

Sächsische Landesanstalt für
Landwirtschaft

**Untersuchungen zur Wirksamkeit
von Abdeckungen auf
Schweinegüllebehältern**

Bericht 1997 zum Forschungsprojekt

Impressum

Herausgeber: Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
August-Böckstiegel-Straße 1
D-01326 Desden
Tel. 0351/2612-0

Redaktion: Frau Dr. U. Wanka
Herr Dr. C. Barbe
Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft,
Fachbereich Tierzucht, Fischerei und Grünland
Am Park 3
04886 Köllitsch

Teilthemen wurden bearbeitet von:

Herr P. Fleischer
Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie
Abteilung Luft, Lärm, Strahlen,
Ref. 42
Wasastr. 50
01445 Radebeul

Herr G. Wirthgen
Sächsisches Landeskuratorium Ländlicher Raum e. V.
Stallklimaprüfdienst
Kurze Str. 8
01920 Miltitz

Herr Prof. G. Hörnig
Institut für Agrartechnik Bornim e.V.
Max-Eyth-Allee 100
14469 Potsdam

Herr Dr. Schmidt
Privates Institut für Umweltanalysen GmbH
Heinrich-Heine-Str. 5
09557 Flöha

Redaktionsschluß: Juni 1997

Danksagung:

Unser Dank gilt den Betrieben, die uns bei der Durchführung des Forschungsprojektes unterstützt haben.

Das Forschungsprojekt wurde mit Mitteln des Sächsischen Staatsministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten gefördert.

Untersuchungen zur Wirksamkeit von Abdeckungen auf

Schweinegüllebehältern

Inhaltsverzeichnis

1.	Aufgaben und Ziele der Untersuchungen	2
2.	Wissensstand	3
2.1.	Emissionen aus der Landwirtschaft, Gasbildung und Ausbreitung	3
2.1.1.	Ammoniak	4
2.1.2.	Lachgas	5
2.1.3.	Methan	5
2.1.4.	Kohlendioxid	6
2.1.5.	Gerüche	7
2.2.	Reduktion von Emissionen durch Güllebehälterabdeckung	8
3.	Untersuchungen in landwirtschaftlichen Unternehmen und unter Versuchsbedingungen zur Wirksamkeit verschiedener Abdeckungen	10
3.1.	Material und Methoden	10
3.1.1.	Meßmethodik unter Praxisbedingungen	10
3.1.2.	Meßmethodik unter Laborbedingungen	13
3.1.3.	Meßgeräte	13
3.1.4.	Vergleich von Meßsystemen	14
3.1.4.1.	<i>Vergleich von DOAS-Streckenmessung und Punktmeßverfahren durch Multigasmonitor 1302 von BRÜEL&KJAER</i>	14
3.1.4.2.	<i>Vergleichende Messungen zwischen mehreren Multigasmonitoren 1302 von BRÜEL&KJAER</i>	15
3.1.5.	Betriebsdaten und Abdeckungen	16
3.2.	Ergebnisse	17
3.2.1.	Praktische Untersuchungen an unterschiedlich abgedeckten Güllebehältern in mehreren Unternehmen	17
3.2.2.	Experimentelle Untersuchungen im Labormaßstab	22
3.3.	Diskussion	26
4.	Zusammenfassung und Schlußfolgerungen	30
5.	Literatur	33
7.	Anhang	35

1. Aufgaben und Ziele der Untersuchungen

Im Zuge der Umstrukturierung der Landwirtschaft stiegen die Anforderungen an eine wirtschaftlich ausgerichtete und gleichzeitig umweltverträgliche Schweineproduktion. Die Wettbewerbsfähigkeit sichern, bedeutet, mit minimalen Aufwand, insbesondere auch an Arbeitskräften, zu produzieren. Eine Einsparung an Arbeitskräften ist bei hohem Mechanisierungsgrad u. a. bei Anwendung von Gülleverfahren zu erreichen.

Die Haltung von Schweinen auf Gülle setzt voraus, daß die Technologie der Güllelagerung und -ausbringung umweltverträglich erfolgt. So waren in den letzten Jahren u. a. Lagerkapazitäten für 6 Monaten zu schaffen, um vorgegebene Ausbringungsmengen und Zeiträume nicht zu überschreiten.

Ein weiterer Aspekt einer umweltverträglichen Produktion ist die Flächenbindung der Tierhaltung. Durch den drastischen Rückgang der Tierbestände werden gegenwärtig in Sachsen nur 0,06 GV Schwein bzw. bei Einbeziehung der Tierarten Rind und Geflügel 0,6 GV pro ha landwirtschaftlich genutzte Fläche gehalten. Tabelle 1 zeigt die Entwicklung der Schweinebestände Sachsens in den letzten Jahren.

Tab. 1: Entwicklung der Schweinebestände in Sachsen (Sächsischer Agrarbericht 1995)

Jahr	Tierbestände in 1000 Stück	
	Schweine insgesamt	dav. Sauen
1989	1978	174
1990	1494	148
1992	754	62
1994	611	51
1995	562	49

1995 wurden im Vergleich zu 1989 nur noch 28,4 % der Schweine bzw. 28,1 % der Sauen gehalten.

Um die Freisetzung von Spurengasen bei der Lagerung von Gülle zu begrenzen, schrieb das Sächsische Staatsministerium für Umwelt und Landesentwicklung in seinem Erlaß vom 23.06.1994 vor, daß Alt- und Neuanlagen zur Lagerung von Gülle mit einem Fassungsvermögen von 2.500 m³ und mehr mit einer festen Behälterabdeckung zu versehen sind.

Im Mai 1996 wurde von der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), dem Sächsischen Landesamt für Umwelt und Geologie (LfUG) sowie dem Stallklimaprüfdienst des Sächsischen Landeskuratoriums Ländlicher Raum e.V. ein Abschlußbericht "Untersuchungen zur Wirksamkeit von Güllebehälterabdeckungen zur Reduzierung von Emissionen", der sich speziell mit der Abdeckung von Rindergülle befaßte, vorgelegt. Auf dieser Grundlage konnte die Forderung nach festen Abdeckungen bei Rindergüllebehältern in Richtung alternativer Abdeckverfahren mittels Strohhäcksel geändert werden (Erlaß des SMU vom 15.03.1995).

Analog zu den Messungen über Rindergüllebehältern haben sich die Sächssische Landesanstalt für Landwirtschaft im Auftrag des Sächsischen Staatsministeriums für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten mit Untersuchungen zur Wirksamkeit verschiedener Abdeckungen auf Schweinegüllebehältern beschäftigt.

Ziel der Untersuchungen war es, die Wirksamkeit alternativer Abdeckungen hinsichtlich ihrer Spurengas- und Geruchsemissionsminderung sowie deren verfahrenstechnische Eignung und Investitionsaufwand zu ermitteln. Die Spurengasmessungen konzentrierten sich auf Ammoniak, Lachgas, Methan und Kohlendioxid. Durch das Private Institut für

Umweltanalysen (IfU) wurden ergänzend Geruchsstoffmessungen und deren Auswertung vorgenommen.

Im Institut für Agrartechnik Bornim e.V. wurden zudem labortechnische Untersuchungen zum Sedimentationsverhalten sowie zur Geruchsstofffreisetzung nach Abdeckung von Probebehältern mit Pegülit und Strohhäcksel vorgenommen.

Der Umfang möglicher Reduzierungseffekte wurde in den Praxisbetrieben für die folgenden Abdeckungen im Vergleich zu schwimmschichtfreien Gülleoberflächen ermittelt:

- strohhäckselverstärkte Schwimmschicht
- Schwimmfolie
- Granulatschüttungen
- Zeltdach.

Die Wirksamkeit der Pegülitabdeckungen wurde gemeinsam mit dem Landesamt für Umwelt und Geologie ermittelt.

2. Wissensstand

2.1. Emissionen aus der Landwirtschaft, Gasbildung und Ausbreitung

Die landwirtschaftliche Produktion bindet durch die pflanzliche Erzeugung nicht nur Kohlendioxid, sondern ist auch für die Freisetzung von Spurengasen verantwortlich. Der Anteil der Landwirtschaft an der Emission von Kohlendioxid, Methan, Lachgas und Ammoniak wurde von AHLGRIMM (1995) quantifiziert (Tab. 2).

Tab. 2: Landwirtschaftliche Spurengasquellen (nach AHLGRIMM, 1995)

Quellen	globale anthropogene Emissionen Mio. t/a	Emissionen landwirtschaftlicher Quellen	
		Mio. t/a	global %
CO₂	29000		
- Tropenwaldvernichtung + Biomasseverbrennung		5900	20
- Fossiles CO ₂ (Maschinen, Dünger)		300	1
CH₄	350		
- Tropenwaldvernichtung + Biomasseverbrennung		30	9
- Reisfelder		60	17
- Rinderhaltung		100	28
- tier. Exkreme		35	10
N₂O	6,7		
- Tropenwaldvernichtung + Biomasseverbrennung		1	15
- N-Mineraldünger/Böden		2	30
- Wirtschaftsdünger/Böden		2	30
- Rekultivierung		0,4	6
NH₃	54	40	74

Es sollte jedoch berücksichtigt werden, daß noch große Wissensdefizite sowohl im Bereich der Quellen als auch im Bereich der Senken bestehen. Dies wird offensichtlich, wenn man die Schwankungsbreiten von Angaben zu Emissionsmengen für die einzelnen Gase

verschiedener Autoren in den nachfolgenden Abschnitten betrachtet. Angaben zum Anteil der Güllelagerung an den Emissionen von Methan, Lachgas und Ammoniak in Deutschland sind in Tabelle 3 zusammengefaßt.

Tab. 3: Anteil der Güllelagerung an anthropogenen Emissionen in Deutschland

	Gesamtemissionen in Deutschland		Anteil der ... an den Gesamtemissionen		
	Mio. t / a	%	Landwirtschaft %	Tierhaltung %	Güllelagerung %
CH ₄	5,4 - 7,7	100	26 - 36	25 - 35	5
N ₂ O	0,2 - 0,3	100	32 - 38	6,5 - 9	4
NH ₃	0,6 - 0,75	100	90	81	10-15

2.1.1. Ammoniak

Ammoniak ist nicht direkt treibhauswirksam. Infolge seiner weiträumigen Deposition trägt es jedoch zur Eutrophierung und Versauerung von Ökosystemen bei.

Es wird in geringen Umfang beim Einsatz von Mineraldüngern freigesetzt. Höher ist der Anteil bei der Verbrennung von fossilen Energieträger und dem Abbau organischer Substanzen. Hier sind vor allem die reduktive Desaminierung durch anaerobe bzw. fakultativ anaerobe Mikroflora als Teilreaktion der Ammonifikation sowie die Desulphydratation als biologische Prozesse zu nennen (BAADER et al, 1977). Der größte Emittent von Ammoniak ist sowohl global mit 75 %, als auch national mit 90 % der Gesamtemissionen die Landwirtschaft. Sie setzt global etwa 40 bis 47 Mio. t (ISERMANN, 1992), national ca. 660 bis 750 kt NH₃ je Jahr frei (UMK-AG-Stickstoffminderungsprogramm, 1995). Die Hauptquelle stellt mit ca. 90 % die Tierhaltung dar, wobei in diesem Bereich die Schweinehaltung zwischen 15 und 25 % emittiert (Abb. 1; HARTUNG 1995). Die Güllelagerung wiederum hat hier einen Anteil von maximal 25 % gegenüber der Ausbringung von maximal 70 % (RATSCHOW, 1994).

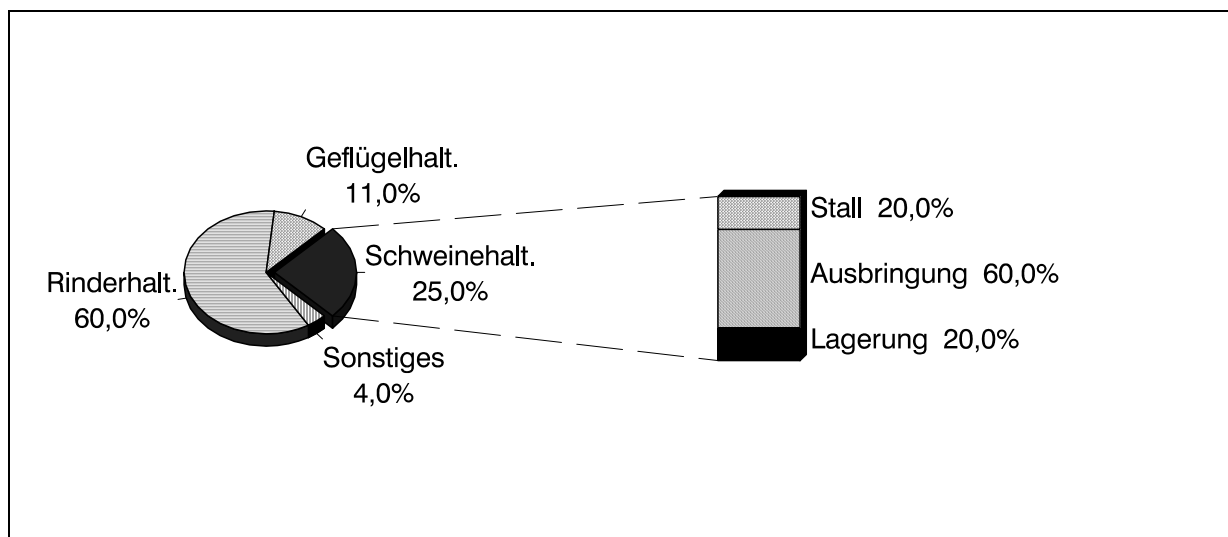


Abb. 1: Ammoniakemissionen aus der Tierhaltung (HARTUNG, 1995)

2.1.2. Lachgas

Lachgas ist ein Treibhausgas und zerstört in der Stratosphäre die Ozonschicht. Es wird durch photochemische Prozesse in der Stratosphäre abgebaut. Es wird eingeschätzt, daß die Emissionen jährlich um 0,25 % steigen.

Die Angaben zu globalen und nationalen Emissionsmengen schwanken sehr stark. So wird die global freigesetzte Gesamtmenge mit 3,0 bis 43,0 Mio. t / a angegeben (ISERMANN, 1992; Enquete-Kommission, 1992; PRINN, 1990). Im Gegensatz zu AHLGRIMM (1995), der zu je 30 % die Mineral- bzw. Wirtschaftsdüngerausbringung für globalen Lachgasemissionen verantwortlich macht (Tab. 1), schreibt ISERMANN (1992) nahezu 55% der Emissionen natürlichen Quellen wie Ozeane, Seen und natürliche Böden (Nitrifikation und Denitrifikation) zu. Etwa 35 % stammen aus landwirtschaftlichen Prozessen.

Als biologische Prozesse zur Freisetzung von Lachgas sind die Oxidation des Schwefelwasserstoffes auf anaeroben Weg und die Reduktion von Nitrit und Nitrat als Teilreaktion der Denitrifikation auf Basis fakultativ anaerober Mikroflora zu nennen. Beide Wege gehen über die Bildung von elementarem N₂, aus dem dann N₂O entstehen kann (BAADER et al, 1977).

