

Lehr- und Forschungszentrum
Landwirtschaft
www.raumberg-gumpenstein.at

Abschlussbericht Emissionen –

Projekt Nr./Wissenschaftliche Tätigkeit Nr. 100585

Projektteil 2: Bewertung von Güllelagerabdeckungen Evaluation of slurry storage covering systems

Projektleitung:

Dipl.-Ing. Alfred Pöllinger, LFZ Raumberg-Gumpenstein

Projektmitarbeiter:

Michael Kropsch, LFZ Raumberg-Gumpenstein
Gregor Huber, LFZ Raumberg-Gumpenstein

Projektpartner:

Priv. Doz. Dr. Barbara Amon, Universität für Bodenkultur
Dipl.-Ing. Walter Breininger, LWK Steiermark
Mag. Martin Längauer, LWK Österreich

Projektlaufzeit:

2010 – 2011

FINANZIERT VON BUND, LÄNDERN UND EUROPÄISCHER UNION



Europäischer Landwirtschaftsfonds
für die Entwicklung des ländlichen
Raums: Hier investiert Europa in
die ländlichen Gebiete.



Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	2
Zusammenfassung	3
Summary	4
Einleitung.....	5
Arten der Güllelagerabdeckungen.....	8
NATÜRLICHE SCHWIMMDECKEN	8
KÜNSTLICHE SCHWIMMDECKEN	9
<i>Strohdecke</i>	9
<i>Leichtgutschüttungen</i>	10
<i>Schwimmkörper</i>	10
<i>Schwimmfolie</i>	11
<i>Zeltdach</i>	12
Kosten der Güllelagerabdeckungen.....	12
Literatur.....	15

Zusammenfassung

Zur Erfüllung der Nitratrichtlinie wurden in den letzten zwei Jahrzehnten viele neue Güllelager errichtet. Die Betriebserweiterungen machen auch weiterhin die Errichtung neuer Güllelager notwendig. Dabei wird bei laufenden Bauverfahren die Forderung nach Abdeckung der Güllelager immer lauter. Im vorliegenden Bericht wurden verschiedene Abdeckvarianten aufgezeigt, dargestellt und aufgrund der vorhandenen Literatur und anhand einer Praxisbefragung bewertet.

Die Abdeckung der Güllelager mit einem Betondeckel ist bei Tiefenbehältern eine gute Möglichkeit zur kombinierten Nutzung. Zum einen als emissionsmindernde Maßnahme und zum anderen als zusätzliche Hofffläche. Das abgedeckte Güllelager kann entweder als Mistlagerstätte mit gleichzeitigem Sickersaftauffangbehälter dienen oder die Fläche wird als Auslaufläche mit einer einfachen Abwurföffnung zum Abschieben der Fläche genutzt. Die Investitionskosten liegen bei Güllelagerbehältern bis 500 m³ um 25 bis 30 % über denen eines offenen Güllelagers. Bei größeren Güllelagerbehältern wird die Betondecke überdurchschnittlich teuer und scheidet aus statischen Gründen bei Gülledeckeln mit einem Durchmesser von 20 m und mehr überhaupt aus. Ein nachträglicher Aufbau einer Betondecke ist nicht mehr möglich.

Das Zeltdach stellt eine baulich sehr aufwendige Abdeckvariante dar. Bereits bei der Planung eines Güllelagers muss der Mittelpfeiler statisch mitberücksichtigt werden. Ein nachträglicher Einbau ist damit nicht mehr möglich. In schneereichen Regionen wird von dieser Abdeckvariante abgeraten. Die Investitionskosten für ein Güllelager mit 16 m Durchmesser (800 bis 1000 m³ nutzbares Lagervolumen) belaufen sich auf rund 15.000,- Euro. Der große Vorteil dieser Abdeckvariante liegt in der guten „Sichtbarkeit“ der „Emissionsminderungsmaßnahme“ gegenüber den Anrainern. Die Akzeptanz für landwirtschaftliche Tätigkeiten erhöht sich deutlich. Bei sehr großen Lagerbehältern (Durchmesser 20 m) kommt die Größendegression zum Tragen und das Verfahren wird sogar günstiger als die Schwimmfolie. Zudem sind beim Aufrühren der Gülle keine weiteren verfahrenstechnischen Gesichtspunkte zu berücksichtigen. Aus der Sicht des Unfallschutzes müssen eine gute Entlüftung vorgesehen und der Einstiegsbereich besonders geschützt werden.

Schwimmfolien sind in Österreich kaum verbreitet. In der Umfrage konnte kein Betrieb mit einer Schwimmfolie aufgefunden werden. Bei Behältern bis 500 m³ nutzbares Lagervolumen stellen sie aus Kostengründen keine Alternative zur Betondecke dar. Für Rindergülle können sie überhaupt nicht empfohlen werden, da die Schwimmdecke an der Unterfläche sehr leicht kleben bleibt und diese dann erst mit einem zweiten Rührwerk mühsam aufgelöst werden kann. Zudem sind einige Schutzvorkehrungen zum Aufrühren notwendig, damit die Schwimmfolie nicht eingezogen und beschädigt wird. Aufgrund fehlender praktischer Erfahrungen und geringer Kosteneffizienz ist dieses Verfahren noch weiter zu prüfen.

