden gleichzeitig mit Kompost behandelt wird. Man vermutet auch, dass manche Pflanzen durch die Behandlung mit Kompost widerstandsfähiger gegen gewisse bodengebundene Krankheiten werden.

#### Anwendungsgebiete in der Schweiz

In der eigentlichen *Landwirtschaft* wird vorläufig ein nennenswerter Absatz von Müllkompost kaum in Frage kommen, und zwar in erster Linie aus wirtschaftlichen Gründen. Die Humusversorgung unserer landwirtschaftlich genutzten Böden ist, nach Ansicht der Sachverständigen, im allgemeinen gut, besonders in ausgesprochenen Graswirtschaftsgebieten, und wird durch die gemischten Landwirtschaftsbetriebe mit ihrem Anfall an Stallmist und Gülle, ferner durch die im Boden verrottenden Ernterückstände, sichergestellt. Die meisten landwirtschaftlichen Fachleute anerkennen daher als Wertbestandteil des Müllkompostes für die Verwendung im Ackerbau und in der Graswirtschaft nur

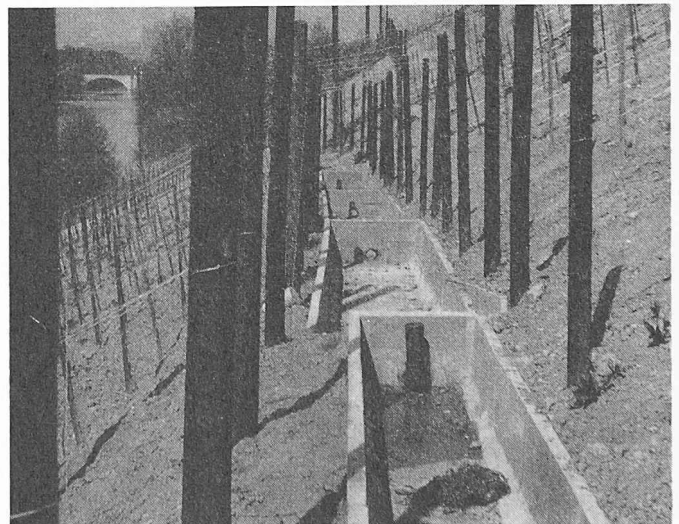


Bild 10. Versuche über die Anwendung von Müllkompost im Weinberg Eglisau; Betonwannen zur Messung der abgeschwemmten Erde (Photo E. Peyer)

die Mineralnährstoffe Stickstoff, Phosphor und Kali. Von diesem Gesichtspunkt aus lohnt sich natürlich die ziemlich arbeitsaufwendige Behandlung der Böden mit Kompost nicht. Solange also unsere landwirtschaftlich genutzten Böden keinen ausgesprochenen Humusmangel aufweisen, wird auch Müllkompost in grösseren Mengen in der Landwirtschaft nicht abgesetzt werden können. Wie steht es aber mit dem Humusproblem in der Zukunft, wenn durch die zunehmende Motorisierung der Landwirtschaftsbetriebe immer weniger Stalldünger anfallen?

Anders liegen die Verhältnisse im Garten- und Gemüsebau, im Weinbau und in der Waldwirtschaft (Pflanzennachzucht). Dort stellt sich das Problem des ständigen Humusnachschiebes mit weit grösserer Dringlichkeit als in der Landwirtschaft, weshalb sich auch für den Praktiker ein gewisser Aufwand für die Bodenbehandlung lohnt.

Im *Garten- und Gemüsebau* kann frischer, zerkleinerter Müll verwendet werden, und zwar als Wärmespeicher für Treibbeetkästen, anstelle des immer seltener und teurer werdenden Pferdemitestes. Für solche Packungen muss der Kompost möglichst jung, d. h. wenig verrottet sein, denn man will ja die durch aerobe Abbauvorgänge entstehende Wärme ausnützen. Es hat sich gezeigt, dass frisches oder wenig verrottetes Müllmaterial im Stände ist, bei richtiger Anwendung den Pferdemitest voll zu ersetzen. Für die übrige Verwendung im Garten- und Gemüsebau, also zur eigentlichen Bodenverbesserung, sollte der Kompost jedoch gut verrottet sein, sonst kann er zu einer Stickstoff-Festlegung im Boden führen. Ausserdem besteht die Gefahr der Sauerstoffverarmung und demzufolge Erstickung der Pflanzenwurzeln.

