



BioCOVER^{als} 

Veerst Skowvej 6
DK – 6600 Vejlen
+45 29 63 49 36
mt@biocover.dk
www.biocover.dk
CVR No: 32448062



SyrenN



VERA 
Verified

SyreN System – Ansäuerung von Gülle

Für die moderne Landwirtschaft ist der Verlust von Nährstoffen (Emissionen) ein Problem geworden. Das geschieht u. a. durch die Verflüchtigung von Stickstoff als Ammoniak aus dem Viehdünger und durch die Versickerung als Nitrat in das Grundwasser. Der Verlust von Ammoniak beeinträchtigt stickstoffsensitive Natur sehr und trägt in hohem Maße zur Luftverschmutzung durch Feinstaub (PM_{2,5}) bei, dem jährlich bis zu 140.000 vorzeitige Todesfälle innerhalb der EU zugeschrieben werden.

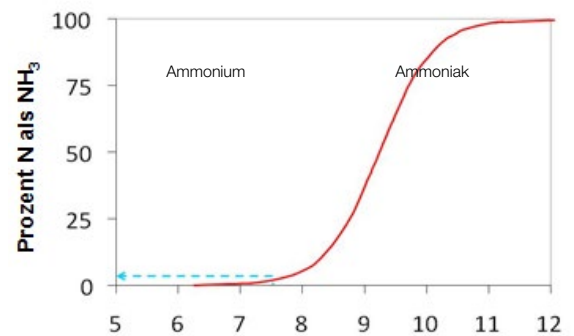
Die Versickerung von Nitrat ins Grundwasser verursacht große Probleme in Zusammenhang mit den Reinheitsanforderungen an Grundwasser, um als Trinkwasser verwendet werden zu können.

Eine effiziente Lösung zur Reduzierung beider Probleme wird im Folgenden mit zwei verschiedenen Technologien des SyreN-Systems vorgestellt.

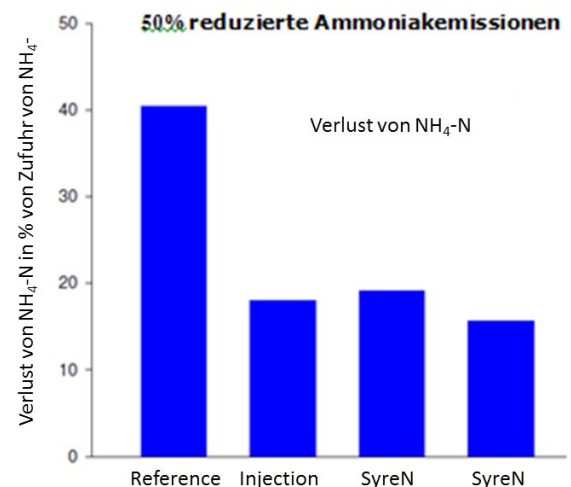
Ansäuerung von Gülle

Die Ansäuerung von Gülle bedeutet eine Steuerung des pH-Werts. Gülle enthält eine hohe Menge Stickstoff, der in der Gülleflüssigkeit gelöst ist und in Form von Ammoniak und Ammonium auftritt. Beide Stickstoff-Formen sind in der Gülleflüssigkeit im chemischen Gleichgewicht. Wenn der pH-Wert der Gülle gesenkt wird, verschiebt sich dieses Gleichgewicht, und ein größerer Anteil des gasförmigen Ammoniaks wandelt sich in Ammonium (Salz) um, das sich nicht aus der Gülle verflüchtigt. Das SyreN-System misst automatisch den pH-Wert der Gülle und gibt die erforderliche Menge Schwefelsäure hinzu, um den pH-Wert abzusenken. Wenn die Schwefelsäure bei der Ausbringung in die Gülle injiziert wird, verwandelt sie sich augenblicklich in Ammonium und Schwefelsulfat. Ammonium und Sulfat sind beide sehr gut geeignet als Pflanzennahrung, weil sie als Stickstoff- und Schwefeldünger direkt von den Pflanzen aufgenommen werden können. Außerdem ist Ammonium eine Verbindung aus positiv geladenen Molekülen, die sich im Boden binden. Das Risiko, dass sie ins Grundwasser ausgewaschen werden, ist gering.

Bei einer VERA-Verifizierung an der Universität Århus ließ sich eine Reduktion von 49 % nachweisen. Bei diesem Versuch wurden 2,5 l Schwefelsäure pro Kubikmeter Gülle mit einem pH-Wert von zunächst 7,8 mit einer Senkung des pH-Wertes auf 6,4 verwendet. Die Menge der verwendeten Schwefelsäure ist abhängig vom pH-Wert der Gülle und vom pH-Puffer (Puffer = andere chemische Stoffgemische als Ammoniak, die Säure verbrauchen). In der Praxis können die notwendigen Mengen an Säure sehr unterschiedlich sein. Normalerweise verwendet man 1 l Säure auf 1 m³ Rindergülle und 1,5 l auf 1 m³ Schweinegülle. Es wurde eine gute Übereinstimmung der Menge der verwendeten Säure mit der Menge an Schwefel gefunden, die die Pflanzen brauchen. Es gibt jedoch auch Fälle mit sehr hohen pH-Werten (besonders entgaste Gülle) oder Gülle mit einem sehr hohen pH-Puffer (besonders Schweinegülle). In diesen Fällen war die Säuredosierung +4 Liter auf 1 m³.



Normalbereich des pH-Werts in Gülle



Unterschiedliche Ertragsaussichten mit SyreN

Mit der Anwendung des SyreN-Systems sind in mehreren Bereichen eine Verbesserung des Gülle-Wirkungsgrads und damit auch höhere Erträge möglich, ganz abgesehen vom Mitwirken an der Bekämpfung der Luftverschmutzung

- 85 % Nutzungsgrad der Gülle bedeutet 5 bis 50 kg extra Ammonium bei Ansäuerung
- Düngung mit Schwefelsulfat – besonders bei Raps und auf Grünland
- Schleppschlauchverteilung statt direkte Einbringung
- Zugabe von Stickstoffhemmern
- Vorbeugung von Manganmangel – Ersatz von schwefelsaurem Ammoniak
- 0 % mehr pflanzenverfügbarer Phosphor – besonders Rindergülle als Startdünger für Mais
- Umweltgenehmigung
- Geruchsminderung

Zusätzlicher Ammoniumstickstoff

Mit Hilfe der Ansäuerungstechnologie wird Ammoniak als Ammonium gebunden, das sich nicht verflüchtigt. Das bedeutet, dass sich der Ammonium-Anteil in der Gülle erhöht, so dass den Pflanzen eine größere Menge Stickstoff zur Verfügung steht. Ammonium ist außerdem der beste uns bekannte Stickstoffdünger, weil hier die Pflanzen nicht "zwangsgefüttert" werden wie mit wasserlöslichem Nitrat, sondern laufend nur die Menge Stickstoff aufnehmen, die sie tatsächlich brauchen. Wenn die Pflanze Ammonium aufnimmt, werden H⁺-Ionen ausgeschieden, was zur besseren Pflanzenverfügbarkeit des Phosphors beiträgt. Diese Auswirkungen lassen sich bei Versuchen messen.