Leichtgutschüttungen aus Blähton sind in Österreich ebenfalls nicht verbreitet. In der zur Verfügung stehenden deutschsprachigen Literatur (Deutschland – KTBL und Schweiz – FAT) kann dieses Verfahren insbesondere für Güllelager ohne Schwimmdecken empfohlen werden. Die emissionsminderte Wirkung wird in der Schweiz mit nur 60 % angegeben, während das KTBL von einer 80- bis 90-prozentigen emissionsmindernden Wirkung ausgeht. Leichtgutschüttungen bleiben auch bei Wind relativ stabil. Jährlich muss ca. 10 % des Materials nachgefüllt werden. Beim Aufrühren darf nur bis zu einer Füllhöhe von 1,5 m gearbeitet werden. Eine Restmenge (ca. 0,5 m) muss im Behälter bleiben, damit die Materialverluste nicht zu hoch werden. Leichtgutschüttungen stellen mit Abstand die günstigste Methode zur Reduktion der Geruchs- und Ammoniakemissionen dar und sind bei bestehenden Güllelagern einfach nachzurüsten. Das eingesparte Kilogramm Ammoniak-Stickstoff wird mit 0,17 bis 0,07 Euro am günstigsten erkaufte.

Schwimmkörper (Hexa Cover) stellen eine weitere gute Möglichkeit dar, die Geruchs- und Ammoniakemissionen bei Güllelagern ohne Schwimmdecke deutlich zu reduzieren. Sie sind mit rund 35,- Euro pro Quadratmeter Güllelageroberfläche zwar relativ teuer, allerdings erlauben sie eine einfache

Handhabung. Das Güllerühren bedarf einiger Erfahrung und ein Schutzkorb um den Rührflügel verhindert das Zerstören der Kunststoffkörper. Die Minderungskosten für den Ammoniak-Stickstoff liegen bei 0,67 Euro pro Kilogramm.

Strohhäckselauflagen werden ebenfalls zur Geruchs- und Ammoniakreduktion als Verfahren angeführt. Aufgrund der sehr geringen Materialkosten – meist am Betrieb vorhanden – geht die Landwirtschaft davon aus, dass dieses Verfahren sehr kostengünstig ist. In einer Beurteilung der Gesamtkosten, also inklusive der Arbeits- und der Maschinenkosten ergibt sich ein deutlich anderes Bild. Im Vergleich zu Leichtgutschüttungen sind die dreifachen Gesamtkosten anzusetzen. Das Kilogramm eingesparter Ammoniak-Stickstoff kostet mit dem Strohhäckselverfahren zwischen 0,24 und 0,47 Euro. In der Praxis kommt es im Laufe der Jahre zu einer verminderten Akzeptanz des Verfahrens seitens der Landwirte – die Schwimmdecke muss durchschnittlich zwei Mal jährlich erneuert werden. Das Verfahren ist nicht geeignet für Betriebe, die die Gülle häufig zu unterschiedlichen Zeitpunkten ausfahren (1-2 mal pro Monat). Aufgrund deutlich höherer Lachgasemissionen im Vergleich zu Güllelagern ohne Abdeckung bzw. mit anderen Abdecksystemen ist dieses Verfahren aus Klimaschutzgründen nicht geeignet.

Bei der Lagerung von Flüssigmist ohne natürliche Schwimmdecke gibt es eine Reihe von Möglichkeiten zur Reduktion der Geruchs- und Ammoniakemissionen. Vor allem Leichtgutschüttungen stellen eine gute, effiziente und kostengünstige Möglichkeit dar und sollten auch aus Gründen der „guten Nachbarschaft“ stärker an Bedeutung gewinnen. Betondecken und Zeltdächer sind in der Regel kostspielige Lösungen, bieten möglicherweise im Einzelfall einen nicht kalkulierten Zusatznutzen. Schwimmfolien sind in der Praxis noch genauer zu prüfen, während Schwimmkörper aus der Sicht der Praxis empfohlen werden können.

Summary

As a consequence of the “Nitrate Directive” a lot of new slurry stores were built during the last years. Extensions of farm size necessitate the enlargement of storage capacities as well. For environmental protection reasons the claim for covering the slurry stores is increasing. The present report shows different types of covers and evaluates them on the basis of the relevant literature and by means of a questionnaire distributed to commercial farms.

A concrete cover represents a good possibility as emission-decreasing method and at the same time as additional farm management area. The covered slurry store can either serve as manure storage area or the place is used as an outdoor area in combination with the cattle housing system. The investment costs for slurry stores up to 500 m³ are 25 – 30% higher than the costs for an uncovered slurry store. For larger slurry stores the concrete cover becomes surpassingly expensive. Slurry stores with a diameter of more than 20 m cannot be covered with a concrete lid due to static reasons. An ex post set-up of a concrete cover is not possible.

The tent roof represents a very costly cover. Statically, the medial pillar has to be taken into account already in the planning process. A later integration is not possible. A tent cover is not recommended in regions with high levels of snow fall. The investment costs for a slurry store with a diameter of 16 m (800 – 1,000 m³ usable storage volume) amount on average to Euro 15,000.--. The advantage of this variant lies in its visibility and controllability. The acceptance of agricultural activities will clearly increase. With very large stores (diameter 20 m) the relative costs of a tent will decrease and it will be even cheaper than using a plastic sheet (floating cover). Additionally, no further procedural factors are to be taken into account for slurry mixing. For security reasons good ventilation has to be provided and the entrance area has to be secured.

In Austria, hardly any plastic sheeting (floating covers) is present. In the questionnaire, no farm indicated to apply plastic sheeting. For stores with up to 500 m³ usable storage volume plastic sheeting is more expensive than a concrete cover. Furthermore, plastic sheeting cannot be recommended for cattle slurry, because the natural crust can easily stick to the inferior surface of the plastic sheets, which requires a second mixing technique. Floating covers might hinder homogenization of the slurry prior to spreading.

Additionally, there are some security provisions to be made for mixing, in order to avoid the moving in and the damaging of the plastic sheet. Because of missing practical experiences and little cost efficiency this type of cover needs more investigations before recommendation for commercial farms.