Auch im *Weinbau* wird zweifellos Müllkompost einen guten Abnehmer finden, namentlich, seit die 12jährigen ausgezeichneten Erfahrungen der Staatlichen Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau in Weinsberg (Dir. *Klenk*) bekanntgeworden sind. Besonders im Weinbau ist die Frage der Humuszufuhr sehr wichtig. Durch die ständige Bodenbearbeitung, vor allem in den steileren, der Sonnenstrahlung stark ausgesetzten Lagen, erfolgt ein rascher Humusabbau, der jedoch nicht kompensiert wird durch verrottende Wurzelrückstände im Boden. Humusarme Böden verkrusten leicht, ihre Wasseraufnahmefähigkeit wird vermindert, was bekanntlich zu starken Abschwemmungsschäden führt. Die günstigen Eigenschaften eines gut mit Müllkompost versorgten Rebgebietes konnte *Klenk* [8] in Weinsberg wiederholt mit Versuchen schlagend beweisen. Die Vorteile bei der Kompostanwendung zur Verhinderung der Bodenabschwemmung lassen heute Möglichkeiten zu, an die man früher nicht zu denken wagte. Bei den Versuchen in Weinsberg erwies sich ferner, dass auch der Wärmehaushalt der bodennahen Luftschichten durch die Verwendung von Kompost günstig beeinflusst wird. So beobachtete man dort allgemein in den mit Kompost behandelten Anlagen eine bessere Reife und Gesundheit der Trauben. Die Ernteergebnisse zeigten nicht nur eine beträchtliche quantitative, sondern auch eine qualitative Verbesserung in den mit Kompost behandelten Rebparzellen.

Die EAWAG führt in Zusammenarbeit mit den Eidg. Versuchsanstalten Wädenswil und Oerlikon langjährige Versuche in einem Rebgebiet am Steilufer des Rheins bei Eglisau durch, um die von *Klenk* gemachten Erfahrungen und Beobachtungen mit Hilfe genauer Messungen zahlenmässig zu erfassen. Obschon diese Versuche noch einige Jahre dauern werden, möchten wir hier doch die Ergebnisse des ersten Versuchsjahres bekanntgeben [s. auch *Peyer* 9].

Ein Rebgebiet mit einem Gefälle von rd. 60 % und einem Areal von 12,6 Aren wurde in sieben gleiche Längs-parzellen (je 28 × 6,4 m) eingeteilt und mit folgenden Kompostgaben (Bühler-Kompost aus Uzwil) behandelt:

- Parzelle 1: Unbehandelt
- Parzelle 2: 4 m<sup>3</sup> Kompost/Are
- Parzelle 3: 2 m<sup>3</sup> Kompost/Are
- Parzelle 4: Unbehandelt
- Parzelle 5: 4 m<sup>3</sup> Kompost/Are
- Parzelle 6: 2 m<sup>3</sup> Kompost/Are
- Parzelle 7: Gras-Einsaat

