

- [11] Jäger, B.: Verfahren und neue Technologien der Kompostierung. Giessener Berichte zum Umweltschutz, Heft 4 (1974) S. 21/40.
- [12] Jäger, B. u. M. Ferber: Beispiele ausgeführter Kompostwerke. M. u. A., Kennz. 5810 (1967–1977) S. 1/59.
- [13] Jäger, B. u. M. Ferber: Beispiele ausgeführter Kompostwerke – Kompostwerk Baden-Baden. M. u. A., Kennz. 5810 (1967) S. 3/9.
- [14] ● Straub, H. u. H. Glathe: Untersuchungen des Einflusses technischer Bedingungen bei der Verrottung von Siedlungsabfällen unter den Voraussetzungen des Werksbetriebes – Bestimmung von Kompostmodellen von Müll mit und ohne Klärschlamm unter Verwendung physikalischer, chemischer und biologischer Messungen. Arbeitsgem. kommunaler Abfallwirtschaft (AkA), Frankfurt/M.: DLG-Verlag 1961.
- [15] Jäger, B. u. M. Ferber: Beispiele ausgeführter Kompostwerke – Kompostwerk Bad Kreuznach. M. u. A., Kennz. 5810 (1967) S. 22/26.
- [16] Glathe, H., G. Farkasdi, E. Homrighausen, A. v. Klopotek, K.-H. Knoll, P. Martin, G. Niese u. D. Strauch: Bericht über die Ergebnisse von Kompostierungsversuchen mit Zusatz von Impf- bzw. Förderstoffen, Giessen 1964.
- [17] ● Howard, A.: Mein landwirtschaftliches Testament. Siebeneicher Verlag 1948.
- [18] Reichspatentamt: Patentschrift Nr. 685084, Klasse 10 c, Gruppe 6, L 95056 VI/10c, 7.12.1935.
- [19] Böhme, L.: Verhinderung von anaeroben Zonen in Kompostmieten durch StAM. Intern. Arbeitsgem. f. Müllforschung (IAM), Informationsblatt Nr. 25 (Dez. 1965) S. 19/26.
- [20] Jäger, B. u. M. Ferber: Beispiele ausgeführter Kompostwerke – Kompostwerk Blaubeuren. M. u. A., Kennz. 5810 (1973) S. 10/14b.
- [21] Jäger, B. u. M. Ferber: Beispiele ausgeführter Kompostwerke – Kompostwerk Heidenheim. M. u. A., Kennz. 5810 (1974) S. 45/51.
- [22] Hofmann, H.: Müllverwertung der Stadt Heidenheim nach dem Heidenheimer Verfahren. Städtehygiene Bd. 22 (1971) H. 6, S. 139/43.

Biologische Gesichtspunkte zur Vermeidung von Geruchsemissionen bei der Behandlung, Lagerung und Ausbringung von Flüssigmist

Von Dieter Bardtke, Stuttgart*)

DK 631.862:628.35:614.718

Bei der Behandlung von Flüssigmist soll in der Regel weniger eine Reinigung im abwassertechnischen Sinne erfolgen; im Vordergrund steht vielmehr die Beseitigung unangenehmer Gerüche vor allem durch aerobe Verfahren.

Die als belästigend empfundenen Geruchsstoffe stammen primär aus den von den Tieren abgesetzten Fäkalien. Sie entstehen bei der Verdauung, wobei als sicher gelten kann, daß die meisten von ihnen das Produkt mikrobieller Zersetzungs Vorgänge im Darm sind.

Der typische tierspezifische Fäkalgeruch setzt sich aus den verschiedensten, meist organischen Komponenten zusammen, wobei die Art der Fütterung einen zusätzlichen Einfluß auf Zusammensetzung und Intensität der Gerüche ausübt.

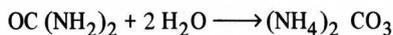
Die Anzahl der identifizierten Geruchsstoffe steigt offensichtlich parallel mit der Verbesserung der Analysetechnik, z.B. durch Kombination von Gaschromatographie und Massenspektrometrie.

Neben verschiedenen Aminen, Aldehyden, Alkoholen und niederen Fettsäuren sind Mercaptane sowie Indol und Skatol die bisher bekanntesten Bestandteile von Fäkalgerüchen.

Als anorganischer Geruchsstoff ist Schwefelwasserstoff (H_2S) zu finden, der im Gegensatz zum Vorkommen in der freien Natur hier vorwiegend organischen Ursprungs ist und als Endprodukt des mikrobiellen Abbaues von Cystin und Cystein entsteht.