Light material sheets from LECA (light expanded clay aggregates) are also only very rarely found in Austria. In the provided literature from Germany and Switzerland (Germany – KTBL and Switzerland – FAT) LECA can especially be recommended for slurry stores without natural crust. In Switzerland the emission-reducing effect is reported with only 60 %, whereas the KTBL anticipates an efficiency of 80 – 90 %. Light material sheets stay also relatively stable with wind. Annually, about 10 % of the material has to be refilled. During mixing it is only possible to work up to a filling level of 1.5 m. A residual amount (ca. 0.5 m) has to remain in the store, in order to avoid high material losses. Light material sheets clearly represent the most advantageous method to reduce emissions of odour and ammonia and offer on slurry tanks without natural crusts an easy upgrading of existing slurry stores. LECA are the most economical option for ammonia emission reduction: 0.17 – 0.07 Euro per kg NH₃-N reduction.

Floating Tiles (Hexa Cover) represent another good possibility to significantly reduce odour and ammonia emissions from slurry stores without natural crust. With about 35. -- Euro investment cost per square meter slurry surface they are relatively expensive; however, they allow an easy handling. The mixing of manure needs some experience and a protective cage made of iron around the propeller prevents the destruction of the floating tiles. The cost for reducing ammonia losses with this techniques are 0.67 euro per kilo ammonia abatement.

Chopped straw is also mentioned as a solution for the reduction of odour and ammonia emissions from slurry stores. Because of the very low costs for chopped straw – mostly at disposal on farm – agriculture assumes this procedure to be cost effective. However, an evaluation of the total costs – including the costs for working and machinery – gave relatively high costs of this option. In comparison with Light material sheets (e.g. LECA) the triple total costs must be taken into account. With the straw chopping procedure, one kilo of ammonia abatement costs between 0.24 and 0.47 euro. In practice the farmers' acceptance for straw covers has always been diminishing over the years, because the floating cover has to be renewed twice a year. The renewal procedure is not convenient for farmers, who often spread out the slurry at different dates (once/twice per month). Because of clearly higher nitrous oxide (N₂O) emissions in comparison with slurry stores without coverage or with other covers, chopped straw is not appropriate from the view of climate protection.

There is a range of possible measures for the reduction of odour and ammonia emissions from slurry stores without a natural crust. Especially light material sheets represent a good, efficient and practical possibility and should therefore gain in importance also from the viewpoint of a “good neighbourhood”.

Normally, concrete ceilings and tent roofs are cost intensive solutions; however, in single cases they possibly offer a not calculated additional benefit. Plastic sheets must be better examined under field conditions, whereas Floating Tiles and light material sheets (e.g. LECA) can already be recommended as a practical solution.

Einleitung

Im Rahmen von Genehmigungsverfahren für die landwirtschaftliche Tierhaltung werden immer häufiger die Emissionen aus deren baulichen Anlagen diskutiert und teilweise auch zum Stolperstein für die Weiterentwicklung der landwirtschaftlichen Betriebe. Dabei werden häufig auch Abdeckungen für Güllebehälter zur Minderung von Geruchsemissionen in der Umgebung gefordert. Neben den Geruchsemissionen werden auch Umweltaspekte durch die aus der Tierhaltung entstehenden Ammoniakemissionen relevant, bzw. die Forderung von Güllelagerabdeckungen auch von dieser Seite im stärker.

In Österreich stammten im Jahr 2009 93 % der gesamten Ammoniakemissionen oder zirka 60.000 Tonnen Ammoniak aus der Landwirtschaft, der Rest aus nichtlandwirtschaftlichen anthropogenen

Quellen. Die Tierhaltung ist für 79 % aller Ammoniakemissionen verantwortlich. Davon sind 56 % auf die Rindviehhaltung, 18 % auf die Schweinehaltung und 8 % auf die Geflügelhaltung zurückzuführen (IIR, 2011). Der Anteil der Ammoniak-Emissionen während der Hofdüngerlagerung in der Emissionskette (Weide –) Stall – Lagerung – Ausbringung wird für Österreich auf 8,9 % geschätzt (Amon et al., 2007). Die Freisetzung von Ammoniak aus dem Güllelagerbehälter hängt unter anderem von der Luftbewegung über der Oberfläche ab. Eine Begrenzung des Luftaustausches über der Gülleoberfläche durch natürliche Schwimmschichten und/oder künstliche Abdeckungen ist deshalb ein wirksames Mittel, um die Ammoniakemissionen während der Lagerung zu reduzieren.

Der Anteil von 8,9 % Ammoniakemissionen aus der Wirtschaftsdüngerlagerung an den Gesamtemissionen aus dem Bereich der Landwirtschaft ergibt sich aus der Tatsache, dass bei der Erhebung zum Wirtschaftsdüngermanagement im Jahr 2005 festgestellt wurde, dass 87 % aller Güllelager mit einer festen Abdeckung versehen waren. Nach 2005 erfolgte aus gesetzlichen Gründen eine erhebliche Ausweitung der Güllelagerkapazität. Aus Umfragen in der praktischen Bauberatung ist deutlich zu erkennen, dass diese neuen Güllelagerbehälter ohne Abdeckung errichtet wurden. Es ist deshalb davon auszugehen, dass der Anteil an Ammoniakemissionen während der Güllelagerung derzeit deutlich höher ist als die im Jahr 2005 ermittelten 8,9 %.

In Österreich gibt es keine bundesweite rechtliche Verpflichtung zur Abdeckung von Güllebehältern. Dennoch wird bei den Bauverfahren seitens der Umweltsachverständigen bzw. von den Anrainern immer öfters die Errichtung von Güllelagerabdeckungen gefordert. In Deutschland dient die TA-Luft 5.4.7.1. (Technische Anleitung Luft) als rechtliche Grundlage im Baugenehmigungsverfahren (Döhler et al., 2011).