Diese Versuche mussten so angelegt werden, dass die Kontrolle der abgeschwemmten Erde und des Schwemmwassers für jede einzelne Parzelle möglich war. Die Parzellen sind oben begrenzt durch einen grossen Graben mit Schwemmbrett, so dass eine zusätzliche Wasserzufuhr vom oberhalb der Parzellen liegenden Rebgebiet ausgeschlossen ist. Im unteren Abschlussgraben wurden grosse Betonwannen angelegt, die von Parzelle zu Parzelle wasserdicht abgeriegelt werden können (Bild 10). Die abgeschwemmte Feinerde und das Schwemmwasser können nun nach jedem Regen quantitativ und qualitativ gemessen werden. Nach einem Gewitter mit nachfolgendem Landregen vom 8. August 1958 mit total 25 mm Niederschlag zeigte sich, dass in der un-behandelten Parzelle 318 kg Feinerde abgeschwemmt worden war. In der mit 2 m<sup>3</sup> Kompost/Are behandelten Parzelle waren es noch 19 kg, in der 4 m<sup>3</sup>-Parzelle noch 10 kg, die abgeschwemmt wurden. Die Messresultate der Grasparzelle sind noch nicht schlüssig und können nicht diskutiert werden, denn der Graswuchs liess sehr zu wünschen übrig, so dass er seine schwemmverhindernde Eigenschaft nicht entfalten konnte. Die Messresultate nach weiteren Regen zeigen grundsätzlich genau das selbe Bild. Die Verhinderung der Abschwemmung mit Hilfe des Kompostes ist also offensichtlich. Ein anderes Gewitter (15 mm Niederschlag in 20 Minuten), kurz nach dem Bau der Betonwannen, aber vor dem Ausbringen des Kompostes, hatte total 2,65 m<sup>3</sup> Feinerde abgeschwemmt, was pro Hektare 24,5 m<sup>3</sup> wertvollste Bodensubstanz bedeutet.

Diese Messungen zeigen wohl deutlich genug, welche grosse Mengen Feinerde im Rebbau durch Abschwemmung verloren gehen können. Diese Schäden gehen in der Schweiz nach Mitteilungen der Eidg. Versuchsanstalt Wädenswil in die Millionen von Franken. Demgegenüber aber konnte sowohl von *Klenk* als auch von uns bewiesen werden, dass diese Abschwemmungsschäden mit Hilfe von Müllkompost verhindert werden können.

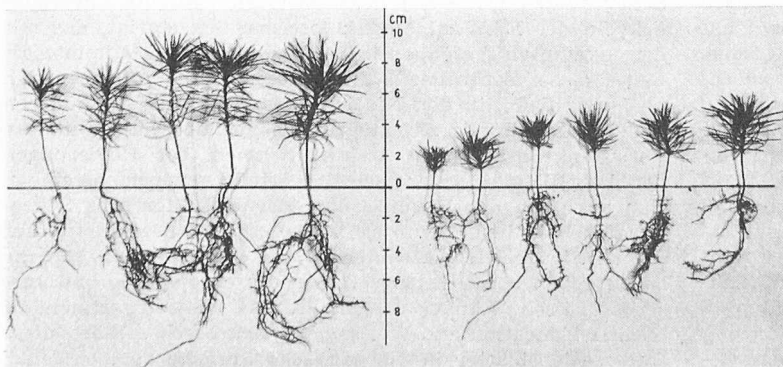


Bild 11. Wachstumsversuch im Forstgarten Horgen. Halbjährige Föhren, rechts unbehandelt, links mit Müll-Klärschlamm-Kompost behandelt. Nicht nur das oberirdische Wachstum ist durch Kompost gefördert worden, auch die Ausbildung der Ballenwurzeln ist bedeutend besser

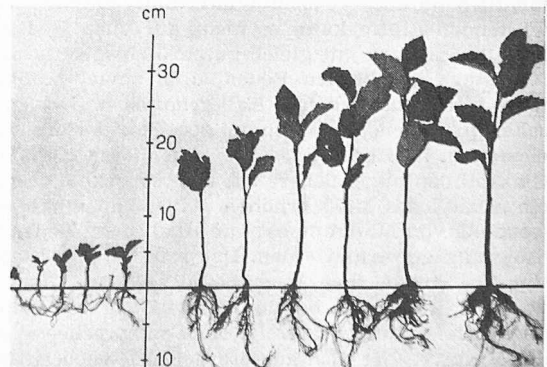


Bild 12. Wachstumsversuch im Landforstgarten Schaan (FL). Einjährige Erlen, links unbehandelt, rechts mit Waldkompost behandelt



