

- Die Wasser- und Trockenmasse-Verluste während der Kompostierung waren in allen Fällen nur gering: 10 bis 20 %. Eine bedeutende Volumenverringerung haben wir also nicht erreicht.
- Der organische Stickstoff nahm durch Kompostieren nur wenig zu (Festlegung von Stickstoff in der Biomasse). Die Stickstoff-Verluste nahmen zu mit steigenden Stickstoffmengen (oder mit abnehmendem C/N-Verhältnis) der Varianten, Bild 2. Die Frage interessiert uns, ob bei niedrigeren Temperaturen ein größerer Teil des Stickstoffs in der Biomasse festgelegt wird. Gibt es dazu schon Erfahrungen?
- Nur bei den Varianten 1 und 4 konnten Champignons geerntet werden: 11,6 bzw. 1,2 kg/m², wobei etwa 20 kg/m² üblich sind. Vermutlich enthielt der Kompost noch zuviel Ammonium-Stickstoff. Der Ammonium-Stickstoff bei den Varianten 2 und 3 war so hoch, daß ein Wachstum der Champignons nicht möglich war. Die Ergebnisse von 1 und 4 sind vermutlich zu verbessern durch Zugabe von Gips (CaSO₄) zu dem Kompost (durch bessere Struktur und niedrigere Ammoniumgehalte).

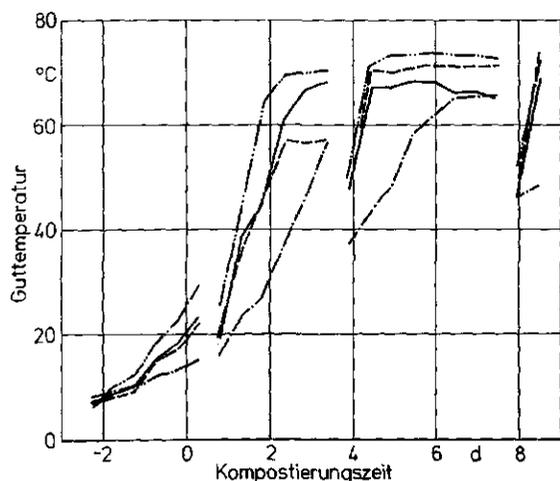


Bild 1. Temperaturverlauf bei der Kompostierung

- Variante 1: 2000 / Flüssigmist je t Stroh
- - - Variante 2: 4000 / Flüssigmist je t Stroh
- Variante 3: 6000 / Flüssigmist je t Stroh
- ... Variante 4: 4000 / belüfteter Flüssigmist je t Stroh

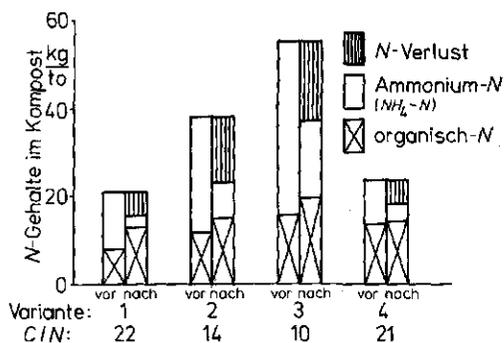


Bild 2. Stickstoffbilanz der Kompostierung.

- Variante 1: 2000 / Flüssigmist je t Stroh
- Variante 2: 4000 / Flüssigmist je t Stroh
- Variante 3: 6000 / Flüssigmist je t Stroh
- Variante 4: 4000 / belüfteter Flüssigmist je t Stroh

Belüftung von Schweinegülle in Fermentern zur Biomassegewinnung

Diskussionsbeitrag von H.G. van Faassen, Haren

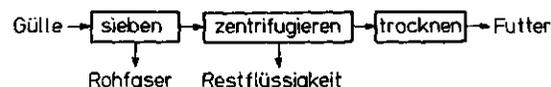
Belüftung von Schweinegülle mit der Einzellerproteingewinnung als Hauptziel ist unserer Meinung nach aus folgenden Gründen nicht wirtschaftlich möglich:

- Das C/N-Verhältnis der Gülle, etwa 3 bis 8, ist zu klein, wobei das Verhältnis zwischen verfügbarem Kohlenstoff und verfügbarem Stickstoff noch niedriger liegt. Schweinegülle enthält also zu wenig C oder zuviel N für eine optimale Biomassegewinnung.
- Meistens sind billige Zuschläge nicht verfügbar, um das C/N-Verhältnis zu verbessern. Ohne Zuschläge bleibt bei der Erzeugung und Abtrennung einer maximalen Biomassemenge — bei einer Verweilzeit von einigen Tagen — ein stickstoffreiches Abwasser übrig.
- Es ist möglich, den Stickstoff-Überschuß durch die Prozesse der Nitrifikation und Denitrifikation zu entfernen. Dann ist aber die Biomassegewinnung geringer, weil die Biomasse bei der Stickstoffumwandlung schon teilweise wieder abgebaut wird.

