

# Gülleansäuerung



## Beurteilung der Gülleansäuerung als Klimaschutzmassnahme in der Schweizer Landwirtschaft

Dezember 2016

Priska Stierli  
AgroCleanTech Verein  
c/o Schweizer Bauernverband  
Belpstrasse 26  
3007 Bern

Mit finanzieller Unterstützung von:



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Bundesamt für Landwirtschaft BLW  
Staatssekretariat für Wirtschaft SECO



fenaco

natürlich nah  
de la terre à la table

## Gülleansäuerung

Die Landwirtschaft verursacht rund 12% der Treibhausgasemissionen (THG) der Schweiz. Massnahmen, welche zur Reduktion dieser Emissionen beitragen, sollen daher geprüft werden, um das Potenzial für die Umsetzung in der Schweiz abschätzen und den Landwirten mögliche Lösungen aufzeigen zu können. Im vorliegenden Bericht wird die Massnahme Gülleansäuerung beschrieben, welche in Dänemark bereits zum Einsatz kommt.

Rund zwei Drittel der atmosphärischen Stickstoffeinträge in der Schweiz sind auf Ammoniakemissionen ( $\text{NH}_3$ ) zurückzuführen, wovon rund 92% aus der Landwirtschaft stammen. Ziel des Bundesrates ist es, die Ammoniakemissionen um 40% gegenüber dem Jahr 2005 zu reduzieren. Da die landwirtschaftlichen  $\text{NH}_3$ -Emissionen zu etwa 90% aus der Tierhaltung stammen, sind Massnahmen zur Emissionsreduktion in diesem Bereich von hoher Relevanz. Die Landwirtschaft ist zudem für rund 80% der Methan- und Lachgasemissionen der Schweiz verantwortlich. Die Ansäuerung von Gülle ermöglicht die Senkung von Ammoniak- und Treibhausgasemissionen und könnte einen Ansatz bieten, die Emissionen aus der Landwirtschaft zu reduzieren ohne die Produktion einschränken zu müssen. Nachfolgend wird das Potenzial dieser Massnahme für die Schweiz diskutiert.

### Massnahme Gülleansäuerung

Ammoniak- und Treibhausgasemissionen aus Gülle können durch Ansäuerung reduziert werden. Bei der Gülleansäuerung wird der pH-Wert herabgesetzt und das Gleichgewicht in der Gülle verschiebt sich von Ammoniak zu Ammonium. Ammonium gas nicht aus und ist nach dem Eindringen der Gülle in den Boden direkt pflanzenverfügbar. Sinkt der pH unter 6, wird zudem die Methanproduktion eingestellt, da das pH-Optimum von methanogenen Bakterien bei 7 liegt.

Für die Ansäuerung können mineralische ( $\text{H}_3\text{PO}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) oder organische Säuren (Essig- oder Milchsäure) eingesetzt werden. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Ansäuerung mit organischen Reststoffen (Zucker, Stärke u.a.), wobei dieser Ansatz erst wenig erforscht ist. Der Zielwert des pH's der Gülle nach der Ansäuerung liegt bei 5.5.

- **Schwefelsäure ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ):** Es handelt sich um eine starke Säure, die in grossen Mengen chemisch hergestellt wird. Sie wird in Dänemark kommerziell für die Gülleansäuerung eingesetzt.
- **Milchsäure:** Die Herstellung erfolgt durch Fermentation von pflanzlichen Rohstoffen mit Hilfe von Milchsäurebakterien. Diese Säure ist weniger aggressiv und daher einfacher zu handhaben als

Schwefelsäure, wodurch es bei der Zugabe in die Gülle zu einer geringeren Schaumbildung kommt. Die Säure wird aber rasch abgebaut.

- **Säure aus organischen Reststoffen:** Statt der Säure können organische Stoffe wie Zucker oder Stärke der Gülle beigegeben werden. Dabei werden in der Gülle vorhandene Mikroorganismen genutzt, um diese Kohlenhydrate zu vergären, was zur Bildung von Carbonsäuren und dadurch zu einer Absenkung des pH's führt. Es kann dabei jedoch zu unkontrollierten Fermentationsprozessen und teilweise zu erhöhter Geruchsbelastung kommen.

Die Ansäuerung kann auf den drei Stufen **Stall**, **Güllelager** oder **Gülleausbringung** erfolgen.