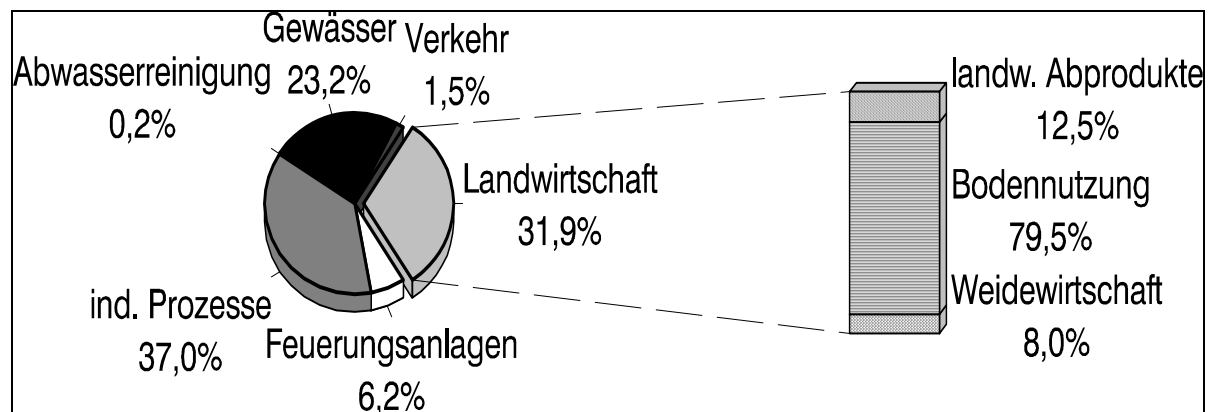


Abb. 2: Nationale Lachgasemissionsquellen (UBA, 1993)

Die deutsche Landwirtschaft setzt ca. 75 kt / a frei, 65 kt aus Böden und 10 kt aus tierischen Exkrementen (UBA, 1993). Hauptursache der N₂O-Freisetzung aus Böden ist der N-Überschuß infolge überhöhten Mineraldüngereinsatzes. Es wird angenommen, daß zwischen 0,4 und 3,2 % des in den Boden eingebrachten Stickstoffs als Lachgas freigesetzt werden.

Der Erkenntnisstand zu Lachgasemissionen aus tierischen Exkrementen ist noch lückenhaft.

2.1.3. Methan

Methan ist ein wesentliches treibhauswirksames Spurengas. Es hat Einfluß auf den Ozonhaushalt der Tropo- und Stratosphäre, den Wasserdampfhaushalt der Stratosphäre und auf die troposphärische OH- und CO-Konzentration. Die globalen Methanemissionen werden mit ca. 350 - 500 Mio. t / a angegeben. Da durch troposphärische Oxidation weniger Methan abgebaut, als gebildet wird, kommt es zu einer jährlichen Anreicherung von 0,7 % in der Atmosphäre (Enquete-Kommission, 1992). Die Auswirkungen der Methanfreisetzung sind keinesfalls zu unterschätzen. Entsprechend einer Studie der Enquete-Kommission (1990) ist Methan zu etwa 13 % am Treibhauseffekt beteiligt.

Als Hauptquellen in Folge der Methan-Gärung (BAADER et al, 1977) sind natürliche Feuchtgebiete, Moore und Sümpfe sowie anthropogene Aktivitäten im Bereich der Landwirtschaft und Abproduktlagerung (Müll, Abwasser) hervorzuheben. Nach vorläufigen Schätzungen stammen von den emittierten Methanmengen weltweit ca. 45 % aus der Landwirtschaft, wovon ca. 25 - 30 % der Schweineproduktion zugeschrieben werden.

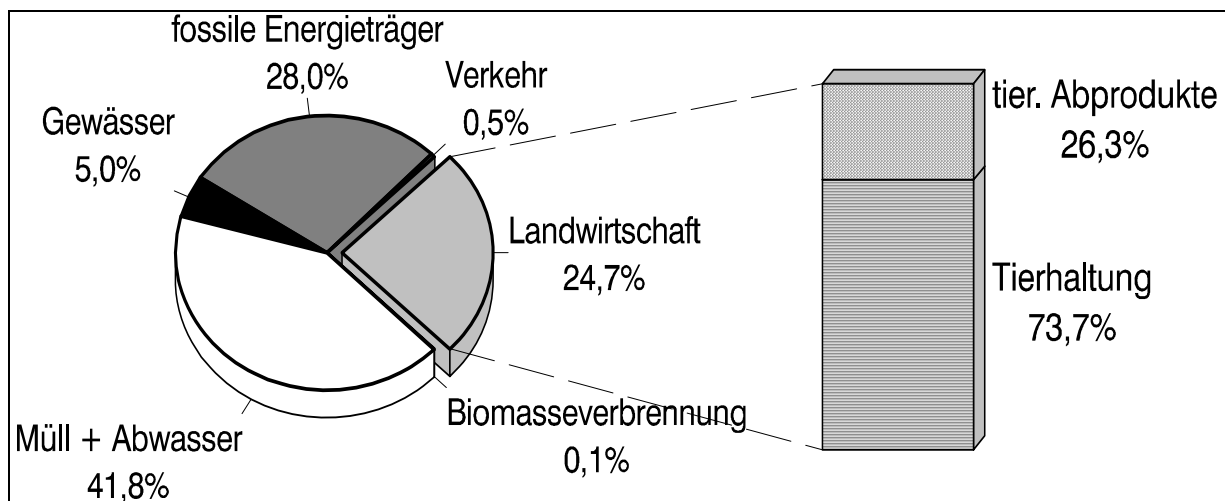


Abb. 3: Nationale Methanemissionen bezogen auf 7,697 Mio. t / a (UBA, 1993)

In Deutschland wurden die CH₄-Emissionen 1990 auf 5 bis 8 Mio. t / a geschätzt (UBA, 1993). Die Landwirtschaft ist für 25 bis 35 % der anthropogenen Emissionen verantwortlich. Der überwiegende Teil entsteht beim Abbau organischer Masse (Futtermittel) durch spezielle Bakterien im Pansen von Wiederkäuern. Bei der Lagerung tierischer Abprodukte werden schätzungsweise 0,5 Mio. t CH₄ / a freigesetzt. Das sind nur etwa 6 % der Gesamtmethanemissionen aus der Landwirtschaft (Abb. 3).

2.1.4. Kohlendioxid

Kohlendioxid ist ein Bestandteil der Luft. Die anthropogen verursachten CO₂-Emissionen haben jedoch dazu geführt, daß die CO₂-Konzentration der Luft 350 ppm übersteigt und den Treibhauseffekt verstärkt. Die bedeutendste anthropogen beeinflusste Senke für CO₂ ist die Pflanzenproduktion. Der Beitrag der Landwirtschaft an den Kohlendioxidemissionen wird global durch Biomasseverbrennung (Brandrodung von Tropenwäldern, Abbrennen von Savannen und Grasland) sowie Nutzung fossiler Energieträger bestimmt. Kohlendioxid entsteht entweder über die oxidative Desaminierung durch aerobe Mikroflora als Teilreaktion der Ammonifikation oder durch die Reduktion von Nitrit und Nitrat als Teilreaktion der Denitrifikation auf Basis fakultativ anaerober Mikroflora (BAADER et al, 1977).

Der Anteil der Landwirtschaft an den Gesamt-CO₂-Emissionen Deutschlands beläuft sich auf 3,9 % (Abb. 4) und ist in erster Linie auf die direkte und indirekte Nutzung fossiler Energieträger zurückzuführen. Die daraus resultierende CO₂-Freisetzung wurde für die BRD 1991 auf ca. 38,4 Mio. t / a beziffert. Die Zusammensetzung der Emissionsmenge ist in Tabelle 4 aufgeführt.

Tab. 4: Anteil der Landwirtschaft an der CO₂-Freisetzung durch den direkten und indirekten Einsatz fossiler Energieträger (nach AHLGRIMM 1995)

Quellen	CO ₂ -Emissionen (in Mio. t/a)
Treibstoff	9,0
Heizöl	7,6
elektrischer Strom	8,4
Handelsdünger	13,4
Summe	38,4

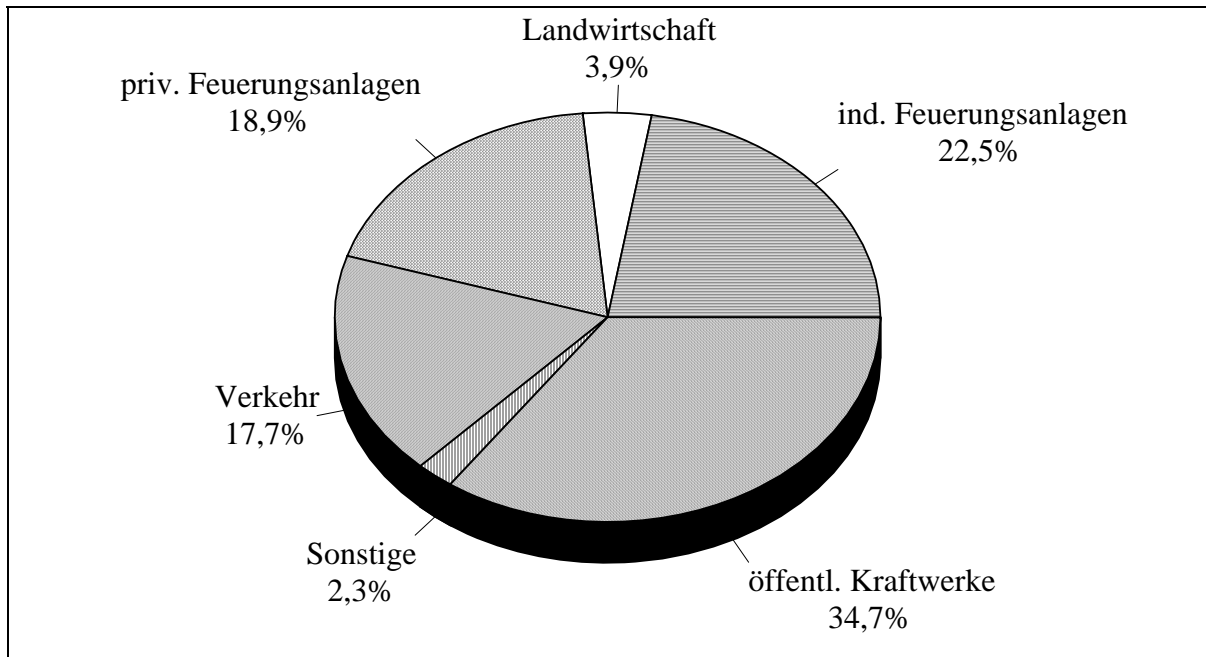


Abb. 4: Emission von Kohlendioxid in der BRD (nach MUNACK, 1996)

2.1.5. Gerüche

Aus der Tierhaltung werden zahlreiche Geruchsstoffe freigesetzt. Nach HARTUNG (1988) handelt es sich um etwa 140 Einzelkomponenten. Die wichtigsten Substanzen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- | | |
|--------------------------|---|
| - N-haltige Verbindungen | Ammoniak
Amine (Methylamin, Dimethylamin, Trimethylamin) |
| - S-haltige Verbindungen | Schwefelwasserstoff
Sulfide
Merkaptane |
| - Phenole und Indole | Uresol
Indol
Skatol |
| - Fettsäuren | Essigsäure
Propionsäure
Buttersäure |
| - Alkohole | |
| - Ketone | |
| - Aldehyde | |

Hauptemissionsquellen sind die Ställe, die Lagerung und Ausbringung von Exkrementen, die Futterlagerstätten sowie die von den Tieren ausgehenden Körperausdünstungen (Abb. 5).

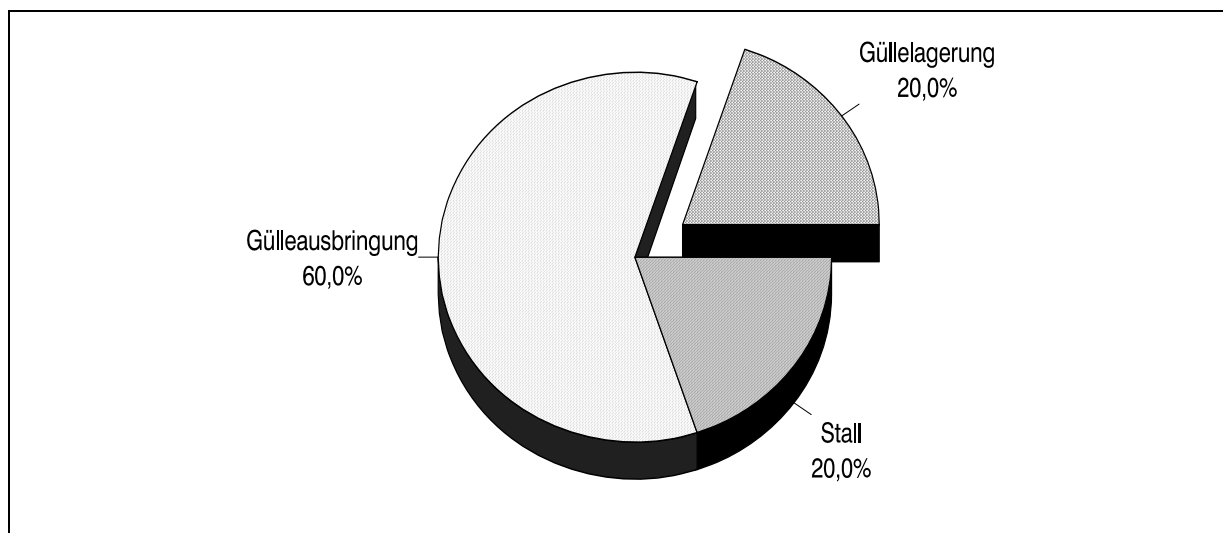


Abb. 5: Anteil der Bereich Stall, Güllelagerung und -ausbringung an der Geruchsfreisetzung (nach RATSCHOW, 1994)

Maßgeblichen Einfluß auf die Geruchsemissionen aus Güllelagerstätten haben die Behälterfüllhöhe, die Windgeschwindigkeit und Temperatur über der Gülleoberfläche. Die Behälterfüllhöhe wird von Hilliger (1982) als wichtigste Einflußgröße auf die Höhe der Geruchsstoffemissionen beschrieben. Mit Zunahme des Füllstandes wird sowohl die Gülleoberfläche verstärkt der einströmenden Luft ausgesetzt als auch die über der Oberfläche vorhandene geruchsbeladene Luft schneller abtransportiert. Mit steigender Windgeschwindigkeit und Temperatur wird dieser Effekt verstärkt. Durch Erwärmung der Flüssigmistes wird die Bakterientätigkeit erhöht und somit die Geruchsentstehung gefördert.

2.2. Reduktion von Emissionen durch Güllebehälterabdeckung

Die Emission von Spurengasen, die aus tierischen Exkrementen freigesetzt werden, kann durch Abdeckung von Flüssigmistlagerstätten reduziert werden. Dies trifft hauptsächlich auf Ammoniak, Lachgas und Methan zu. Kohlendioxid entsteht in erster Linie als Stoffwechselprodukt von Tieren und kann somit auf diesem Weg nicht eingeschränkt werden.

Bei der Schweinegülle bildet sich nur in Ausnahmefällen natürliche Schwimmschichten. Somit sind technische Lösungen und Alternativen wie

- Strohhäcksel,
 - Schwimmfolien,
 - Granulatschüttungen,
 - Zeltdachabdeckung,
- erforderlich.

Die einfachste Form der Abdeckung ist die "*Schwimmschicht durch Strohhäcksel*" (4 - 25 kg je m² Gülleoberfläche). Das Strohhäcksel wird am günstigsten über die Güllevorgrube eingebracht und schwimmt im Güllebehälter auf. Somit kann ein Verwehen der Häckselteile durch Windeinwirkung verhindert werden, da sich eine relativ feste und homogene Decke bildet. Auf diese Weise entsteht schon innerhalb von 4 Tagen eine funktionsfähige Schwimmdecke von 15 - 20 cm Dicke. Die dadurch erreichte Minderung der Emissionen kann bei 50 % für Gerüche (Abb. 6) und bei 86 -90 % für Ammoniak bei Rindergülle (WANKA und FLEISCHER, 1996) liegen.

Ein Überkopfbefüllen der Behälter und zwischenzeitliches Rühren der Gülle sind zu vermeiden, um die Schwimmschicht nicht zu zerstören.

"Schwimmfolien" können eine Minderung der Gerüche von 70-80 % (Abb. 6), der Ammoniakemissionen von ca. 80 % (Abb. 7) bewirken. Sie sind so aufzubringen, daß die gesamte Oberfläche bedeckt ist, Niederschläge abgeführt werden und Gärgase entweichen können. Desweiteren gilt zu beachten, daß das Homogenisieren der Gülle problematisch sein kann, weil das Ein- und Ausbringen von mobilen Rührwerken durch spezielle Bearbeitungsluken schwierig zu realisieren sowie eine optische Beurteilung der Gülle nicht mehr möglich ist.

