

Emissionsminderung durch natürliche Schwimmschichten bei der Lagerung von Rindergülle und -gärrest in Altanlagen



63. Biogas – Fachtagung Thüringen am 19. November 2025 in Apfelstädt

Projekt „Schwimmschicht“

Einfluss der natürlichen Schwimmschicht auf die Emissionen offener Gülle- und Gärrestlagerbehälter

Gliederung

- I Gesetzliche Grundlagen der Gülle- und Gärrestlagerung - TA Luft (2021) und Auswirkungen auf die landwirtschaftlichen Betriebe in Sachsen
- I Vorstellung der Ergebnisse aus dem **Projekt „Schwimmschicht“**
„Einfluss der natürlichen Schwimmschicht auf die Emissionen bei der Lagerung von Rindergülle und -gärrest in offenen Behältern“

Gülle/Gärrestlagerung - Genehmigungsbedürftigkeit

4. BImSchV - Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen

Anlagen der Nr. 7.1



- Anlagen zum Halten oder zur Aufzucht von Nutztieren

TA Luft Nr. 5.4.7.1



Anlagen der Nr. 9.36



- Anlagen zur Lagerung von Gülle oder Gärresten

TA Luft Nr. 5.4.9.36



Anlagen zur Lagerung von Gülle oder Gärresten mit einer Lagerkapazität von 6.500 m³ oder mehr

(Verfahrensart V - Vereinfachtes Genehmigungsverfahren nach § 19 BImSchG (ohne Öffentlichkeitsbeteiligung))

Gülle- und Gärrestlagerung

Emissionsminderung von Geruchsstoffen und Ammoniak nach TA Luft (2021):

I Neubehälter: 90 %

I Altbehälter: 85 % , TA Luft (2002): 80 %



Natürliche Schwimmdecken sind
nicht explizit ausgeschlossen!

Allgemeine Sanierungsfrist bis 01.12.2026 !

TA Luft Nr. 5.4.7.1

- Anlagen zum Halten oder zur Aufzucht von Nutztieren

Neubau von Gülle-/Gärrestbehältern

BAULICHE UND BETRIEBLICHE ANFORDERUNGEN

- j) Andere Maßnahmen
(Strohhäckseldecken,
Granulate oder
Füllkörper
- vgl. Tabelle 19
der VDI 3894 (2011))
sind ausgeschlossen.

Tabelle 19: Spanne der Emissionsminderung (%) durch verschiedene Abdeckungen für Flüssigmistbehälter

Art der Abdeckung	Minderung gegenüber nicht abgedeckten Behältern (%)		
	Rindergülle	Schweinegülle	Bemerkungen
Natürliche Schwimmdecke	30 bis 80 ^{a)}	20 bis 70 ^{a)}	geringe Wirksamkeit in Betrieben mit häufiger Gülleausbringung Anstieg von Lachgas-Emissionen möglich
Strohhäcksel	- ^{b)}	80 ^{c)}	Regelmäßige Kontrolle der Dicke und Vollständigkeit der Strohschicht; eine zerstörte Strohschicht ist unverzüglich wiederherzustellen geringe Wirksamkeit in Betrieben mit häufiger Gülleausbringung Anstieg von Lachgas-Emissionen möglich
Granulate, Schwimmkörper	- ^{b)}	80 bis 90	Ausgleich von Materialverlusten erforderlich Anstieg von Lachgas-Emissionen möglich
Schwimmfolie	- ^{b)}	80 bis 90	bei großflächigen Lagerbehältern hoher Aufwand für das Aufbringen der Folie
Zelt	- ^{b)}	>85	Emissionen durch windinduzierten Pumpeffekt bei elastischer Zeltdachkonstruktion
Beton oder andere feste Abdeckung	irrelevante Emissionen		

a) je nach Ausprägung (Dicke, Dichtheit und Bedeckungsgrad) der Schwimmdecke

b) In der Regel ist bei Rindergülle eine natürliche Schwimmdecke vorhanden; zusätzliche Abdeckungsmaßnahmen sind nicht erforderlich.