Abgesehen von der Verhinderung der Abschwemm-schäden zeigten sich bei unseren Versuchen noch weitere Vorteile: Durch die Kompostbehandlung konnte der Gare-zustand des Rebodens ganz bedeutend verbessert werden; die Bodenbearbeitung war leichter und einfacher und der Steilhang besser begehbar. Nun werden aber auch die Trau-ben aus den einzelnen Parzellen vom Besitzer des Rebberges, *J. Pircher*, getrennt gekeltert und weiterbehandelt. Ueber eine allfällige Qualitäts- und Ertragssteigerung werden wir später berichten.

Auch die *Waldwirtschaft* ist an Müllkompost sehr in-teressiert, allerdings nicht für die Behandlung der Wald-böden, denn diese produzieren ihren Humus selbst, sondern für die Forstbaumschulen. Sehr häufig sind die Böden dieser Forstgärten tonreich und humusarm. Solche Böden verkrusten leicht und wirken daher hemmend auf die Ausbil-dung der gewünschten Ballenwurzeln. Ausserdem sind sie schwer zu bearbeiten. Eine Verbesserung der Forstgarten-böden ist also nur durch ständige Humusgaben zu erreichen, was entweder in Form von Müllkompost oder von im Walde selbst anfallenden kompostierten Abfällen (Laub, Tannen-reisig usw.) geschehen könnte. Zur Strukturverbesserung dieser Böden ist ein ständiger Humusnachschub notwendig, nicht nur, weil im Boden der Kompost weiter abgebaut wird, sondern auch, weil beim Verpflanzen der Jungpflanzen eine beträchtliche Menge Humus durch Anhaften an den Wur-zelballen aus dem Boden entfernt wird. Die Verrottung der Waldabfälle allein dauert jedoch infolge der einseitigen Zu-sammensetzung und oft ungenügenden Bearbeitung zwei bis drei Jahre. Die bisherige Kompostherstellung in unseren Wäldern war also denkbar unrationell. Unsere Anstalt führt in Zusammenarbeit mit der Eidg. Forstlichen Versuchs-anstalt Untersuchungen durch, um die Frage der gemeinsamen Kompostierung von Müll, Klärschlamm und Waldabfällen abzuklären. Durch diese Mischung und durch geeignete ma-schinelle Verarbeitung verrottet das Material bedeutend schneller, und es können dadurch neue Absatzgebiete für Müllkompost geschaffen werden. So ist es uns gelungen, die normalerweise zwei bis drei Jahre dauernde Verrottungszeit auf sechs bis sieben Monate abzukürzen.

Aus Pflanzversuchen, die unter der Leitung von Dr. *Surber* (Forstl. Versuchsanstalt) durchgeführt wurden, ging hervor, dass die mit Kompost aufgezogenen Sämlinge durch-schnittlich mindestens *ein Jahr früher* verschult werden können (Bilder 11 und 12). Auf Grund dieser Erfahrungen haben sich bereits einige Grossbetriebe der Forstwirtschaft entschlossen, jährlich bedeutende Mengen von Müllkompost zu verwenden. Nach Mitteilung der Forstl. Versuchsanstalt ist heute schon mit einem jährlichen Kompostbedarf für die ganze Schweiz von etwa 40 000 m<sup>3</sup>, in Zukunft aber von 80 000 bis 100 000 m<sup>3</sup> zu rechnen, wobei ein grosser Teil mit Müllkompost gedeckt werden könnte. Die schweizerische Waldwirtschaft ist also an weiteren Quellen für die Be-schaffung von Kompostmaterial sehr interessiert.

