

Gülle, Einflüsse auf Emissionen, N-Verwertung auf Grünland



**Abschlussbericht der Forschung
über Stickstoff im Betriebskreislauf**

Deutsche Version, September 2021

Zusammenfassung

Ein Konsortium von 10 Zulieferfirmen und der Niederländische Verein zur Erhaltung der Landwirtschaft und der Umwelt hat eine Forschung in Zusammenarbeit mit zwei Forschern durchgeführt. Von Januar bis März 2019 wurden insgesamt 171 Gülleproben von 135 (Milch-)Viehhöfen genommen und es wurde u.a. die Ammoniakemission gemessen.

Später nach der Düngung untersuchten wir, wie der Ertrag und die Qualität des ersten Schnittes durch die Düngung im zeitigen Frühjahr beeinflusst wurde und wie gut die Nährstoffe aus dieser Düngung genutzt wurden.

Es gibt große Unterschiede zwischen den Gülleproben der teilnehmenden Betriebe in der Stickstoffkonzentration, dem Verhältnis zwischen organischem und ammoniakalischem Stickstoff und dem C/N-Verhältnis. Dies führt zu großen Unterschieden bei den Ammoniakemissionen (Faktor 6 zwischen der höchsten und der niedrigsten). Die niedrigsten Emissionen wurden in Betrieben mit einer günstigen Ration und geringem Harnstoffgehalt in der Milch festgestellt. Durch eine kluge Änderung der Ration kann eine Emissionsreduktion von ca. 30% erreicht werden.

Eine gute Qualität des Kotes entsteht durch eine optimale Fermentation im Pansen. Die Gülle hat dann von selbst eine homogene Konsistenz und sehr niedrige Emissionen. Dieser Gülle gärt in der Grube und benötigt keine Produkte oder Behandlungen, nur Kontakt mit sauberer Luft.

Gülle von Kühen mit schlechter Pansenfermentation ist stickstoffreich, relativ kohlenstoffarm, emissionsreich und neigt dazu, eine Schwimmschicht, Schaumschicht oder Gasschicht an der Oberfläche zu bilden. Der Teil des Mistes, der sich unter dieser Schicht befindet, fault dann und bildet viele Giftstoffe. Häufig kommen andere (toxische) Substanzen hinzu, wie z.B. Medikamente, Desinfektionsmittel aus Fußbädern oder Spülwasser aus der Milchmaschine. Dies führt zu einem toxischen Produkt, das keine gute Nahrung mehr für das Bodenleben ist. Um eine solche Gülle aufzubessern, können alle Arten von Produkten verwendet werden, die die Projektpartner anbieten. Dies wird bestenfalls zu einer etwas besseren Qualität der Gülle führen, aber sie wird niemals wirklich gut.

Es gibt große Unterschiede in der Ausnutzung der Gülle bei unterschiedlichen Verfahren auf Grünland. Wir haben uns hauptsächlich auf die Stickstoffnutzung konzentriert. Durch den Vergleich der Stickstoffzufuhr über die Düngung und des Abflusses über den ersten Schnitt haben wir berechnet, wie viel des gedüngten Stickstoffs vom Gras des ersten Schnittes aufgenommen wurde.

Das Endergebnis hängt von einer ganzen Reihe von Umständen ab. Um den Mist so gut wie möglich zu nutzen, ist es wichtig, möglichst viele günstige Einflüsse zu kombinieren. Betriebe, die eine hochwertige Gülle hatten, also mineral- und stickstoffarme Gülle mit einem hohen C/N Verhältnis und einer unterdurchschnittlichen Menge $\text{NH}_4\text{-N}$, erreichten eine Stickstoffausnutzung von 122 %. Eine optimale Verwendung von Gülle bedeutet, eine begrenzte Menge pro Hektar, ohne den Einsatz von Stickstoff aus Kunstdünger, möglichst homogen auf die Fläche (oberflächlich) zu verteilen, wenn die Bodentemperatur ausreichend hoch ist (März). Das Bodenleben erhält eine hochwertige Ernährung und wird dadurch aktiviert. Die Symbiose zwischen Pflanze, Boden und Bodenleben funktioniert dann optimal und Stickstoff und andere Nährstoffe werden für das Gras geliefert. Wir haben das Bodenleben in diesem

Projekt nicht untersucht, aber wir wissen, wie es funktioniert, durch Hunderte von Messungen durch das Expertenbüro *Organic Forest Polska* in den letzten 6 Jahren.