- **Stall:** Die frische Gülle wird in einem separaten Behälter gesammelt und es wird Schwefelsäure zugemischt, wobei für Rindergülle rund 5.5 kg pro m<sup>3</sup> und für Schweinegülle bis etwa 15 kg pro m<sup>3</sup> benötigt werden. Die Gülle wird dabei belüftet, um die Bildung von Schaum und Schwefelwasserstoff (H<sub>2</sub>S) zu unterbinden. Danach fließt ein Teil der Gülle ins Lager und ein anderer Teil in den Stall zurück. Der pH-Wert der Gülle steigt dann im Laufe der Lagerung wieder an.
- **Güllelager:** Die Säure wird entweder kurz vor dem Ausbringen der Gülle oder bereits beim Befüllen des Lagers im Güllelagerbehälter unter intensivem Umrühren zugegeben. Der bei diesem Verfahren entstehende Schaum muss entfernt werden, was die Menge, die jeweils angesäuert werden kann, limitiert.
- **Gülleausbringung:** Die Ansäuerung geschieht direkt beim Ausbringen der Gülle, wobei eine Nachrüstung am Druckfass und am Traktor möglich ist (Abbildung 1). Diese feldbasierte Methode kann gezielt an Tagen angewendet werden, an welchen die Ausbringbedingungen nicht optimal sind und die Emissionen entsprechend hoch wären.



Abbildung 1: Gülleausbringung auf dem Feld mit dem System SyreN. (Quelle: [www.biocover.dk](http://www.biocover.dk))

## Potenzialabschätzung der Treibhausgasreduktion durch Gülleausbringung

Die Senkung des pH's von 7 auf 5.5 führt zur Veränderung der chemischen und physikalischen Eigenschaften der Gülle. Die Vorläufersubstanzen für die Bildung von Ammoniak, Methan und Schwefelwasserstoff werden reduziert. Verglichen mit unbehandelter Gülle können **Ammoniakemissionen** bei der Verwendung von Schwefelsäure (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) über alle Emissionsstufen hinweg um etwa **30 bis 50%** reduziert werden. In der Schweiz muss die Reduktion wegen der häufigen Anwendung von Stallsystemen mit planbefestig-

ten Böden oder Teilspaltenböden geringer eingeschätzt werden (Risiko bei der Ansäuerung im Stall wegen Schwefelwasserstoffbildung).

Neben Ammoniak- können auch Treibhausgasemissionen reduziert werden. Bei einem pH von unter 6 wird die Bildung von Methan unterbunden. Gemäss Untersuchungen können die **Methanemissionen** aus dem Güllelager **um 60 bis über 90%** reduziert werden. Zu beachten ist allerdings, dass der tiefe pH schnell erreicht werden muss, um eine erhöhte Methanbildung während der Versauerungsphase zu verhindern. Um gasförmige N-Verluste wie **Lachgas** ( $N_2O$ ) zu reduzieren, müsste der pH unter 4 gesenkt werden und es wären entsprechend höhere Säuremengen nötig. Bei der Verwendung von Schwefelsäure steigen die Lachgasemissionen jedoch nicht an, was bei organischen Säuren wegen einer erhöhten Menge an leicht abbaubarem Kohlenstoff der Fall sein kann.

Neben den Emissionen kann auch der Stickstoffverbrauch reduziert werden. Angesäuerte Gülle weist eine **verbesserte Düngereffizienz** auf und es können rund 15 - 30 kg Mineraldünger N pro ha eingespart werden. Dies wirkt sich indirekt positiv auf die Verminderung von Treibhausgasemissionen aus.

### **Wirtschaftlichkeit der Klimaschutzmassnahme Gülleansäuerung**

Neben der verbesserten Düngereffizienz ist zu beachten, dass bei der Ansäuerung mit Schwefelsäure die Güllemenge mit dem Schwefelbedarf der Kulturen abzustimmen ist und der Boden häufiger gekalkt werden muss. Es ist mit einer Zunahme der Kalkmenge von rund 20 bis 25% zu rechnen.

Die durchschnittlichen Gesamtkosten einer Ansäuerung mit **Schwefelsäure** hängen stark von der Grösse eines Betriebes ab. Gemäss Angaben aus Dänemark besteht ein Unterschied von etwa CHF 120.-/RGVE und Jahr auf einem Betrieb mit 200 RGVE und CHF 55.-/RGVE und Jahr auf einem Betrieb mit 500 RGVE. Für kleinere Betriebe, wie sie in der Schweiz vorliegen, lohnt sich das Verfahren also weniger als für grössere, wie es sie in Dänemark gibt.