Nach SOMMER (1991) sind "Blähton- oder andere Granulatschüttungen" gut geeignet, Ammoniakverluste herabzusetzen. Sie lassen sich leicht auftragen, bleiben auch unter starken Windeinflüssen bestehen und werden beim Homogenisieren je nach Schichtdicke nur gering bis nicht zerstört. Etwa 10 % des Materials muß jedoch nach Entleerung des Behälter ergänzt werden. Um die Granulatverluste so gering wie möglich zu halten, muß je nach dem TS-Gehalt der Gülle zwischen Homogenisieren und Ausbringen ein Zeitraum von ca. 1-2 Tagen für das Wiederaufschwimmen der Schicht eingeplant werden und ein Güllerest von ca. 30-40 cm im Güllebehälter verbleiben.

Wesentlich teurere, aber in ihrer Wirksamkeit bessere Varianten sind die Abdeckung von Behältern mit "Zeltdach" oder "befahrbare Decken". Sie führen zu einer Emissionsminderung von ca. 90 % für Gerüche (Abb. 6) und 90-95 % für Ammoniak (Abb. 7).

Bei der Installation von Zeltdächern auf bestehende Behälter ist die Stabilität des Behälters zu gewährleisten.

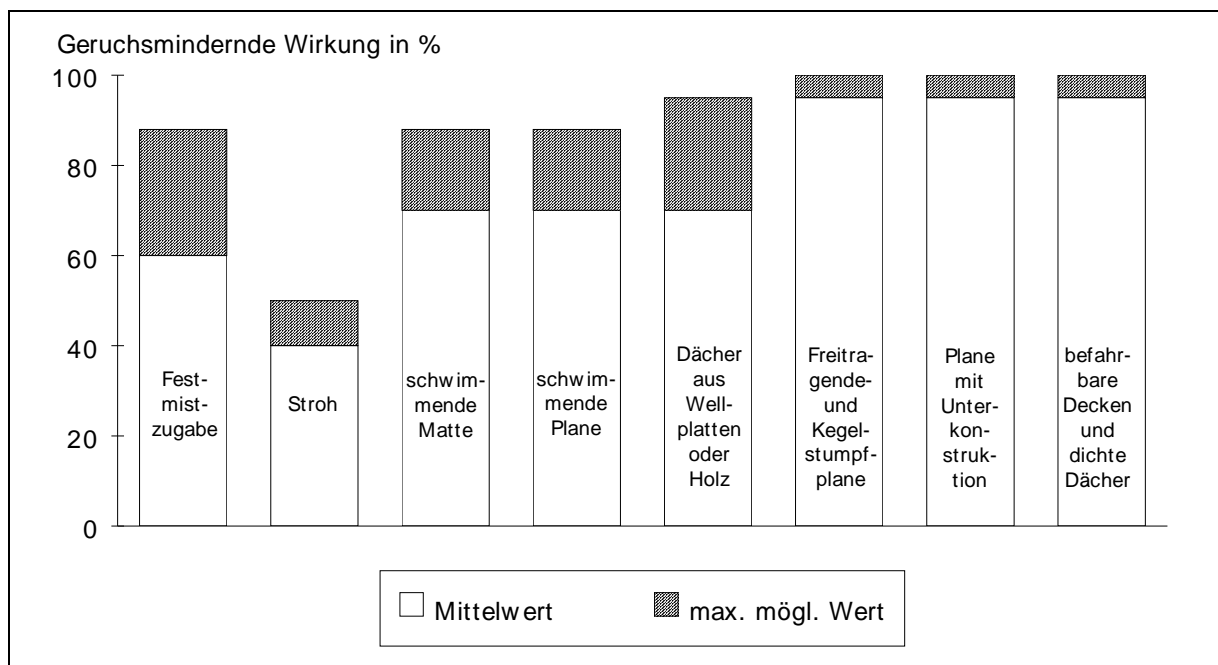


Abb. 6: Geruchsminderung durch Behälterabdeckung (nach OLDENBURG, 1989)

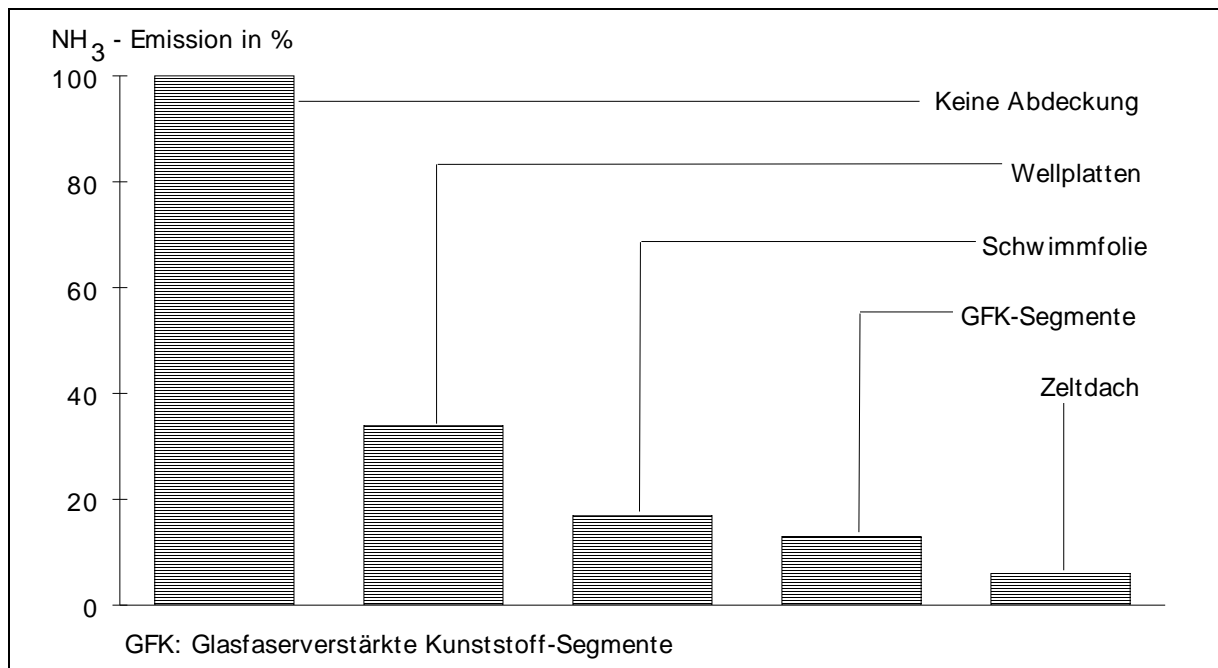


Abb. 7: NH₃-Emissionsminderung durch Behälterabdeckung (nach OLDENBURG, 1989)

3. Untersuchungen in landwirtschaftlichen Unternehmen und unter Versuchsbedingungen zur Wirksamkeit verschiedener Abdeckungen

3.1. Material und Methoden

3.1.1. Meßmethodik unter Praxisbedingungen

Spurengasmessungen

Zu Beginn der Untersuchungen wurde die methodischen Seite von Emissionsmessungen beleuchtet. Auf der Suche nach einer relativ einfach anwendbaren und vor allem finanzierbaren Methoden wurde die Kammer- oder Glockenmethode ausgewählt. Die Glocke wird wechselweise auf deckschichtfreie Oberflächenbereiche und Abdeckungen aufgesetzt. In kontinuierlichen Zeitabständen, im vorliegenden Fall im 2-Minuten-Intervall, werden die Konzentrationen an Ammoniak, Methan, Lachgas und Kohlendioxid bestimmt. Abbildung 8 zeigt den Versuchsaufbau nach der Glockenmethode.

Um zu realistischen Aussagen über Minderungseffekte zu gelangen, wurde der Ablauf eines Meßtages folgendermaßen gestaltet:

Die diskontinuierlichen Messungen fanden stets zwischen 9 und 15 Uhr, also im tageszeitlichen Maximumbereich der NH₃-Emissionen statt. Um die trotzdem unvermeidlichen vorwiegend meteorologisch bedingten Tagesgangfehler bei der Bestimmung der Minderungseffekte weiter zu minimieren, wurden die als repräsentativ gewählten Meßpunkte zügig durchgemessen. Erst dann fanden Wiederholungsmessungen statt, die ohne Ausnahme eine genügende Reproduzierbarkeit aufwiesen.

Kontinuierliche bzw. gleichzeitige Messungen an verschiedenen Meßpunkten hätten den materiellen und personellen Aufwand unnötig in die Höhe getrieben.

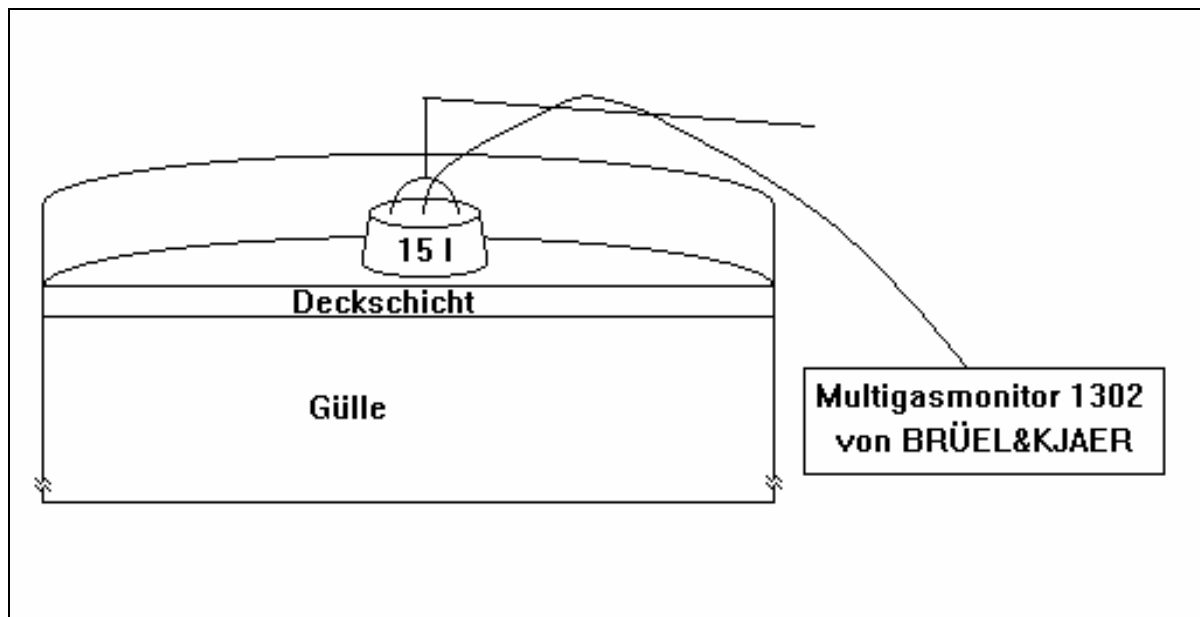


Abb. 8: Meß- und Probenahmeverrichtung nach der Glockenmethode

Als weitere wichtige Meßgrößen wurden die meteorologischen Parameter Windgeschwindigkeit und -richtung sowie Außentemperatur in 2 m Höhe am Rand des Güllebehälters (einschließlich verbale Charakterisierung von Bewölkung und Niederschlägen) erfaßt. Zusätzlich wurde die Gülletemperatur in verschiedenen Einstechtiefen mit einem dafür geeigneten Sensor gemessen.

Messungen an regnerischen Tagen wurden auf Grund der Verzerrung des Meßergebnisses, da insbesondere bei Ammoniak die Emissionswerte drastisch zurückgehen, nicht durchgeführt (WANKA und FLEISCHER, 1996).

Zur Charakterisierung der Konzentrationen von Ammoniak, Lachgas, Methan und Kohlendioxid wurde das Mehrkomponentenmeßgerät "Multigasmonitor 1302" der dänischen Firma Brüel & Kjaer eingesetzt.

In den ersten Minuten nach dem Aufsetzen der Glocke auf die Gülleoberfläche kommt es zu einem annähernd linearen Anstieg a der Konzentrationen (Abb. 8).

Nach WALTER (1994) ist der Emissionsmassenstrom proportional dem Anstieg a der Konzentration zu Beginn der Meßphase.

Die rechnerische Bestimmung des Anstieges aus den Meßdaten wurde einheitlich nach dem Verfahren der Nichtlinearen Optimierung (Excel-Solver) vorgenommen.

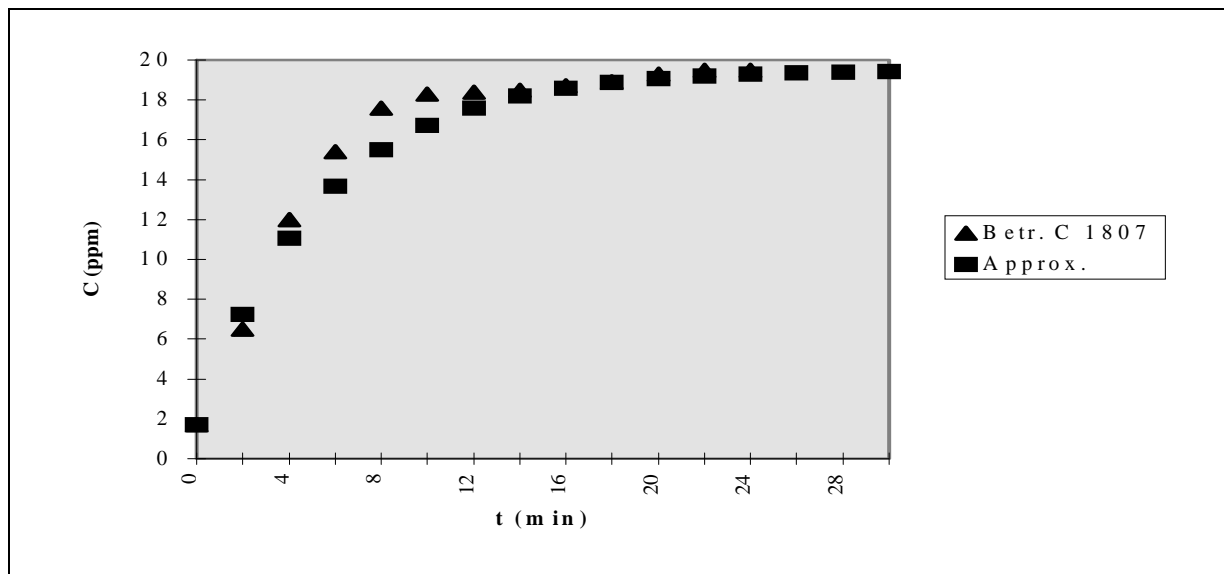
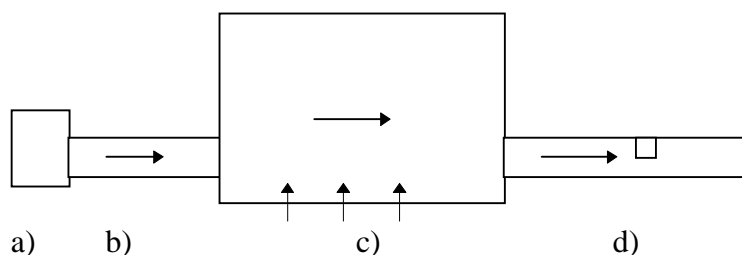


Abb. 9: Typischer Konzentrations-Zeit-Verlauf (Glockenmethode, Betrieb C am 18.07.1996)

Geruchsbestimmungen

Die Geruchsstoffbestimmung in den landwirtschaftlichen Unternehmen nahm das private Institut für Umweltanalytik Flöha mit einem Olfaktometer vom Typ 1158 vor. Für jede Messung wurden zwei bis drei Meßbeutel Probenluft in den Praxisbetrieben gezogen. Die Olfaktometrie wurde innerhalb von 24 Stunden nach der Probenahme durchgeführt.