Emissionen werden von zahlreichen Faktoren bestimmt. Die Schätzungen sind daher nur als Richtwerte aufzufassen. In der Praxis sind folgende Faktoren entscheidend für die Wirtschaftlichkeit der Technologie:

- Menge der ausgebrachten Gülle
- Ammoniakanteil der Gülle
- Trockenmasseanteil der Gülle
- pH-Wert
- Windgeschwindigkeit
- Temperatur
- Pflanzendecke
- Boden- und Luftfeuchtigkeit

Ertragserhöhung nach der Ansäuern der Gülle durch SyreN-Technologie				
Ertrag	No of trials	Ertrag, hkg pr ha.	pH	Schwefelsäure, l/m ³ Gülle
2010	3	4	6,1	2
2011	4	5	5,9	2
2013	6	3,2	6,3	3,3
2014	4	0,3	6,3	2,6
2015	6	-0,4	6,1	1,9
2016	5	0,7	6,1	1,7
2017	2	6,3	5,8	
Gewichtetes Mittel	30	2,2	6,1	2,1

Einige Durchschnittszahlen:

Grünland / Rindergülle:

Emission 18,8 % bei Ausbringung im April
30 t/ha = ca. 15 kg N mehr pro Hektar =
175 FE Ertrag pro Hektar

Wintersaat / Schweinegülle:

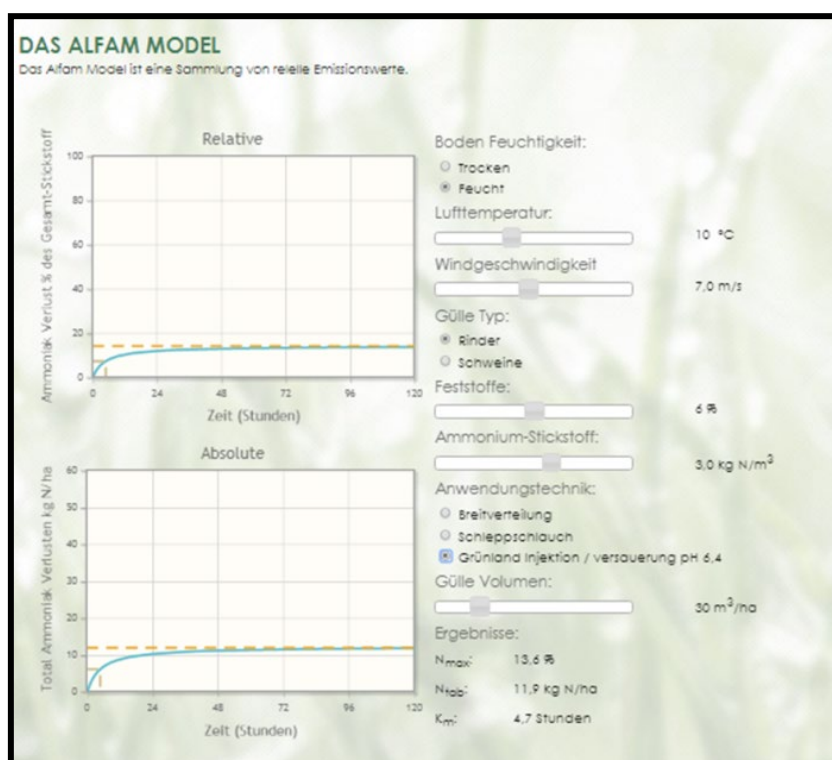
Emission 12,9 % bei Ausbringung im April
24 t/ha = ca. 10 kg N mehr pro Hektar =
+ 2,1 hkg Ertrag pro Hektar

Die Normalvariationen liegen zwischen 5 kg und 50 kg N pro Hektar, abhängig von der Witterung usw. Man kann im Voraus die Wirtschaftlichkeit der Technologie abschätzen. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Menge des zuzugebenden Stickstoffs von den Bedingungen am Tag der Gülleausbringung bestimmt wird. Das spiegelt sich auch in den Versuchsergebnissen von 2010–2017 wider. Hier liegt der Mehrertrag bei Winterweizen zwischen 0 und 26 % mit Unterschieden von -0,4 zu + 6,3 hkg. Der Durchschnitt lag in den sieben Jahren für Winterweizen bei 2,1 hkg.

Alfam-Modell

Das Alfam-Modell ist eine große Hilfe beim Abschätzen der Ammoniak-Emissionen an einem bestimmten Tag. Das Modell ist eine Datenbank mit über 2.000 Emissionsversuchen. Damit lassen sich die Emissionen eines bestimmten Gülletyps bei bestimmten Witterungsbedingungen voraussagen. Das Modell enthält eine ausführliche Darstellung, welche Bedeutung die einzelnen Parameter für die Berechnungsgrundlagen der möglichen Emissionen haben. Variable Faktoren wie Emissionsprozente und kg N pro Hektar werden summiert und geben so einen Überblick über den Verlust an Stickstoff zu bestimmten Tagen.

An Tagen mit günstigem Wind und hohen Temperaturen können die Emissionen auf 30–50 % oder mehr der Stickstoff-Gesamtmenge steigen. An solchen Tagen erhöht sich die Wirtschaftlichkeit um den Faktor 2. Umgekehrt können an Tagen ohne Wind und mit niedrigen Temperaturen und hoher Luftfeuchtigkeit so niedrige Emissionen zu verzeichnen sein, dass sich die Zugabe von Säure gar nicht lohnt. Es ist also ein Zeichen „guter Landwirtschaft“, die Anwendung von SyreN zu optimieren und noch bessere Ergebnisse als in den Ertragsversuchen zu erzielen.



Das Alfam-Modell ist zu finden auf www.biocover.dk - Beratung

Düngung mit Schwefel

Schwefelsäure eignet sich besonders gut als Düngemittel. Schwefelsäure enthält 577 g Schwefel pro Liter. Bei der Reduktion des pH-Wertes verwandelt sich Schwefelsäure (H_2SO_4) zu SO_4 (Schwefelsulfat), das von den Pflanzen direkt aufgenommen wird. Sie ist also ein geeignetes und preiswertes Mittel zur S-Düngung im Herbst oder Frühjahr von beispielsweise Grünland, Winterraps und Winterweizen.

Für den Winterweizen werden 0,9 l Schwefelsäure pro m^3 bei einer Gülledosierung von 30 t pro Hektar zugegeben, für Raps 2,1 l bei einer Gülledosierung von 30 t pro Hektar. Im Terminal des SyreN-Systems sind ausführliche Tabellen über die Anwendung von Schwefelsäure als Dünger je nach Güllévolumen und Pflanzentyp/Bodentyp nachzusehen. Aus dieser Liste stammen die häufig angewendeten Dosierungen:

Pflanzenbedarf an S

	S-bedarf, kg pro ha	Typische Aufwandmenge Gülle, ton pro ha	Benötigter schwefel, kg S pro ton	Liter H_2SO_4 pro ton gülle
Winterweizen, Lehm Boden	15	30	0,5	0,9
Sommergerste, Sandboden	10	30	0,3	0,6
Einterraps, Lehm Boden	35	30	1,2	2,1
Grünland, Sandboden	30	40	0,8	1,3

In den Jahren 1960–2000 hatte die Landwirtschaft große Erfolge durch die Hintergrunddeposition von Schwefel bis zu 300 kg pro Hektar. Diese Deposition liegt heute bei nur 2–3 kg S/ha. Schwefelmangel ist deshalb ein weit verbreitetes Phänomen, das aber erst bei eingetretenem +20 % Mangel sichtbar wird.

Die einzelnen Pflanzen haben unterschiedlichen Bedarf an Schwefel. Weizen und Raps bevorzugen Schwefel möglichst frühzeitig in der Saison. Eine Düngung mit Schwefel, wobei der Gülle Schwefelsäure zugegeben wird, erspart oft das Ausbringen von schwefelsaurem Ammoniak oder das Düngen mit einem anderen NS-Granulat zu einem späteren Zeitpunkt.

Schwefel in der Gülle hat auch eine starke Emission von Schwefelwasserstoff (H_2S – faule Eier). Ein Verlust von 20 % Schwefel ist nicht ungewöhnlich und deshalb ein variabler pflanzenverfügbare Düngewert. In Biogasgülle wird der pflanzenverfügbare Schwefel durch Fermentierung immobilisiert und hat unmittelbar keinen Schwefeldüngewert. Schwefel ist auch wasserlöslich und deshalb leicht auswaschbar wie Nitrat.