Emissionsminderung von Geruchsstoffen und Ammoniak :



- belästigend
- in der Regel nicht gesundheitsgefährdend



- umweltrelevant
- Nährstoffeintrag in Ökosysteme (Eutrophierung)
- trägt durch Umsetzungsprozesse zur Bodenversauerung und indirekten Lachgas-Emission bei
- an Feinstaubbildung beteiligt (gesundheitsbelastend)

Gülle- u. Gärrestlager in der Praxis

- ALTANLAGEN - offene Behälter

Rechteckbehälter 42 x 20 m



Rechtecktrapezbehälter 110 x 21 m



Rundbehälter Ø 24 - 40 m



Betroffenheit: ca. 1.000 Behälter in Sachsen!

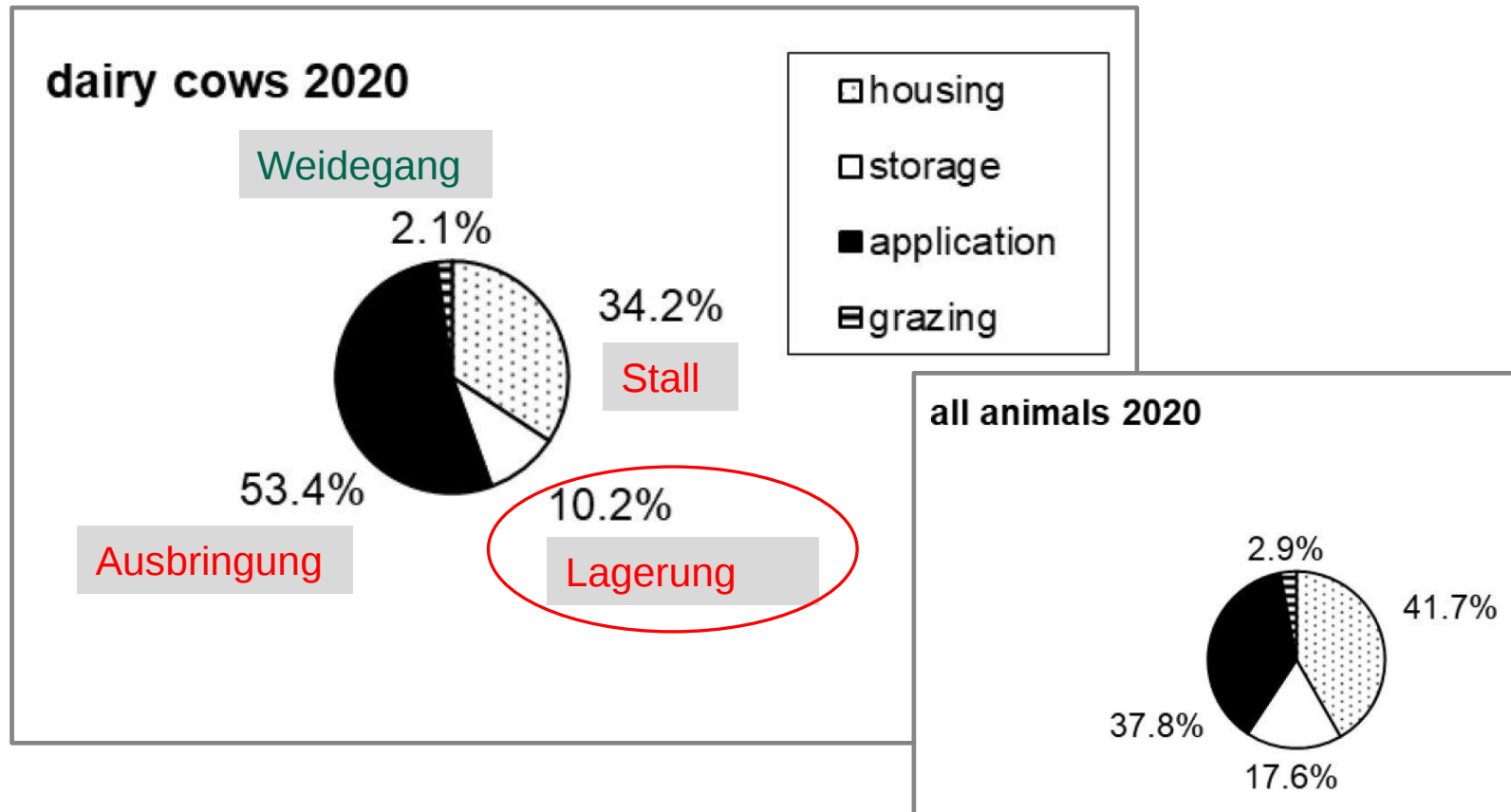
**Investitionsbedarf (geschätzt):
75 - 100 Mio. EUR**

Ammoniakemissionsquellen

Thünen-Report 91 (2022):

Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 – 2020:
Report zu Methoden und Daten (RMD) Berichterstattung 2022

Verteilung der NH_3 -Emissionen bei der Milchproduktion im Jahr 2020



Behälterabdeckungen nach TA Luft

Zeltdach:
(nicht gasdicht!)