Die zu untersuchenden Güllebehälter stellen flächenhafte Emissionsquellen dar. Für die Bewertung von Interesse sind entweder die Gesamtemission aus der Behälteroberfläche bzw. eine flächenbezogene spezifische Emission ($GE/(s \cdot m^2)$). Der Olfaktometrie sind jedoch nur Geruchsstoffkonzentrationen zugänglich. Daher werden die Geruchsemissionen einer definierten Fläche in ein Gasvolumenstrom überführt und erfaßt. Dazu wird auf die Oberfläche eine unten offene Kammer aufgesetzt (Abb. 10). Auf der einen Seite der Kammer wird über ein Gebläse Luft über Aktivkohle in die Kammer eingeleitet. Die gleiche Luftmenge tritt auf der anderen Seite der Kammer über ein Meßrohr mit definierten Querschnitt wieder aus. Nachdem sich ein stationärer Zustand eingestellt hat, wird die durch das Meßrohr pro Zeiteinheit strömende Luft genau mit der Geruchsstoffmenge angereichert, die aus der Meßfläche in der gleichen Zeiteinheit von unten in die Kammer einströmt.



- a) regelbarer Ventilator mit Aktivkohlefilter
 - b) geruchsneutraler Zuführungsschlauch
 - c) Probenahmehaube
 - d) Meßrohr mit Meßsondeneinsatz
- Strömungsrichtung

Abb. 10: Meßaufbau zur Geruchsstoffbestimmung

Aus der Geruchstoffkonzentration der im Meßrohr entnommenen Probeluft und aus der mittels Strömungsmessung gewonnenen Luftdurchsatzmenge läßt sich nach der nachfolgend genannten Formel die Emission aus der erfaßten Meßfläche bestimmen. Da diese Fläche bekannt ist, kann somit die flächenspezifische Emission angegeben werden.

$$E[\text{GE/s}] = c[\text{Ge/m}^3] / V[\text{m}^3/\text{s}].$$

3.1.2. Meßmethodik unter Laborbedingungen

Unter experimentellen Bedingungen wurden im Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim die Geruchsemissionen sowie die Schichtenbildung der Gülle bei Abdeckungen von Plexiglasbehälter mit Pegülit M, Pegülit R und Strohhäckselschicht geprüft (Foto 1; Anhang). Die Versuchsbehälter waren 500 mm hoch und hatten einen Innendurchmesser von 490 mm. Alle 4 Behälter wurden mit Gülle von 8% Trockensubstanzgehalt bis zu einem Füllstand von 300 mm Höhe gefüllt. Pegülit M und R wurden 70 mm hoch aufgebracht, das Strohhäcksel 130 mm. Die Abdeckmaterialien wurden vorsichtig untergerührt. Beide Pegülit-Arten bildeten sofort wieder eine Schwimmschicht, das Strohhäcksel blieb mit der Gülle gemischt. Auch die Gülle im Kontrollbehälter ohne Abdeckung wurde aufgerührt, um gleiche Bedingungen hinsichtlich des Ausgangszustandes zu schaffen.

Die Schichtdickenbildung wurde nach groben und feinen Sedimenten sowie Flüssigkeits- und Schwimmschicht unterschieden täglich dokumentiert.

Zur Geruchsstoffmessung wurden die Behälter mit einem Deckel versehen. Der Luftraum oberhalb der Gülle wurde durch Zupumpen von Außenluft einmal je Minute durch Einleiten von 1000 l/h ausgetauscht. Das ausströmenden Spurengas-Normalluft-Gemisch wurde in geruchsneutralen Folienbeuteln mit 15 l Fassungsvermögen aufgefangen. Die Ermittlung der Geruchsstoffkonzentration erfolgte nach MANNEBECK am Olfaktometer "TO-6".

Da im Versuchsraum die Gülletemperatur weitestgehend der Raumtemperatur folgte, wurde die von Temperaturfühlern aufgenommene Raumtemperatur täglich dokumentiert.

3.1.3. Meßgeräte

Multigasmonitor 1302 von BRÜEL&KJÆR

Der Multigasmonitor mißt Probeluft, die ihm über bestimmte Medien, wie Teflonschlauch, zugeführt werden. Es können entsprechend der eingebauten "Filter" verschiedene Gase nacheinander aus dieser Probeluft gemessen werden. Durch hochfrequente Lichtblitze werden die Moleküle bestimmter Gase in Schwingungen versetzt, die sich von Gas zu Gas unterscheiden. Empfindliche Mikrofontechnik ermöglicht die Aufnahmen der unterschiedlichen Schwingungen.

Olfaktometer

Mit der Meßmethode nach VDI 3881 Bl. 1 sind Geruchsstoffkonzentrationen (GE/m³) unmittelbar einer Messung zugänglich. Die Messung erfolgten im Institut für Umweltanalytik Flöha mit einem Olfaktometer Typ 1158 (VDI 3881 Bl. 3), im Institut für Agrartechnik Bornim am "T06".

Das Prinzip der Olfaktometrie besteht darin, Probeluft in verschiedenen Mischungsverhältnissen mit geruchsneutraler Luft zu mischen und den Probanden anzubieten. Diese entscheiden, ob ein Geruchseindruck wahrnehmbar ist.

Das Konzentrationsangebot erfolgte nach dem Limitverfahren mit Ja/Nein-Abfrage nach VDI 3881 Bl.1. Den Probanden werden nacheinander verschiedene Mischungsverhältnisse angeboten. Die Mischungsverhältnisse werden so gewählt, daß mit starker Verdünnung begonnen wird und die Geruchsstoffkonzentration von Riechprobe zu Riechprobe steigt. Die Messung beginnt ohne Geruchswahrnehmung.

Das Verhältnis Gesamtluftmenge zu Probeluftmenge (Verdünnungsfaktor) für die Wahrnehmungsschwelle ist die Geruchsstoffkonzentration in GE/m³.

Für jede Messung werden zwei bis drei Meßbeutel gezogen. Die Olfaktometrie erfolgt mit 4-8 Probanden.

3.1.4 Vergleich von Meßsystemen

Ein Vergleich der Ammoniakwerte aus dem BRÜEL&KJAER-Multigasmonitor zur naßchemischen Ammoniakanalyse wurde im Abschlußbericht "Untersuchungen zur Wirksamkeit von Güllebehälterabdeckungen zur Reduzierung von Emissionen" (WANKA und FLEISCHER, 1996) vorgestellt.

3.1.4.1 Vergleich von DOAS-Streckenmessung und Punktmeßverfahren durch Multigasmonitor 1302 von BRÜEL&KJAER

Differentielle optische Adsorptionsspektroskopie (DOAS) der Firma OPSIS

DOAS setzt ein naturwissenschaftliches Prinzip zur Identifizierung und Messung der Konzentrationen verschiedener Gase, die Adsorptionsspektroskopie (DOAS), ein. Sie beruht auf dem Lambert-Beer'schen Absorptionsgesetz, welches den Zusammenhang zwischen absorbierter Lichtmenge und der Anzahl Moleküle beschreibt. Aus dem Lichtspektrum absorbiert jedes Gas bestimmte Wellenlängen, so daß mehrere Gase simultan ohne Probenahme bestimmt werden können.

Versuchsanstellung

Das DOAS-Sende- und Empfangsgerät wurde am Rande von zwei Güllebecken mit der dazugehörigen Analysetechnik aufgebaut. Über diese Becken hinweg wurde auf der gegenüberliegenden Seite der erforderliche Reflektor für die Meßstrecke angebracht. Um einen Kontrollwert zu erhalten, wurde entgegen der Windrichtung ein zweiter Reflektor für eine Kontrollmeßstrecke aufgebaut. Die Station wurde zwischen den Reflektoren geschwenkt. Der Brüel&Kjaer-Multigasmonitor 1302 wurde an der Stirnseite in der Mitte der beiden Güllebecken aufgebaut, um so alle vier Meßpunkte ohne Unterbrechung erreichen zu können. Die Meßpunkte wurden entlang der Meßstrecke in 1 m Abstand von ihr und in gleichbleibenden Abständen zwischen den Meßpunkten gewählt. Um keine unnötigen versuchstechnischen Fehler zustande kommen zu lassen, wurde auch die Öffnung des Teflonschlauches für die Zuführung der Probeluft zum Multigasmonitor in der Höhe der Meßstrecke angebracht.

Ergebnisse

Die Ergebnisse sollen anhand des Gases Ammoniak dargestellt werden. Die Ammoniakkonzentrationen aus der Punktmessung folgen weitestgehend denen der DOAS-Messung (Abb. 11).

Bei starkem Seitenwind wäre allerdings ein Konzentrationsgefälle zwischen den Meßpunkten zu erwarten gewesen. Eine Gegenüberstellung der Meßverfahren läßt sich dann nur durch eine Mittelwertbildung der Ergebnisse der Meßpunkte erreichen, da auch das DOAS-System über die gesamte Strecke einen gewissen Mittelwert mißt.

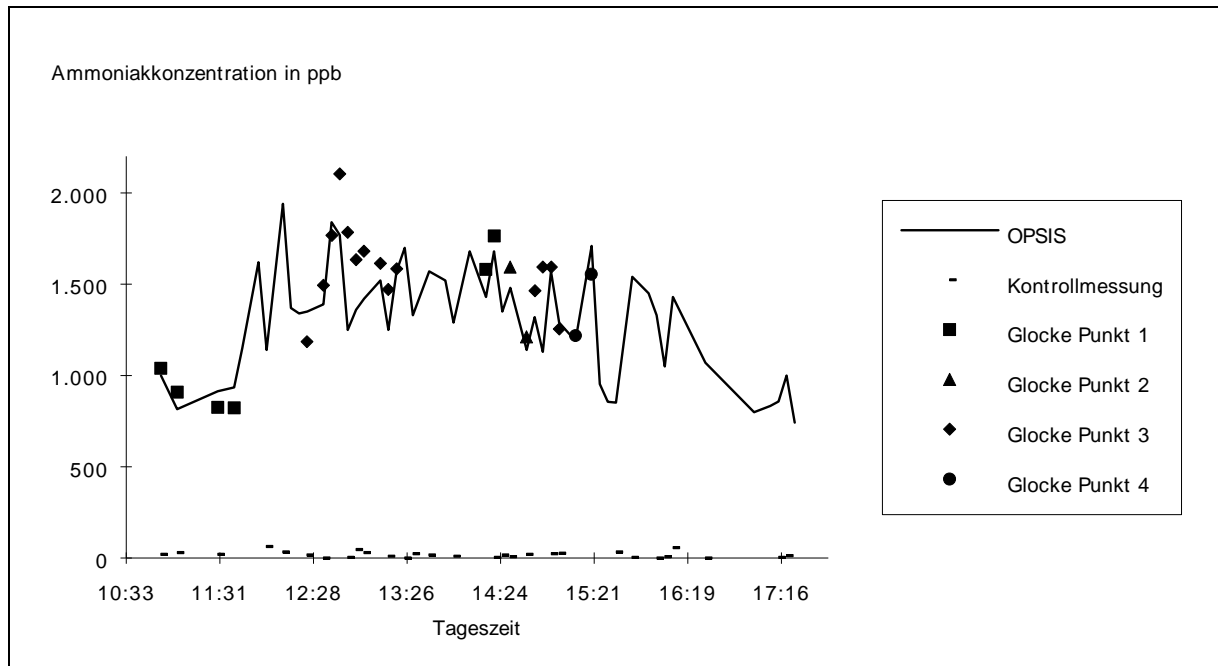


Abb. 11: Darstellung der Messergebnisse einer Vergleichsmessung bezüglich Spurengasen zwischen dem OPSIS-Streckenmeßverfahren und parallel zur Meßstrecke angeordneten Meßpunkten mit Analyse durch den Multigasmonitor 1302 von BRÜEL&KJAER anhand von Ammoniak

3.1.4.2. Vergleichende Messungen zwischen mehreren Multigasmonitoren 1302 von BRÜEL&KJAER

Versuchsanordnung

Von zwei Multigasmonitoren wurden über einen Zeitraum von 10 Stunden die Gase Ammoniak, Lachgas, Kohlendioxid und Methan gemessen. Die Luftproben wurden ohne Teflonschlauch unmittelbar am Gerät gezogen. Die Meßintervalle wurden auf 2 min eingestellt.

Ergebnisse

Vergleichsmessungen zwischen zwei BRÜEL&KJAER-Geräten zeigen eine sehr gute Übereinstimmung. Es sind Abweichungen von weniger als 5% zu verzeichnen (Tab. 5). Es kann also von einer sehr guten Vergleichbarkeit der Werte aus Messungen mittels verschiedener Multigasmonitore ausgegangen werden.

Tab. 5: Vergleich von Meßergebnissen von BRÜEL&KJAER-Geräten

Gase in ppm	Differenzen in ppm			durchschnittlich-prozentuale Ab- weichung zu den Absolutwerten
	maximal	mittel	minimal	
Ammoniak	0,60	0,30	0,00	1,00 %
Lachgas	0,10	0,02	0,00	0,05 %
Kohlendioxid	120,00	51,00	0,00	5,00 %
Methan	0,60	0,20	0,00	0,10 %

3.1.5 Betriebsdaten und Abdeckungen

In die Untersuchungen wurden 4 Betriebe einbezogen (Tab. 6). Das entscheidende Kriterium für die Auswahl der Betriebe war die Art der Güllebehälterabdeckung.

Um annähernd gleiche Gülleinhaltsstoffe sicherzustellen, wurden Betriebe ausgewählt, die

etwa gleiche Tieraltersgruppen hatten (Zuchtsauen, Ferkel und Läufer). Auf das vergleichbare Verhältnis zwischen Sauenanzahl und Ferkel-/Läuferanzahl wurde dabei geachtet, um möglichst gleiche Voraussetzungen für die Güllebeschaffenheit (Trockensubstanz) zu erhalten. Die Messungen wurden von Mai bis November 1996 durchgeführt.

Tab. 6: Charakterisierung der Betriebe

Betrieb	Tiere	Behälter	Abdeckung
A	500 Sauen 1800 Läufer / Ferkel 63 Jungsauen	2 Hochbehälter	Strohhäckselanschicht
B	700 Sauen 3000 Läufer / Ferkel	3 Hochbehälter	Granulatschüttung
C	1100 Sauen 3500 Jungsauen 4500 Läufer / Ferkel	3 Erdbecken	Schwimmfolie
D	572 Sauen 1600 Läufer / Ferkel	2 Erdbecken	Zeltdach

Strohhäckselabdeckung

Im Betrieb A standen für die Untersuchungen 2 Hochbehälter von 24 m Durchmesser zur Verfügung. Der erste Behälter diente als Kontrolle. Der zweite Hochbehälter wurde mit 4 kg Strohhäcksel pro m² Fläche abgedeckt (Foto 2; Anhang), indem das auf 4 cm verkürzte Häcksel mit einem Gebläse aufgebracht und anschließend untergemischt wurde. Für die Bestimmung der Wirksamkeit der Strohhäckselabdeckung wurden 8 Spurengas- und 3 Geruchstoffmessungen durchgeführt.

Pegültschüttungen

Im Betrieb B wurden Granulatschüttungen in Form von Pegülit R und Pegülit M in je einem Hochbehälter von 16 m Durchmesser eingesetzt. Ein dritter Behälter diente dem Vergleich der ermittelten Werte. Pegülit R ist ein weißes Naturgestein, dessen Schwimmfähigkeit durch Zusatz eines Additivs verstärkt wird. Seine Korngröße beträgt ca. 5 mm. Pegülit M enthält zudem einen feingemahlten Zusatz, der die Abdichtung der Gülleoberfläche zur Umwelt zusätzlich erhöht (Foto 3).

Beide Schüttungen wurden mittels Gebläse in einer Stärke von 10 cm auf die Gülleoberfläche aufgebracht und mit einem Mixer untergerührt, um eine gleichmäßige Verteilung des Materials zu gewährleisten. Durch die Vernetzung von Pegülit und Gülle entstand eine sehr kompakte und feste Abdeckung. Verwehungen der Substanzen waren im Versuchszeitraum nicht zu beobachten. Die im Folgenden dargestellten Ergebnisse basieren auf insgesamt 11 Spurengasmessungen und 6 Geruchstoffmessungen.