Bei einer typischen konventionellen Bewirtschaftung wird mindestens 25 m³ ammoniakreiche Gülle im Februar in den Boden injiziert oder mit dem Schleppschlauch ausgebracht, später kommt Stickstoff aus Kunstdünger dazu. Die durchschnittliche Stickstoffausnutzung beträgt dann 68 %, d.h. etwa die Hälfte des regenerativen Verfahrens. Bei einem solchen Vorgehen hat das natürliche System der Symbiose keine Chance. Wenn durch Injektion eine Überdosis Dünger auf einen schmalen Streifen gelangt auf einen leichten Boden mit einer schwachen Kationen-Austausch-Kapazität (niedrige KAK-Wert), erwarten wir, dass es zu erheblichen Verlusten kommen könnte. Aufgrund geringer finanzieller Möglichkeiten haben wir diesen Aspekt leider nicht in die Untersuchung einbeziehen können. Die Folgeforschung sollte daher deutlich machen, wo der nicht absorbierte Teil des gedüngten Stickstoffs geblieben ist.

Wir konnten keinen Zusammenhang zwischen Düngung und Trockenmasseertrag erkennen, aber wir fanden einen Zusammenhang mit der Qualität der Silage. Bei einer niedrigen Eiweißqualität stellten wir eine schwache Aufnahme von Stickstoff fest. Gleichzeitig fanden wir bei einem überdurchschnittlich hohen Gehalt an Bor und Molybdän in der Silage eine bessere N Ausnutzung. Dies deutet darauf hin, dass eine Blattdüngung mit den fehlenden Spurenelementen wahrscheinlich einen viel größeren Einfluss auf das Wachstum des Grases haben könnte als eine starke Stickstoffdüngung. In Folgeuntersuchungen sollte dieser Aspekt deutlich gemacht werden.

Wir glauben, dass ein tiefgreifender Übergang von den konventionellen Landwirtschaftspraktiken zu einer regenerativen Landwirtschaft mit Rücksicht auf den Kreislauf erforderlich ist. Dies ist ein landwirtschaftliches System, in dem durch Eingriffe in den Futterkreislauf auf dem Bauernhof, mit großer Aufmerksamkeit für die Biologie, nach Lösungen gesucht wird. Es wird die Herausforderung für die nächsten 10 Jahre, diesen Übergang durch eine gute Zusammenarbeit zwischen Bauernverbänden, Wissensträgern der Kreislaufwirtschaft und der Gesetzgeber zu meistern. Es gibt schon über 100 Landwirte, die damit erfolgreich sind. Eine große Gruppe von Landwirten wird eine andere Denkweise entwickeln müssen und das braucht Zeit. Die Regierung kann den Übergang fördern, indem sie den Landwirten, denen es bereits gut geht, Raum für Initiativen gibt. Diese Viehzuchtbetriebe sollen ohne Konflikte mit der Regierung und mit Respekt vor der Umwelt weitermachen können.

Forschungshintergründe

Das Stickstoffproblem war eigentlich schon in den neunziger Jahren des letzten Jahrhunderts gelöst worden durch Ir. Jaap van Bruchem¹, Forscher bei der Wageningen Universität (WUR), auf der Versuchsfarm Minderhoudhoeve. Durch eine angepasste Ration konnte er einen großen Teil der Probleme in der Milchviehhaltung lösen. Forschungsthema war damals die geringe Proteinverwertung und der Stickstoffverlust durch Ammoniakemissionen, die wiederum zu Umweltbelastungen führten. Zu dieser Zeit wurde dieses Wissen nicht gewürdigt und leider wurde der Minderhoudhoeve geschlossen. Seitdem haben jedoch mehrere Landwirte mit den Ideen von Herrn van Bruchem gearbeitet. Seit mehr als 25 Jahren wenden die Mitglieder des Vereins zur Erhaltung der Landwirtschaft und der Umwelt (VBBM) die Prinzipien des WUR-Forschers auf ihre Kreislaufbetriebe an. Durch eine ausgewogene Ration, die die Kühe gut verdauen können, erhalten sie eine qualitativ hochwertige Gülle, die in der Güllegrube rotet und so zu einer leicht verdaulichen Nahrung für das Bodenleben wird. Während dieser Rotte bleiben die Proteine und Aminosäuren in der Gülle enthalten. Im Gegensatz dazu werden sie, wenn sie faulen, in Ammonium und Schwefelwasserstoff und andere schädliche Verbindungen umgewandelt, die sich leicht verflüchtigen.