Schwefelsäure hat einen wettbewerbsfähigen Preis im Vergleich zu anderen Handelsdüngern.

Ein Vergleich mit konventioneller Düngestrategie kann wie folgt aussehen:

En sammenligning med en konventionel gødningstrategi, kan se ud som nedenstående:

Übliche Düngestrategie:				
Gülle + 80 kg N/ha + NitroStar (NS 28-5)		90 €/ha		
Gülle + 80 kg N/ha – Ammoniumsulfat (NS 21-24)		109 €/ha		
Alternative → SyreN-Ansäuerung:				
Gülle + 80 kg N/ha – N-34	75 €/ha		75 €/ha	
Schwefelsäure 30 m³ - 1.5 Liter x 0.33 €	10 €/ha	85€/ha	10 €/ha	85 €/ha
Preisunterschied je ha	+ 5 €/ha		+ 24 €/ha	
Quelle: Torben Viuf, Sønderjysk landboforening				

Es ist klar ersichtlich, dass die verbesserte Einkaufsstrategie allein schon die Anwendung von Ansäuerung bezahlt. Die daraus folgende geringere Emission ist demnach ein „Bonus“ in Form von zusätzlichem Stickstoff und weniger Umweltbelastung.

Vorbeugung von Manganmangel

Manganmangel ist die Folge eines zu hohen pH-Werts im Erdboden – oft in Form von Flecken nach dem Kalken. Auf Böden mit Manganmangel empfiehlt sich die Verwendung von schwefelsaurem Ammoniak. Die Zugabe von Schwefelsäure in die Gülle hat die gleiche Wirkung, allerdings muss der pH-Wert auf 5,5 oder weniger gesenkt werden, um einen spürbaren Effekt zu bewirken. Ein Fall von 26 % Mehrertrag bei Weizen lässt sich vielleicht mit der Vorbeugung von Manganmangel erklären.

Schwefel für Raps

Raps gehört zur Brassica-Familie, die bekanntermaßen nach Kohl oder Schwefel riecht. Also überrascht es nicht, dass diese Pflanzen viel Schwefel brauchen. Auch bei Raps kann die Ansäuerung den preislastigen schwefelsauren Ammoniak ersetzen und ausreichend Schwefel zuführen. Vielleicht nicht ganz so überraschend ist die Tatsache, dass Raps mit zusätzlichem Schwefel oft einen Mehrertrag einbringt. Besonders auf leichten Böden mit häufigen Auswaschungen sind bei Dosierungen bis zu 6 l Schwefelsäure oder ca. 100 kg S/ha signifikante Mehrerträge zu beobachten.

Schwefel für Gras

Gras zeigt die beste Reaktion auf Ansäuerungen aus einer Kombination von mehreren Faktoren, wobei die Witterung die Hauptrolle spielt. Oft wird die Gülle erst nach dem Schnitt im Sommer auf Grünland ausgebracht, wenn es warm und trocken ist. Dies führt zu einer signifikant höheren Ammoniak-Emission als im Frühjahr, wenn Gülle auf Getreidepflanzen ausgebracht wird. Weiterhin kann Gras eine viel größere Menge Stickstoff ausnutzen als Getreidepflanzen, die Möglichkeit einer ungenügenden Ausnutzung der ausgebrachten Stickstoffmenge ist geringer. Gras hat wie Raps eine gute Ausnutzung von Schwefel mit einem Bedarf von 40–50 kg/ha. Bei der Fruchtfolge auf Grünland zeigt die Ansäuerung eine hervorragende Eigenschaft, die Umsetzung von Grassoden zu beschleunigen.

Schleppschlauchverteilung statt direkte Einbringung

Wirtschaftlichkeit und Benutzervorteile bei der Anwendung von SyreN statt der direkten Einbringung in Grünland sind deutlich zu erkennen.

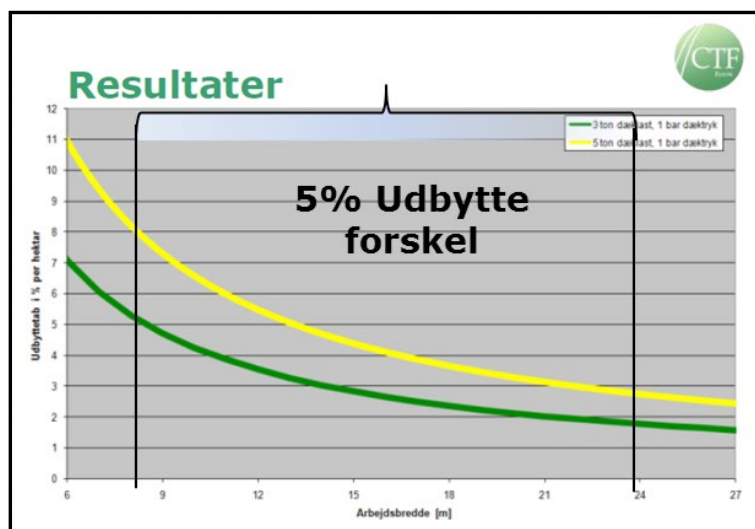
Die Vorteile variieren je nach Jahreszeit und den Fahrbedingungen auf dem Acker. Ganz allgemein lässt sich sagen, dass die Schäden bei der direkten Einbringung im Frühjahr am größten sind und dass SyreN eine sicherere Anwendungsmethode ist.

Vorteile Schleppschläuche mit SyreN	Vorteile Einbringung
• Größere Arbeitsbreite bedeuten 50–66 % weniger Fahrschäden durch Güllewagen auf Grünland • 100 % Reduktion von Einbringungsschäden auf Grünland • 24–36 m Arbeitsbreite – um ca. 25 % erhöhte Kapazität bei Gülleausbringung • Sichere und gute Wirtschaftlichkeit bei Ansäuerung • Unveränderter Bedarf an Zugkraft / Dieselverbrauch • Geringere Strukturschäden aufgrund der Reduktion des Schwerlastverkehrs • Bessere Gewichtsverteilung zwischen Traktor und Güllewagen • Kein Risiko von Trockenschäden an den Graswurzeln • Keine Verschleißteile mit Erdbodenkontakt • Längere Lebenszeit der Wiesen • Längerer Zeitraum für die Ausbringung (unabhängig von Emission und kürzerem Fahrzeitraum für die Einbringung) • Klimagas neutral – keine Entwicklung von Lachgas beim Abbau von Trockenmasse	• Kein Umgang mit Säure • Weniger Risiken beim Transport von Trockenmasse zum Stall

Unterschied zwischen Technologien

Der wichtigste Unterschied zwischen den beiden Technologien ist der geringere Ertrag in der Folge von Fahrschäden durch die unterschiedlichen Arbeitsbreiten von Schleppschläuchen mit 24–36 m, verglichen mit 8–12 m bei der Einbringung. Dies ergibt einen permanenten Ertragsunterschied von 3–5 %.