- Nachrüstung schwierig
- technische Machbarkeit
- Verhältnismäßigkeit prüfen
- verhindert Eintrag Niederschlagswasser (höheres Nutzvolumen)
(mind. 10 cm Freiboard)
- veränderte Windangriffsfläche - windinduzierter Pumpeffekt möglich
- Erwärmung des Luftraums über Gülle



kaum Messungen zur Emissionsminderung von Zeltdächern vorhanden

feste Abdeckung: - Betondecken

Behälterabdeckungen nach TA Luft

Schwimmkörper: - z.B. Hexacover

Schwimmfolien: - Haltbarkeit

- Windlasten

- Niederschlagswasser abpumpen, Eisbildung auf der Folie

- Homogenisierung der Gülle/Gärrest schwierig

- kaum Erfahrungen zur Haltbarkeit von Schwimmfolien
in Verbindung mit Rindergülle, die Schwimmschichten ausbildet

Erfahrungen vor allem bei Gülle/Gärrest
mit geringer Trockensubstanz

Granulate: - Blähton

- Perlit

10 cm dicke Schicht

Strohhäcksel: - 5 kg/m²

10 cm dicke Schicht

VDI 3894-1

Projekt „Schwimmschicht“

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Einfluss der natürlichen Schwimmschicht auf die Emissionen bei der Lagerung von Rindergülle und -gärrest in offenen Behältern

in Zusammenarbeit mit der

Staatlichen **B**etriebsgesellschaft für **U**mwelt und **L**andwirtschaft (BfUL)

GB 2: Immissions- und Strahlenschutz

Fachbereich 24: Emissionsmessungen, Referenz- und Kalibrierlabor

- Projektziele:
- Untersuchung der emissionsmindernden Wirkung natürlicher Schwimmschichten bei der Lagerung von Rindergülle und -gärrest
 - Analyse von Einflussfaktoren auf die Bildung natürlicher Schwimmschichten

Projektlaufzeit: Dezember 2023 bis März 2025



Projekt „Schwimmschicht“

- Messung an:
- 7 Lagerbehälter → 4 Rindergülle - Rundbehälter
 - 3 Rindergärrest - 1 Rechteck-, 2 Rechtecktrapezbehälter
- Messumfang:
- 29 Messtage zu verschiedenen Jahreszeiten (Sommer, Winter, Übergangszeit)
- Messung der Gase:
- **Ammoniak**, Methan, Lachgas, Kohlendioxid
- Messtechnik:
- FTIR - Infrarotspektrometer (Fa. Bruker) und Messhaube →
- weitere Erfassung:
- **Schwimmschichtdicke und -zustand, Geschlossenheit** (Drohnenfotos)
 - **Gülle-/ Gärresttemperatur**
 - Behälterfüllstand, mobile Wetterstation
 - Analyse von Gülle-/Gärrestproben
 - Analyse von Geruchsproben