Das Ammoniak ist als Endprodukt des Eiweißabbaus ebenfalls organischen Ursprungs. Der größte Teil des Ammoniaks im Flüssigmist entsteht jedoch durch Hydrolyse von Harnstoff unter Einwirkung von Harnstoffzersettern außerhalb des Tierkörpers nach

folgendem Schema, wobei mit steigendem pH-Wert und zunehmender Temperatur der Anteil von freiem Ammoniak (NH_3) ebenfalls steigt.



Eine Beseitigung der organischen und teilweise auch der anorganischen Geruchskomponenten durch chemische Behandlung der Abluft ist zwar möglich, jedoch verfahrenstechnisch oft nicht ganz einfach und zudem meist recht teuer. Oxidationsmittel wie Chlor, Ozon, Wasserstoffperoxid und Kaliumpermanganat können hierfür verwendet werden. Wenn die Anwendung dieser Mittel bei der Flüssigmistbehandlung in der Regel auch nicht in Betracht kommt, so ist eine schnelle Geruchsfreimachung durch Anwendung von technischem Wasserstoffperoxid vor der Ausfuhr von zwischengelagerter Gülle jedoch durchaus denkbar, weil hierbei die Geruchsstoffe nicht in dem Maße frei werden wie bei einer Nachbelüftung durch Oberflächenbelüfter.

Der Zusatz von fäulnishemmenden Substanzen zum Flüssigmist, z.B. Alzogur, kann die Geruchsentwicklung ebenfalls vermindern.

Wegen der einfacheren Handhabung und aus Kostengründen werden nicht nur in der Landwirtschaft in zunehmendem Maße sogenannte biologische Verfahren zur Geruchsbeseitigung bevorzugt.

Die Erfahrung zeigt, daß die in den Fäkalien enthaltenen organischen Geruchsstoffe (aber auch das H_2S) mikrobiell abbaubar bzw. oxidierbar sind. Unter bestimmten Betriebsbedingungen kann auch Ammoniak durch Nitrifikation in Nitrat überführt werden, obwohl bei der Güllebehandlung von dieser Möglichkeit aus Kostengründen kaum Gebrauch gemacht wird.

Die Bedeutung der biologischen Abluftreinigung läßt sich aus der zunehmenden Anwendung von Biowäschern und vor allem Biofiltern erkennen.

*) Prof. Dr. Dieter Bardtke ist Abteilungsleiter am Institut für Siedlungswasserbau und Wassergütewirtschaft der Univ. Stuttgart.

Bei der aeroben Behandlung von Flüssigmist, der im Vergleich zu kommunalem Abwasser eine vielfach höhere Schmutzstoff- und Feststoffkonzentration aufweist, entwickelt sich wie beim Schlammbelebungsverfahren eine spezifische Mikroorganismenpopulation, deren Zusammensetzung von Art und Menge des Substratangebotes bestimmt wird. Hierzu gehören nicht nur die zu eliminierenden Geruchsstoffe, sondern vor allem die in meist größerer Menge vorhandenen übrigen Schmutzstoffe wie Hemizellulose, Zellulose, Eiweiß usw. Aus der Abwassertechnik ist bekannt, daß nicht alle Substrate gleichzeitig und gleich schnell mikrobiell abgebaut werden, sondern daß zunächst die leicht abbaubaren und dann die schwerer abbaubaren Substanzen (z.B. Zellulose) veratmet werden.

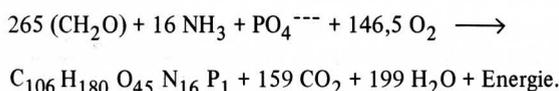
Die bereits in sehr geringer Konzentration wahrnehmbaren Geruchsstoffe befinden sich überwiegend im wäßrigen Milieu und werden dort mikrobiell unschädlich gemacht. Da hierfür Sauerstoff erforderlich ist, muß der Flüssigmist-Belebtschlamm belüftet werden. Hierbei kann es zu einem Strippen der leicht flüchtigen Geruchsstoffe kommen, da vor allem der in der Luft vorhandene Stickstoff als Trägergas fungiert.

Diese Erscheinung tritt besonders dann auf, wenn frische, oder längere Zeit zwischengelagerte Gülle zu stark belüftet wird. Die sich beim Fehlen von Sauerstoff akkumulierenden Geruchsstoffe, zu denen noch die anaeroben Zersetzungsprodukte (z.B. H_2S , Buttersäure usw.) kommen, werden dann oft in großer Menge frei und können zu erheblichen Geruchsbelästigungen führen. Der Hauptgrund hierfür ist darin zu sehen, daß ein Mißverhältnis zwischen der relativ großen Substratmenge (Geruchsstoffe) und der zum Zeitpunkt des Belüftungsbeginns noch wenig ausgebildeten Mikroorganismenflora besteht. Im abwassertechnischen Sinne würde man von einer Überlastung des vorhandenen Belebtschlammes sprechen, der nicht in der Lage ist, während des nur kurzen aeroben Kontaktes die Geruchsstoffe vollständig zu sorbieren und abzubauen. Die Folge ist ein übermäßiges Strippen dieser Stoffe.