Schwimmfolie

Im Betrieb C wurde ein sehr großflächiges Erdbecken (100 m x 30 m) mit einer Schwimmfolie abgedeckt (Foto 4, Anhang). Die Schwimmfolie besteht aus ca. 8 mm starken Polyethylen (PE)-Dichtungsbahnen, die miteinander verschweißt sind. Die Folie ist in der Beckenwand mittels Dübel verankert, um ein Verschieben der Folie unter Windeinfluß zu verhindern. Für die Güllehomogenisierung sind 3 Öffnungen von 2,0 x 2,0 m vorhanden.

Für den Vergleich der Emissionswerte wurden zwei nicht abgedeckte Erdbecken genutzt. In die Datenauswertung wurden 8 Meßtage einbezogen. Eine Geruchsstoffbestimmung war nicht möglich, da die Meßkammer nicht innerhalb der Bedienungsöffnung auf die Gülle aufgesetzt werden konnte.

Zeltplane

Zwei Erdbecken mit einem Durchmesser von je 12 m wurden im Betrieb D mittels PE-Folie, die zeltähnlich über die Behälter gespannt wurde, abgedeckt (Foto 5, Anhang). Die Stabilität der Folie war durch untergespannte Drahtseile gesichert. Für die Untersuchungen wurde das Zeltdach eines Beckens (Kontrolle) entfernt.

Es wurden 10 Spurengasmessungen und 3 Geruchsstoffbestimmungen vorgenommen.

3.2 Ergebnisse

In den Betrieben standen für die Untersuchungen wie oben beschrieben mehrere Güllebehälter zur Verfügung. In die Ermittlung der Wirksamkeit der Abdeckungen wurden jeweils ein unabgedeckter Behälter und ein mit Abdeckung ausgestatteter Behälter innerhalb eines Betriebes einbezogen.

Für die Berechnung der Minderungsgrade bzw. Steigerungsrate (in %) durch Abdeckungen wurden die Anstiege a der Konzentrationen verschiedener Meßpunkte, die an einem Tag gewonnen wurden, nach folgender Formel ins Verhältnis gesetzt:

$$\text{Minderungsgrad} = (a_f - a_d) / a_f * 100$$

$$\text{Steigerungsrate} = (a_d - a_f) / a_d * 100$$

a_d = Anstieg an der Deckschicht des jeweiligen Meßpunktes

a_f = Anstieg eines deckschichtfreien Meßpunktes

3.2.1. Praktische Untersuchungen an unterschiedlich abgedeckten Güllebehältern in mehreren Unternehmen

Wirksamkeit der Strohhäckselabdeckung

Die auf den Behälter mittels Gebläse aufgebrachte Strohmenge von 4 kg / m² Oberfläche wurde einige Tage nach Aufbringen gut mit der Gülle gemischt. Vor dem Durchmischen lag das Strohhäcksel als lockere Schicht, die vom Wind an den Behälterrand gedrückt werden konnte, auf der Gülle auf.

In Tabelle 7 sind die durchschnittlichen Emissionsminderungen dargestellt. Die Abdeckung bewirkte eine durchschnittliche Emissionsminderung von etwa 80 % für Ammoniak und 84 % für Geruchsstoffe. Die Lachgas-, Kohlendioxid- und Methanfreisetzung wurde im Durchschnitt der Messungen lediglich um 13 %, 45% und 35 % reduziert.

Tab. 7: Mittlere Emissionsminderung bei Strohhäckselabdeckung

Gase	Emissionsminderung in %
Ammoniak	79,9

Lachgas	13,0
Kohlendioxid	45,3
Methan	35,3
Geruchsstoffe	83,8

Die Strohhäckseldecke variierte in Abhängigkeit vom Meßpunkt zwischen 5 und 15 cm. Tendentiell wurde mit Zunahme der Deckschichtdicke eine über dem Durchschnitt liegende Reduktion der Ammoniakemissionen bis 95 % festgestellt. Unabhängig von der Schichtdicke und dem Zeitpunkt des Mischens von Gülle und Häcksel gestaltete sich die Lachgasfreisetzung. Es wurden im Verlauf der Messungen sowohl Minderungseffekte von maximale 62 %, aber auch Erhöhungen der Lachgasemissionen bis zu 40 % ermittelt.

Wirksamkeit der Granulatschüttungen

Beim Aufbringen der Pegülit-Schüttungen wurde darauf geachtet, daß in beiden Versuchsbehältern Schichtdicken von 10 cm erreicht wurden.

Pegülit R bewirkte im Durchschnitt eine Verringerung der Ammoniakemissionen um 63 %, von Methan und Geruchsstoffe um 21 % bzw. 30 %. Für die Lachgasfreisetzung wurde eine Erhöhung um 44 % festgestellt (Tab. 8). Es ist jedoch zu berücksichtigen, daß am Gülleeinlaß die Schicht durch den Druck der einströmenden Gülle gerissen war. In diesem Bereich waren infolge dessen niedrigere Minderungen zu verzeichnen. Werden diese Meßwerte als Ausreißer betrachtet, erhöht sich die Emissionsminderung auf 85,9 % für Ammoniak bzw. 49 % für Geruchsstoffe. Die Emissionsminderung für Methan reduziert sich auf 31,7 %. Die Lachgas- und Kohlendioxidfreisetzung erhöht sich gegenüber der Kontrolle um 41,8 % bzw. 9,5 %.

Tab. 8: Mittlere Emissionsminderung bei Abdeckung durch Pegülit R und Pegülit M

Gase	Emissionsminderung in % bei Abdeckung durch	
	Pegülit-M	Pegülit R
Ammoniak	91,0	62,9
Lachgas	-57,7 *	-44,1 *
Kohlendioxid	28,0	2,1
Methan	85,2	20,8
Geruchsstoffe	93,0	30,0

* negative Zahlenwerte bedeuten eine Erhöhung der Emissionen

Durch Abdeckung mit Pegülit M konnten die Emissionen von Methan, Ammoniak und Geruchsstoffen um 85 bis 93 % reduziert werden. Die Lachgasfreisetzung pro m² Oberfläche wurde um etwa 58 % gesteigert.

Bei Schichtdickenmessungen wurde festgestellt, daß sich unter der 10 cm starken Deckschicht eine natürliche Schwimmschicht bis Dezember 1996 bis zu 30 cm bzw. bis Juni

1997 bis zu 80 cm gebildete hatte. Zu welchem Anteil diese Schwimmschicht zur Reduzierung der oben genannten Emissionen beitrug, kann an dieser Stelle nicht beantwortet werden. Um eine Erklärung für die Bildung der natürlichen Schwimmschicht unter Pegülit M zu finden, schlossen sich im Institut für Agrartechnik Bornim Untersuchungen zur Sedimentation der Gülle sowie zur Geruchsfreisetzung bei Abdeckung mit Pegülit an.

Der Effekt von Pegülit die Freisetzung von Geruchsstoffen und Spurengasen zu hemmen, ist zweifelsfrei nachgewiesen wurden. Es stellt sich jedoch die Frage, in welchem Umfang die Emissionen während des Homogenisierens der Gülle verstärkt werden. Ein Homogenisieren der Gülle ist zwingend erforderlich, um Sinkschichten aufzuwirbeln, Schwimmschichten zu zerstören und eine gleichmäßige Verteilung der Nährstoffe vor Ausbringung der Gülle zu erreichen. Für die Messungen wurde die Gülle in den Behältern 30 Minuten aufgerührt. Das Pegülit R wurde dabei vollständig untergemischt. Die kombinierte Pegülit M- und Schwimmschicht (bis 80 cm stark) wurde trotz intensiven Mischens nur auf etwa 5 % der Fläche zerstört. Die Geruchsstoff- und Spurengasmessungen erfolgten auf den deckschichtfreien Flächen 15 Minuten bis 4,5 Stunden nach Beendigung der Rührvorganges. Auf beiden Behältern setzte bereits während dieser Zeit die Schichtenbildung wieder ein. Für die Pegülit R-Schüttung wurde im Juni 1997 lediglich eine Schichtdicke von 2 cm gemessen.

Für die Darstellung der Emissionserhöhung wurden die Ausgangswerte für Geruchsstoffe, Ammoniak und Lachgas vor Homogenisierung gleich 1 gesetzt und das Vielfache der Abweichung der Meßwerte nach Homogenisierung bestimmt. Bei Reduzierung der Emissionen wurden die Meßwerte nach Homogenisierung als Ausgangswerte eingesetzt.

Die Freisetzung von Geruchsstoffen wurde durch den Homogenisierungsvorgang für den mit Pegülit M abgedeckten Behälter um den Faktor 27,8, für den mit Pegülit R abgedeckten Behälter um den Faktor 24 erhöht. Trotz dieser Steigerung wurden für Pegülit M um 71,2 % bzw. für Pegülit R um 62,5 % geringere spezifische Geruchsemissionen pro m² Fläche und Sekunde als aus dem unabgedeckten Behälter freigesetzt (Tabelle 9). Nach Homogenisierung wurden die Geruchsemissionen aus dem unabgedeckten Behälter reduziert.

Tab. 9: Spezifische Geruchsemissionen (GE / m² und s) vor und nach Homogenisierung der Gülle

	Geruchsemissionen GE / m ² und s	Faktoren
Pegülit M		
vor Homogenisierung	0,8	27,8
nach Homogenisierung	22,3	
Pegülit R		
vor Homogenisierung	1,21	24,0
nach Homogenisierung	29,06	
ohne Abdeckung		
vor Homogenisierung	85,9	- 1,1
nach Homogenisierung	77,5	

Die Faktoren der Emissionserhöhung bzw. -reduzierung für die Spurengase Ammoniak und Lachgas sind für den Zeitraum 1 Stunde bzw. 4,5 Stunden nach Homogenisierung in Tabelle 10 dargestellt. Die Messungen zeigen, daß aus dem mit Pegülit M abgedeckten und dem nicht abgedeckten Behälter die Ammoniakfreisetzung durch Homogenisierung erhöht wurde. Aus dem Pegülit R abgedeckten Behälter wurden infolge des Aufrührens die Ammoniakemissionen reduziert.

Die Pegülit M-Schüttung bewirkte 1 Stunde nach Homogenisierung zwar eine Erhöhung der Emissionen um den Faktor 16, aber bereits nach 4,5 Stunden war diese Erhöhung deutlich rückläufig (Faktor 4,8). Die Lachgasfreisetzung war nach 1 Stunde geringfügig vermindert (Faktor 1,1), nach 4,5 Stunden um das 2,6-fach erhöht.

Durch das Aufrühren der Gülle im Pegülit R abgedeckten Behälter wurde zwar nach 1 Stunde die Freisetzung von Ammoniak um das 5,8-fache reduziert, die Lachgasfreisetzung jedoch um das 19,9-fache erhöht. Diese starke Erhöhung der Lachgasemissionen ging bis 4,5 Stunden nach dem Aufrühren auf den Faktor 14,2 zurück.

Die deckschichtfreie Gülle emittierte 1 Stunde nach dem Homogenisieren das 2,9-fache an Ammoniak und 4-fache an Lachgas im Vergleich zum Ausgangswert von Homogenisierung.

Tab. 10: Emissionserhöhung bzw. -minderung nach Homogenisierung als Vielfaches zum Ausgangswert

	Ammoniak	Lachgas
Pgülit M		
1 Stunde nach Homogenisierung	16	-1,1 *
4,5 Stunden nach Homogenisierung	4,8	2,6
Pegülit R		
1 Stunde nach Homogenisierung	-5,8 *	19,9
4,5 Stunden nach Homogenisierung	-2,8 *	14,2
ohne Abdeckung		
1 Stunde nach Homogenisierung	2,9	4,0

* Minuswerte kennzeichnen eine Reduzierung der Emissionen

Wirksamkeit der Schwimmfolienabdeckung

Bei den Messungen zur Bestimmung der Wirksamkeit der Schwimmfolie wurde die Meßkammer sowohl bei dem unabgedeckten, als auch bei dem mit Schwimmfolie versehenen Behälter auf die Gülleoberfläche aufgestellt. Bei dem abgedeckten Becken wurden zu diesem Zweck eine Homogenisierungsöffnung genutzt, die über den gesamten Versuchszeitraum geöffnet war. Da spezielle Öffnungen fehlten, die ein Entweichen der sich unter der Folie gesammelten Gase ermöglichen, gelangten alle Ausgasungen über diese Öffnungen in die Umgebung. In Tabelle 11 ist die Emissionsminderung / -erhöhung auf 1 m² Fläche und auf die emissionswirksame Fläche des Beckens bezogen, ausgewiesen. Als emittierende Fläche wird bei dem nicht abgedeckten Becken 3000 m², bei dem abgedeckten Becken lediglich 12 m² wirksam.

Obwohl bei Abdeckung von Güllebehältern die Sauerstoffzufuhr ins Becken reduziert wird, war die Freisetzung von Methan, das speziell unter anaeroben Bedingungen gebildet wird, pro m² Güllefläche um 35 % vermindert. Lachgas und Kohlendioxidemissionen wurden um 45 % und 11 % erhöht. Durch die starke Reduzierung der emissionswirksamen Oberfläche ist für alle Gase eine Emissionsminderung von mehr als 99 % in diesem Betrieb möglich.

Tab. 11: Mittlere Emissionsminderung bei Schwimmfolienabdeckung

Gase	Emissionsminderung in %
------	-------------------------

	flächenbezogene spezifische Emission	Gesamtemission aus der Behälteroberfläche
Ammoniak	7,7	99,7
Lachgas	-45,3*	99,6
Kohlendioxid	-11,5*	99,7
Methan	35,3	99,9

* negative Zahlenwerte bedeuten eine Erhöhung der Emissionen

Wirksamkeit der Zeldachabdeckung

Um Gase abzuleiten, die sich infolge der mikrobiellen Abbauprozesse in der Gülle bilden, wurden in die Zeltfolie Löcher gestanzt. Über diesen Löchern wurde die Meßglocke auf die Folie aufgesetzt. Durch das Zeldach wurde die emissionswirksame Fläche von 113 m² auf 1 m² reduziert. Die Gesamtemissionen aus dem Behälter wurde um 96 % bis 99 % gesenkt (Tab. 12).

Tab. 12: Mittlere Emissionsminderung bei Zeldachabdeckung

Gase	Emissionsminderung in %	
	flächenbezogene spezifische Emission	Gesamtemission aus der Behälteroberfläche
Ammoniak	39,3	99,5
Lachgas	-22,5	98,4
Kohlendioxid	-7,7	98,5
Methan	-72,4	96,0
Geruchsstoffe		81,9

* negative Zahlenwerte bedeuten eine Erhöhung der Emissionen

Die Emission von Geruchsstoffen verminderte sich um 82 %. Ein Vergleich der flächenbezogenen spezifischen Emission ergab, daß sich infolge der Abdeckung die Methanproduktion in der Gülle erhöhte. Deren Freisetzung wurde um 72 % gesteigert. Ebenso wurden die Emissionen an Lachgas um 22,5 % und von Kohlendioxid um ca. 8 % erhöht

3.2.2. Experimentelle Untersuchungen im Labormaßstab

Die Untersuchungen im ATB beinhalteten Beobachtungen zum Sedimentationsverhalten sowie zur Geruchsstofffreisetzung aus einem unabgedeckten Behälter (Kontrolle) sowie je einem mit Pegülit R, mit Pegülit M und mit Strohhäcksel abgedeckten Behälter. Innerhalb des Versuchszeitraumes von 25 Tagen wurden am 9. Tage die Behälter homogenisiert, um den Verlauf der oben genannten Parameter nach dem Homogenisieren zu beobachten.

Absetzverhalten

Kontrollbehälter

Im Kontrollbehälter blieb über die gesamte Lagerdauer eine Schichtung in grobes und feines Sediment sowie Flüssigkeit bestehen. Eine Schwimmschichtbildung konnte nicht beobachtet werden. Die Homogenisierung am 9. Versuchstag (nach Spurengas- und Geruchsmessung) veränderte dieses prinzipielle Ablagerungsverhalten nicht (Abb. 12).