Aufbau der Messtrasse

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Rundbehälter Ø 26 m



Rechtecktrapezbehälter 29 x 65 m

Aufbau der Kunststoff-Messhaube

Durchmesser: 30,5 cm

Höhe: 11,4 cm



Gummikragen zur
Abdichtung

Beschwerung durch
Gewichte

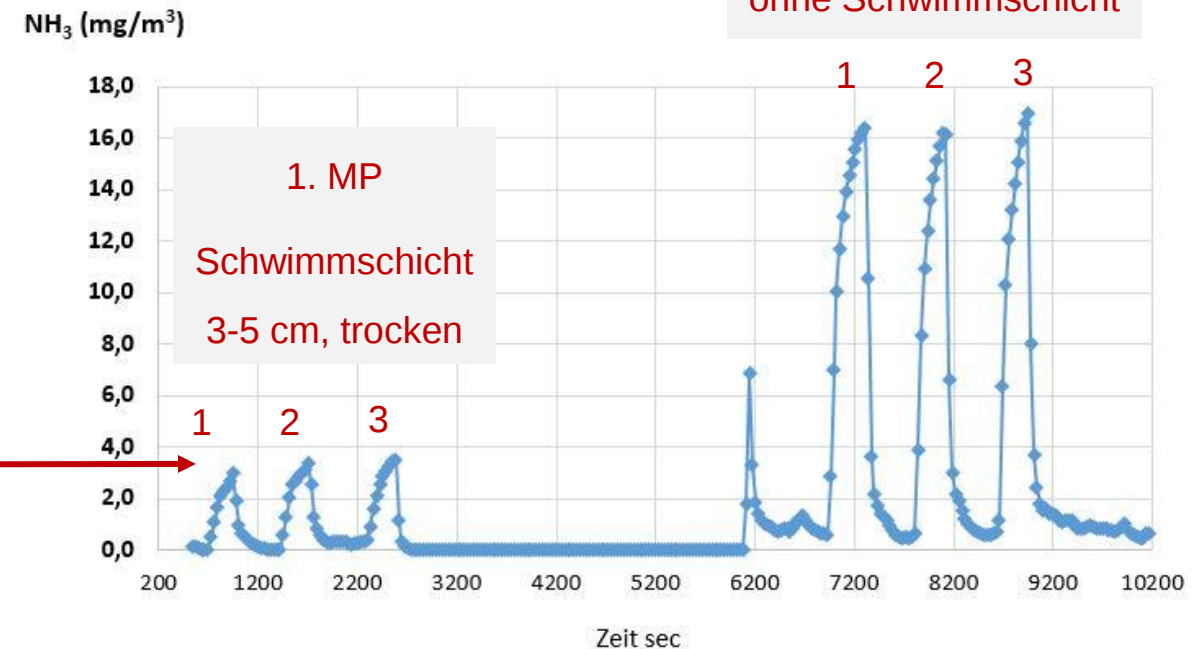
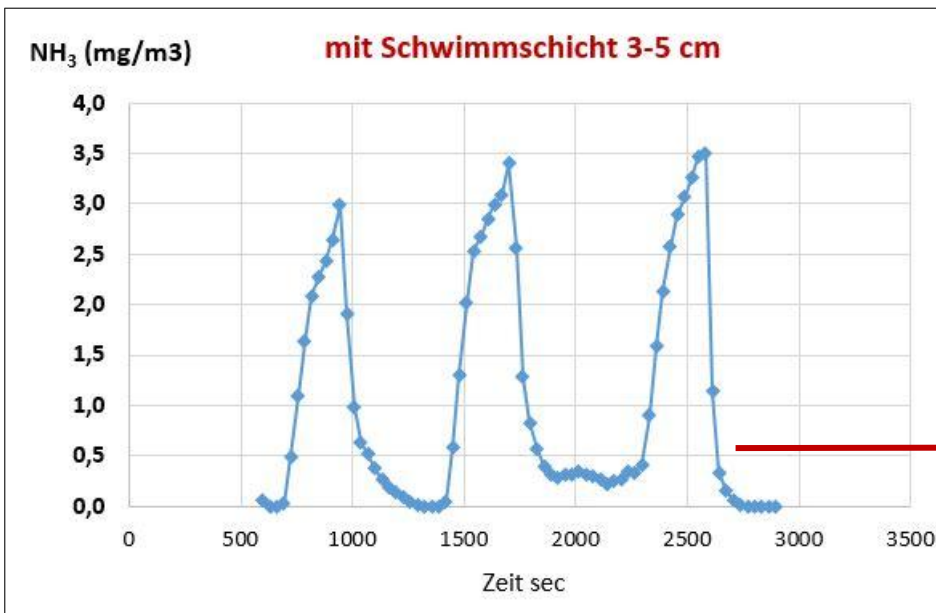


- S1** - perforierter Querschlauch zum Absaugen der Untersuchungsluft
- S2** - Schlauch zur Rückführung der Untersuchungsluft
- T1** - Temperatursensor Haubentemperatur
- T2** - Temperatursensor Schwimmschichttemperatur