Geschätzte Unkosten der beiden Technologien:



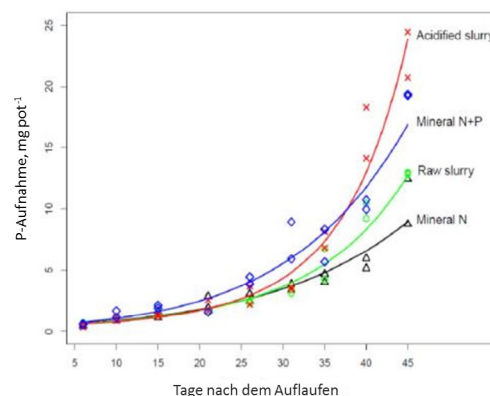
Schlauchausbringung von angesäuerter Gülle verglichen mit direkter Einbringung – vor 1. Schnitt, 25 t Gülle pro Hektar

	Schlauchausbringung (24 m), SyreN	Einbringung (12 m)	SyreN – Einbringung DKK pro Hektar
Mehrkosten	2,0 l Schwefelsäure pro t Rindergülle à 3,15 DKK pro l	0	-157,5
	Ausbringung 0 DKK pro m³	0	0
Düngewert von S	25 kg à 2,5 DKK pro kg	0	+ 60
Fahrschäden	175 FE pro Hektar	350 FE pro Hektar	+ 192,5
Pflanzenschäden	0 FE pro Hektar	480 FE pro Hektar	+ 528
Unterschied			+ 623 DKK / ha

(Flemming Hedegård, Byggeri og teknik)

Mere plantetilgængelig fosfor – anvendelse af gylle til erstatning af startgødning til majs

Gülleanalysen haben bis zu 40 % mehr pflanzenverfügbaren Phosphor mit Ansäuerung gezeigt. Mais verlangt viel Phosphor. Im Allgemeinen enthält Gülle reichlich Phosphor, der jedoch nicht unmittelbar pflanzenverfügbar ist. Deshalb wird mineralischer Phosphor als Startdünger bei der Aussaat zugegeben. Dieser Startdünger kann jetzt mit angesäuerter Gülle ersetzt werden. Eine Reihe von Versuchen hat gezeigt, dass die Ansäuerung von Gülle auf einen pH-Wert von 6,5 die Bindung von Calcium und Phosphor löst und bis zu 40 % mehr Phosphor aus der Gülle pflanzenverfügbar macht. Die Gülle ist mit RTK GPS auszubringen. Die Maissamen werden ca. eine Woche später in einem Abstand von 5 cm zur Gülle gesät, damit die große Flüssigkeitsmenge nicht die Keimung der Sa zerstört.



Bedarf an zusätzlichem Kalk bei Ansäuerung

Bei der Verwendung von Säure kann der pH-Puffer im Boden beeinträchtigt werden. Eine Veränderung des pH-Puffers im Boden nach der Verwendung von Säure konnte nicht nachgewiesen werden, rein theoretisch jedoch verbraucht 1 l Schwefelsäure ca. 1 kg Kalk.

SyreN additiv system:

Mehrere verschiedene Additive können für unterschiedliche Zwecke und mit Erfolg der Gülle zugegeben und ausgebracht werden:

Stickstoffhemmer

Stickstoffhemmer sind eine Gruppe von Aktivstoffen, die den Abbau von Ammonium zu Nitrat hemmen (Denitrifikation). Der Abbau wird bereits nach 1–2 Wochen nach der Ausbringung (abhängig von der Temperatur) durch eine Gruppe Bakterien vorgenommen. Dieser Abbau ist unerwünscht, weil dadurch die Vorteile des Ammoniumdüngers zunichte gemacht werden. Stickstoffhemmer können diesen Prozess um 6–10 Wochen verzögern. Damit wird das Ammonium gegen Abbau und Auswaschung geschützt, und der Mais hat mehr Zeit, den Ammoniumstickstoff aufzunehmen und den Stickstoff in der Gülle besser auszunutzen. Damit gelangt auch weniger Nitrat ins Grundwasser.

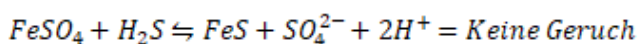
Eisensulfat Fe3+

Das SyreN-System besitzt zwei Wirkungsmitter zur Reduzierung des Geruchs.

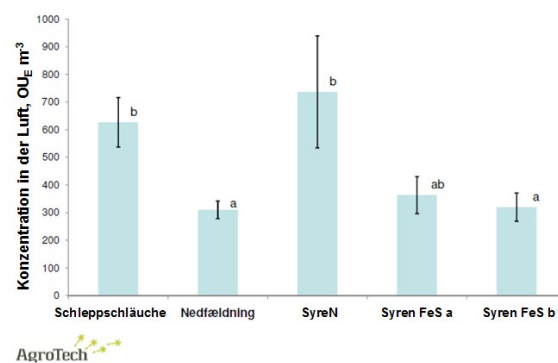
Eisensulfat ist ein bekanntes Mittel, um den typischen, an faule Eier erinnernden Geruch des Schwefelwasserstoffs zu entfernen. Es wird standardmäßig und mit Erfolg in Kläranlagen verwendet.

Das Eisensulfat wird beim Befüllen des Wagens mit Gülle zugegeben. Das ist sehr wichtig, denn die Mengen an Eisensulfat sind sehr gering (typisch zwischen 500 ml und 1 l pro m³), und es dauert ca. 10 Minuten von der Zugabe bis zur optimalen Wirkung

Die Wirkung des Eisensulfats besteht in der Spaltung des Schwefelwasserstoffs.



Die Zugabe von Schwefelsäure führt außerdem dazu, dass eine Reihe von



Effekt von Zugabe ½ Liter Eisensulfat pro m³ – Rindergülle

Tabelle 6.1 Geschätzter Einsatz von Kalk für verschiedene Aufschlammungsarten und Ansäuerung. Hansen und Knudsen 2017

	Tonnen gülle pro. ha ¹	Scheune Versau- erung	Traktor- Versau- erung	Feld Versau- erung	Kg. Kalk pro Liter Schwefelsäure					
		In Schwefelsäure pro Tonne			1,0	1,8	1,0	1,8	1,0	1,8
Kg. Kalk pro ha. pro Jahre wegen Versauerung										
Svinegylle	30	7,2	7,2	2,9	217	390	217	390	87	156
Kvæggylle	43	4,4	3,7	3,1	190	342	159	286	131	235
Afgæsset gylle	35	0,0	0,0	8,3					292	525

¹Die Güllemenge wird anhand der Standardzahl und der Lieferung von 140 kg Stickstoff pro ha. SchweineGülle, 170 Rindergülle, 155 Entgastegülle

Riechstoffen ihren Charakter und damit ihren Geruch ändern. Die Geruchsreduzierung ist eine sehr variable Größe. Mit manchen Gülletypen lassen sich einzigartige Ergebnisse erzielen, mit anderen gibt es nur bescheidene Erfolge. Das liegt im Allgemeinen am pH-Wert und am unterschiedlichen Anteil an Schwefelwasserstoff und an der Zusammensetzung der Gülle (Nerze, Schweine, Rinder). Man ist gut beraten, die Nachbarn zu befragen, da eine Geruchsreduzierung ja oft aus Rücksicht auf die Nachbarschaft gewünscht wird. Die Windrichtung und die Entfernungen zur Güllausbringung sind wichtige Größen. Bekanntermaßen verbreitet sich der Geruch nicht gegen den Wind. Man sollte aber auch bedenken, dass eine Geruchsreduzierung an sich über die Entfernung zum Nachbarn noch effizienter wird, je weiter weg er von der Geruchsquelle ist. Wenn die auszubringende Gülle also mit Eisensulfat angereichert ist, können die Nachbarn oft eine sehr markante Geruchsreduktion erleben, aber nicht unbedingt derjenige, der sich auf dem Gülleverteiler oder direkt daneben befindet.