In dieser sind folgende baulichen und betrieblichen Maßnahmen vorgesehen:

- Die Lagerung von Flüssigmist in geschlossenen Behältern oder gleichwertige Maßnahmen zur Emissionsminderung, die einen Emissionsminderungsgrad von mindestens 80 % der Emissionen an geruchsintensiven Stoffen und an Ammoniak ermöglichen.
- Künstliche Schwimmschichten sind nach etwaiger Zerstörung durch Aufrühren oder Ausbringungsarbeiten nach Abschluss der Arbeiten unverzüglich wieder funktionstüchtig herzustellen.
- Bei der Lagerung von Rinderflüssigmist ist keine zusätzliche Abdeckung erforderlich, wenn sich eine natürliche Schwimmdecke bildet.

Damit unterscheidet sich die genehmigungsrechtliche Praxis in Deutschland grundlegend von der in der Schweiz. In der Schweiz werden nach dem BAFU und BLW (2011) verpflichtend künstliche Abdeckungen aus Schwimmfolie, Zeltdach oder Betondecke bei Neubauten vorgeschrieben. Hier heißt es wörtlich: „Die Abdeckung von Güllelagern entspricht dem Stand der Technik und ist somit bei Neuanlagen generell zu fordern (Art. 4 LRV)“. Und weiter: „Feste Konstruktionen mit Beton- und Holzdecken sowie Zelte oder Schwimmfolien sind dauerhaft wirksam. Sie sind in der Praxis erprobt und entsprechen dem Stand der Technik. Natürliche Schwimmdecken oder Strohhäckselaufschichtungen erfüllen die vorsorgliche Emissionsbegrenzung nach dem Stand der Technik nicht, weil Witterungseinflüsse und Durchmischung deren Wirksamkeit stark einschränken. Bestehende Anlagen mit natürlichen Schwimmdecken oder Strohhäckselaufschichtungen sind deshalb zu sanieren“. Diese restriktiven Vorschriften zur Güllelagerabdeckung können bei bestehenden Anlagen durch die Behörde im Einzelfall bei Rindergülle einer praxisbezogenen Genehmigungspraxis zugeführt werden. Dabei sind einige Bedingungen zu erfüllen:

- Die Schwimmdecke muss geschlossen und in ausreichender Stärke (15 cm) vorhanden sein
- das Homogenisieren ist auf das absolute Minimum und gezielt auf die Ausbringtermine zu beschränken,
- das Befüllen muss unterhalb der Gülleoberfläche an der Sohle des Behälters erfolgen und beim Umpumpen darf die Schwimmdecke nicht beschädigt werden (abgetrocknete Oberfläche während Trockenperioden).

Im GUIDANCE DOCUMENT ON CONTROL TECHNIQUES FOR PREVENTING AND ABATING EMISSIONS OF AMMONIA der UNECE (2007), werden ebenfalls die verschiedenen emissionsmindernden Maßnahmen bei der Güllelagerung dargestellt. Die Emissionsreduktion der verschiedenen Maßnahmen wird hier in Prozent im Vergleich zu einem offenen Güllelager angegeben. Den höchsten Wert mit 100 % Emissionsreduktion erreicht man nur mit einem vollkommen geschlossenen Plastikgüllebehälter. „Nur“ 80 % Emissionsreduktion wird für feste Abdeckungen wie Beton, Holz oder Zeltdach angegeben. Schwimmfolien werden mit 60 % und Schwimmkörper, Strohhäckselauflage und LECA Kugeln werden mit 40 % Emissionsreduktion angeführt. Das Guidance Document wird als Grundlage für EU weite rechtliche Regelungen heran gezogen. Es ist zu erwarten, dass bei der Neu-Verhandlung der NEC-Emissionsziele verpflichtende Maßnahmen zur Reduktion von NH₃-Emissionen während der Güllelagerung zumindest für den Neubau von Güllegruben eingeführt werden.

Die natürliche Schwimmdecke erreicht laut der Working Group on Strategies and Review einen Emissionsreduktionsfaktor von 35 bis 50 %. Dabei wird die Einschränkung angeführt, dass diese Maßnahme für Betriebe, die die Gülle regelmäßig ausbringen, nicht geeignet ist. Damit dürften Betriebe gemeint sein, die 14-tägig Gülle fahren. Im Gemischtbetrieb Ackerbau mit Schweinehaltung wird die Gülle i.d. Regel in der Vegetationszeit 2 bis maximal 4x ausgefahren. Im Grünlandbetrieb je nach Nutzungsintensität 3 bis 6 x. Bei den hauptsächlich betroffenen Grünlandbetrieben - da bei Rinderhaltung i.d. Regel eine ausreichende Schwimmdeckenbildung vorhanden ist - wird 1,5 bis 2 Monate keine Gülle ausgefahren und damit ist in der überwiegenden Zeit mit einer geschlossenen Schwimmdecke zu rechnen.

Die im Guidance Protokoll angegebenen Emissionsreduktionswerte können allerdings nicht als Bewertungskriterium für die TA-Luft herangezogen werden, da in der Literatur das Emissionsreduktionspotential der verschiedenen Abdecksysteme teilweise sehr unterschiedlich angegeben wird. Als Referenzsystem wird ein Behälter ohne Abdeckung und ohne Schwimmdecke angegeben. Im FAT Bericht Nr. 642 (Dux et al., 2005) wird beispielsweise die Emissionsreduktion von LECA Schüttungen mit 60 % angegeben, während im Guidance Protokoll derselben Methode nur ein Minderungspotential von 40 % zugeteilt wird. Das KTBL (Döhler et al., 2011) geht überhaupt von einer 80 bis 90 %igen emissionsmindernden Wirkung von Blähton-schüttungen aus (siehe *Tabelle 1*).

Die in *Tabelle 1* nach Döhler et al. (2011) dargestellten Emissionsminderungspotenziale in Abhängigkeit vom Abdecksystem stellt eine gute Übersicht zu den derzeit am Markt vorhandenen Produkten und Maßnahmen dar.