Strohhäcksel

Bei den experimentellen Untersuchungen bildeten Stroh und Güllefeststoffe eine starke Schwimmschicht, die zudem Gasblasen enthielt. Nach der Homogenisierung stellte das Gülle-Stroh-Gemisch über 24 Stunden einen durchgehend homogenen Stapel dar, am 11. Versuchstag begann die Trennung in grobes Sediment, Flüssigkeit und Schwimmschicht, die sich nach dem 18. Versuchstag nicht mehr veränderte (Abb. 13).

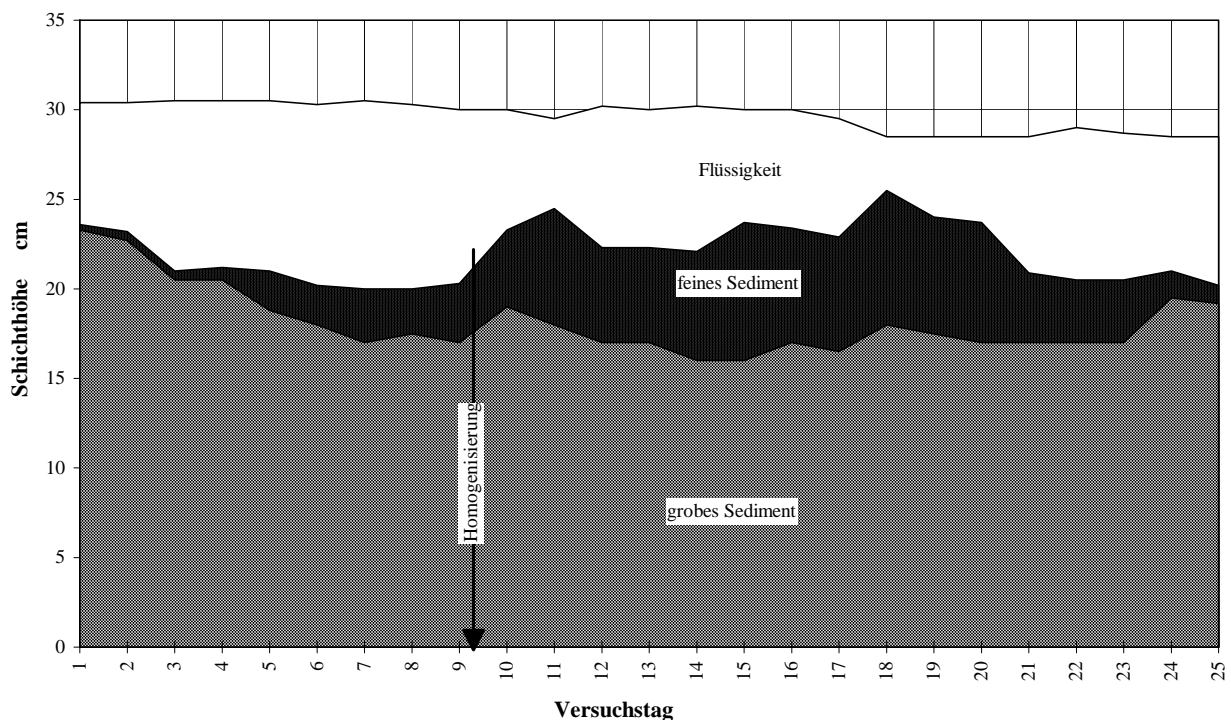


Abb. 12: Absetzverhalten von Schweinegülle im Kontrollbehälter

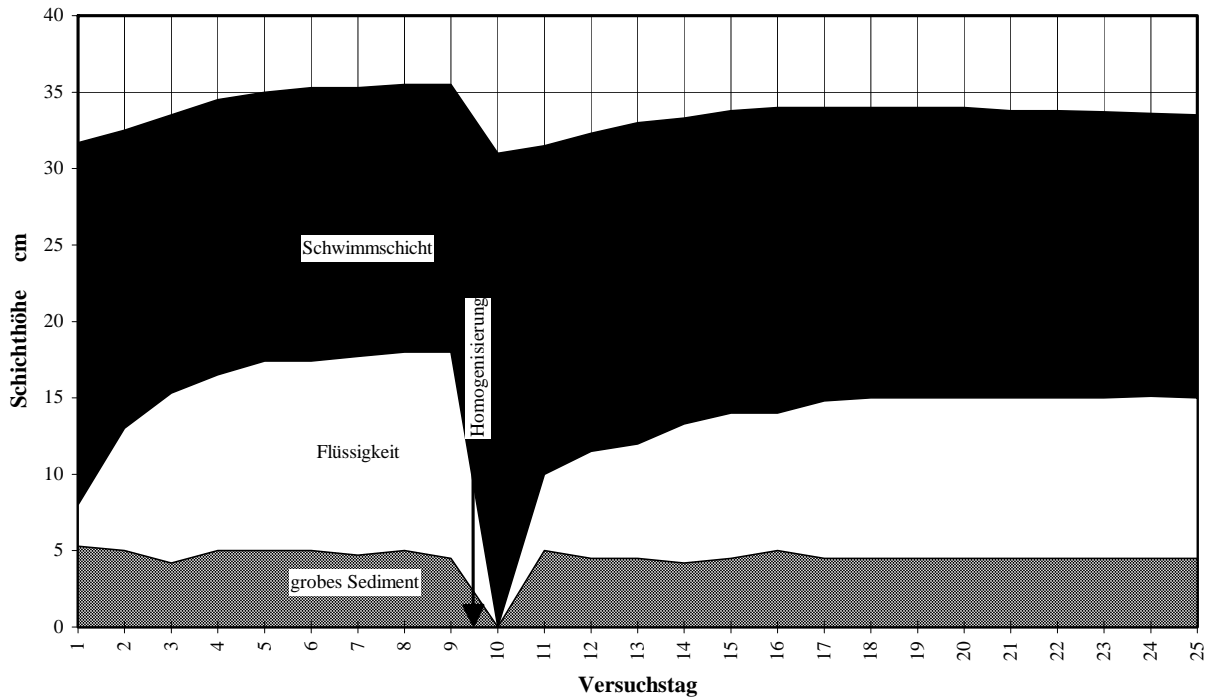


Abb. 13: Absetzverhalten von Schweinegülle bei Abdeckung mit Strohhäcksel

Pegülit

Die Gülle, die mit Pegülit R abgedeckt wurde, bildete ab 2. Versuchstag eine etwa 2-3 cm starke Schwimmschicht. Bemerkenswert ist, daß nach der Homogenisierung die Schwimmschicht unter der Abdeckung erneut entstand (Abb. 14). Pegülit R schwamm innerhalb weniger Stunden wieder vollständig auf. Die Abdeckung beinhaltete infolge des Vermischens von Pegülit und Gülle in geringem Umfang Güllebestandteile, die die Geruchsfreisetzung beeinflussten (Abb. 22; Anhang).

Im Unterschied zur Variante Pegülit R wurde die Schwimmschicht unter der Abdeckung mit Pegülit M durch die Homogenisierung aufgelöst (Abb. 15). Es bestand im wesentlichen eine Schichtung in grobes und feines Sediment, Flüssigkeit und Abdeckschicht. Wesentlich ist die Feststellung, daß Pegülit M rasch wieder an die Oberfläche aufschwamm.

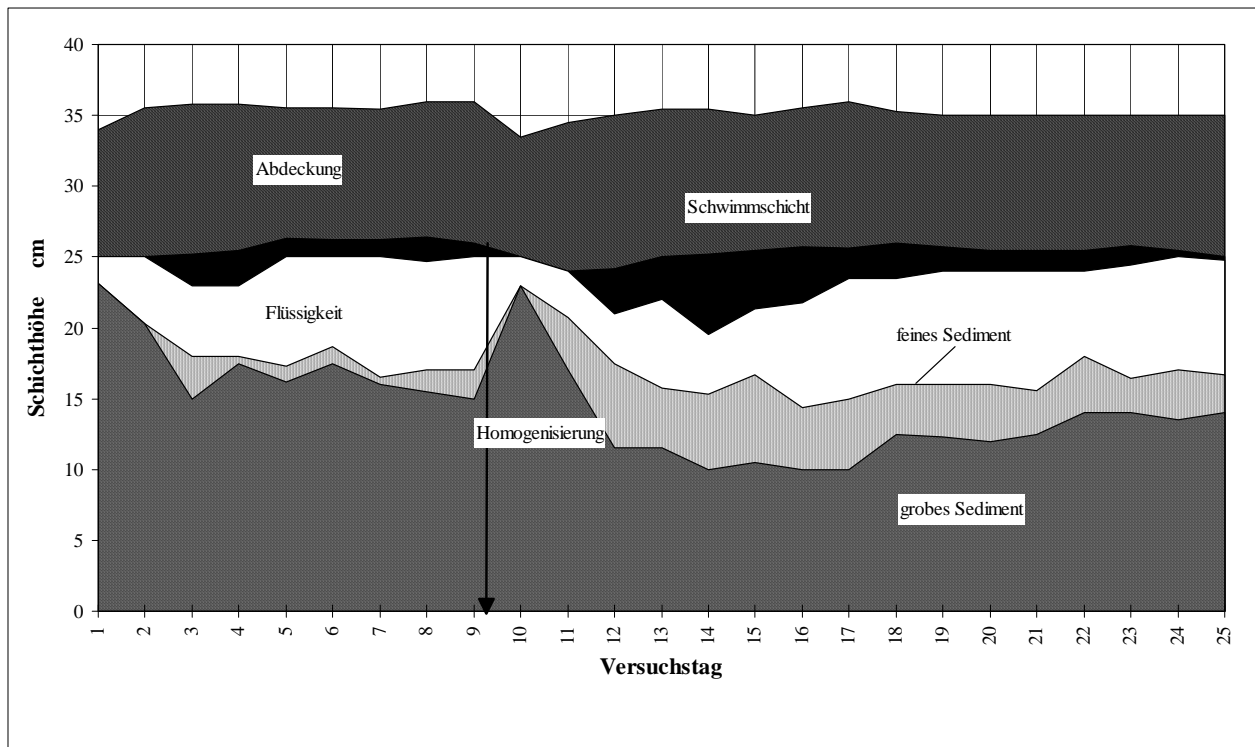


Abb. 14: Absetzverhalten von Pegülit R-abgedeckter Gülle

Geruchsstoffemissionen

Alle untersuchten Abdeckungen führten zu einer verminderten Geruchsstoffemission.

Vor der Homogenisierung lag die Kontrollprobe deutlich über den Versuchsvarianten, wobei auch die Strohabdeckung nach Ausbildung der Schwimmsschicht günstige Bedingungen für eine Geruchsminderung schuf. Nach der Homogenisierung emittierte aus dem Behälter mit Pegülit M ein stechender Geruch. Etwa 10 Tagen nach der Homogenisierung trat wieder eine höhere Geruchsstoffkonzentration über der Kontrollprobe auf. Am Versuchsende war durch Abdeckung und niedrige Temperaturen das Emissionsniveau niedrig, wobei die Pegülitte die Geruchsstoffemission deutlich reduzierte.

Der Vorgang des Homogenisierens wurde für die Ermittlung der mittleren Geruchsstoffminderung durch Abdeckungen herausgerechnet. Den höchste Effekt erreichte Pegülit R mit 74,9 % Reduzierung. Durch Strohhäcksel und Pegülit M war eine Minderung der Geruchsfreisetzung von 63,2 % bzw. 41,2 % zu verzeichnen.

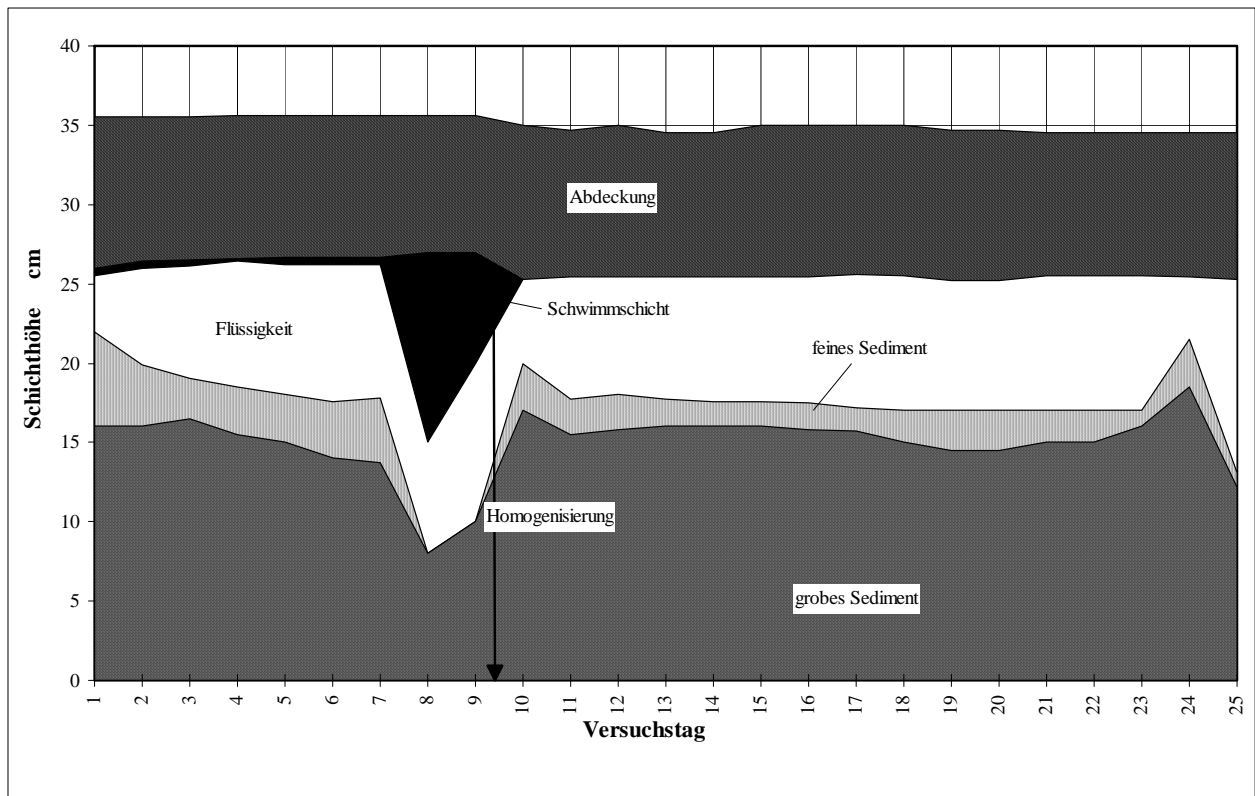


Abb. 15: Absetzverhalten von Pegülit M-abgedeckter Gülle

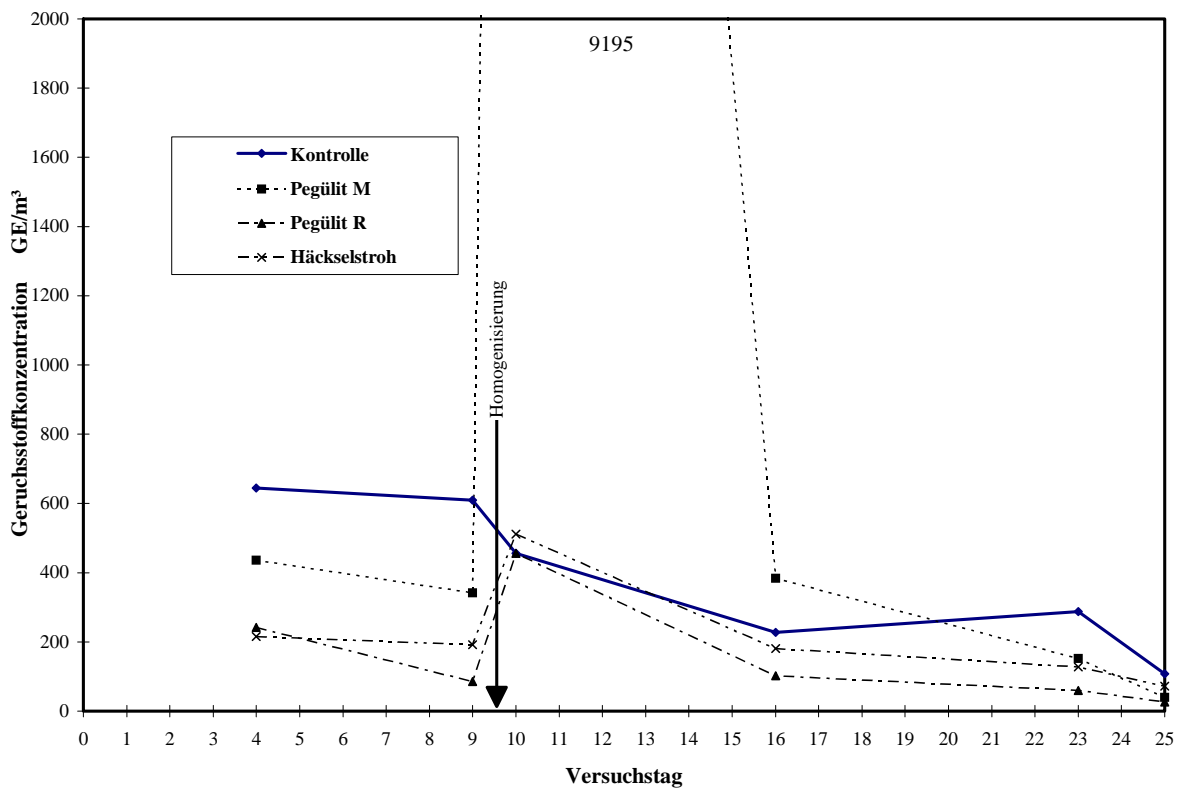


Abb. 16: Geruchsstoffkonzentration über Schweinegülle

3.3. Diskussion

Die Emissionen aus der Tierhaltung sind, wie im Abschnitt 1 dargestellt, vielfältiger Natur. Von Bedeutung sind in erster Linie Geruchs- und Ammoniakemissionen. Geruchsemissionen können zur Belästigung von Anwohnern führen, Ammoniakemissionen zur Überdüngung N-sensibler Gebiete.