Bei der Intervallbelüftung eines "eingearbeiteten" Flüssigmist-Belebtschlammes ist diese Erscheinung in dem Umfang nicht zu beobachten, da die aerobe Belebtschlammflora auch durch einen mehrstündigen Sauerstoffentzug nicht nachhaltig geschädigt wird. Die aerobe Atmung setzt praktisch sofort nach Einsetzen der Belüftung wieder ein. Die nichtbelüftete Phase darf jedoch nicht so lange ausgedehnt werden, daß typisch anaerobe Stoffwechselprodukte auftreten und sich in Mengen akkumulieren, die beim Einsetzen der Belüftung erneut zu Geruchsbelästigungen führen.

Die Gefahr, daß dieses eintritt ist umso geringer, je kürzer die Belüftungsintervalle sind und je niedriger die Belastung des belebten Schlammes ist. Bei Schlammbelastungen unter $0,05 \text{ kg BSB}_5$ je kg Trockensubstanz und Tag und hohem Schlammalter sind nicht mehr so viel mikrobiell schnell verwertbare Substrate (auch evtl. remobilisierbare Zellinhaltsstoffe wie Kohlenhydrate, Lipide usw.) vorhanden, daß in den nichtbelüfteten Phasen anaerobe, lästige Stoffwechselprodukte in großen Mengen auftreten können.

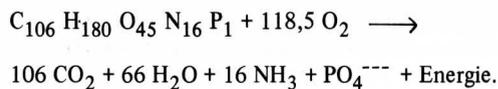
Beim aeroben Abbau der Schmutzstoffe entstehen je nach Belastungszustand und Temperatur 30 bis 50 % neue organische Verbindungen in Form von Biomasse, wie sich am Modell der Veratmung von "Zuckereinheiten" (CH_2O) zeigen läßt [1]:



Hierbei handelt es sich um einen Durchschnittswert, der je nach Art des veratmeten Substrates (Fett, Eiweiß usw.) und der Temperatur anders aussehen kann.

Der Biomasseanteil steigt mit zunehmender Schlammbelastung, wie aus **Bild 1** ersichtlich ist.

Die neu synthetisierte Biomasse ist ihrerseits ein Schmutzstoffpotential, für das Sauerstoff zur Verfügung gestellt werden muß [1]:



Die Erfahrung zeigt, daß für die Veratmung von 1 g Biomasse mindestens 1 g Sauerstoff erforderlich ist. Darüber hinaus müßten in Anlagen mit Schlammstabilisierung und Nitrifikation noch $4,6 \text{ g } O_2$ für die Oxidation von 1 g Ammoniumstickstoff zu Nitrat zur Verfügung gestellt werden. Diese Notwendigkeit besteht bei der Behandlung von Flüssigmist zur Geruchsfreimachung jedoch nicht, da hierfür sehr lange Aufenthalts- und Belüftungszeiten erforderlich wären.

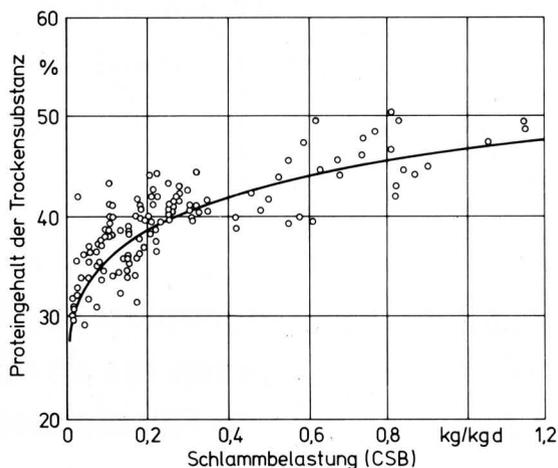


Bild 1. Abhängigkeit des Proteingehalts als Biomasseparameter von der Schlammbelastung.

Geht man bei der aeroben Stabilisierung mit Stickstoffoxidation bei kommunalen Schlämmen von einem Mindestschlammalter von 35 Tagen aus, so sind bei der Behandlung von Flüssigmist hierfür 50 bis 60 Tage anzusetzen [2].