Tabelle 1: Abdeckungen für Behälter u. deren Emissionsminderungspotenziale (Döhler et al., 2011)

Art der Abdeckung	Minderung gegenüber nicht abgedeckten Güllebehältern in %		Anmerkung
	Rindergülle	Schweinegülle	
Natürliche Schwimmdecke	30 – 80 ¹⁾	20 – 70 ¹⁾	Geringe Wirksamkeit bei häufiger Gülleausbringung Strohhäcksel: Gefahr erhöhter THG-Emissionen
Künstliche Schwimmdecke - Strohhäcksel	70-90 ²⁾	70 – 90	
- Granulate	80 – 90 ²⁾	80 – 90	Ausgleich von Materialverlusten
- Schwimmfolie	80 – 90 ²⁾	80 – 90	Geringer Wartungsaufwand, Kosten
- Schwimmkörper	k.A. ³⁾	> 90 ³⁾	Schweinegülle ohne Schwimmdecke, besondere Sorgfalt beim Homogenisieren/Absaugen der Gülle erforderlich
Feste Abdeckungen			geringer Wartungsaufwand, kein Regenwassereintrag, längste Nutzungsdauer
- Zelt, Kunststoffabdeckg. - befahrbarer Betondeckel	85-95 85-95	85-95 85-95	

¹⁾ Je nach Ausprägung der Schwimmdecke.

²⁾ I. d. R. ist bei Rindergülle eine natürliche Schwimmdecke vorhanden

³⁾ Bisher liegen nur Ergebnisse zur Schweinegülle im Labormaßstab vor (Quelle: DÖHLER et al. (2002))

Arten der Güllelagerabdeckungen

Am Markt wird eine Vielzahl an möglichen Abdecksystemen angeboten. Die Möglichkeiten reichen von flexiblen Abdecksystemen wie Leichtgutschüttungen (LECA Kugeln), Schwimmkörpern (Hexa Cover), Schwimmfolien, bis zu fixen Abdeckungen wie Zeltdächern, Holzdeckeln und dem klassischen Betondeckel.

Natürliche Schwimmdecken

Die natürlichen Schwimmdecken sind die einfachste und kostengünstigste Form der Abdeckung (Abbildung 1). In der Rinderhaltung bilden sich bei allen Rohgüllen Schwimmdecken, die bis über 50 cm Stärke aufweisen können. Das Ausbildungsverhalten orientiert sich im Wesentlichen an der Fütterung und am Aufstallungssystem. Rohfaserreiche und trockensubstanzreiche Fütterung führen auch bei Schweinen zu einer Schwimmdeckenbildung (Zuchtschweinehaltung). Nur bei dünnflüssigen Schweinegüllen und Gärresten (ohne NAWARO-Co-Vergärung), bilden sich in der Regel keine bis maximal sehr dünne Schwimmdecken, die wenig zur Emissionsminderung beitragen können. Vom KTBL werden deshalb besonders für dieses Güllen und Nutzungsrichtungen Abdeckungen gefordert. Natürliche Schwimmdecken – in der Literatur werden Mindeststärken von 15 bis 20 cm angegeben – mindern den Emissionsgrad im Vergleich zu einer Gülle ohne Schwimmdecke um 40 bis 80 %. In Abhängigkeit vom Ausbringungsintervall der Flüssigmistdünger können somit bis zu 80 % der Gesamtemissionen am Lager vermindert werden. Als „ungeeignet“ wird diese Maßnahme für jene Betriebe bezeichnet, die „häufig“ Gülle ausfahren. Dabei ist der Begriff „häufig“ nicht näher definiert. Aus praktischen Überlegungen und Erfahrungen dürften hier Grünland- und teilweise auch Gemischtbetriebe (Acker- und Grünlandbetriebe) gemeint sein, die durchschnittlich 1-2 mal pro Monat Gülle ausfahren. Das kann im Einzelfall - aufgrund sehr unterschiedlicher Nutzungszeitpunkte auf den betriebsinternen Flächen - notwendig sein (Flächen mit Nord- und Südlage und unterschiedlichen Höhenlagen).



Abbildung 1: Bei Rindergülle bilden sich i.d. Regel dicke natürliche Schwimmdecken, die ein Emissionsreduktionspotential von 80 % erreichen können. Ein oftmaliges Aufrühren während der Vegetationsperiode verringert diesen Faktor auf 30 %. Die Gülleeinleitung sollte unterhalb der Gülleoberfläche erfolgen, damit lassen sich die Ammoniak- und Geruchsemissionen nochmals reduzieren.

Künstliche Schwimmdecken

Strohdecke

Die Aufbringung der Strohhäckselauflage erfolgt mit einem Feldhäcksler, der am Stand mit Langstroh „gefüttert“ wird und mittels Überladearm das Stroh auf die Gülleoberfläche bläst (*Abbildung 2*). Eine Strohhäckselauflage muss mindestens 10 cm Auflagestärke aufweisen, damit eine entsprechende Emissionsminderung erreicht werden kann. Nachdem die Strohschicht beim Aufrühren in die Gülle eingemischt und mit dieser auch ausgebracht wird, ist die Strohschicht je nach Ausbringhäufigkeit ein bis viermal jährlich zu erneuern. Der größte Vorteil dieser Maßnahme liegt in der Tatsache, dass das Stroh und die Maschinen im Bereich der landwirtschaftlichen Tätigkeit leicht zur Verfügung stehen. Diese Maßnahme ist zwar sehr kostengünstig durchzuführen wenn das Stroh am Betrieb vorhanden ist, dennoch wird sie auf Praxisbetrieben i.d. Regel nicht über mehrere Jahre verlässlich praktiziert. In einem wissenschaftlichen Projekt der Universität für Bodenkultur wurden bei Strohhäckselabdeckung im Vergleich zu anderen Abdecksystemen aber auch im Vergleich zur offenen Güllegrube erhöhte Lachgasemissionen gemessen. Deshalb kann die Aufbringung einer Strohdecke aus der Sicht von Ammoniak- und Geruchsemissionsreduktion empfohlen werden, allerdings nicht aus der Sicht des Klimaschutzes. Zusätzlich vermindert der zusätzliche Trockensubstanzeintrag mit dem Stroh die Stickstoffwirksamkeit der Gülle und damit ihren unmittelbaren Düngewert.