Die Freisetzung der Spurengase ist in starkem Maße von den Gülleinhaltsstoffen und deren physikalischen Eigenschaften (z. B. Dichte, Dampfdruck und Diffusion) sowie von äußeren Faktoren (z. B. Temperatur, Windgeschwindigkeit) abhängig. Je mehr die Dichte eines Gases von der der Luft abweicht und je größer die Diffusionskonstante, um so rascher wird diese Substanz emittiert. Zu den schnell dividierenden Gasen gehört Ammoniak.

Die Temperaturabhängigkeit der Spurengasfreisetzung ist am besten für Ammoniak und Methan untersucht. Die Methanbildung findet in einem Temperaturbereich von 4 °C bis 60 °C statt. Untersuchungen zur Methangärung belegen, daß mesophile (etwa 35 °C) und thermophile (etwa 55 °C bis 60 °C) biologisch bedingte Optimalbereiche darstellen. Die Geschwindigkeit der Methanbildung ist im thermophilen Bereich etwa 2,5 mal höher als bei Temperaturen um 35 °C.

Versuche von DE BODE (1990) zeigen, daß die Ammoniakemissionen aus Güllelagern im Sommer etwa 3 mal höher sind, als im Winter. Bei einer Temperaturerhöhung steigt der Dampfdruck, die wäßrige Phase gibt Ammoniak ab; sinken die Temperaturen entsteht in der flüssigen Phase ein Sättigungsdefizit, die Emissionen nehmen ab (OLDENBURG, 1989).

Auch in den vorliegenden Untersuchungen ist mit steigender Außentemperatur bzw. der Gülletemperatur (bei 2 cm Einstechtiefe) eine Erhöhung des Anstieges der Ammoniakkonzentrationen zu beobachten. Die linearen Korrelationskoeffizienten betragen 0,47 bzw. 0,68 bei ungedeckten Behältern. Ähnliche Effekte wurden bei Rindergülle beobachtet (WANKA UND FLEISCHER, 1996). Die Anstiege der Ammoniakkonzentrationen waren über abgedeckte Behälter weniger von den Außentemperaturen abhängig. Der lineare Korrelationskoeffizient betrug 0,37.

Bei offener Lagerung von Gülle wird der Stoffaustausch mit zunehmender Windgeschwindigkeit gefördert, die Emissionen steigen. Der Windeinfluß wird durch Abdeckung der Oberflächen vermindert.

Im Bereich der Güllelagerung schätzt RATSCHOW (1994) das Minderungspotential für Ammoniak und Geruchsstoffe durch Abdeckung der Behälter auf 80 %.

In den vorliegenden Untersuchungen wurden in den Praxisbetrieben die Geruchsemissionen um 30 bis 93 % durch alternative Abdeckungen (Strohhäcksel, Pegulit) verringert. Die Ammoniakfreisetzung wurde um 63 bis 91 % reduziert. Feste Abdeckungen (Schwimmfolie, Zeltdach) erreichten Minderungen von über 95 %.

Strohhäcksel

Für die Wirksamkeit einer Strohhäckselstimmdecken ist die verwendete Strohmenge von großer Bedeutung. Wird zu wenig Stroh eingesetzt, kann es zum Zerreißen der Oberfläche kommen, der Effekt wird geschwächt. Beim Aufbau von stabilen Schwimmdecken ist somit darauf zu achten, daß mindestens 4 kg Stroh pro m² Oberfläche eingesetzt wird. Es ist entweder über die Vorgrube zuzugeben oder nach Aufbringen mit einem Gebläse gut unterzumischen. Nach Unterrühren des Strohs bildete sich ein Stroh-Gülle-Gemisch von

durchschnittlich 5 bis 15 cm Stärke aus.

Bei den Messungen haben sich Emissionsminderungen von durchschnittlich 84 % für Gerüche und von 80 % für Ammoniak ergeben. Untersuchungen in Weser-Ems (KOWALEWSKY, 1996) bestätigen diese Ergebnisse. Über Mastschweinegüllebehältern wurden die Geruchs- und Ammoniakkonzentrationen um 95 % bzw. 88 % verringert, die Strohhäckseldicke betrug in dieser Versuchsreihe jedoch etwa 20 cm. Die Auswirkungen auf die Geruchsfahne wurden wie folgt zusammengefaßt. Vor der Abdeckung war der Geruch aus dem Güllebehälter bis in eine Entfernung von 300 Metern, nach der Abdeckung nur noch bis 65 Meter wahrnehmbar.

Die Freisetzung von Lachgas, Kohlendioxid und Methan wurde weniger stark eingeschränkt. Das kann damit begründet werden, daß durch Abdeckung von Güllebehältern aerobe Prozesse, die für die Freisetzung von Ammoniak und Kohlendioxid verantwortlich sind, unterdrückt werden. Anaerobe Prozesse, bei welchen vorrangig Methan gebildet wird, überwiegen.

Durch die Abdeckung werden zudem Nitrifikations- und Denitrifikationsprozesse gefördert, die eine erhöhte Freisetzung von Lachgas zur Folge haben. In noch nicht veröffentlichten Untersuchungen des Forschungs- und Studienzentrums für Veredlungswirtschaft Weser-Ems wurden infolge Strohhäckselabdeckung erhöhte Lachgasemissionen beobachtet (KRESS, 1997).

Noch deutlicher wird der Wechsel zwischen aeroben und anaeroben Prozessen bei fester Abdeckung der Güllebehälter durch Schwimmfolie oder Zeltdächer. Bei der Diskussion dieser Ergebnisse soll auf die Veränderungen in den biologischen Prozessen der Gülle speziell eingegangen werden.

Unter Laborbedingungen wurden die Geruchsstoffemissionen "lediglich" um 63,2 % vermindert. Der Unterschied zu den Praxisuntersuchungen ist vermutlich darauf zurückzuführen, daß die Strohschwimmschicht stark von Güllepartikeln durchsetzt war.

Das Ausbringen der strohdurchsetzten Gülle kann bei Injektionstechnik mit engen Verteildüsen Probleme bereiten.

Nach dem Ausbringen sollte innerhalb kurzer Zeit neues Strohhäcksel in den Behälter eingebracht werden. Das setzt jedoch einen Füllstand von etwa 30 cm voraus.

Pegültschüttungen

Durch die Abdeckung mit Pegülit wurden sehr gute Emissionsminderungen erzielt. Es ist jedoch eine Abstufung der Wirksamkeit zu beobachten. Der Effekt der Pegülit R-Schüttung liegt im Mittel bei nur 30 % für Gerüche und 63 % für Ammoniak.

Ursache für diese im Vergleich zur Pegülit M-Abdeckung niedrigere Wirksamkeit ist die Entstehung von Rissen in der Abdeckung. Das Reißen der Oberfläche kann und muß durch Verlängerung des Gülleeinlaßrohres verhindert werden. Wird die Gülle tiefer in den Behälter eingeleitet, nimmt die Oberflächenbewegung ab, die Schicht bleibt geschlossen.

Die hohen Emissionsminderungen der Pegülit M-Abdeckung für Ammoniak und Geruchsstoffe liegen im Bereich von Ergebnissen, die an der Universität Kiel bzw. von der Landwirtschaftskammer Weser-Ems für Pegülit R ermittelt wurden. BLUME UND MANNEBECK (1991) beschrieben bei 10 cm starken Pegülitschichten Geruchsminderungsgrade von mehr als 87 %, für Ammoniak wurde eine Minderungsrate von ca. 90 % ermittelt.

Von Bedeutung für die Ermittlung der Gesamtemissionen aus der Güllelagerung ist der Umfang der Spurengas- und Geruchsfreisetzung nach Homogenisierung der Gülle. Das

Homogenisieren ist unentbehrlich, da sich während der Lagerung Schweinegülle entmischt, es bilden sich Sinkschichten und in Abhängigkeit von der Fütterung Schwimmschichten. Voraussetzung für eine pflanzenbedarfsgerechte Ausbringung ist eine gleichmäßige Nährstoffverteilung in der Gülle. Zudem müssen Sinkschichten aufgewirbelt werden, um ein restloses Entleeren sicherzustellen.

Der überdimensional hohe Anstieg der Geruchsfreisetzung aus dem mit Pegülit M abgedeckten Behälter nach Homogenisieren der Gülle im Laborversuch, hat sich im Praxistest nicht bestätigt. Aus beiden mit Pegülit abgedeckten Behältern wurde zwar eine 24- bis 28-fach höhere Geruchsemission ermittelt, jedoch lagen diese Werte um 62 bis 71 % niedriger als die spezifischen Geruchsemissionen aus dem unabgedeckten Hochbehälter.

Um die Freisetzung von Geruchsstoffen während des Homogenisierens zu begrenzen, sollte trotzdem die Gülle lediglich vor Ausbringung bewegt werden.

Die Pegülit schwimmdecken haben sich als nicht windanfällig erwiesen, d. h. es wurden im Versuchszeitraum keine Verwehungen beobachtet. Um Verlusten vorzubeugen, wurden zwei Forderungen berücksichtigt. Erstens wurden die Behälter mindestens einen Tag vor Ausbringung homogenisiert, um ein vollständiges Aufschwimmen der Substanzen zu gewährleisten. Zweitens verblieb etwa 40 cm Gülle im Behälter, ein Erfordernis, das sich insbesondere bei begrenzter Lagerkapazität nachteilig auswirken kann. Nach 10-monatigem Untersuchungszeitraum, in welchem die Güllebehälter einmal homogenisiert und entleert wurden, waren in beiden Versuchsbehältern keine Verluste zu verzeichnen. Die Schichtdicken wurden regelmäßig kontrolliert. Erst 13 Monate nach Versuchsbeginn wurde ein starker Rückgang der Schichtdicke von Pegülit R registriert, der auf Fehler beim Entleeren des Behälters im Frühjahr 1997 zurückzuführen ist.

Da sich unter Pegülit M eine bis zu 80 cm starke Schwimmschicht gebildet hatte, die in den anderen zwei Behältern (Kontrolle, Pegülit R) nicht auftraten, wurde unter Laborbedingungen das Sedimentationsverhalten der Gülle nach Abdeckung mit Pegülit ermittelt. Die Tendenz Schwimmschichten unter Pegülitabdeckung auszubilden, hat sich bestätigt. Im Unterschied zum Praxisversuch wurde jedoch unter Pegülit R eine natürliche Schwimmschicht beobachtet. Die Ursachen für die Schwimmschichtbildung bleiben zu klären. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, daß es erst dann zum Aufschwimmen von Feststoffen kommt, wenn diese ein niedrigeres spezifisches Gewicht als Wasser aufweisen.

Das Rühren und Homogenisieren bereitete bei beiden Pegülit schüttungen keine Schwierigkeiten, da die Schichten jederzeit von außen mit einem Rührwerk durchstoßen werden konnten.

Schwimmfolie

Der von OLDENBURG (1989) beschriebenen Windanfälligkeit von Schwimmfolien wurde durch das feste Verankern der Folie in der Seitenwand entgegengewirkt. Da sich die Folie der Behälterfüllhöhe anpaßt, blieben als emissionswirksame Oberfläche die Bedienungsöffnungen.

Durch den weitgehenden Sauerstoffabschluß wurden aerobe Bedingungen vermindert, anaerobe Prozesse überwogen. Statt Ammoniak wurde vermehrt Lachgas gebildet, so daß die flächenbezogene spezifische Emission von Lachgas pro m² Oberfläche stark erhöht war. Da die Bedienungsöffnungen jedoch nur 3 % der Gesamtoberfläche ausmachen, wurde die Emission aller untersuchten Spurengase um mehr als 99 % reduziert.

FRICKE (1992) ermittelte nach Schwimmfolienabdeckung eines Erdbeckens mit

Schweinegülle Emissionsminderungen für Ammoniak von 92 %.

Obwohl die Schwimmfolie in Bezug auf die Emissionsminderung insbesondere für die sehr großdimensionierten Erdbecken von Vorteil ist, ergaben sich schwerwiegende Nachteile bei der Bewirtschaftung des Beckens.

Seit Aufbringen der Folie wurde die Gülle erst einmal homogenisiert. Das Homogenisieren wird vom Betreiber aus folgenden Gründen als problematisch eingeschätzt:

- Es kann nicht mehr eingesehen werden, ob die Gülle richtig homogenisiert wurde. Eine ordnungsgemäße Homogenisierung ist jedoch Voraussetzung für die gleichmäßige Verteilung der Nährstoffe in der Gülle.
- Der Güllemixer der Firma Reck kann nur unter großen Schwierigkeiten in die vorgesehenen Öffnungen eingeführt und entnommen werden.
- In der Folie fehlen zusätzliche Öffnungen für das Abführen der sich gebildeten Gase. Da alle Bearbeitungsöffnungen auf einer Seite angeordnet sind und die Schwimmkissen sowie das sich auf der Folie angesammelte Wasser den Gasaustausch zwischen den Seiten behindern, wird die Folie bei warmen Außentemperaturen stark aufgebläht. Es liegt die Vermutung nahe, daß infolge der Erwärmung der Gülle die Bildung von Methan stimuliert wurde.

Von Vorteil ist, daß Regenwasser nicht in die Gülle gelangt. Zusätzliches Lagervolumen muß nicht bereitgestellt werden. Bisher wurde das sich auf der Folie sammelnde Wasser kontinuierlich abgepumpt. Der zusätzliche Arbeitsaufwand war minimal. Bei den im Winter 1995 / 1996 sehr kalten Außentemperaturen wurde keine Eisbildung unter der Folie beobachtet.

Zeltdach

Die Abhängigkeit der Gasbildung von der Sauerstoffzufuhr ist in Abbildung 17 dargestellt. Bei der Güllelagerung überwiegen anaerobe Umsetzungen, d. h. Reaktionen unter Sauerstoffausschluß. Lediglich an der Oberfläche sind sowohl anaerobe als auch aerobe Prozesse möglich.