Um einen geringeren Stickstoffverlust zu erreichen, nutzen Viehzüchter Beratung und Hilfsmittel von allen möglichen Zulieferfirmen. So entstand die Idee, gemeinsam mit zehn Zulieferfirmen aus den Niederlanden und Flandern und zwei Forschern, mit privaten Mitteln ein Forschungsprojekt zu starten, das den Stickstoff im gesamten Kreislauf betrachtet.

Ing. Peter Vanhoof vom Expertenbüro *Organic Forest Polska* und der unabhängige Forscher Ir. Anton Nigten wurden damit beauftragt. Auf folgende zwei Fragen wurde eine Antwort gesucht:

1. Welche Faktoren beeinflussen die Ammoniakemissionen direkt aus der Gülle? Ziel war es, Einblicke in die Auswirkungen verschiedener Betriebsmethoden zu gewinnen und zu erfahren, wie bestimmte Produkte/Behandlungen über das Futter oder direkt in der Güllegrube wirken.
2. Wie wirkt die untersuchte Gülle dann weiter auf dem Grünland? Wie gestaltet sich der Ertrag und die Qualität der Silage vor dem ersten Schnitt? Seit vielen Jahrzehnten gibt es unter den Viehzüchtern die Überzeugung, dass sie die Gülle loswerden müssen. Wir sind jedoch der Meinung, dass Gülle als wertvolles Produkt angesehen werden sollte. Es sollte daher untersucht werden, wie die verschiedenen Faktoren die Güllequalität und in der Grünlandbewirtschaftung den Ertrag und die Qualität des ersten Schnittes bestimmen.

¹ Siehe: ausführlicher Dokumentarfilm über die Arbeit von Jaap van Bruchem unter <https://youtu.be/brx19spjXZM>.

Phase 1: Emissionen aus Gülle

In der ersten Phase wurde untersucht, inwieweit die Emission von Ammoniak (NH₃) aus Gülle in Zusammenhang steht mit der Qualität der Winterration, den Milchwerten (insbesondere Harnstoff) und was sonst in die Güllegrube gelangt, abgesehen von Mist und Urin, z.B. Spülwasser, Medikamente, Desinfektionsmittel, Wasser, Boxeneinstreu....

Globale Verhältnisse

Der Herbst 2018 war nach einer sehr langen Trockenperiode durch Regen im Oktober gekennzeichnet. Das Gras begann am Ende der Saison sehr schnell zu wachsen, was zu einem hohen Rohproteingehalt führte, jedoch mit einer geringen Proteinqualität (hoher OEB – niedrige Proteinqualität²). Oft wurde dieses Gras ziemlich feucht einsiliert. Einige Betriebe haben dies in ihren Rationen unzureichend kompensiert, was zu einem ernsthaften Anstieg der Emissionen führte. Betriebe, die ausreichend Energie zugefüttert haben, haben die hohen Emissionen reduzieren können.

Die Emissionen sind das Ergebnis einer ganzen Reihe dynamischer Prozesse und lassen sich daher nur schwer mit einem einzigen Produkt oder einer einzigen Behandlung in Verbindung bringen. Es bleibt immer eine Kombination von Faktoren. In einigen Betrieben sehen wir ein gutes Ergebnis mit bestimmten Produkten oder Behandlungen, aber in anderen gibt es keinen messbaren oder sogar einen negativen Effekt durch die Verwendung derselben Produkte, weil auch andere Faktoren ihren Einfluss hatten.

Probenahme

Insgesamt wurden 171 Proben von 135 Milchviehbetrieben, einem Kalbzuchtbetrieb, einem Mutterkuhbetrieb, einem Mastbetrieb und drei Schweinezuchtbetrieben entnommen. Die meisten Betriebe sind über die Niederlande verteilt, und es gibt zwei Betriebe aus Westflandern (B). Die Gülleproben wurden nach dem Mischen der Gülle im Keller an der Stelle entnommen, an der die Gülle normalerweise vor der Ausbringung aus dem Keller gepumpt wird. Von einigen Betrieben wurden zwei Stichproben untersucht (eine Kontrollmessung und eine Testmessung, bzw. Messungen vor und nach einer Behandlung).



Aus Gründen des Datenschutzes erwähnen wir in diesem Report keine Betriebsnamen, aber wir nennen eine Nummer. Die beteiligten Betriebsleiter kennen die Nummer ihres eigenen Betriebes und können so ihre Position im Verhältnis zu den anderen Teilnehmern feststellen.