Unter dem Begriff der Schlammstabilisierung verbirgt sich eine Vielzahl von biochemischen Prozessen. Das Hauptziel des Verfahrens ist es, den Abwasserschlamm oder den Flüssigmist in einen Zustand zu überführen, bei dem auch nach längerer Zwischenlagerung keine unangenehmen Gerüche mehr auftreten; eine Forderung, die nicht leicht zu erfüllen ist.

Die Flüssigmistbehandlung mit dem Ziel der Geruchsfreimachung und einer möglichst weitgehenden und wirtschaftlich vertretbaren Stabilisierung kann im Oxidationsgraben [3] außerhalb und innerhalb des Stalles erfolgen. Da die Schlammbelastung in der Regel um oder unter $0,05 \text{ kg BSB}_5/\text{d kg TS}$ liegt und die Aufenthaltszeiten sehr lang sind, lassen sich hiermit recht gute Erfolge erzielen, sofern es gelingt, Ablagerungen zu vermeiden und einen ausreichend hohen Sauerstoffgehalt (mindestens $0,5$ bis 1 mg/l) zu garantieren.

Bei der Anordnung des Grabens unter dem Spaltenboden fungiert der Graben als Geruchsverschluß und trägt auch zur Verbesserung des Stallklimas bei [4].

Eine Alternative zum Oxidationsgraben, auch hinsichtlich der Verbesserung des Stallklimas, ist die Behandlung des Flüssigmistes in Belüftungsbehältern außerhalb des Stalles in Kombination mit dem Umspülverfahren. Auch hierbei dient der durch Belüftung bereits geruchfrei gemachte Gülleschlamm in den Rückspülkanälen als Geruchsverschluß.

Der aerobe Abbau der Geruchs- und Schmutzstoffe erfolgt nach Ablassen des Inhalts der Kanäle im Belüftungsbehälter.

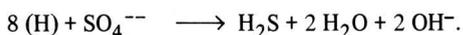
Bei beiden Verfahren handelt es sich demnach um eine sogenannte gemeinsame Stabilisierung im abwassertechnischen Sinne [5 bis 9], wobei eine Abwasserreinigung bis zur Vorfluterreife nicht angestrebt wird. Wenn die Verfahren hinsichtlich Vermeidung von Geruchsemissionen gelegentlich nicht befriedigen, so liegt dies oft an

einer unzureichenden Sauerstoffversorgung des Schlammes, aber auch an der Bildung von nicht ständig umspülten Spritzwasserzonen und Schlammablagerungen in den Kanälen.

Die Erfahrung zeigt, daß auch bei relativ langen Verweilzeiten in Belüftungsbecken bzw. im Oxidationsgraben und bei niedriger Schlammbelastung der Stabilisierungsgrad des Flüssigmistes nicht so hoch ist, als daß nicht doch nach längerer Zwischenlagerung beim Ausbringen belästigende Gerüche auftreten können.

Die im belüfteten Flüssigmist vorhandene Biomasse und die unter aeroben Bedingungen nur langsam abbaubare Zellulose wird durch fakultativ oder obligat anaerobe Mikroorganismen zersetzt, wobei die bereits erwähnten, stinkenden Stoffwechselprodukte ("saure Stufe") gebildet werden, die sich im Medium ansammeln und erst dann lästig werden, wenn sie sich durch das Abspülen des Behälters und das Ausbringen verflüchtigen können.

Diese Gärungsprodukte sind zudem gute Wasserstoffdonatoren für die Reduktion von Sulfat oder elementarem Schwefel zu Schwefelwasserstoff:



Im Bedarfsfall ist deshalb eine Nachbelüftung im Stapelbehälter erforderlich, wobei ein Strippen der Geruchsstoffe vermieden werden sollte.

Wenn die aerobe Behandlung heute aus verfahrenstechnischen Gründen auch im Vordergrund steht, so darf nicht vergessen werden, daß auch durch eine anaerobe Behandlung der Flüssigmist sehr nachhaltig geruchsfrei gemacht und stabilisiert werden kann, was jedoch nur unter den Bedingungen der Methanfaulung möglich ist [10]. Die organischen Stoffe des Flüssigmistes werden hierbei in Methan und CO₂ überführt, d.h. stabilisiert, wobei das Methan als Energiequelle genutzt werden kann. Diese Art einer umweltfreundlichen Flüssigmistbehandlung wird in Zukunft sicher wieder an Bedeutung gewinnen, wenn es gelingt, Anlagen zu entwickeln, die kostengünstig und bedienungsfreundlich sind. Zur Verbesserung des Stallklimas läßt sich der Faulschlamm jedoch nicht einsetzen.