Auswertung der Messungen

1. Messpunkt mit 3 Wiederholungen: **dünne trockene Schwimmschicht 3-5 cm**

1. MP, 1 Wiederholung	0,17	g/(m ² *Tag)
1. MP, 2 Wiederholung	0,22	
1. MP, 3 Wiederholung	0,19	
Mittelwert (VDI)	0,19	g/(m ² *Tag)
Mittelwert	0,07	kg/m ² *Jahr



Einstufung der Schwimmschicht

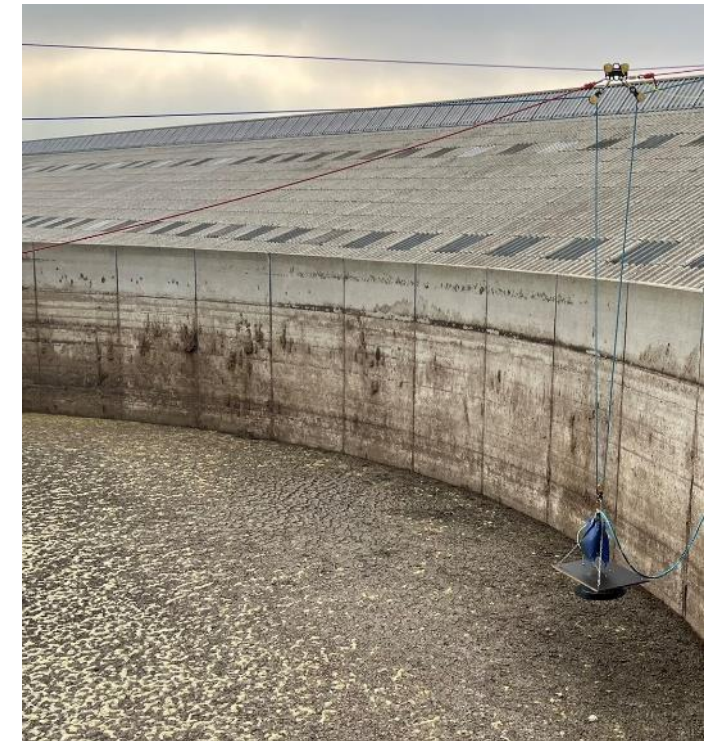
- Kategorisierung

Kategorie	ohne Schwimms. (Referenz)	mit Schwimmschicht		
Dicke		über 10 cm	5 - 10 cm	unter 5 cm
Zustand	offen, gerührt	trocken	teilw. rissig	dünn, oft feucht



Einstufung der Schwimmschicht - Kategorisierung

Kategorie	ohne Schwimms.	mit Schwimmschicht		
Dicke	(Referenz)	über 10 cm	5 - 10 cm	unter 5 cm
Zustand	offen, gerührt	trocken	teilw. rissig	dünn, oft feucht



Jahreszeitliche Einordnung der Messungen

- nach der Gülle- oder Gärresttemperatur

jahreszeitliche Zuordnung	Rindergülle	Rindergärrest	Monate	Tage
	Temperaturbereich			
Winter	< 8 °C	< 20 °C	Dezember, Januar, Februar	90
Übergang	8 - 20 °C	20 - 30 °C	März, April, Mai, Juni / Oktober, November	180
Sommer	> 20 °C	> 30 °C	Juli, August, September	90

Messung der Ammoniakemissionen

Kategorie	ohne Schwimms.	mit Schwimmschicht		
Dicke	(Referenz)	> 10 cm	5 - 10 cm	< 5 cm
Zustand	offen	trocken	teilw. rissig	oft feucht

Rindergülle

4 Lagerbehälter mit 59 Messpunkten → Messpunkt besteht aus 3 Wiederholungen

jahreszeitliche Zuordnung	Temperaturbereich	Anzahl Tage	Mess-tage	g/(m ² d)			
Winter	< 8 °C	90	5	0,67	0,009	0,025	0,15
Übergang	8 - 20 °C	180	9	1,50	0,10	0,25	0,71
Sommer	> 20 °C	90	4	2,36	0,092	1,67	0,82
Summe		360	18				
NH₃-Emissionsfaktor in g/(m²d)				(1,51)*	0,08	0,55	0,60
NH₃-Minderung in %				Referenz	94,9%	63,6%	60,5%