² OEB ein Messwert bei holländischen Futteranalysen, der die Eiweißqualität bestimmt. Je höher die OEB, desto geringer ist die Proteinqualität. Seit der Forschung im 19. Jahrhundert ist bekannt, dass der erste Regen nach einer langen Trockenperiode viel Ammoniak enthält. Das kommt dann sofort auf den Rasen und in den Boden, wodurch die Qualität des Grases beeinträchtigt wird. Das Gras enthält dann viel Ammonium und Nitrat (d.h. einen hohen OEB-Wert) anstelle von hochwertigem Eiweiß.

Forschungsmethoden

Die **konventionellen Analysen** des Düngers wurden von der Firma ALNN aus Ferwert (www.alnn.nl) durchgeführt. Die folgenden Werte wurden untersucht: Trockensubstanzgehalt, Gehalt an organischer Substanz, Aschegehalt, Gesamtstickstoff, ammoniakalischer Stickstoff ($\text{NH}_4 + \text{NH}_3$); organischer Stickstoff, P, K, Mg, Na, S, pH und C/N-Verhältnis.

Die **bioelektronischen Messungen** wurden von dem Expertisenbüro *Organic Forest Polska* durchgeführt (www.organic-forest.eu). Aus jeder Gülleprobe wurden der pH-Wert, die elektrische Leitfähigkeit (= EC oder Electrical Conductivity), ein Maß für die Konzentration der gelösten Salzionen, die Elektrizität leiten und das Redoxpotential (Eh) in der unverdünnten Gülle bestimmt. Dazu wurde das Messgerät Consort 3050 mit Glaselektroden für pH und Eh, einer Kunststoffelektrode für die EC und einem Temperatursensor verwendet. Auf der Grundlage dieser drei Messwerte und der Temperatur wurden dann der rH₂- und der P-Wert berechnet. Da diese Werte weniger gängig sind, folgt hier eine kurze Erklärung:

Der rH₂ ist ein Maß für den Partialdruck von Wasserstoff und Sauerstoff. Die Maßeinheit geht von 0 bis 42, wobei 28 ein neutraler Wert ist. Bei 28 gibt es ein Gleichgewicht zwischen Wasserstoff und Sauerstoff in reinem Wasser. Ein höherer Wert zeigt an, dass die Umgebung mit Sauerstoff gesättigt ist, ein niedrigerer Wert zeigt an, dass sie mit Wasserstoff gesättigt ist. Gülle hat immer relativ niedrige Werte, was auf wenig Sauerstoff und damit auf ein anaerobes Milieu hinweist.

Der P-Wert³ ist hoch bei einem sehr hohen oder sehr niedrigen Redoxpotential und einer gleichzeitigen hohen Leitfähigkeit (durch eine hohe Konzentration gelöster Ionen von Mineralien). Für Gülle ist der P-Wert daher hoch bei einer sehr anaeroben Gülle, die reich an auflösbaren Salzen ist und daher eine "brennende" (entwässernde) Wirkung auf den Boden oder das Gras hat. Wenn der Dünger mit Wasser verdünnt wird, sinkt die Konzentration der gelösten Salze und das Redoxpotential steigt, wodurch der P-Wert drastisch sinkt. Der P-Wert ist daher ein Maß für die Aggressivität der Gülle.

Der **Solvita Test für organischen Dünger** wurde durch das Expertenbüro *Organic Forest Polska* ausgeführt, wie es im Messprotokoll des Solvita Tests steht.⁴ Wir füllten 100 Gramm Gülle in hermetisch verschlossene Plastikbehälter, in denen zwei Karten fixiert waren: eine mit einem NH₃-empfindlichen Gel, die zweite mit einem CO₂-empfindlichen Gel. Unter dem Einfluss der Konzentration von NH₃ bzw. CO₂ veränderten die Gele ihre Farbe. Nach vier Stunden, bei einer Temperatur von 25°C, wurde die Farbe mit einem speziell entwickelten Gerät eingelesen. Für die Emission von Ammoniak erhielten wir ein Ergebnis in Gramm NH₃-N pro Tonne in der Zeit von 4 Stunden bei 25°C. Für CO₂ wurde die Maßeinheit in Vol% angegeben.



Um die gemessenen Werte beurteilen zu können, baten wir die Betriebsleiter, einen Fragebogen so korrekt wie möglich auszufüllen, um die Art der Winterrationen zu präzisieren.