Deshalb wurde versucht, ein umweltfreundliches Verfahren zu entwickeln, bei dem aus der Gülle ein eiweißhaltiges Futter als Nebenprodukt gewonnen wird und ein weitgehend gereinigtes Abwasser übrig bleibt.

Daneben wurde versucht, eiweißhaltige Stoffe nach dem Absieben der Grobstoffe durch Zentrifugieren direkt aus der Gülle abzutrennen, Bild 1, I. Die Zusammensetzung dieser Feinfraktion war enttäuschend Tafel 1; außerdem zeigte die Verfütterung des getrockneten Materials eine nur geringe Verdaulichkeit.

I. Direkte Eiweißgewinnung



II. Biomassegewinnung durch Belüftung

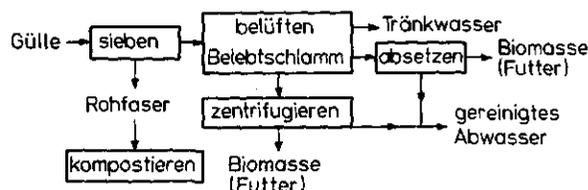


Bild 1. Eiweißgewinnung aus Schweinegülle.

Fraktion	Feuchte Subst.	Trocken Subst.	org. Subst.	Asche	N _{Kjeld.}	P	Cu
Gülle	100	100	100	100	100	100	100
Grobstoffe (>180 µm)	18	42	49	23	16	20	13
Feinstoffe (<180 µm)	6	22	16	38	15	59	15
Restflüssigkeit	76	37	36	39	69	20	72

Tafel 1. Verteilung von Inhaltsstoffen (%) auf Fraktionen einer Schweinegülle mit einem Trockenmassegehalt von 9,9 %.

Schematisch ist auf Bild 1 unter II angegeben, auf welche Weise Biomassegewinnung durch Belüftung von Schweinegülle möglich ist. Die Biomassegewinnung ist unter anderem abhängig von der Verweilzeit im Belebtschlamm-System. Wenn wir den N-Überschuß völlig entfernen wollen, ist dadurch die minimale Verweilzeit im System bestimmt. Die Nitrifikation ist nämlich ein langsamerer Prozeß als die Biomassesynthese der heterotrophen Bakterien. In Laborfermentern mit ein bis zwölf Litern Belebtschlamm wurde gesiebte Schweinegülle mit Verweilzeiten von 5 bis 65 Tagen belüftet. Täglich einmal oder mehrmals wurde Schweinegülle zugeführt, nachdem eine gleiche Menge dem Fermentergemisch entnommen war. Die Belüftung und die Rührgeschwindigkeit wurden der Verweilzeit angepaßt, um einer Überbelüftung (und Nitratbildung) vorzubeugen.

Bei kurzer Verweilzeit wird ein Höchstwert der zu gewinnenden Biomasse angestrebt. Bei längerer Verweilzeit stehen als Ziele die geruchsfreie Lagerung (über längere Zeit), Volumenverringern und Wiedergewinnung von Phosphat und vielleicht Kupfer im Vordergrund.

Über unsere Ergebnisse ist folgendes zu sagen:

1. Meistens nimmt der Gehalt an organisch gebundenem Stickstoff durch die Behandlung ab. Bei längeren Verweilzeiten und/oder niedrigem C/N-Verhältnis der Gülle geht bis etwa 80 % des Gesamt-Stickstoffs durch Nitrifikation-Denitrifikation verloren. Eine diskontinuierliche Belüftung ist erforderlich, um Nitrit- und Nitratanhäufung zu vermeiden und eine Verwertung als "Tränkwasser" möglich zu machen.
2. Nur bei Verweilzeiten unter 7 Tagen war eine Zunahme des organisch gebundenen Stickstoffs festzustellen. Es ist dabei vielleicht besser, die Gülle kontinuierlich zuzugeben, um einer Hemmung der Nitritbildung vorzubeugen. Eine Ausführung mit zwei Gefäßen, Bild 2, das eine belüftet und das andere unbelüftet, macht höhere Geschwindigkeiten der Nitritbildung möglich, ohne daß sich zuviel Nitrit anhäuft. Die Gülle wird für die Denitrifikation dem unbelüfteten Gefäß zugeführt. In dem belüfteten Gefäß wird ein meßbarer Sauerstoffgehalt eingehalten, um die Biosynthese und die Nitrifikation zu fördern. Einige vorläufige Zahlen dieses Systems, das noch untersucht wird, zeigt die Tafel 2. Wichtig ist in diesem System, daß sich im Belüftungsgefäß nicht zuviel Nitrit anhäuft und der pH-Wert konstant etwas über 7 bleibt. So kann die Nitrifikation ungehemmt vollständig ablaufen, auch bei kurzen Verweilzeiten.
3. Eine Übersicht unserer Ergebnisse, letztgenanntes System nicht berücksichtigt, zeigen die Bilanzen des Chemischen Sauerstoffbedarfs und des Stickstoffs, Tafel 3. Vermutlich bleiben der Chemische Sauerstoffbedarf und der Stickstoffgehalt der gereinigten Flüssigkeit bei kürzeren Verweilzeiten etwas höher als bei längeren. Das bedeutet eine Abnahme der Klärung bei einer zunehmenden Biomassegewinnung.
4. In unseren Versuchen wurden 80 bis 95 % des Phosphats der Gülle zusammen mit der Biomasse abgetrennt. Aus dem Kupfergehalt der Biomasse läßt sich schließen, daß Kupfer größtenteils mit der Biomasse abgetrennt wird.

Schließlich zeigt Tafel 4 die Zusammensetzung einer aus Schweinegülle gewonnenen Biomasse. Diese Biomasse wurde im 150-Liter-Maßstab produziert. Die Verweilzeit war dabei etwa 40 Tage, bedingt durch einen mangelhaften Lufteintrag. Zum Vergleich ist die Zusammensetzung der Feinfraktion angegeben, die nach vorherigem Absieben der Faserfraktion durch Zentrifugieren direkt aus der Gülle gewonnen wurde.

Die Biomasse enthält mehr Eiweiß und weniger Asche als die Feinfraktion. Beide enthalten viel Phosphat (überwiegend Calciumphosphat) und haben einen hohen Kupfergehalt.

Die Verdaulichkeit der organischen Stoffe der Biomasse in Versuchen mit Ratten und Küken war leider sehr gering. Die Verdaulichkeit des Roh-Eiweißes der Biomasse betrug dagegen etwa 60 %. Eine Verbesserung der Verdaulichkeit ist darum Voraussetzung für eine Verwertung der Biomasse als Futterkomponente.

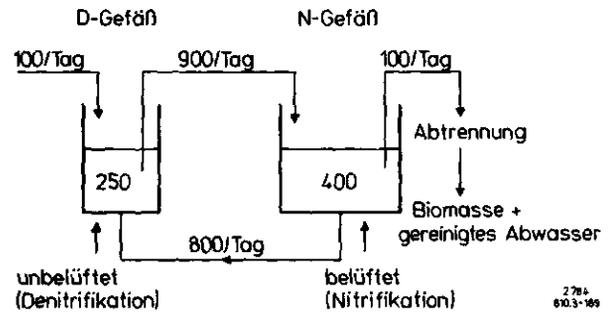


Bild 2. Zweigefäßversuch zur Nitrifikation und Denitrifikation.

	Konzentrationen			pH-Wert	Redox-Potential ¹⁾ mV
	NH ₄ -N mg/l	NO ₂ -N mg/l	NO ₃ -N mg/l		
Gülle	5100	0	0	8,8	
Denitrif.-gefäß	570	0	0	8,8	-150 bis -350
Nitrifik.-gefäß	≤ 30	≈ 350	< 10	7,2	≈ + 75

¹⁾ Kalomel-Elektrode

Tafel 2. Ergebnisse eines Zweigefäßversuches nach Bild 2.

	CSB-Bilanz %	N-Bilanz %
Biomasse	35-55	17-50
gereinigtes Abwasser	3-10	1-7
abgebaut/entfernt	35-55	40-80

Tafel 3. Bilanzen der Eingefäßversuche zur Belüftung Verweilzeit 5-65 Tage.

	Biomasse	Feinfraktion der Gülle (<180 µm)
Asche	35	50
NKjeldahl	4,8	3,8
NH ₄ -N	—	2,2
Roheiweiß	30	9,8
Aminosäuren	18	7,7
Rohfett	4,2	4,2
Rohzellstoff	11	19
Kohlenhydrate (Rest)	20	15
Ca	5,6	7,3
P	4,1	6,7
Na	0,75	—
Cl	0,55	—
Cu	ca. 1000 mg/kg	ca. 700 mg/kg

Tafel 4. Zusammensetzung (% der Trockenmasse) einer aus Schweinegülle gewonnenen Biomasse und der Feinfraktion einer Schweinegülle.