Nachdem bis jetzt nur die positiven Seiten des Müll-kompostes ins Feld geführt worden sind, dürfen aber auch die *Möglichkeiten negativer Einflüsse* auf Pflanze und Boden nicht verschwiegen werden. Durch die im Müllkompost (na-mentlich im aschereichen Wintermüll) enthaltenen alkalisch wirkenden Stoffe kann er nicht auf allen Böden und nicht für alle Pflanzen mit gleich gutem Erfolg verwendet werden. Auf stark alkalischen Böden kann zuviel Müllkompost in-folge seines zusätzlichen Kalkgehaltes u. U. sogar zu Kalk-schäden führen, was sich in der Blockierung von Spurenelementen im Boden äussert. Ferner kann Kompost, der mit Glasabfällen angereichert ist, den Borgehalt des Bodens auf ein schädliches Mass erhöhen. Allgemein muss bei der Ver-wendung von Müllkompost auf alkalischen Böden vor Ueber-dosierung gewarnt werden. Das richtige Mass und der rich-tige Ort entscheiden auch bei der Verwendung von Müll-kompost, genau wie bei der Verwendung von Kunstdüngern, über Erfolg oder Misserfolg. Eine entsprechende Aufklärung der Praktiker ist also ausserordentlich wichtig. Manche Ge-meinden, die im Prinzip bereit wären, ein Kompostwerk zu erstellen, befürchten, dass der Kompost nicht abgesetzt werden könne. Tatsache aber ist, dass die bis heute in der Schweiz erstellten fünf Kompostwerke keine Absatzschwie-

rigkeiten haben. Manche Werke könnten sogar zeitweise weit mehr Kompost verkaufen als sie herstellen!

#### IV. Internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiete der Müllforschung

Das Problem einer zweckmässigen Beseitigung und Ver-wertung von Müll und Klärschlamm stellt sich in sozusagen allen Ländern in gleicher Dringlichkeit. Während die tech-nischen Probleme der Müll-Verbrennung seit Jahren im gros-sen ganzen als gelöst betrachtet werden können, wandte sich die Maschinenindustrie eigentlich erst in den letzten Jahren intensiv der Müllkompostierung zu und hat darin auch in kurzer Zeit erstaunliche Fortschritte erzielt. In-dessen harren auf dem Gebiet der Kompostierung noch zahlreiche Fragen einer Abklärung, zwar weniger auf rein technischem Gebiet, denn die Aufarbeitung von Müll und Klärschlamm zu Kompost bietet soweit keine nennenswerten Schwierigkeiten mehr. Vielmehr müssen von Wissenschaft und Praxis noch grundlegende Fragen abgeklärt und Ar-beiten durchgeführt werden, wie z. B. über Definition, che-mische und strukturelle Zusammensetzung des Kompostes, Schaffung einheitlicher Analysemethoden und Versuchs-bedingungen, damit die durch die Forschung in den einzelnen Ländern erzielten Ergebnisse untereinander vergleichbar sind. Ferner ist abzuklären, welche Eigenschaften ein guter Kompost für die unterschiedliche Anwendung aufweisen muss. Es müssen allgemein anwendbare Testmethoden ge-schaffen werden für die Bewertung des Kompostes. Die Praxis muss genau abklären, auf welchen Böden, für welche Kulturen und in welchen Mengen Müllkompost verwendet werden muss, um optimale Ergebnisse zu erzielen.