³ Der P-Wert ist eine Leistung, berechnet aus dem Redoxpotential (= die Potentialdifferenz, die treibende Kraft, zwischen den vorhandenen Ionen, die Elektronen austauschen können) und dem elektrischen Widerstand (der Kehrwert des EC). Die Einheit ist in $\mu\text{W}/\text{cm}^3$.

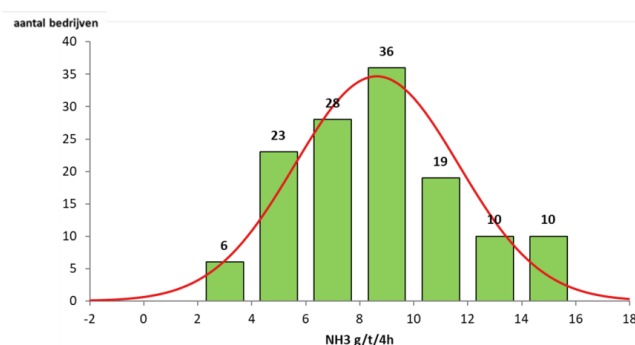
⁴ Siehe www.solvita.com und einen Kurzfilm über die Methode auf https://www.youtube.com/watch?v=nD8O_TRN6bY

Forschungsergebnisse und Diskussion

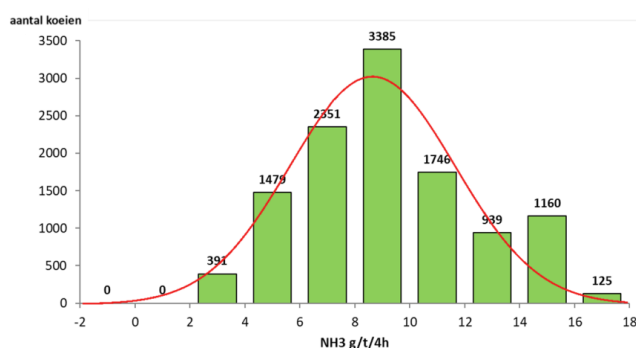
Wir unterscheiden eine globale Übersicht der Ergebnisse über allen Betrieben und einige Einzelfälle. Wir haben eine Anzahl von Proben aus den Berechnungen herausgenommen, weil sie sich als nicht repräsentativ erwiesen haben. Drei Beispiele dafür sind: die Gülle wurde kurz vor der Probenahme mit 30% Wasser verdünnt, die dünnflüssige Teil der Gülle wurde in eine andere Güllegrube gepumpt, der Trockensubstanzgehalt der Gülle war niedriger als 4% oder höher als 14% (normal ist etwa 7-11%).

Statistische Normalverteilung

Die Verteilung der Emissionen war recht ausgewogen. Die meisten Betriebe hatten eine durchschnittliche Emission von 8,7 Gramm Ammoniak. Eine ausreichende Anzahl von repräsentativen Betrieben war an der Studie beteiligt.



Die Anzahl der Kühe war ebenfalls gut um diesen Durchschnitt herum verteilt, so dass wir sagen können, dass es nicht unbedingt eine Beziehung zwischen großen oder kleinen Betrieben gibt, um hohe oder niedrige Emissionen zu haben. Der Unterschied zwischen hohen und niedrigen Emissionen ist so groß, dass eine deutliche Reduzierung der Ammoniakemissionen erreicht werden kann, wenn Betriebe mit überdurchschnittlich hohen Emissionen den Ansatz von Betrieben mit niedrigen Emissionen übernehmen.



Aus beiden Grafiken lässt sich schließen, dass in der Untersuchung möglicherweise eine leichte Überrepräsentation von Landwirten vorliegt, denen es bereits etwas besser geht als dem Durchschnitt. Das landesweite Verbesserungspotenzial könnte daher etwas größer sein als das, was wir aus dieser Untersuchung feststellen können.

Ergebnisse der BEV- Messungen

Da es zu verwirrend ist, alle bio-elektronischen Messungen in einem dreidimensionalen Diagramm darzustellen, verwenden wir 2 Grafiken: eine mit pH-Wert, Redoxpotential und rH_2 und eine zweite mit Redoxpotential, elektrischer Leitfähigkeit und P-Wert.

pH- rH_2 Diagramm

Die horizontale Achse zeigt den pH-Wert. Werte unter 6,7 sind sauer und über 7,3 basisch. Die Werte zwischen 6,7 und 7,3 betrachten wir als neutral. Zum Vergleich: die Ammoniaklösung aus dem Haushalt hat etwa einen pH-Wert von 8. Das ist ziemlich basisch.