Gemäss Berechnungen in einem Bericht der ETH Zürich liegen die THG-Vermeidungskosten (Reduktionskosten im Verhältnis zu den eingesparten THG-Emissionen) in der Schweiz basierend auf der Verwendung von **Milchsäure** bei CHF 1376.- pro Tonne  $CO_2eq$ . für die Reduktion von etwa 48% der Methanemissionen aus der Lagerung. Dieser Wert berechnet sich aus den Reduktionskosten von CHF 326.- pro Kuh (bei einem Preis von CHF 1.63/kg Säure) und einem Reduktionswert von 237 kg  $CO_2eq$  pro Kuh.

Die Vermeidungskosten bei der Verwendung von **organischen Reststoffen** liegen gemäss einem Versuch der Universität Bonn zwischen 320.- und 1170.- CHF/t  $CO_2$  und damit über den Kosten für andere Strategien zur  $CO_2$ -Vermeidung. Es gilt zudem zu beachten, dass ebenfalls eine Nachfrage von Biogasanlagen

nach diesen Co-Substraten besteht. Eine Verwendung zur Säureherstellung könnte zu einer weiteren Verknappung führen, wodurch sich die Wirtschaftlichkeit entsprechend verschlechtern würde.

### **Kritische Punkte in der Anwendung der Gülleansäuerung**

**Schwefelsäure:** Mit der Gülleansäuerung durch Schwefelsäure steigt der Schwefelgehalt der Gülle an. Ein Schwefelüberschuss kann zu Auswaschung ins Grundwasser führen. Die ausgebrachte Menge angesäuerter Gülle sollte auf 30 bis 50 m<sup>3</sup> Gülle pro ha und Jahr begrenzt bleiben (Vgl. pro RGVE wird im Durchschnitt mit 20 - 22 m<sup>3</sup> pro Jahr gerechnet). Um eine Schwefelüberdüngung zu vermeiden, könnten zusätzliche Transporte nötig sein, wenn es nicht möglich ist, die gesamte Menge der angesäuerten Gülle auf betriebseigenen Flächen auszubringen.

**Geruchsbelastung:** Die Ansäuerung von Gülle kann zu höheren Geruchsemissionen führen, was jedoch stark abhängig von der verwendeten Säure ist. Bei der Verwendung von Schwefelsäure wurde keine Zunahme festgestellt. Es wird zudem angeboten bei der Ansäuerung im Stall den Prozesstank mit einem Kohlefilter auszustatten, was Geruchsemissionen eliminieren sollte. Bei der Verwendung von organischen Reststoffen hängt die Geruchsbildung stark vom jeweils verwendeten Stoff ab.

**Arbeitssicherheit und Tiergesundheit:** Der Umgang mit einer konzentrierten Säure birgt einige Risiken hinsichtlich der Arbeitssicherheit. In geschlossenen Räumen wie Ställen kann es zur Bildung von Gasen (Schwefelwasserstoff) kommen, welche schädlich für die Gesundheit von Mensch und Tier sind. In der Stallluft konnten bisher keine erhöhten Werte festgestellt werden, in den Güllekanälen hingegen schon. In Dänemark wird das Verfahren auf Grossbetrieben angewendet, wo spezialisierte Unternehmen vollständig die Arbeit mit der Säure und dem Unterhalt der Anlage übernehmen, um die Risiken gering zu halten.

**Korrosion von Baumaterialien:** Bestimmte Typen von Beton<sup>1</sup> werden stärker von den höheren Säurekonzentrationen angegriffen als andere. Der auf einem Betrieb verwendete Beton wäre also vor einer Anwendung zu prüfen.

**Schaumbildung:** Die Bildung von Schaum tritt vor allem bei Schweinegülle auf. Der Schaum kann limitierend auf den Prozess der Ansäuerung wirken, da er bei der Zugabe im Güllelager entfernt werden muss.

**Schwermetalle:** Je nach Säurequalität/-reinheit kann der Eintrag von Schwermetallen in die landwirtschaftlichen Böden durch die Anwendung von Schwefelsäure erhöht werden.