VDI 3894 Blatt 1
Flüssigmistlager Rindergülle
(offene Oberfläche)

6 g/(m²*Tag)

* Beeinflussung durch
Temperaturveränderung
nach dem Homogenisieren
(Siehe Projektbericht)

Rindergärrest

3 Lagerbehälter mit 36 Messpunkten

jahreszeitliche Zuordnung	Temperaturbereich	Anzahl Tage	Mess-tage	g/(m ² d)			
Winter	< 20 °C	90	3	3,05	0,001	0,068	3,13
Übergang	20 - 30 °C	180	5	4,81	0,05	0,47	2,40
Sommer	> 30 °C	90	3	7,90	0,003	1,17	5,38
Summe		360	11				
NH₃-Emissionsfaktor in g/(m²d)				5,14	0,02	0,54	3,33
NH₃-Minderung in %				Referenz	99,5%	89,4%	35,3%

Messung der Ammoniakemissionen

Kategorie	ohne Schwimms.	mit Schwimmschicht		
Dicke	(Referenz)	> 10 cm	5 - 10 cm	< 5 cm
Zustand	offen	trocken	teilw. rissig	oft feucht

Rindergülle

NH ₃ -Emissionsfaktor in g/(m ² d)	(1,51)*	0,08	0,55	0,60
NH ₃ -Minderung in %	Referenz	94,9%	63,6%	60,5%

VDI 3894 Blatt 1
Flüssigmistlager Rindergülle
(offene Oberfläche)

6 g/(m²*Tag)

Rindergärrest

NH ₃ -Emissionsfaktor in g/(m ² d)	5,14	0,02	0,54	3,33
NH ₃ -Minderung in %	Referenz	99,5%	89,4%	35,3%

allg. höheres Emissionspotential bei der Gärrestlagerung, bedingt durch

- höhere Gärresttemperatur
- höheren pH-Wert im Gärrest
- höheren Ammoniumgehalt (NH₄⁺) im Gärrest durch die Vergärung

durchschn. pH-Wert	
Rindergülle	7,6
Gärrest	8,0

gemessene max. Temp.	
Rindergülle	25 ° C
Gärrest	36 ° C

durchschn. Ammoniumgehalt	
Rindergülle	0,13
Gärrest	0,17 + ~ 30%

* Beeinflussung durch
Temperaturveränderung
nach dem
Homogenisieren
(Siehe Projektbericht)

Probenahme - Geruch

5 Geruchsproben:

1. Hintergrundprobe zur Bestimmung der Vorbelastung (2 Beutel à 30 min)

2. ➤ „mit Schwimmschicht“, jeweils 10 Minuten

3. ➤ „mit Schwimmschicht“, jeweils 10 Minuten

4. ➤ „ohne Schwimmschicht“, jeweils 10 Minuten

5. ➤ „ohne Schwimmschicht“, jeweils 10 Minuten



Transport zur IfU GmbH Frankenberg
innerhalb von 6 Stunden

Analyse nach der DIN EN 13725:2022

Bestimmung der Geruchsstoffkonzentration
in GE/m³



Geruchsprobenehmer CSD 30 der Firma Olfasense
mit 10-Liter Probenahmebeutel aus Nalophan



Foto: IfU GmbH, B. König

Messung der Geruchsemissionen



HG = Hintergrund -
Umgebungsluft
(wird abgezogen)

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



GE - Geruchseinheiten

Kategorie			ohne Schwimmschicht (Referenz)			mit Schwimmschicht			Geruchs- minderung
jahreszeitliche Zuordnung	Temperatur- bereich	Anzahl Tage	Mess- tage	GE/m ³ -HG	GE/(m ² s)	Mess- tage	GE/m ³ -HG	GE/(m ² s)	in %

Rindergülle

Winter	< 8 °C	90	4	18.400	8,2	4	1.000	0,4	94,6%
Übergang	8 - 20 °C	180	7	9.700	4,3	8	400	0,2	95,8%
Sommer	> 20 °C	90	5	10.400	4,6	4	870	0,4	91,6%
Summe		360	16			16			
gewogener Mittelwert über Anzahl Tage				12.100			670		
Geruchsemissionsfaktor in GE/(m ² s)					5,4		0,30		94,4%