Mangan-Nitrat

Mangan-Nitrat ist ein bekanntes Mittel gegen Manganmangel. Auf Böden mit Manganmangel wird Mangan-Nitrat oft zusammen mit Spritzmitteln ausgebracht, wenn die Behandlung in der frühen Wachstumssaison nicht ausreichend effizient war. Mangan-Nitrat kann deshalb mit gutem Erfolg der Gülle zugegeben werden, weil seine Wirkung überaus schnell eintritt, sobald es in einer größeren Menge Flüssigkeit gelöst ist und sofort Kontakt mit dem Erdboden oder dem Wurzelwerk hat

Zusammenfassung Wirtschaftlichkeit:

Vieles von dem bisher Angeführten lässt sich für einen landwirtschaftlichen Betrieb nur schwer in ein Wirtschaftlichkeitskalkül zusammenfassen. Die Kenntnis vieler variabler Parameter ist notwendig, um sich einen Überblick für den einzelnen Betrieb zu verschaffen. BioCover hat aus diesem Grund ein Wirtschaftlichkeitskalkül auf der Grundlage des oben beschriebenen ALFAM-Modells erstellt mit allen Wirtschaftlichkeitsparametern, die zu berücksichtigen sind, um Aussagen über die Ertragsmöglichkeiten des jeweiligen landwirtschaftlichen Betriebs machen zu können. Das Programm enthält „default values“. Das sind Standardwerte, die angewendet werden können, wenn kein genaues Budget und keine genauen Zahlen vorliegen, beispielsweise die Menge Stickstoff in der Gülle. Falls keine Gülleanalyse erstellt wurde, kann den man Stalltyp anklicken und von dort eine Normzahl für den Betrieb oder die Tierhaltung anwenden.

Manche Wirkungen des Produkts betreffen nicht direkt den landwirtschaftlichen Betrieb, sondern mehr gesellschaftliche Zusammenhänge. Für die Anwendung des SyreN-Systems wurden deshalb auch spezifische Rahmenbedingungen erstellt. Solche Bedingungen gelten in Dänemark zum Beispiel für Grünland- oder Schwarzerde-Einbringungen, für Ansäuerungen bei Gras oder für das Mulchen von

The screenshot shows the 'Estimator' tab of the SyreN-Estimator software. It displays various input fields for manure application parameters and the resulting calculations for nitrogen emission reduction and acid consumption.

Schnitt / Nummer der Überfahrt	Anwendungs-technik	Erde Feuchtigkeitsgrad	Luft Temperatur	Wind Geschwindigkeit	Trockensubstanz Gehalt	Start pH	Gewünscht pH	Säure Verbrauch
1'	Schleppschlauch	Trock	21 °C	6 m/s	8 %	7	6,4	1,5 L/m³

Total Emission: 31,5 (18,1) Kg N/ha

Theoretische Reduktion von N-Emission: 42,6 % ± 5,4 = 13,4 Kg N/ha

Erwartete Ertragserhöhung: 300 FU/ha

Versäuerung Strategie: pH-Reduktion mit Schwefelsäure als Minimum

Schnitt / Nummer der Überfahrt	Gülle Menge m³/ha	Ammoniak Zugabe Kg N/m³	Total Ammonium Kg N/ha	Total Phosphor Kg P/ha	Total Kalium Kg K/ha	Total Schwefel Kg S/ha	Säure L/m³
1'	40	0 Kg N/ha	91 + (13)	23	108	35	1,5
Total	40 m³/ha	0 Kg N/ha	105	23	108	35	
empfehlenswert			147	45	137	15	

Gesamtergebnis im Vergleich zur gewöhnlichen Schleppschlauch verteilung: 5800 €

Beispiel des Ertrags bei 200 ha Silomais mit Reduktion des pH-Werts auf 6,4 und Verbrauch von 1,5 l Schwefelsäure
Der SyreN-Estimator ist zu finden auf <http://www.biocover.dk/beratung/syren-estimator>

Schwarzerde. Von gesellschaftlichem Interesse sind beispielsweise Verbesserungen der Biodiversität und der aquatischen Umwelt oder Reduzierung der Gesundheitskosten. Auch die Reduzierung von CO₂ oder der Geruchsbelästigung bei der Gülleausbringung lassen sich nicht ganz einfach eingliedern. Einfacher geht es mit Umweltgenehmigungen oder Überprüfung der Düngestrategie, aber das passt nicht zu allen Betrieben.

Das Programm Estimator gründet sich deshalb auf Faktoren, die für alle gelten: Mehrertrag und Schwefelwert. Die Rahmenbedingungen können ausschlaggebend sein für den Entschluss zur Anwendung des Systems, der Umfang der Anwendung muss aber immer Gegenstand einer Analyse von Unkosten und Erträgen bleiben.

Umweltgesetzgebung

Deutschland ist als EU-Mitglied zur Reduktion der Ammoniak-Emissionen verpflichtet. Für Emissionsreduktionen gelten die Habitat-Richtlinie, die NEC-Richtlinie (National Emission Ceiling), die Nitratrichtlinie und die deutsche nationale Gesetzgebung.

Die **NEC-Richtlinie (EU)** hat das Ziel, die Luftverschmutzung zu verringern. Wenn sich Ammoniak in die Atmosphäre verflüchtigt, wird er in Ammoniumsulfat und Ammoniumnitrat umgewandelt. Diese Stoffe sind klassifiziert als „particulate matter“: Feinstaub PM_{2.5} und PM₁₀. Diese Partikel sind krebs- und allergieerregend und führen zu einer Reihe von Lungenerkrankungen. Man schätzt, dass Luftverschmutzung die Ursache für jährlich 460.000 vorzeitige Todesfälle in der EU ist. Forschungsergebnisse des CEEH (Center for Energy, Environment and Health) zeigen, dass Ammoniak sehr wesentlich zur Partikelverschmutzung beiträgt.

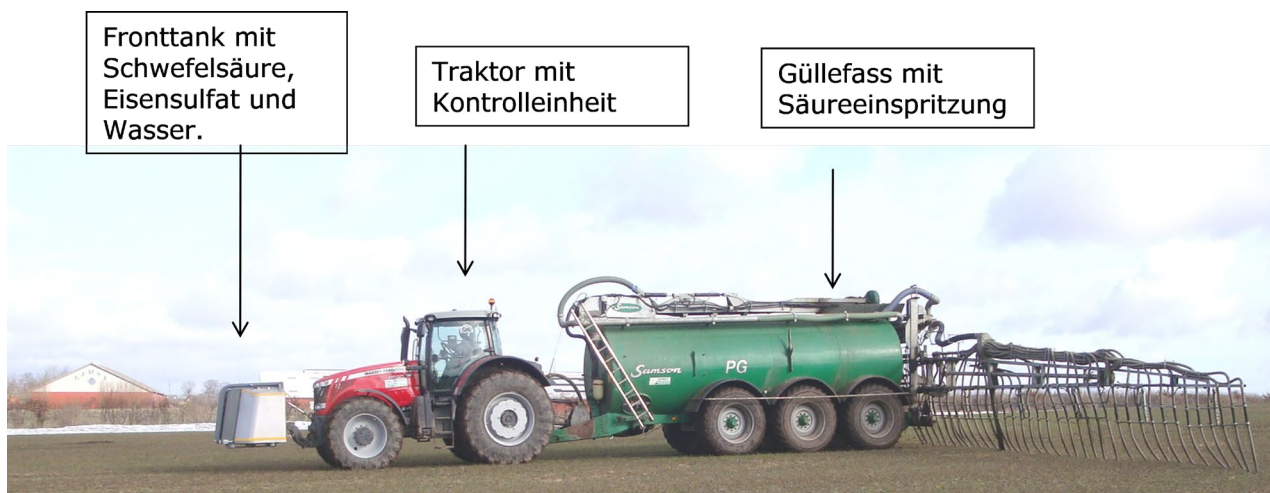
Ammoniak ist so die Ursache für nicht weniger als 40 % der Gesundheitskosten durch Partikelverschmutzung und belastet die dänische Volkswirtschaft mit 6 Milliarden Kronen im Jahr. Zum Vergleich beträgt der Beitrag für den Straßenverkehr „nur“ 18 %.