Als die EAWAG im Jahre 1955 vor der Notwendigkeit stand, eine neue Abteilung für Müll-Forschung und -Bera-tung zu schaffen, wollte sie nicht die selben Fragen neu in Angriff nehmen, die in anderen Ländern bereits gelöst wor-den waren. Deshalb organisierte der Direktor der EAWAG, Prof. Dr. *O. Jaag*, in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Arbeitskreis für Wasser- und Abwasserforschung und der holländischen *N. V. Vuilafvoer Maatschappij V. A. M.* im Sommer 1955 eine umfassende Aussprache zwischen den er-fahrensten Fachleuten aus zehn europäischen Staaten (Inter-nationales Symposium über aktuelle Fragen der Müllbeseiti-gung, -aufbereitung und -verwertung) an der ETH in Zürich. Das wichtigste Ergebnis dieser Tagung war wohl der ein-stimmig gefasste Beschluss, eine internationale Arbeitsge-meinschaft für Müllforschung (I. A. M.) mit Sitz in Zürich unter dem Vorsitz von Prof. Jaag ins Leben zu rufen. Ihr sollte die Aufgabe übertragen werden, Forschungspro-gramme in den einzelnen Staaten mit Hinsicht auf eine euro-päische Zusammenarbeit zu koordinieren, Problemstellungen zu formulieren und neue Forschungsergebnisse so rasch wie möglich den interessierten Kreisen in allen Ländern zu-gänglich zu machen. Zu diesem Zweck sollte ein periodisch erscheinendes Informationsblatt geschaffen werden, das die Fachleute in den verschiedenen Ländern fortlaufend über Forschungsaufgaben, neue Fortschritte in der Müllaufberei-tung und -verwertung, über neue Fachliteratur usw. orien-tiert. Diese Arbeitsgemeinschaft wurde im Frühjahr 1956 in Scheveningen (Holland) gegründet. Sie bestellte unverzüg-lich ein der EAWAG angeschlossenes Sekretariat, das mit den erwähnten Aufgaben betraut wurde, und bestimmte als Leiter dieser Zentralstelle den Verfasser. Seither haben sich in Deutschland, in den Niederlanden, in Frankreich, Italien und in der Schweiz Arbeitsgruppen gebildet, die bestimmte Forschungsaufgaben in Angriff nehmen. Die Regierungen der betr. Länder sowie einzelne Ländergruppen beteiligen sich auch an der Finanzierung der Unkosten des Sekre-tariates. Bis heute wurden von dieser Stelle bereits fünf Informationsblätter in deutscher und französischer Sprache herausgegeben und in 30 verschiedene europäische und aus-ereuropäische Länder verschickt. Das USA-Department of Health, Education and Welfare hat sich bereit erklärt, diese Informationsblätter in die englische Sprache zu übersetzen und zu drucken und den englisch sprechenden Interessenten zuzustellen.

Unter dem Patronat der IAM wurde im Sommer 1957 in Düsseldorf eine stark besuchte internationale Tagung ab-

gehalten, die von der deutschen Arbeitsgemeinschaft für kommunale Abfallwirtschaft organisiert wurde. Ähnlich wie das Zürcher Symposium stellte diese Düsseldorfer Tagung eine Art «Standortbestimmung» auf dem Gebiet der Müllforschung dar. Vom 27. April bis 1. Mai dieses Jahres wird, ebenfalls unter dem Patronat der IAM, in Holland ein internationaler Kongress für Beseitigung und Verwertung von Siedlungsabfällen durchgeführt, an welchem die Fachleute und Interessenten aller Länder nicht nur Gelegenheit haben, sich in Form von Vorträgen und Diskussionen auszusprechen, sondern auch auf Exkursionen die wichtigsten holländischen Müllaufbereitungsanlagen zu studieren (Näheres siehe SBZ 1959, Heft 3, S. 42).

Die Beseitigung und Verwertung von Müll und Klärschlamm gehört nicht nur zu den dringlichsten Aufgaben des Gewässer- und Landschaftsschutzes und der Behörden, sondern diese Darlegungen dürften auch gezeigt haben, dass nur durch enge Zusammenarbeit zwischen Industrie und Technik, Wissenschaft und Verwaltung ein gangbarer Weg gefunden werden kann, dieses Problem in zweckmässiger Weise zu lösen.