Rindergärrest

Winter	< 20 °C	90	3	6.000	2,7	3	120	0,05	98,0%
Übergang	20 - 30 °C	180	4	5.900	2,6	4	40	0,02	99,3%
Sommer	> 30 °C	90	3	4.400	1,9	3	110	0,05	97,4%
Summe		360	10			10			
gewogener Mittelwert über Anzahl Tage				5.500			80		
Geruchsemissionsfaktor in GE/(m ² s)					2,5		0,04		98,6%

Schwimmschicht	Rindergülle			
	> 10 cm	5-10 cm	< 5 cm	Summe
Winter	2	2		4
Übergang	3		5	8
Sommer			4	4
Anzahl der Messungen	5	2	9	16

Schwimmschicht	Rindergärrest			
	> 10 cm	5-10 cm	< 5 cm	Summe
Winter	2		1	3
Übergang	4			4
Sommer	2		1	3
Anzahl der Messungen	8		2	10

zum Vergleich VDI 3894-1

(offener Behälter):

Rindergülle 3 GE/(m²s)

Emissionsdatenbank Sachsen:

Rindergülle 5 GE/(m²s)

Gärrest 3,5 GE/(m²s)

(abgeleitet,
30% Minderung von 5 GE/(m²s))

Messung der Geruchsemissionen

Kategorie	ohne Schwimmschicht (Referenz)		mit Schwimmschicht		Geruchs- minderung
		GE/(m ² s)		GE/(m ² s)	in %

Rindergülle

Geruchsemissionsfaktor		5,4		0,30	94,4%
------------------------	--	-----	--	------	-------

Rindergärrest

Geruchsemissionsfaktor		2,5		0,04	98,6%
------------------------	--	-----	--	------	-------



Gärrest ist weniger geruchsintensiv wie unvergorene Gülle

- durch den mikrobiellen (anaeroben) Abbau geruchsintensiver Stoffe (flüchtige organ. Verb.), wie
 - Butter- und Propionsäure (scharf-fauliger Geruch)
 - Schwefelwasserstoff H₂S (faule Eier) → Methan CH₄ und CO₂ (geruchlose Gase)
 - Amine (verwesungsähnlicher Geruch, fischig)

Gärrest

- höhere mikrobielle Stabilität
- geringere aktive Zersetzung
- Geruch durch vermehrte Freisetzung von Ammoniak möglich (stechend riechend, nicht faulig)

Ergebnisse aus dem Projekt „Schwimmschicht“

Emissionsminderung der Schwimmschicht ist abhängig von deren Dicke, Zustand und Geschlossenheit

- Ammoniakemissionen stark abhängig von der Gülle- bzw. Gärresttemperatur
 - ➡ Emissionen im Winter sehr gering, starker Anstieg im Sommer
 - ➡ NH_3 -Emissionen nach dem Homogenisieren bei Gärrest höher als bei Rindergülle
- Geruchsemissionen werden auch schon von einer dünnen Schwimmschicht stark gemindert
- > 85 % Emissionsminderung bezüglich Ammoniak und Geruch nach TA Luft für Altanlagen sind auch mit natürlicher Schwimmschicht möglich
- im Mittel ist eine **10 cm geschlossene, trockene Schwimmschicht** erforderlich



Änderung der Gülle-/Gärrestbehälterbewirtschaftung notwendig!

Managementmaßnahmen erforderlich!

Umsetzung in die landwirtschaftliche Praxis

Erstellung einer Handlungsanweisung für Anlagenbetreiber



in Zusammenarbeit mit

Peter Gamer, LfULG

Abteilung 5: Klima, Luft, Lärm, Strahlen

Referat 52: Anlagenbezogener Immissionsschutz, Lärm

- Vorgaben zur Bewirtschaftung von Gülle- und Gärrestbehältern zur Sicherstellung einer emissionsmindernden natürlichen Schwimmschicht
- Wie kann die Behörde die Einhaltung kontrollieren?
- Welche Managementmaßnahmen sind erforderlich, um die Bildung und Stabilität der Schwimmschicht zu gewährleisten?

Managementmaßnahmen

zur Sicherstellung einer emissionsmindernden natürlichen Schwimmschicht

Schwimmschicht „wachsen“ lassen!