Die **Nitrat-Richtlinie** bestimmt die Grenzwerte für Nitrat im Grund- und Oberflächenwasser. Eine der wichtigsten Leitlinien ist die jährliche Grenze von 170 kg N pro Hektar aus organischer Düngung. Ein höherer Nutzungsgrad von Gülle-Stickstoff ist deshalb für viele eine Notwendigkeit, um geeignete Ausbringstellen für Gülle zu finden. Die Anwendung von Stickstoffhemmern im SyreN-System führt zu einer reduzierten Einsickerung ins Grundwasser von durchschnittlich 3 kg N/ha im Jahr.

Produktet:

SyreN ist ein System zum Anbau an neue oder gebrauchte Güllewagen. Das System ist so aufgebaut, dass seine optimale Sicherheit und Prozess-Steuerung die Risiken bei der Anwendung minimieren. Funktion und Wirkung des Systems können zuständigen Behörden gegenüber dokumentiert werden.

Einbau und Anwendung der Einzelteile greifen nicht grundlegend in die Konstruktion bestehender Produkte ein, sondern können nachträglich als Set aufgebaut werden.



Der Fronttank vorne am Traktor enthält Tanks für Schwefelsäure, Additive und Wasser. Das System besitzt einen hydraulischen Antrieb für die Säurepumpe und eine Technikbox mit Strom und Elektronik zur Steuerung des Systems.

SyreN ist aufgebaut für den Transport eines Palettentanks für die Säure. Dieses „Kassetten-System“ macht ein Umfüllen von Säure vom Lager zu Güllewagen überflüssig – eine ansonsten gefährliche und zeitaufwändige Operation. Stattdessen kann der Traktorfahrer von seiner Kabine aus über den Frontlift den Palettentank im SyreN-Frontliftsystem austauschen und so für Säure im System sorgen. Der Anschluss des Palettentanks geschieht über eine Trockenkupplung, so dass keine Gefahr für den Benutzer besteht, mit der Säure in Berührung zu kommen.

Die Palettentanks mit Schwefelsäure werden beim Lieferanten bestellt, der sie zur Maschinenstation oder zum Gülletank liefert. Die Palettentanks sind standardmäßig mit Trockenkupplungsmuffen für die Säurepumpe ausgestattet.

Sie müssen ein- bis zweimal am Tag ausgetauscht werden, was nicht mehr als jeweils vier Minuten dauert. Nach der Erstlieferung werden die Tanks aus einem Säuretankwagen im Betrieb gefüllt, so dass sich die Logistik optimieren lässt und Restmengen im Tank nicht die Wirtschaftlichkeit belasten.



Transportregeln

Schwefelsäure wird beim Transport unter der Stoffnummer UN 1830 registriert nach dem ADR-Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße. Das SyreN-System ist im Rahmen des ADR-Übereinkommens für den Transport von Schwefelsäure zugelassen. Der Fahrer muss einen ADR-Schein besitzen und im Übrigen die Bestimmungen für den ADR-Transport einhalten. Schulungen für den ADR-Transport können bei den DEULA-Schulen belegt werden.

BioCover wirkt dabei am Unterricht über die Anwendung des SyreN-Systems mit und unterrichtet auch über die agronomischen Zusammenhänge zur Optimierung der Ansäuerung. Die SyreN-System-Händler schicken mindestens zwei ihrer Monteure zu den zweitägigen Technik- und Sicherheitskursen mit jährlichen Folgeschulungen.