Abbildung 2: Strohhäckselschichten sind meist zweimal jährlich zu erneuern. Aufgrund des hohen Arbeits- und Maschinenaufwandes wird das Verfahren teurer als Leichtgutschüttungen.

Leichtgutschüttungen

Leichtgutschüttungen bestehen aus schwimmfähigen Materialien, die auch keine Probleme bei der Gülleausbringung bewirken. Sie werden nur zum geringen Teil über die Gülle mit ausgebracht. Damit ist ein periodischer Ersatz nur in geringen Mengen notwendig (jährlich 10 % Materialersatz). Blähton (LECA Kugeln) sind die bekannteste Form von Leichtgutschüttungen, weiters eignen sich Perlite als Leichtgutschüttung. Die Schüttungen schwimmen leicht auf und bilden nach dem Rühren (nach wenigen Stunden) rasch wieder eine stabile Oberfläche. Leichtgutschüttungen eignen sich gut für dünnflüssige Gülle und Jauche, nicht jedoch für Rindergülle, da diese mit den Kugeln verklebt und einen zu hohen Austrag über die Gülleausbringung hätte. Die Rührtätigkeit muss bei einem Füllstand von 1,50 m beendet werden, damit keine Übermengen an Schüttmaterial in die Gülle eingerührt und in weiterer Folge ausgebracht werden.

Schwimmkörper (Hexa Cover)

Auf dem Markt werden schwimmfähige, sechseckige Kunststoffkörper mit einem Durchmesser von 22,8 cm angeboten (*Abbildung 3*). Sie bestehen aus einem recycelten Kunststoff (100 % Polypropylen), schwimmen auf der Gülleoberfläche und fügen sich aufgrund der besonderen Formgebung selbstständig zu einer geschlossenen Oberfläche zusammen. Die Rippen an den Schwimmkörpern verhindern ein längerfristiges Übereinanderliegen. Diese „Selbstordnung“ funktioniert allerdings nur bei dünnflüssigen Güllen, d.h. nur bei Schweinegüllen, die nicht selbst zur Schwimmdeckenbildung neigen. Weiters ist für die Homogenisierung ein Güllemixer mit Schutzkorb zu verwenden, damit die Kunststoffkörper von den Rührflügeln nicht zerstört werden können. Das Emissionsreduktionspotential wird mit bis zu 95 % angegeben. Die Anschaffungskosten derartiger Schwimmkörper liegen bei rund €35,-/m² zuzügl. MWST. Bis zu einem Grubendurchmesser von 12 m ist damit eine begehbare (nicht befahrbare!) Betondecke (400 kg Auflast/m²) günstiger zu bewerten oder gleich teuer. Zur Haltbarkeit von Hexa Cover werden noch keine konkreten Jahreszahlen genannt. In der Kostenkalkulation werden 10 Jahre angenommen.

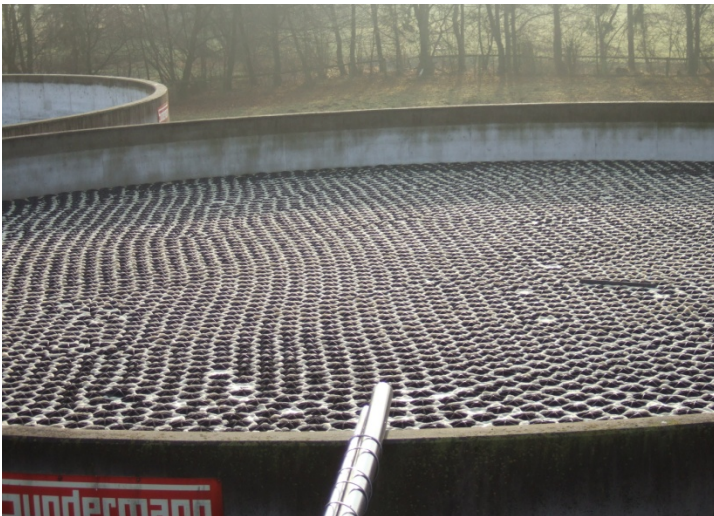


Abbildung 3: Schwimmkörper bilden selbsttätig eine geschlossene Decke und können in der Praxis empfohlen werden. Das GÜllerühren bedarf einiger Erfahrung.

Schwimmfolien

Schwimmfolien sind aus Kunststoff und werden mit Schwimmkörpern - Hohlkörper über die gesamte Fläche im Gewebe eingearbeitet – an der Oberfläche gehalten (*Abbildung 4*). Sie sind am Rand mit Seilführungen befestigt, damit kann die Folie mit dem Flüssigkeitsspiegel auf und abgleiten. Das Niederschlagswasser wird entweder über Öffnungen in die GÜlle eingeleitet oder muss abgepumpt werden. Anderenfalls würde die Folie durch das Wasser in die GÜlle eingedrückt werden. Diese Art von GÜllederabdeckung eignet sich nicht für RindergÜlle, da die GÜlle an der Folie kleben bleibt und die Folie Gefahr läuft, beim Homogenisieren eingesaugt zu werden. In Österreich konnte kein Betrieb ausfindig gemacht werden, der mit einer Folienabdeckung arbeitet.