- Schwimmschicht maximal 2x im Jahr vollständig zerstören
- Entnahme von Teilmengen ohne Zerstörung der Schwimmschicht
- Reduzierung von Pump- und Umpumpvorgängen
- leistungsfähige Rührwerke, kurze Homogenisierungszeiten
- Unterspiegelfüllung vorgeschrieben!
- Ergreifung von Maßnahmen zur Sicherstellung einer **geschlossenen, trockenen Schwimmschicht mit einer Dicke von mindestens 10 cm**

Kontrollierbarkeit ?



Notwendigkeit der Dokumentation der
Gülle-/Gärrestbehälterbewirtschaftung



Schwimmschicht geschlossen, trocken



rissige Schwimmschicht, Blasenbildung

Handlungsanleitung für Anlagenbetreiber

Dokumentation

- Erstellung eines Kontrollprotokolls für jeden Lagerbehälter
- Kontrolle der Lagerbehälter
- mindestens 1-mal monatlich

Kontrollprotokoll

- ✓ Fotos der gesamten Behälteroberfläche
- ✓ Beurteilung der Schwimmschicht
- ✓ Zeitdauer: Homogenisierung, Entnahme, Frosteinlauf
- ✓ Maßnahmen zur Sicherstellung einer geschlossenen, mindestens 10 cm dicken Schwimmschicht

A 1 Kontrollprotokoll - Lagerbehälter für Rindergülle oder -gärrest

Behälter-Nr. gemäß Lageplan	
-----------------------------	--

Beurteilung der Schwimmschicht					
Ausprägung		Dicke		Zustand	
geschlossen	1	> 10 cm	1	trocken	1
teilweise geschlossen	2	5-10 cm	2	rissig	2
ohne Schwimmschicht	3	< 5 cm	3	feucht	3

Monat	Datum	Foto-Nr.	Beurteilung Schwimm-schicht			Homogenisierung		Entnahme		Frosteinlauf		Bemerkungen/ Maßnahmen
			Ausprä-gung	Dicke (geschätzt)	Zu-stand	Beginn	Ende	Beginn	Ende	Beginn	Ende	
Jan.												

Erarbeitung einer

BETRIEBSANWEISUNG

für die Gülle- und Gärrestlagerung

- Angaben zu den Lagerbehältern
(Bezeichnung, Lageplan, Größe der Oberfläche,
Verfahren/Technik der Homogenisierung)
- Maßnahmen zur Unterstützung der Schwimmschichtbildung
- Maßnahmen zur Erhaltung der Schwimmschicht
- Kontrollintervalle der Schwimmschicht,
erforderliche Zusatzkontrollen
- Benennung der Verantwortlichkeiten
- **Durchführung von Schulungsmaßnahmen der mit
der Gülle- und Gärrestlagerung betrauten Mitarbeiter**



Lagerbehälter, die eine Emissionsminderung von Ammoniak und Geruch von 85 % nach TA Luft erreichen:



überwiegend geschlossene trockene Schwimmschicht, Dicke 10-20 cm

am Einlauf dünne Schwimmschicht, ca. 5 % der Fläche



trockene Schwimmschicht, nur oberflächliche Risse Dicke 10-20 cm



feuchte pastöse Schwimmschicht, Dicke ca. 5 cm

Lagerbehälter, die eine Emissionsminderung von Ammoniak und Geruch von 85 % nach TA Luft **nicht** erreichen:



dünne Schwimmschicht mit abgetrockneten Bereichen



dünne trockene Schwimmschicht, Dicke 3-5 cm



sehr dünne rissige Schwimmschicht, Dicke 2-3 cm

Projekt „Schwimmschicht“

Emissionsmessungen von natürlichen Schwimmschichten an Altanlagen

- nicht bei allen Gülle-/Gärrestbehältern bildet sich eine natürliche Schwimmschicht
- gleichwertige Maßnahmen zur Emissionsminderung > 85 %, in Bezug auf Ammoniak und Geruch



weiterer Forschungsbedarf

Aufbringen und Einrühren von separierten Feststoffen



erste
Testmessungen

sehr einheitlich geschlossene Schwimmschicht

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

LfULG - Internetseite



www.publikationen.sachsen.de

Schriftenreihe des LfULG, Heft 14/2025



Handlungsanleitung