Auf der vertikalen Achse befindet sich der rH_2 -Wert, der die im System verfügbare Sauerstoffmenge darstellt. Beim Betrachten des Diagramms gilt Folgendes:

Werte über etwa 14 auf der vertikalen Achse sind aerob, Werte unter 14 sind eher anaerob. Je tiefer man also im Diagramm kommt, desto weniger Sauerstoff befindet sich im System.

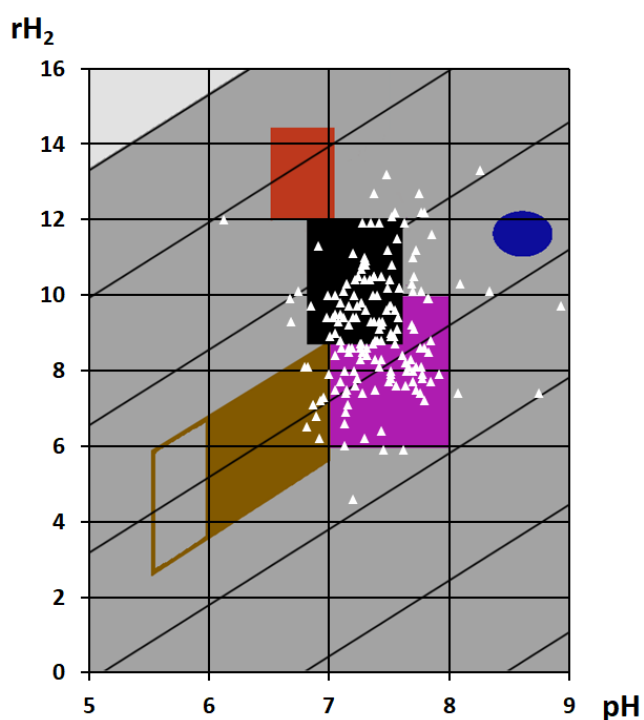
Je weiter rechts auf der horizontalen Achse, umso basischer ist das System. In einem basischen Milieu gibt es mehr NH_3 -Emissionen als in einem sauren Milieu, weil dann das NH_3 in Ammonium (NH_4^+) umgewandelt wird, das sich nicht verflüchtigt.

Der braun-rote Block oben ist der Normalwert für frischen Rinderkot, d.h. Mist ohne Urin. Der schwarze Block ist der Normalwert für Rindergülle, der violette Block ist der Normalwert für Schweinegülle (oder Rindergülle minderer Qualität) und der braune Diamantblock stellt den Normalwert für das (anaerobe) Pansen-Milieu dar.

Das blaue Oval stellt den Messwert dar, bei dem Mikroorganismen, die schwere Klauenprobleme (Mortelaro) verursachen können, sich sehr gut entwickeln.

Wir sehen eine große Streuung der gemessenen Werte (die weißen Punkte). Es gibt also enorme Unterschiede in der Güllequalität.

Eine große Anzahl der Messungen von Rindergülle hat Werte, die typisch für Schweinegülle sind (der violette Block). Wir bewerten dies als Rindergülle von schlechter Qualität. Eine mögliche Ursache dafür ist zu viel Stickstoff, der im Herbstgras nicht vollständig in Protein umgewandelt wird. Ein Teil der Proben kommt den Werten von frischem Rinderkot nahe. Diese Gülle bewerten wir als sehr gut.



Eh- EC Diagramm

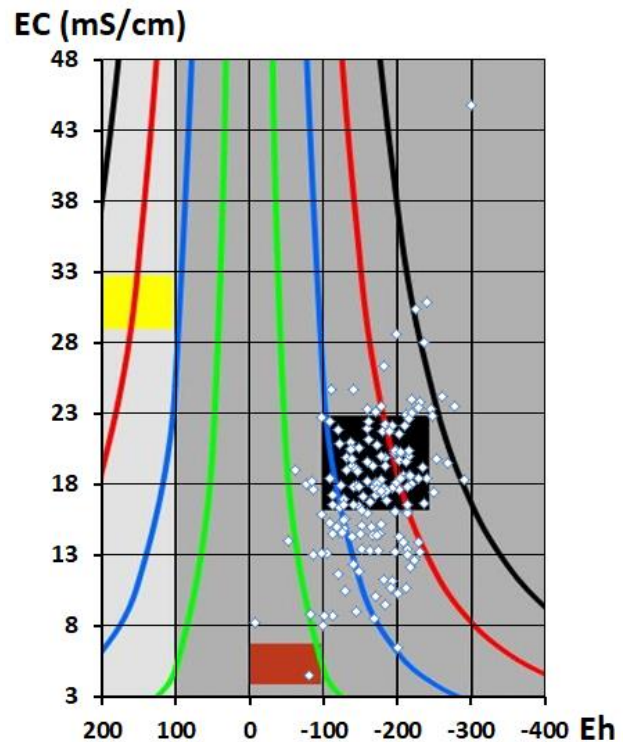
Auf der horizontalen Achse befindet sich das Redoxpotential (Eh), auf der vertikalen Achse die Leitfähigkeit (EC). Je höher die Leitfähigkeit, umso mehr gelöste Salze (Mineralien) befinden sich in der Gülle. Diese Salze kommen hauptsächlich über den Urin in die Gülle.