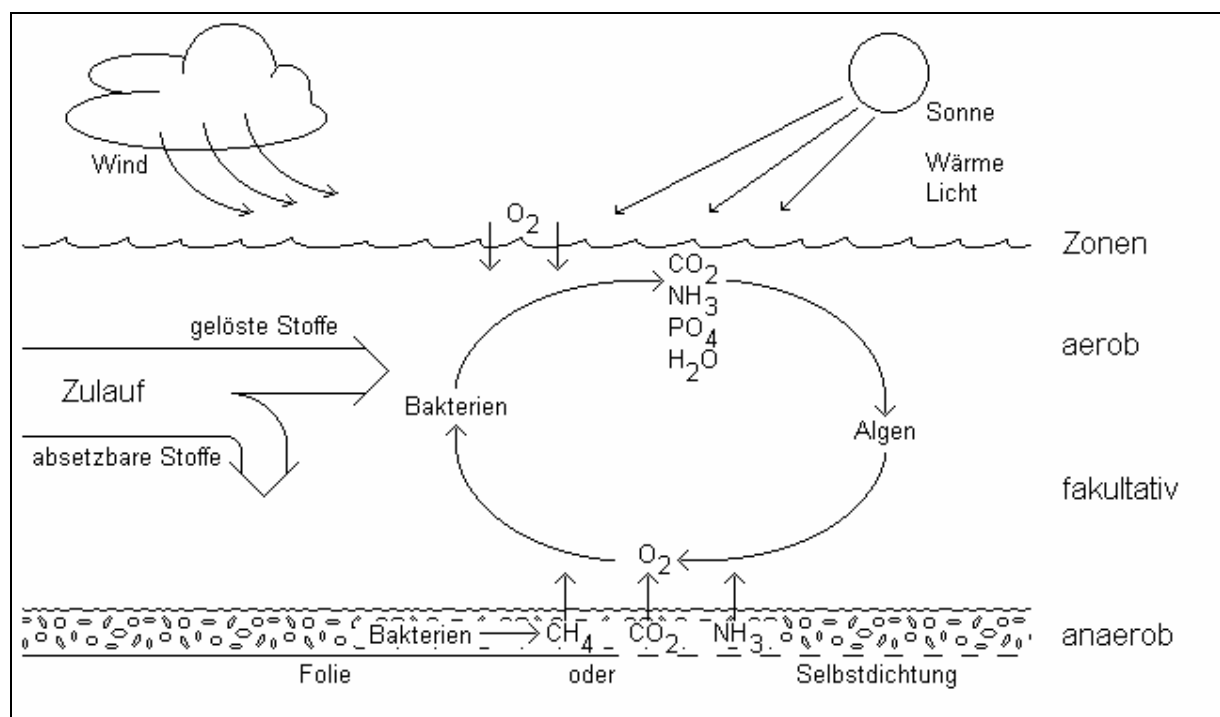


Abb. 17: Biologische Prozesse im Güllebehälter (RÜPRICH, 1980)

Während beim aeroben Abbau organischer Substanzen deren Umsetzung zu Ammoniak, Kohlendioxid und Wasser überwiegt, entstehen bei anaeroben Prozesse hauptsächlich Methan und Schwefelwasserstoff. Anaerobe Mikroorganismen bilden darüber hinaus infolge reduktiver Desaminierung von Aminosäuren Ammoniak und durch Reduktion von Nitrit und Nitrat Lachgas und Kohlendioxid.

Dieser Sachverhalt widerspiegelt sich in den flächenbezogenen spezifischen Emissionen. Infolge Abdeckung wird die Freisetzung von Methan, Lachgas und Kohlendioxid pro m² Oberfläche erhöht, die Ammoniakfreisetzung reduziert. Bezogen auf die gesamte Behälteroberfläche reduzierten sich die Spurengasfreisetzungen im Praxisbetrieb um 96 % bis 99 %

Dieser Effekt ist größtenteils auf die Einschränkung meteorologischer Einflüsse, insbesondere des Windes, auf die Gülleoberfläche zurückzuführen. Der Gasaustausch wird behindert und es stellt sich ein konstanter Gaspartialdruck über der Oberfläche ein. Die Diffusion der Gase aus der Gülle wird gemindert.

Die in den Untersuchungen ermittelte Wirksamkeit der Zeltdachabdeckung entspricht Ergebnissen von OLDENBURG (1989).

Jede Abdeckung hat zum Ziel die Emissionen aus den Güllelagern zu verringern. Entscheidend für den Landwirt ist neben dem Nutzen der Abdeckung, der sich im höheren Düngewert manifestiert, der Kostenaufwand.

Die Kosten der verschiedenen Abdeckungen sind in Tabelle 13 aufgezeigt. Je kompakter die Abdeckung, desto höher fällt der Materialpreis aus. Eine Kosten-Nutzen-Analyse zeigt, daß einem Mehraufwand von 3 bis maximal 8 DM / m² und Jahr für ein Zeltdach im Vergleich zur Strohhäcksel- oder Pegülitabdeckung eine erhöhte Emissionsminderung von maximal 20 % sowohl für Gerüche als auch für Ammoniak gegenübersteht.

Tab. 13: Kosten verschiedener Güllebehälterabdeckungen

Art der Abdeckung	Emissionsminderung		Geschätzte Nutzungsdauer Jahre	Kosten DM / m ² Oberfläche	
	Geruchsstoffe %	Ammoniak %		Investitionen	pro Jahr
Strohhäcksel	83,8	79,9	0,5	0,5	1
Pegülit M	93,0	91,0	10	20 - 30	2 - 3
Schwimmfolie	85* - 95*	99,9	10	30 - 80	3 - 8
Zeltdach	82 - 99*	99,5	12 - 15	60 - 110	4 - 9

* Literaturwerte

4. Zusammenfassung und Empfehlungen

Jedes Unternehmen ist laut Bundes-Immissionsschutzgesetz verpflichtet, umweltgerecht zu produzieren. Auch landwirtschaftliche Betriebe unterliegen dieser Forderung, da die landwirtschaftliche Produktion durch die pflanzliche Erzeugung nicht nur Kohlendioxid bindet, sondern auch für die Freisetzung von Spurengasen, so z. B. Kohlendioxid, Methan,

Lachgas und Ammoniak, verantwortlich ist.

Die wirksamste Art der Emissionsminderung ist die Vermeidung oder Verringerung der Entstehung dieser Gase. Im Bereich der Tierhaltung ist durch proteinreduzierte, leistungsgerechte Fütterung der größte Effekt zu erreichen, da der Stickstoffgehalt in den Exkrementen verringert wird. Auch der umweltgerechten Lagerung und Verwertung von Wirtschaftsdüngern kommt eine nicht unbedeutende Rolle zu.

Um die Freisetzung von Spurengasen bei der Lagerung von Schweinegülle zu begrenzen, schrieb das Sächsische Staatsministerium für Umwelt und Landesentwicklung in seinem Erlaß vom 23.06.1994 vor, daß Alt- und Neuanlagen zur Lagerung von Gülle mit einem Fassungsvermögen von 2.500 m³ und mehr mit einer festen Behälterabdeckung zu versehen sind.

Ziel der vorliegenden Untersuchungen war es, die emissionsmindernde Wirkung von verschiedener Abdeckungen über Schweinegüllebehältern zu ermitteln.

Zu diesem Zweck wurde in den Praxisbetrieben eine Glockenmethode angewandt, bei welcher die Anreicherung von Ammoniak, Lachgas, Kohlendioxid und Methan in einer Kammer bestimmt wurde. Durch wechselweises Aufsetzen der Kammer auf verschiedene Abdeckungen wurden relative Emissionsminderungen berechnet.

Bei den Geruchsstoffbestimmungen in den Praxisbetrieben sowie bei den experimentellen Untersuchungen im Institut für Agrartechnik Bornim e.V. wurde der Windeinfluß besser simuliert, indem in die Meßkammer bzw. die abgeschlossenen Probebehälter Frischluft gepumpt wurde. Die Konzentrationsmessungen erfolgten aus dem Spurengas-Normalluft-Gemisch.

Folgenden Abdeckungen wurde in den Praxisbetrieben bzw. unter experimentellen Bedingungen im Vergleich zu schwimmschichtfreien Gülleoberflächen getestet:

- strohhäckselverstärkte Schwimmschicht
- Granulatschüttungen
- Schwimmfolie
- Zeltdach.

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, daß alternative Abdeckungen über gute emissionsmindernde Wirkungen verfügen.

In den Praxisbetrieben wurden für Ammoniak Minderungsgrade von durchschnittlich 80 % bei Strohhäckselaufbringung sowie von 63 % bzw. 91 % bei Pegülit R- bzw. Pegülit M-Abdeckung bestimmt. Dem stehen Minderungen von über 99 % durch Schwimmfolie und Zeltdach gegenüber.

Die mittlere Geruchsstofffreisetzung wurde in der Reihenfolge Strohhäcksel-, Pegülit R-, Pegülit M- Abdeckung um 84 %, 30 % und 93 % reduziert.

Bei den experimentellen Vergleichen im Labor führten alle untersuchten Abdeckungen zu einer verminderten Geruchsstoffemission. Die Minderungseffekte lagen, bedingt durch den Versuchsaufbau, nicht auf dem hohen Niveau der Praxisversuche. Wird der Prozeß des Homogenisierens ausgeklammert, bei welchem aus dem Pegülit M abgedeckten Behälter ein stark stechender Geruch emittierte, wurden die Geruchsstoffemissionen um 63,2 % bei Strohhäcksel-, um 74,9 % bei Pegülit R und um 41,2 % bei Pegülit M-Abdeckung reduziert.

Durch die Abdeckung der Güllelagerstätten entstehen den Betrieben zusätzliche Kosten. Es

sollte entsprechend BImSchG die Verhältnismäßigkeit einer Maßnahme berücksichtigt werden.

Durch alternative Abdeckungen wie Pegülit und Strohhäcksel wurden wie oben beschrieben in den Betrieben zwischen 30 und 93 % der Geruchsstoff- und 63 bis 91 % der Ammoniakfreisetzung reduziert. Durch Zeldach- oder Schwimmfolie wurde eine Reduzierung der Geruchs- und Ammoniakemissionen von 99 % ermittelt.

Diesem erhöhten Minderungspotential stehen höhere Kosten von 40-80 % pro m² Gülleoberfläche gegenüber.

In Auswertung der vorliegenden Ergebnisse wird vorgeschlagen, die Entscheidung, welche Abdeckung für einen Güllebehälter erforderlich ist, in Form einer Einzelfallprüfung für jeden Betrieb, d. h. in Abhängigkeit vom Standort, zu treffen.

Befinden sich die Güllelager außerhalb der durch die TA-Luft vorgeschriebenen Mindestabstände zur Wohnbebauung, sollte auf eine feste Abdeckung verzichtet werden. Es könnten natürliche Schwimmdecken, die durch Stroh- oder Rindergüllezugaben entstehen und eine Emissionsminderung für Gerüche bzw. Ammoniak von mehr als 50 % bewirken, zugelassen werden.

Bei Unterschreitung des Mindestabstandes nach TA-Luft aber einem leeseitigen Standort der Wohnbebauung zur Tierhaltung sollten Abdeckungen vorgeschrieben werden, die eine Emissionsminderung von etwa 80 % für Gerüche und Ammoniak erreichen. Die Abdeckung der Behälter könnte in Form von Granulatschüttungen oder Schwimmfolie erfolgen.

Bei kritischen Standorten, z.B. bei Unterschreitung der Mindestabstände und einem luvseitigen Standort der Wohnbebauung zum landwirtschaftlichen Betrieb sowie Vorliegen von Beschwerden wegen Geruchsbelästigungen, sollte die feste Abdeckung der Behälter in Form von Zeltdächern oder Schwimmfolien beibehalten werden. Emissionsminderungen von mehr als 95 % insbesondere für Gerüche sollten gefordert werden.

5. Literatur

AHLGRIMM, H-J.:

Beitrag der Landwirtschaft zur Emission klimarelevanter Spurengase - Möglichkeiten zur Reduktion?; Landbauforschung Völkenrode 45, 4, 1995, 191-204

AID (Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten):

Gülle - ein wertvoller Wirtschaftsdünger, 1991

BAADER, W.; BARDTKE, D.; GRABBE, K. und TIETJEN, C.:

Behandlung tierischer Exkrememente; In: STRAUCH, D.; BAADER, W. und TIETJEN, C.: Abfälle aus der Tierhaltung; Eugen-Ulmer-Verlag, Stuttgart, 1977, 76-157

Blume, B.; Mannebeck, H.:

Emissionsminderung bei Güllebehältern durch Abdecken mit Pegülit; Forschungsbericht 1991

DLG-Mitteilung:

Bessere Luft mit kalter Gülle; 3/1995, 7

Enquete-Kommission "Schutz der Erdatmosphäre" des Deutschen Bundestages, 1990

Enquete-Kommission "Schutz der Erdatmosphäre" des Deutschen Bundestages, 1992

FRICKE, W.:

Das Aus für dicke Luft über Gülle-Erdbecken; Agrar-Übersicht 4, 1992

HARTUNG, E.:

Entwicklung einer Meßmethode und Grundlagenuntersuchungen zur Ammoniakfreisetzung aus Flüssigmist; Universität Hohenheim, Dissertation, 1995

HEEGE, J. :

Prüfbericht: Wirkung künstlicher Schwimmdecken auf Güllebehältern,

ISERMANN, K.:

Agricultures share in the emission of trace gase affecting the climate and some cause-oriented proposals for sufficiently reducing this share; global climate conference, Bad Dürkheim, 1992

KOWALEWSKY, H. H.:

Ein Stroheckel für den Güllebehälter; top agrar 2/1996, 122-125

KRESSE, M.:

mündliche Mitteilung; 1997

MUNACK, A.:

Landwirtschaft und Umwelt - Technische Beiträge für ein besseres Miteinander; Landbauforschung Völkenrode 1/1996, 18 - 32

METZGER, H. J.:

Umweltverträgliche Gülleaufbereitung und -verwertung; KTBL-Schrift "Umweltverträgliche Gülleaufbereitung", 1993

OLDENBURG, J.:

Abdeckung von Flüssigmistbehältern; KTBL Arbeitsblatt 1083, 1989

PRINN, R. D.: Atmospheric emissions and trends of nitrous oxide deduced from 10 years of ALE-GAGA data; J. Geophys.Res. 95, 1990, 18369-18385

RATSCHOW, J.-P.:

...damit die Gülle weniger stinkt; DGS 7/1994, 20-24

RÜCKERT, V.:

Mikrobiologische Untersuchungen zur aeroben und anaeroben Flüssigmistbehandlung; Universität Hohenheim, Dissertation, 1991

SÄCHSISCHER AGRARBERICHT 1995: Sächsisches Staatsministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten, Dresden 1996

SCHUCHARDT, F.

Emissionen umweltwirksamer Spurengase aus der Landwirtschaft, Reduktionspotentiale in der Flächennutzung, DLG Arbeitsunterlagen 1996

UMK-AG- Stickstoffminderungsprogramm:

2. Zwischenbericht der Umweltministerkonferenz-Arbeitsgruppe-
Stickstoffminderungsprogramm; Niedersächs. Umweltministerium, 1995

UBA:

Umweltbundesamt, Emissionen der Treibhausgase Distickstoffoxid und Methan in
Deutschland; Berichte 9/1993

WALTER, A.:

Verfahren zur Emissionsmessung klimarelevanter Gase; Interdisziplinärer Workshop,
Hohenheim, 1994

WANKA, U. und FLEISCHER, P.:

Abschlußbericht "Untersuchungen zur Wirksamkeit von Güllebehälterabdeckungen zur
Reduzierung von Emissionen", Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich
Tierzucht, Fischerei und Grünland, Köllitsch, 1996

6. Anhang



Foto 1: Versuchsbehälter zur Bestimmung der Geruchsstofffreisetzung und des

Sedimentationsverhaltens von Gülle (im Vordergrund links: Strohabdeckung,; rechts Pegülit R)



Foto 2: Abdeckung des Güllebehälters durch Strohhäcksel im Betrieb A



Foto 3: Abdeckung des Güllebehälters durch Pegülit M im Betrieb B



Foto 4: Abdeckung des Güllebehälters durch Schwimmfolie im Betrieb C



Foto 5: Abdeckung des Güllebehälters durch ein Zeltdach im Betrieb D