Orientierende Versuche zur Kompostierung von Schweinegülle und Stroh

Diskussionsbeitrag von H.G. van Faassen, Haren*)

In Zusammenarbeit mit Kollegen der Versuchsanstalt für die Champignonkultur und des Inst. voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen (IMAG) wurde die Kompostierung von Gemischen aus Schweinegülle und Stroh untersucht. Unser Ziel war, in einem geruchsfreien Verfahren die Schweinegülle in ein besser zu verwertendes Produkt zu verwandeln. Wir haben versucht, einen Kompost zu erzeugen, der als Champignonsubstrat, Roh-Futter oder zur Verbesserung der Bodenstruktur zu verwenden ist. Bei den zwei erstgenannten Zielen kommt es darauf an, aus dem Ammonium-Stickstoff der Gülle und den Kohlenhydraten des Strohs Eiweiß (Biomasse) zu erzeugen, das für die Ernährung von Champignons bzw. Tieren geeignet ist. Die Versuche sind nur als orientierend zu betrachten.

In unseren Versuchen haben wir gehäckseltes Stroh mit verschiedenen Güllemengen vermischt und nach 4 Tagen zu Mieten von 1 m Höhe und 2 m Breite aufgesetzt. Die Varianten 1 bis 4 enthalten 2000, 4000 und 6000 l Gülle bzw. 4000 l belüftete Gülle

*) Drs. Henderikus G. van Faassen Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren (Gr.), Niederlande.

Schrifttum

Bücher sind durch • gekennzeichnet

- [1] •Uhlmann, D.: Hydrobiologie. Stuttgart 1975.
- [2] Staab, K.F. u.a.: Abwasserreinigung bei der industriellen Tierproduktion. Korrespondenz Abwasser Bd. 23 (1976) S. 81.
- [3] •Strauch, D., W. Baader u. C. Tietjen: Abfälle aus der Tierhaltung. Stuttgart: Ulmer 1977.
- [4] Habelt, J.: Geruchsminderung durch Oxidationsgraben. Diss. Univ. Hohenheim, 1977, KTBL-Schrift Nr. 201, im Druck.
- [5] Wolf, P.: Aerobe Schlammstabilisierung — Folgerungen aus den fachlichen Diskussionen in Bad Boll. gwf-Wasser/Abwasser Bd. 115 (1974) S. 283/87.
- [6] Mudrack, K.: Die aerobe Schlammstabilisierung. In: Verwertung und Beseitigung von häuslichen und industriellen Abwasserschlämmen. Herausg. von H. Liebmann. S. 290/314, Bd. 13 der Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie. München/Wien: Oldenbourg 1966.
- [7] Koers, D.A. u.a.: Aerobe digestion of waste activated sludge at low temperatures. Journ. Water. Poll. Contr. Federation Bd. 49 (1977) S. 460.
- [8] Weisbrodt, W.: Aerobe Behandlung von Primärschlamm. Stuttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft Bd. 51, München/Wien: Oldenbourg 1974.
- [9] Loll, U.: Stabilisierung hochkonzentrierter organischer Abwässer und Abwasserschlämme durch aerob-thermophile Abbauprozesse. gwf-Wasser/Abwasser Bd. 115 (1974) S. 191/98.
- [10] •Baader, W., D. Bardtke, K. Grabbe u. C. Tietjen: Behandlung tierischer Exkremente. In: Strauch, D., W. Baader u. C. Tietjen: Abfälle aus der Tierhaltung. Stuttgart: Ulmer 1977.

pro Tonne frischen Strohs. Bei der Variante 1 wurden außerdem 1300 l Wasser zugegeben. Die Zusammenstellung der Gülle zeigt Tafel 1.

Nach einer Kompostierungszeit von 8 Tagen, wobei die Mieten am 4. und am 8. Tage umgesetzt wurden, wurde 10 Tage pasteurisiert. Auf dem anfallenden Kompost wurden in üblicher Weise Champignons gezüchtet.

	Gehalt an Trockensubst. %	Gehalt an org. Subst. %	Gesamt-N g/l	NH ₄ -N g/l
unbelüftet	8,0	4,9	8,5	6,6
belüftet	7,0	4,9	4,8	2,3

Tafel 1. Zusammensetzung der Gülle

Zu unseren Ergebnissen folgendes:

1. Die Temperatur, Bild 1, ist am schnellsten gestiegen bei Variante 4 (belüftete Gülle), bis zu 72 °C; etwas langsamer hat Variante 1 eine Temperatur von 70 °C erreicht; bei Variante 2 und besonders Variante 3 ist die Temperatur viel langsamer gestiegen, bis etwa 66 °C.