#### Literatur:

- [1] Allenspach, H. (1958): Die technischen Verfahren der Müll- und Klärschlammabeseitigung. «Neue Zürcher Zeitung», Beilage Technik vom 18. Juni 1958.
- [2] Braun, R. (1958): Verwendungsmöglichkeiten des Müllkompostes. «Neue Zürcher Zeitung», Beilage Technik vom 18. Juni 1958.
- [3] Braun, R. und Allenspach, H. (1958): Versuche über die gemeinsame Verrottung von Müll und Klärschlamm. «Schweiz. Zeitschrift für Hydrologie», Vol. XX, Fasc. 1.
- [4] Intern. Arbeitsgemeinschaft für Müllforschung, IAM (1956—58): Informationsblätter Nr. 1—6, herausgegeben von Dr. R. Braun, Sekretariat der IAM, Zürich.
- [5] Jaag, O. (1957): Aktuelle Probleme der Müllkompostierung. VI. Intern. Kongress für Städtereinigung Frankfurt a. M.
- [6] Jaag, O. (1958): Present-day Problems in Composting. Annual Conference Southport, the Institute of Sewage Purification, Conference Paper Nr. 6.
- [7] Jaag, O. (1958): Die zweckmässige Müllbeseitigung, eine Aufgabe der Gemeinden. «Neue Zürcher Zeitung», Beilage Technik vom 18. Juni 1958.
- [8] Klenk, E. (1957): Die Anwendung von Müllkompost im Weinbau. Informationsblatt der IAM, Nr. 2, April 1957.
- [9] Peyer, E. (1958): Versuche zur Verhütung von Schwemmschäden im Rebbau und deren Messung. «Schweiz. Zeitschrift für Obst- und Weinbau», Bd. 67.
- [10] Pöpel, F. (1957): Grundsätzliche Fragen bei der Behandlung von Siedlungsabfällen. Tagungsheft Düsseldorf der Arbeitsgemeinschaft für kommunale Abfallwirtschaft.
- [11] Straub, H. (1957): Grundsätzliche Fragen bei der Behandlung von Siedlungsabfällen, Korreferat. Tagungsheft Düsseldorf der AKA.
- [12] Teensma, B. (1957): Erfahrungen über die Anwendung von Stadtmüllkompost in den Niederlanden. Tagungsheft Düsseldorf der AKA.
- [13] Walker, H. (1958): Die Müllverbrennung. «Neue Zürcher Zeitung», Beilage Technik vom 18. Juni 1958.

Adresse des Verfassers: Dr. Rudolf Braun, Rietstr. 49, Unterengstringen ZH.

## Was versteht man unter «Gewicht»?

Von Prof. P. Frauenfelder, Winterthur

DK 531.42

Die Entwicklung der Begriffe Masse und Gewicht hat M. K. Landolt<sup>1)</sup> hier klar und vollständig geschildert. Er hat auch auf die Verwirrung hingewiesen, die durch die gleichzeitige Verwendung des Wortes «Kilogramm» als Massen- und als Gewichtseinheit angerichtet wurde. In diesem Zusammenhang dürfte ein Hinweis auf den Begriff «Gewicht» angezeigt sein, da sich in Physikbüchern, Normen und Gesetzen häufig nicht zutreffende Formulierungen etwa folgender Art finden:

1) SEZ 1958, Hefte 1 und 2, S. 3 und 17.

«Das Gewicht  $G$  eines an einem Ort der Erde ruhenden Körpers ist die Kraft, die er im luftleeren Raum auf seine Unterlage ausübt.»<sup>2)</sup>

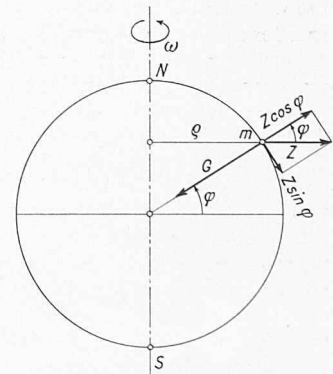
Dieser Wortlaut ist insofern ungenau, als die in ihm erwähnte Kraft an der Unterlage des Körpers angreift, während seit Newton das Gewicht als eine Kraft zu verstehen ist, die im Schwerpunkt des Körpers angreift. Er müsste auch durch die Bemerkung ergänzt werden, dass es sich nur um den Betrag des Gewichts handelt, dass die Unterlage horizontal gelagert ist und dass auf rotierender Erde gemessen wird. Weiter ist zu beachten, dass die durch den genannten Wortlaut definierte Kraft auch nicht die Reaktion des Gewichts darstellt, denn diese greift im Schwerpunkt der Erdmasse an. Man vergeht sich bei einer solchen Definition gegen die klassische Auffassung, dass eine Kraft erst dann im Newtonschen Axiomensystem eindeutig festgelegt ist, wenn ihr Betrag, ihre Angriffslinie und ihre Richtung angegeben werden und wenn von ihr ausgesagt wird, von welchem System und auf welches System sie wirkt.