Der gelbe Block ist der normale Wert für frischen Rinderurin, mit einem hohen EC, weil der Urin viele gelöste Salze enthält.

Der schwarze Block ist der normale Wert für Rindermist und der rotbraune Block ist der normale Wert für frischen rektalen Rindermist, der kaum Salze enthält.

Der dunkelgraue Bereich ist anaerob (das System enthält wenig/keinen Sauerstoff). Der hellgraue Bereich auf der linken Seite hat ein positives Redoxpotential, ist reaktiv und enthält Sauerstoff, also ist er aerob, aber wir finden in diesem Bereich niemals Gülle.

Je schwächer der Dünger anaerob (weniger sauerstoffarm, weniger Redoxpotential) und arm an gelösten Mineralsalzen (niedrige Leitfähigkeit oder EC) ist, desto weniger chemisch reaktiv wird er. Ein solcher Dünger wirkt weich und hat einen niedrigen P-Wert und in der Regel auch eine geringe Ammoniakemission. Die farbigen Kurven zeigen den P-Wert an.



Zwischen den hellgrünen Kurven hat die Gülle weniger als 50 W/m^3 und eine sehr sanfte Wirkung. Zwischen der hellgrünen und der dunkelblauen Kurve von 250 W/m^3 finden wir eine sanft wirkende Gülle. Es erfolgt dann normalerweise eine sehr geringe NH_3 -Emission.

Zwischen der dunkelblauen und der roten Kurve finden wir normale Gülle mit durchschnittlichen Werten.

Zwischen der roten und schwarzen Kurve ist die Gülle chemisch reaktiv und rechts der schwarzen Kurve von 1500 W/m^3 chemisch sehr reaktiv. Diese Gülle hat eine hohe Emission und zugleich besteht ein hohes Risiko, das Gras, die Wurzeln und den Boden zu verbrennen.

Der einzelne Messpunkt ganz oben rechts ist der des Urins, der 2 Monate lang in einem offenen Eimer gelagert wurde. Daraus ist klar geworden, dass der Harnstoff aus dem Urin auch ohne Zusatz von Kot zu Ammonium und Ammoniak abgebaut wird.

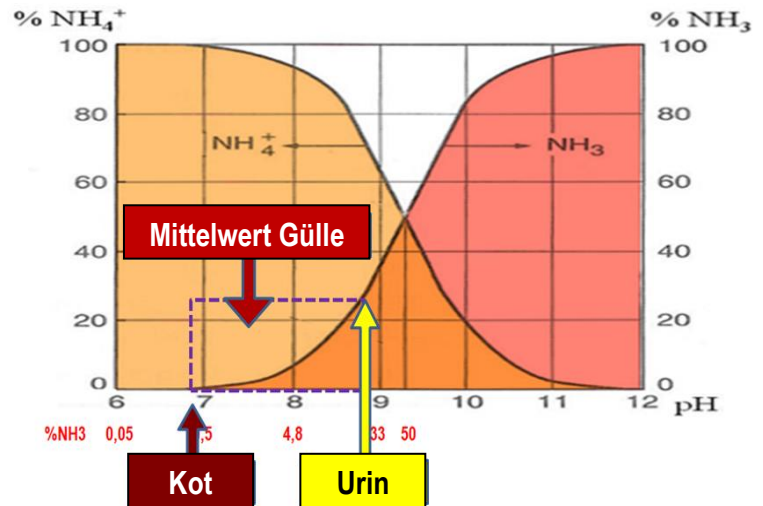
Auf der Grundlage der Messungen von pH-Wert, Redoxpotential und Leitfähigkeit und der Berechnung des P-Wertes können wir eine ziemlich gute Vorhersage der Emissionen aus dem Dünger machen. Diese einfachen Messungen könnten daher zur Überprüfung der Güllequalität verwendet werden.

pH und Emissionen

Der Erfinder des Solvita-Systems - Dr. William Brinton - folgt dem Prinzip, dass man aus dem pH-Wert das Verhältnis zwischen dem Stickstoff des wassergelösten Ammoniums (NH_4) und dem gasförmigen Ammoniak (NH_3) berechnen kann. Bei einem pH-Wert von weniger als 7,0 gibt es praktisch kein NH_3 -Gas und fast der ganze anorganische Stickstoff bleibt als NH_4 in der Lösung.