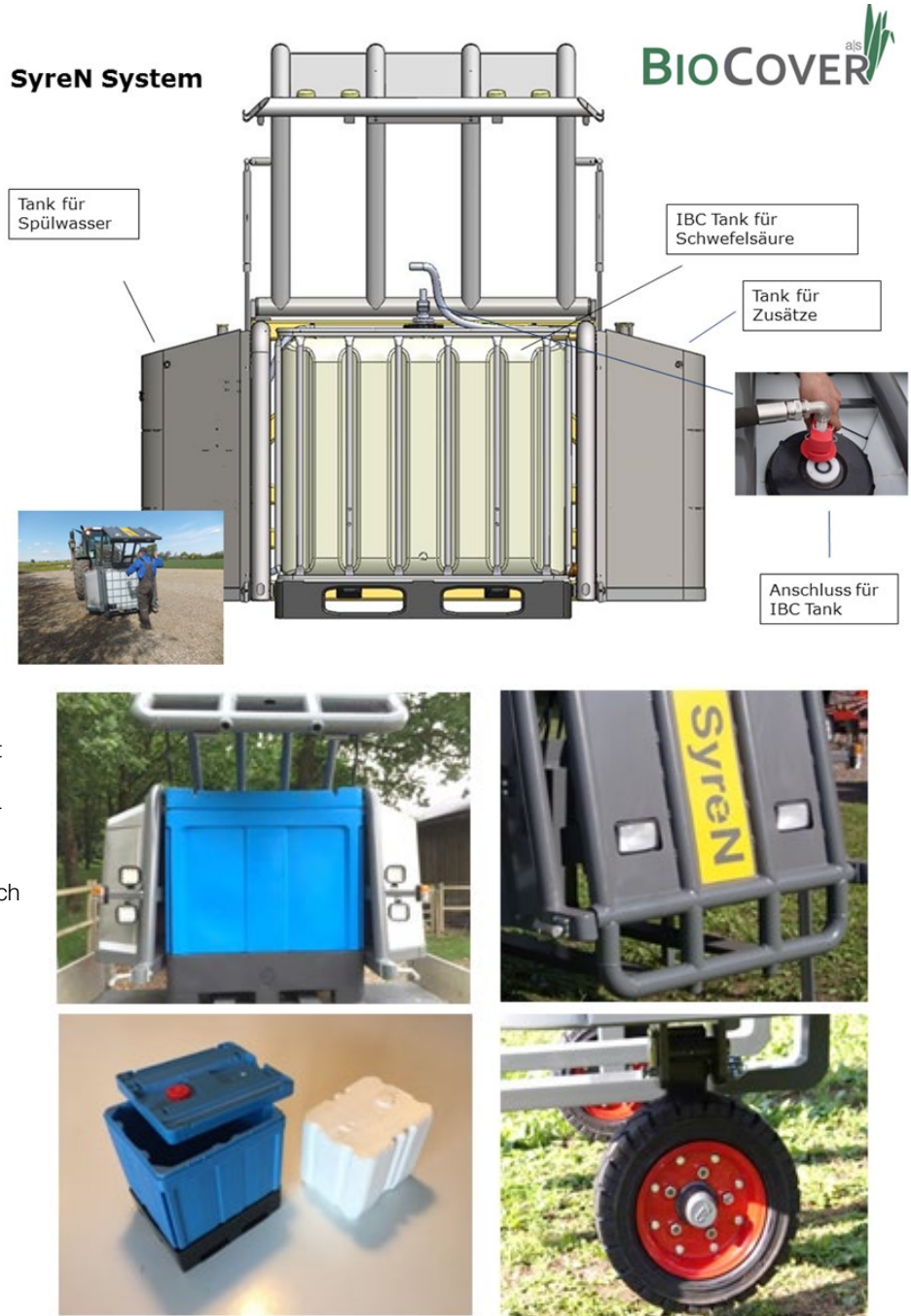
Fronttank

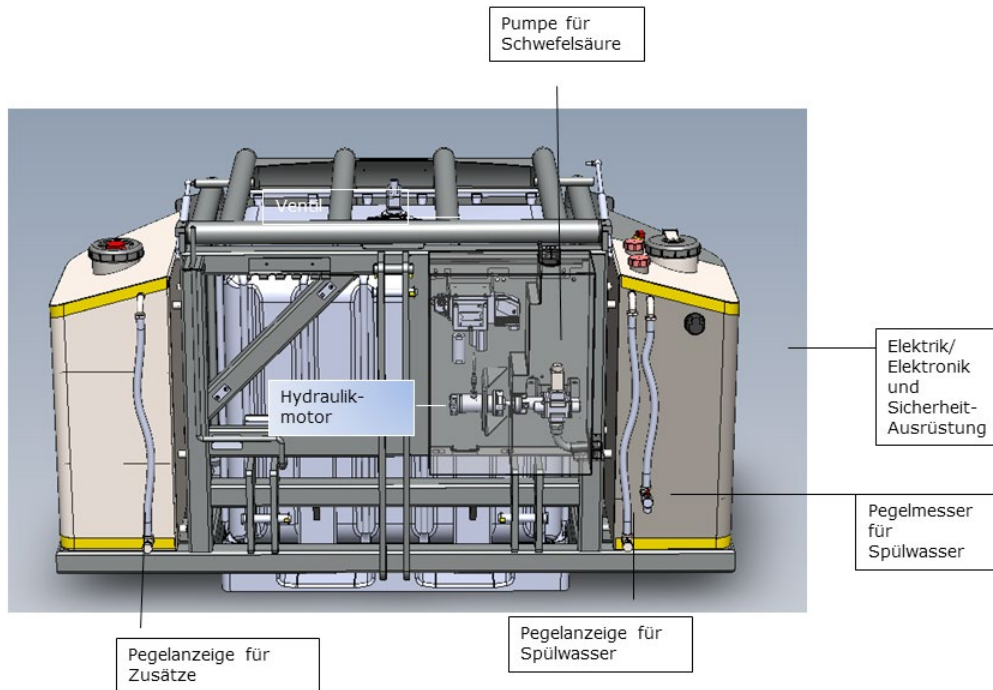
Kräftige Gasdruckzylinder halten den Deckel fest, während der Palettentank ausgewechselt wird. Eine an der Trockenkupplung fest montierte Halterung macht ein Überlaufen von Säure unmöglich.

Das Frontliftsystem ist mit kräftigen Dimensionen konstruiert und deshalb kollisions sicher. Das Steuersystem ist ein ISOBUS-System und in die Funktionalität des Traktors (wie Blinker und Beleuchtung) integriert. Die Steuerung erfolgt über ein im Traktor integriertes Terminal des Traktors. Als Alternative kann auch ein selbstständiges Terminal angewendet werden.

Eine deutsche verlängerte Spezialversion des SyreN-Systems hat Platz für einen Variobox IBC Tank, ein „Tank-im-Tank“-Prinzip, das eine gesetzlich zugelassene Lagerung von Säure möglich macht ohne besondere Absicherungen gegen ein Überlaufen. Damit erhöhen sich Sicherheit und Flexibilität bei Transport und Lagerung. Zusätzlich können Räder unter dem Fronttank angebaut werden, so dass SyreN als „Anhängegerät“ klassifiziert werden kann. Ein Fahrer darf deshalb auch ohne ADR-Schein das System mit einer Höchstgeschwindigkeit von 25 km/h bedienen, ohne dass der Traktor auch auf diese Geschwindigkeit zu begrenzen ist.

Mit dem Variobox IBC Tank wird auch ein elektronische Füllungsalarm mit den Tanks geliefert.





Schwefelsäure-Pumpe

Hierbei handelt es sich um eine Verdrängerpumpe aus 316 Edelstahl mit Innenteilen aus besonders für Schwefelsäure geeigneten Legierungen und Kunststoffen. Die Zahnradpumpe wurde gewählt, weil sie einen breiten, variablen Flow und gute Ansaugeigenschaften besitzt. Angetrieben wird sie von einem Danfoss Hydraulik-Ölmotor mit PVG-Ventil.

Zugabe von Schwefelsäure

Hierbei handelt es sich um eine Verdrängerpumpe aus 316 Edelstahl mit Innenteilen aus besonders für Schwefelsäure geeigneten Legierungen und Kunststoffen. Die Zahnradpumpe wurde gewählt, weil sie einen breiten, variablen Flow und gute Ansaugeigenschaften besitzt. Angetrieben wird sie von einem Danfoss Hydraulik-Ölmotor mit PVG-Ventil.

Zwei Strategien zur Zugabe von Schwefel stehen zur Auswahl:

- Schwefelsäure als S-Dünger
- Schwefelsäure zur Absenkung des pH-Werts

Wird Schwefelsäure als S-Dünger verwendet, wird die Menge Schwefelsäure pro m³ in das SyreN-Steuerprogramm eingelesen. Das Steuerprogramm enthält Tabellen, in denen die erforderliche Säuremenge im Verhältnis zur Anzahl der Kubikmeter und zur Bodenbonität angegeben ist. Die Menge wird automatisch in die Drehzahl des Ölmotors umgerechnet, der die Pumpe für die Zugabe der gewünschten Menge Säure pro m³ antreibt. Das System kontrolliert kontinuierlich mit dem Flowmesser des Güllewagens die durchfließende Menge der Gülle und stellt automatisch die Säuremenge auf die korrekten Kubikmeter Gülle pro Minute ein.



Schwefelsäure kann bei der Zugabe kräftig aufschäumen, besonders bei Biogasgülle.

Schwefelsäure kann auch nach einem gewünschten pH-Wert zugegeben werden. Hier wird beispielsweise ein pH-Wert von 6,4 eingegeben. Zum Start eines neuen Jobs bringt das System zunächst 1-5 m³ Gülle ohne Säurezugabe aus. Dabei ermittelt der Sensor den aktuellen pH-Wert ohne Säurezugabe und gibt diesen Wert fest in den Speicher des Systems ein. Danach wird schrittweise Säure zugegeben, bis der gewünschte pH-Wert gefunden ist. Die zu verwendende Menge Säure wird automatisch zugesetzt, solange der betreffende Job aktiv ist.

Das Programm zur Zugabe von Schwefelsäure je nach pH-Wert ist besonders gut geeignet zur Reduzierung der Ammoniak-Emission und für einen Extra-Zuschuss von Ammonium N. Damit wird auch ein außerordentlich großer Beitrag zur Reduzierung des unerwünschten Ausstoßes von Nährstoffen in stickstoffsensible Natur geleistet. Bei einem pH-Wert unter 6 ist die Ammoniak-Emission stark begrenzt, bei einem Wert unter 5,5 hört sie ganz auf.

Schwefelsäure-Injektor

Svovlsyre injektoren er placeret bagest på gyllevognen. Injektor er udført i rustfrit stål af hensyn til den kraftige reaktion, som blanding af syre og gylle forårsager.

Det er meget vigtigt at få syren blandet så godt ind i gyllen så hurtigt som muligt, da der er mange forskellige kemiske reaktioner, der bliver udløst.

Ved en hurtig og effektiv iblanding med efterfølgende direkte udbringning kan man reducere den mængde syre, der skal anvendes i forhold til beholder- eller staldforsuring. Den statiske mikser indeholder derfor to turbulenzgivere, som sikrer, at gylle og syre blandes i løbet af få sekunder. Kort herefter får gyllen en yderligere behandling ved passage igennem gyllevognens fordeler.

Schwefelsäure-Injektor

Der Schwefelsäure-Injektor befindet sich hinten auf dem Güllewagen. Er besteht - aufgrund der starken chemischen Reaktionen bei der Vermischung von Säure und Gülle - aus Edelstahl. Es ist sehr wichtig, dass die Säure so schnell wie möglich gut mit der Gülle vermischt wird, da sonst viele verschiedene Reaktionen ausgelöst werden.

Bei einer schnellen und effizienten Beimischung unmittelbar vor der Ausbringung lässt sich die Menge der Säure, im Vergleich zu einer Behälter- oder Stallansäuerung, verringern. Der statische Mischer enthält deshalb zwei Turbulenzgeber, mit deren Hilfe Gülle und Säure binnen weniger Sekunden vermischt werden. Kurz danach wird die Gülle durch den Verteiler des Güllewagens geleitet und nochmals behandelt.