Eine exakte Definition des Gewichts gibt folgende Aussage: «Das Gewicht eines materiellen Körpers ist die Kraft, mit welcher die Masse der Erde die Masse des Körpers auf rotierender Erde *scheinbar* anzieht. Der Betrag  $G$  des Gewichts ist das Produkt aus der Masse  $m$  des Körpers und dem Betrag  $g$  der örtlichen Erdbeschleunigung:  $G = m \cdot g$ . Die Angriffslinie des Gewichts ist die Lotlinie durch den Schwerpunkt des Körpers.»

Die Lotlinie ist die Richtung, in die sich der Faden eines ruhenden Pendels am betreffenden Ort der Erde einstellt. Horizontal heisst eine Ebene, welche senkrecht zur Lotlinie steht. Es ist durchaus nicht gesagt, dass die Lotlinie gegen den Schwerpunkt der Erde weist, denn Ungleichheiten in der lokalen Massenverteilung können die Lotlinie von der Richtung zum Erdschwerpunkt ablenken<sup>3)</sup>.

Aus dieser Definition folgt, dass das Gewicht eines materiellen Körpers im Schwerpunkt des Körpers angreift. Die Bemerkung «auf rotierender Erde» ist notwendig, weil für einen auf der Erde ruhenden Beobachter die Newtonsche Mechanik nur gilt, wenn die d'Alembertsche Trägheitskraft (Zentrifugalkraft) zum System der übrigen Kräfte hinzugefügt wird. Diese Kraft verursacht eine von der geographischen Breite abhängige Verminderung des Gewichts gegenüber der Anziehungskraft im Ausmass von 0% am Pol bis zu 5% am Äquator. Wenn schon das Gewicht genau definiert sein soll, so ist dieser Einfluss nicht vernachlässigbar. Das Gewicht ist also nicht nur wegen der Abplattung der Erde von der geographischen Breite abhängig, sondern es ist auch im ebengenannten Ausmass beeinflusst durch die breitenabhängige Zentrifugalwirkung. Die Art der Auswirkung der Zentrifugalkraft  $Z$  auf das Gewicht  $G$  geht aus dem Bild hervor. Die Komponente  $Z \cdot \cos \varphi$  wirkt bei rotierender Erde der Anziehungskraft entgegen. Die Komponente  $Z \cdot \sin \varphi$  bedingt eine Südabweichung des Lotes.

In Lehrbüchern steht häufig, dass das Gewicht eines Körpers sich durch Eintauchen in eine Flüssigkeit vermindere. Nach der vorstehenden Definition ist das Gewicht bestimmt durch die Masse des Körpers und durch die lokale Erdbeschleunigung. Die umge-



2) DIN 1305, 2. Ausg. Juli 1938, geändert September 1958. (Die Änderung betrifft nicht den zitierten Text.)

3) In der Gabelung des Nicolaitales und Saastales, beim Dorf Stalden, findet sich eine der stärksten Lotstörungen der Schweiz, herührend von den Massen des Monte Rosa-Massivs. Die Verminderung der Erdbeschleunigung beträgt dort 0,145 cm/s<sup>2</sup>. («Schweizerisches Dreiecknetz»: Bd. 12, 1910, Tafel VIII, Bd. 15, 1916, Tafel VI.) Im Harzgebirge sind Lotabweichungen von 14" gemessen worden (W. Westphal: Physikalisches Wörterbuch 1952, S. 823 [Lotabweichungen]).