Schwimmende Abdeckungen haben den Vorteil, dass sie bei größeren Grubendurchmessern (15 m und größer) günstiger sind als fixe Betondeckel, den Behälter nicht statisch belasten und nicht sichtbar sind.



Abbildung 4: Schwimmfolien haben in Österreich noch keine Akzeptanz. Deren Handhabung sollte noch intensiver in der Praxis beurteilt werden.

Zeltdach

Ein Zeltdach braucht zur statischen Abstützung in der Mitte der Güllegrube eine Säule. Deshalb ist die Nachrüstung mit einem Zeltdach nicht möglich. Das Foliengerüst wird mit einer gasdichten und UV-beständigen Gewebefolie, wie sie für Biogasanlagen auch verwendet wird, überzogen (*Abbildung 5*). Einige Betriebe haben diese Art der Güllelagerabdeckung in einer kostengünstigen Selbstbauvariante realisiert. Grundsätzlich ist das Zeltdach neben dem Betondeckel für größere Gruben die teuerste Abdeckvariante. Zeltdächer verteuern den Stahl oder Betonsilo je nach Durchmesser um 40 bis 55 % (Van Caenegem et al., 2005). Wesentliche Kosteneinsparungen durch Selbstbau sind bei kleinen Zeltdächern möglich. Sie müssen jedoch sowohl der mechanischen Belastung, Schnee und Wind, als auch dem biochemischen Angriff der Güllegase standhalten. Stürzen unzureichend geplante Dach-Konstruktionen ein, können sie auch den Stahlbehälter in Mitleidenschaft ziehen. Zeltdächer erlauben eine Kontrolle beim Rühren und leiten das Niederschlagswasser ab. Sie müssen minimal gelüftet werden, damit sich unter der Plane keine explosive Gasmischung bildet.



Abbildung 5: Zeltdächer sind vor allem für sehr große Güllegruben eine Möglichkeit den vorhandenen Güllelagerraum ohne Niederschlagswasser gut zu nutzen. Der bauliche Aufwand ist nicht unerheblich.

Kosten der Güllelagerabdeckungen

Die Abdeckung verursacht für den Landwirt aber nicht nur zusätzliche Kosten. Die Minderung der Ammoniakemissionen erlaubt in einem bescheidenen Rahmen auch Einsparungen beim Stickstoff-Mineraldünger. In niederschlagsreichen Gebieten wird bei Zeltdach und Betondecke das Eindringen von Regenwasser in die Güllegrube vermindert. Dadurch reduzieren sich sowohl der Lagerraumbedarf als auch das Ausbringvolumen.

Dennoch sind die jährlichen Kosten, die für eine zusätzliche Güllelagerabdeckung aufzuwenden sind in der Planung zu berücksichtigen (siehe *Tabelle 2*).

Tabelle 2: Jahreskosten der Güllelagerung mit unterschiedlichen Abdecksystemen (Döhler et al., 2011)

	Rundbehälter				Erdbecken
	500	1.000	3.000	5.000	7.500
	Nutzbare Lagerkapazität in m ³				
	Durchmesser in m				LxB in m
	13,7	17,7	27,9	35,5	75x25
	Jährliche Lagerungskosten (€/m ³ /a)				
Offen (Referenz)	1,90	1,66	1,35	1,23	1,14
Betondecke	2,74	2,38	1,96	-	-
Zeltdach	3,67	2,74	2,00	1,74	-
Schwimmfolie	2,83	2,24	1,72	1,53	1,41
Leichtgutschüttung	2,15	1,83	1,49	1,36	1,30
Schwimmkörper	2,54	2,20	1,80	1,66	-
Strohhäcksel	2,32	1,95	1,55	1,41	1,41

Die Jahreskosten für ein Güllelager aus Beton ohne Abdeckung (Referenz) bewegen sich zwischen 1,23 und 1,90/m³ nutzbarer Lagerkapazität. Dabei ist der Eintrag über Niederschläge von 300 mm mit berücksichtigt – mit Ausnahme der Verfahren mit Zeltdach und Betondecke. Außerdem wurde die Kalkulation für eine 6-monatige Lagerdauer durchgeführt, dabei wird von einer zweimaligen Befüllung des Güllelagers pro Jahr ausgegangen.

Bei Erdbecken (Güllelagune) reduzieren sich Kosten sogar auf 1,14 Euro/ m³ nutzbares Lagervolumen. Erdbecken wurden in Österreich vor allem mit dem Hintergrund der Güllegemeinschaftslagerung errichtet. Die teuerste Abdeckung mit über 3,67Euro / m³nutzbares Lagervolumen stellt das Zeltdach bei „kleineren“ (500 m³ nutzbares Lagervolumen) Güllelagerbehältern dar. In Österreich liegt die durchschnittliche Güllelagergröße pro Behälter zwischen 300 und 500 m³. In dieser Größenordnung ist sogar die Betondecke mit 2,74 Euro /nutzbaren Güllelagervolumen deutlich günstiger als das Zeltdach. Die günstigste Güllelagerabdeckung für alle Behältergrößen stellt die Leichtgutschüttung und nicht die Strohhäckselvariante dar. Bei der Strohhäckselvariante ist eine zweimalige Erneuerung pro Jahr inkl. Arbeitskosten zu kalkulieren. Die Materialkosten mit 0,40 bis 0,60 €/m² sind mit Abstand die niedrigsten von allen Verfahren. Die Arbeits- und Maschinenkosten (Frontlader und Feldhäcklser) verteuern dieses Verfahren jedoch um das 2,6fache der Materialkosten.

Schwimmfolien liegen in den Gesamtkosten zwischen denen einer Leichtgutschüttung und einem Zeltdach. Sie sind sogar beim kalkulierten Erdbecken gleich teuer anzusetzen wie das Strohhäckseln. Schwimmkörper liegen in der angeführten Kalkulation ebenfalls im Bereich der Schwimmfolie. Bei Schwimmkörpern (Hexa Cover) und Leichtgutschüttungen ist die Größendegression nicht so ausgeprägt wie bei den anderen Abdeckverfahren. Bei Leichtgutschüttungen wurde ein jährlicher Materialverlust von 10 % berücksichtigt.