Säure-Injektor mit statischem Mischer

PH sensor

Der Sensor zur pH-Wertmessung ist ein wichtiges Teil des Systems. Er sichert die Wirkung der zugegebenen Säure und stellt die von den Behörden verlangte Dokumentation bereit. Wenn das Programm den pH-Wert absenken soll, ist die Festlegung der korrekten Säuremenge ein zentraler Teil des Prozesses. Der pH-Sensor befindet sich am Verteiler des Schleppschlauch-Gestänges und misst die Gülle nach der Zugabe von Säure kurz vor der Ausbringung.

Wichtig ist dabei, dass der pH-Sensor immer von Flüssigkeit bedeckt ist, da er sonst austrocknen kann und seine Genauigkeit beeinträchtigt wird. Der pH-Sensor ist deshalb in einem Behälter angebracht, der so konstruiert ist, dass der Sensor während der Ausbringung die vorbeiströmende Gülle messen kann und gleichzeitig in Flüssigkeit eingetaucht ist, auch wenn keine Gülle durch das System fließt. Die Lebenszeit des pH-Sensorkopfs ist auf ein Jahr begrenzt, der Austausch geschieht über ein Service-Abonnement.



Güllesumpf mit pH-Sensor

Sicherheit

Um ein 100-prozentig sicheres System zu schaffen, wurden alle nur erdenklichen Maßnahmen getroffen. Ein wichtiges Sicherheitselement sind gute Bedienungsprotokolle. Dazu gibt es in Dänemark zweitägige „AMU“-Kurse für Benutzer.

Damit niemand mit der Säure in Berührung kommt, wurde das SyreN-System mit einem Trockenkupplungsgriff ausgestattet, der zu der standardmäßig auf dem Palettentank montierten Kupplungsmuffe passt. Auch auf dem Wassertank neben dem Palettentank ist eine Kupplungsmuffe angebracht. Wenn das SyreN-System vom Traktor abgebaut werden soll und die letzte Ladung Gülle hinausgefahren wird, wird der SyreN-Trockenkupplungsgriff vom Palettentank zur Kupplungsmuffe des Wassertanks verlegt. Danach aktiviert sich ein Spülprogramm im Terminal der Traktorkabine. Zu Beginn der Gülleausbringung wird die Pumpe eine Minute lang auf die höchste Drehzahl aktiviert. Damit wird gewährleistet, dass das System vollständig leer von Säure gepumpt wird. Eventuell doch verbleibende Restmengen werden mit Wasser neutralisiert. Somit bestehen auch bei Stillstand außerhalb der Fahrten keine Risiken bei Bedienung oder Service des Güllewagens, auch nicht bei den Teilen, die mit Säure in Berührung waren. Schutzhandschuhe und -brillen sowie Sicherheitsschürzen befinden sich in der Sicherheitsbox neben dem Fronttank. Ihre Anwendung ist bei allen Arbeiten mit dem System vorgeschrieben.

Mehrere Kriterien müssen erfüllt sein, ehe SyreN die Säure zur Gülle zugeben kann:

- Ein Job muss gestartet sein mit Eingabe und Aktivierung von Namen, Acker usw.
- Ein Flow von mindestens 2 m³ muss im Flowsensor gemessen sein.
- Der Dreiwegehahn zum Umrühren
- Der PTO-Sensor muss Drehzahlen anzeigen (ISOBUS-Systeme).

Diese Bedingungen wurden angesetzt, damit die Säurezugabe erst dann aktiviert werden kann, wenn gesichert ist, dass sich der pH-Wert der Säure sofort bei ihrer Injektion in die Gülle gesenkt hat.

Terminal Steuereinheit / Software

Das SyreN-Steuersystem ist nach dem neuesten Standard der Kommunikation zwischen Traktor und Gerät (ISOBUS) aufgebaut.

Der ISO-Bus-Standard macht es SyreN möglich, die bereits bestehende Elektronik des Traktors anzuwenden. Es müssen also keine zusätzlichen Kabel verlegt, oder Steuerungsboxe in die Kabine eingebaut werden. Natürlich muss der Traktor dazu mit einem ISOBUS-Terminal ausgerüstet sein. Anderenfalls kann ein solches Terminal vom Traktorhändler nachträglich eingebaut werden. Möglich ist auch ein vom Traktor unabhängiges Terminal.

Datenerfassung – GPS / GSM-Einheit für Dokumentation

Ein immer wiederkehrendes Problem ist die Erfassung von Daten für die Dokumentation. Dieses Problem hat SyreN optimal gelöst. Im Fronttank ist ein Mobiltelefon mit eingebautem GSM-Sender mit GPS angebracht und mit Verbindung zu allen Informationen via ISOBUS. Er loggt alle zehn Sekunden eine Reihe von Daten und sendet sie online an einen stationären Server. Es handelt sich dabei um eine große Menge an Daten, unter anderem:

- Name des Kunden und des Ackers
- Pro Job ausgebrachte Menge Gülle
- pH-Werte vor und nach der Ausbringung
- Menge der verbrauchten Schwefelsäure
- Zeit

Die Position des Gülleverteilers bei der Ausbringung der Gülle auf dem Acker lässt sich online im Internet verfolgen. Mit einem Log-in können Daten, wie Position des Güllewagens oder Betriebsauskünfte, laufend überwacht werden.

Wenn ein Job als abgeschlossen an das Terminal des Güllewagens gemeldet wird, werden die erfassten Daten akkumuliert und als Datendatei auf den Server gelegt. Hier kann der Eigentümer der Maschine die Daten über ein Log-in herunterladen, und bekommt damit automatisch die von den Behörden verlangte Dokumentation und auch die Daten für eine eventuelle Abrechnung. Das Gerät lässt sich auch auf die Übermittlung von wöchentlichen oder monatlichen Berichten und zur Versendung von entsprechenden E-Mails an den Eigentümer der Maschine einstellen. An Dritte werden die Daten nicht weitergegeben.

pH-Bericht – Datenübertragung

Die von SyreN an den Server gesendeten Daten sind, wie auch die Kommunikation zwischen Traktor und dem SyreN-System, in der ISOBUS CAN-Bus-Sprache codiert. Das Programm ist internetbasiert, besondere Software muss also nicht auf den eigenen Computer installiert werden.

Die Möglichkeiten des SyreN-Systems erlauben bei voller Ausnutzung auch die Verwendung als Dokumentation für die Fahrsystematik und -genauigkeit des Traktors. Da Fahrschäden durch Güllewagen sehr beträchtlich sein können, ist die Dokumentation mit Hilfe von präziser RTK GPS ein wichtiger Parameter für Maschinenstationen und Landwirte. Die Maschinenstationen können damit eine Dokumentation für ordentlich ausgeführte Arbeiten vorlegen.

Jährliche Service-Inspektion:

Alle im SyreN-System verwendeten Materialien sind optimal auf Schwefelsäure ausgelegt. Da es sich jedoch um eine sehr belastende Arbeitsumgebung handelt, wurde eine jährliche Sicherheitsinspektion des Systems festgesetzt. Darin enthalten sind ein mobiles Daten-Abonnement, ein neuer pH-Sensormesser, ein Paar Schutzhandschuhe und pH-Kalibrierflüssigkeiten. Bei der Inspektion aktualisiert der Monteur das Betriebssystem des SyreN-Systems auf die neueste Version und kontrolliert die Säureschläuche auf undichte Stellen und mechanische Schäden



John Deere ISOBUS-Terminal mit SyreN-Software



Mobiltelefon mit GPS



Trackunit-Karte mit Fahrspuren des Güllewagen