---

<sup>1</sup> Anleitung zur Auswahl von Betontypen: Landbrugets Byggeblad nr. 102.17.19 – "Vejledning i valg af betonkvalitet i forbindelse med forsyning af gylle" [https://www.landbrugsinfo.dk/byggeri/byggeblade/sider/Byggeblad\\_102\\_17\\_19\\_20111101.pdf](https://www.landbrugsinfo.dk/byggeri/byggeblade/sider/Byggeblad_102_17_19_20111101.pdf)

**Verfügbarkeit von Schwefel:** Um die gesamte Güllemenge der Schweiz auf einen pH von 5.5 anzusäuern, würden rund 0.07% bzw. 90'000 Tonnen der jährlich gesamten, weltweit produzierten Menge an Schwefelsäure benötigt. Es ist aktuell nicht klar, ob die Verfügbarkeit von Schwefelsäure ein limitierender Faktor darstellen könnte, wenn das Verfahren der Gülleensäuerung breit angewendet würde.

### **Fazit**

Trotz der kritischen Punkte hinsichtlich Arbeitssicherheit und Umsetzbarkeit, scheint für die Gülleensäuerung der Gebrauch von Schwefelsäure zum aktuellen Zeitpunkt die am weitesten ausgereifte Methode für Grossbetriebe zu sein, da sie in Dänemark bereits angewendet wird. Es wird nach weiteren Alternativen für die Ansäuerung gesucht, welche ein geringeres Risiko für die Gesundheit darstellen und daher die Umsetzung vereinfachen. Es besteht aber noch ein zu grosser Forschungsbedarf, um eine praxistaugliche Anwendung beurteilen zu können.

In Dänemark wird die Ansäuerung mit Schwefelsäure staatlich gefördert, da sie ansonsten wirtschaftlich nicht attraktiv für einen Landwirtschaftsbetrieb ist. Die Vergütung beträgt rund CHF 6.55 pro eingesparte Tonne CO<sub>2</sub>eq. Die genauen Kosten für einen Schweizer Landwirtschaftsbetrieb müssten zuerst eruiert werden. Neben der Wirtschaftlichkeit sind Fragen bezüglich Geruchsemissionen, Effekten im Boden, Arbeitssicherheit und insbesondere auch der genauen Auswirkungen auf Ammoniak-, Methan- und Lachgasemissionen noch offen. Zur Herausgabe von verlässlichen Empfehlungen für die Schweiz bestehen noch zu viele Unklarheiten, wobei der Umgang mit grossen Mengen konzentrierter Schwefelsäure die grösste Schwierigkeit darstellen dürfte.

## Literatur

Berg W. & Hörnig, G. (1996). Wirksamer Emissionsminderung. Landtechnik, 51(1).

Clemens J., Wulf S. (2005). Reduktion der Ammoniakausgasung aus Kofermentationssubstraten während der Lagerung und Ausbringung durch interne Versauerung mit in NRW anfallenden organischen Kohlenstofffraktionen. Landwirtschaftliche Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn.

Jacobsen B. H. (2015). Why is acidification a success only in Denmark? Abstract for the Manursource Conference, Ghent.

Kupper T. (2015). Beurteilung der Ansäuerung von Gülle als Massnahme zur Reduktion von Ammoniakemissionen in der Schweiz. Berner Fachhochschule HAFL, Bern.

Kupper T., Bonjour C., Achermann B., Rihm B., Zaucker F. & Menzi H. (2013). Ammoniakemissionen in der Schweiz 1990-2010 und Prognose bis 2020. BAFU, Bern.

Landwirtschaft als Luftschadstoffquelle. Bundesamt für Umwelt BAFU. Ammoniak (NH<sub>3</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>), Lachgas (N<sub>2</sub>O). Abgerufen auf <http://www.bafu.admin.ch/luft/13793/14817/15033/index.html?lang=de> am 23.11.2016.

LBBZ Plantahof (2006). Anfall und Lagerung der Hofdünger. Unterrichtsunterlagen. Abgerufen auf [www1.plantahof.ch/fileadmin/user\\_upload/allgemein/Aktuelles/Feldtag\\_06/Anfall\\_und\\_Lagerung\\_der\\_Hofd\\_nger.pdf](http://www1.plantahof.ch/fileadmin/user_upload/allgemein/Aktuelles/Feldtag_06/Anfall_und_Lagerung_der_Hofd_nger.pdf) am 30.11.2016.

Peter S., Hartmann M., Weber M., Lehmann B. & Hediger W. (2009). THG 2020 – Möglichkeiten und Grenzen zur Vermeidung landwirtschaftlicher Treibhausgase in der Schweiz. ETH, Zürich.

SyreN Fedbroschüre (2012). BioCover A/S, Dänemark. Abgerufen auf [www.biocover.dk/produkte/syren](http://www.biocover.dk/produkte/syren) am 18.10.2016.