In der angeführten Kalkulation von Döhler et al. (2011) wurden auch die Minderungskosten durch die Stickstoffeinsparung für Rinder- (Tabelle 3) und Schweinegülle (Tabelle 4) mit berücksichtigt. D.h. sie zeigen jene Kosten auf, die pro eingespartem Ammoniak-Stickstoff aufwendet werden müssen.

Tabelle 3: Emissionsminderungskosten für Rindergülle (Döhler et al., 2011)

	Rundbehälter			Erdbecken	
	nutzbare Lagerkapazität [m ³]				
	500	1.000	3.000	5.000	7.500
	Minderungskosten [€/kg NH ₃]				
Betondecke	4,31	4,38	4,49	-	-
Zeltdach	9,99	7,02	4,86	3,79	-
Schwimmfolie	7,31	5,74	4,73	4,14	3,30
Leichtgutschüttung	3,20	2,81	2,81	2,78	2,73
Strohhäcksel	4,66	4,13	3,67	3,55	3,90

Im Vergleich von Rinder- und Schweinegülle wird deutlich, dass die Abdeckung von Schweinegülle eine deutlich höhere Effizienz erreicht. Die Minderungskosten von Rindergülle liegen zwischen 2,70 und 10 Euro pro eingesparten kg Ammoniak und bei Schweinegülle ohne Schwimmdecke liegt der Wert zwischen 0,07 und 1,64 Euro. Bei der Rindergülle wurde zur Berechnung eine natürliche Schwimmdecke angenommen, daraus ergibt sich jedoch durch die teilweise doch erheblichen baulichen Aufwendungen ein nur geringer Reduktionsfaktor relativ zu den hohen Kosten.

Tabelle 3: Emissionsminderungskosten für Schweinegülle (Döhler et al., 2011)

	Rundbehälter			Erdbecken	
	nutzbare Lagerkapazität [m ³]				
	500	1.000	3.000	5.000	7.500
	Minderungskosten [€/kg NH ₃]				
Betondecke	0,44	0,45	0,47	-	-
Zeltdach	1,64	1,01	0,55	0,32	-
Schwimmfolie	1,07	0,74	0,52	0,40	0,22
Leichtgutschüttung	0,17	0,09	0,09	0,08	0,07
Schwimmkörper	0,67	0,67	0,67	0,67	-
Strohhäcksel	0,47	0,36	0,26	0,24	0,31

In der Bewertung der einzelnen Abdeckverfahren differenziert sich die Leichtgutschüttung noch stärker als bei den Jahreskosten. Mit 0,17 Euro bei Behältern mit 500 m³ Lagervolumen und mit 0,07 Euro pro kg eingespartem Ammoniak bei Erdbecken ist sie mit Abstand die günstigste Abdeckvariante. Die Betondecke stellt dabei für Behälter bis 500 m³ nutzbare Lagerkapazität die nächst günstigste Abdeckvariante dar. Im Vergleich dazu kann der eingekaufte mineralische Stickstoff herangezogen werden. Dieser kostet je nach Preissituation und Düngerart i.d. Regel zwischen 0,8 und 1,1 Euro/kg.

Literatur

Amon, B., Fröhlich, M., Weißensteiner, R., Zablatnik, B., Amon, T. (2007): Tierhaltung und Wirtschaftsdüngermanagement in Österreich. Endbericht Projekt Nr. 1441 Auftraggeber: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft. http://www.dafne.at/dafne_plus_homepage/index.php?section=dafneplus&content=result&come_from=&&project_id=680

BAFU und BLW 2011: Baulicher Umweltschutz in der Landwirtschaft. Ein Modul der Vollzugshilfe Umweltschutz in der Landwirtschaft. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1101: 122 S.

Cercl' Air, Schweizerische Gesellschaft der Lufthygiene-Fachleute, 2003. Cercl' Air-Empfehlung Nr. 21-A, Minderung der Ammoniak-Emissionen aus der Landwirtschaft, Abdeckung neuer Güllelager. Vollzugshilfe zur Luftreinhaltung.

Döhler H., Vandre R., Wulf S. und Eruich-Menden B. (2011): Abdeckung von Güllelagerbehältern – Stand der Technik. Bautagung der HBLFA Raumberg-Gumpenstein vom 18.-19. Mai 2011. ISBN: 978-3-902559-57-9. A-8952 Irdning.

Dux D., Van Caenegem L., Steiner B. und Kaufmann R. (2005): Kosteneffizienz von Güllebehälter-Abdeckungen, Emissionsminderung und Wirtschaftlichkeit. FAT Bericht Nr. 642. Agroscope FAT Tänikon, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, CH-8356 Ettenhausen.

IIR, 2011: Austria's Informative Inventory Report (IIR) 2011 – Trends in Total Emissions. Submission under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. Report, Rep-0307 Umweltbundesamt, Wien.

UNECE (2007): GUIDANCE DOCUMENT ON CONTROL TECHNIQUES FOR PREVENTING AND ABATING EMISSIONS OF AMMONIA. ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE EXECUTIVE BODY FOR THE CONVENTION ON LONG-RANGE TRANSBOUNDARY AIR POLLUTION. Working Group on Strategies and Review. ECE/EB.AIR/WG.5/2007/13-16 July 2007, Geneva.

Van Caenegem L., Dux D. und Steiner B. (2005): Abdeckungen für Güllesilos – Technische und finanzielle Hinweise. FAT Bericht Nr. 631. Agroscope FAT Tänikon, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, CH-8356 Ettenhausen.