Mit steigendem pH-Wert nimmt der Anteil des gasförmigen NH_3 zu und der Anteil des wassergelösten NH_4 ab. Bei den Messungen von Gülle variiert der pH-Wert von knapp 7 bis etwa 8,5 (den Bereich der Gülle haben wir in der Grafik unten durch violette Striche gekennzeichnet).

Daraus kann abgeleitet werden, dass es wünschenswert ist, den pH-Wert der Güllegrube so nahe wie möglich bei 7 zu halten. Eine pH-Messung zusammen mit der Messung von ammoniakalem Stickstoff aus der Laboranalyse gibt daher einen groben Hinweis auf den Grad der NH_3 -Emission.

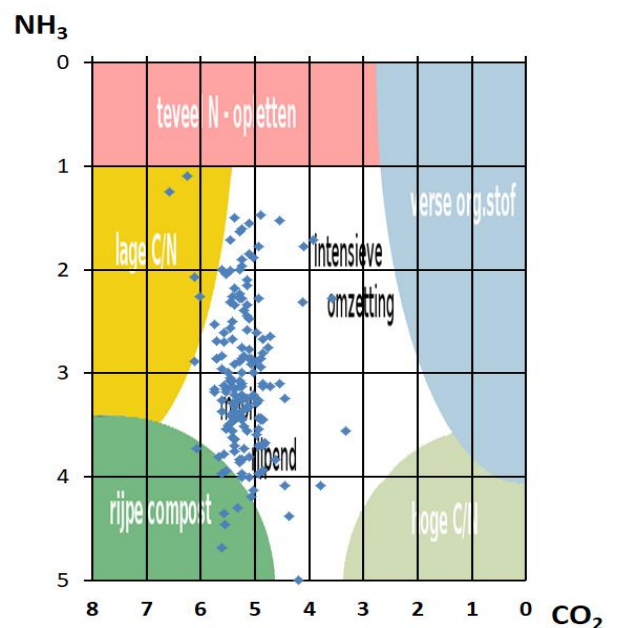


Emissionsmessungen mit dem Solvita-System

Wir haben die SOLVITA-Messungen in das SOLVITA-Diagramm eingezeichnet, um die Qualität von Kompost und organischen Düngemitteln zu bestimmen:

Auf der horizontalen Achse befindet sich der Farbcode von Solvita in Zahlen für CO_2 . Auf der vertikalen Achse befindet sich der Farbcode für NH_3 . Eine höhere Zahl bedeutet jedes Mal eine niedrigere Konzentration von NH_3 und CO_2 . Der Verdauungsprozess verbraucht Sauerstoff und erzeugt Kohlendioxid.

Auch hier gibt es große Unterschiede. Die grüne Zone unten links ist typisch für reifen Kompost. Gut gereifte Gülle kommt in die gleiche Nähe.



Wir sehen, dass es große Unterschiede in der Güllequalität gibt. Gülle mit hohen Emissionen findet man in der Nähe des gelben Bereichs mit einem niedrigen C/N Verhältnis⁵.

⁵ Das C/N-Verhältnis ist das Verhältnis zwischen der Gesamtmenge an Kohlenstoff und Stickstoff. Weil Kohlenstoff den ammoniakalen Stickstoff binden kann, gibt es, bei höheren C/N Verhältnissen, niedrigere Emissionen.

Ergebnisse der Analysen durch ALNN:

Betrachten wir die Verteilung, so gibt es wiederum enorme Unterschiede.

kg/Tonne Gülle	TM	Org.Subst.	NH ₄ -N	Org N	Ntot	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	S	C/N
Höchster Wert	139	94,0	2,7	3,1	5,1	2,1	8,3	3,2	1,8	1,0	16,7
Mittelwert	85	62,2	1,6	2,0	3,7	1,3	5,5	1,3	0,8	0,6	8,6
Niedrigster Wert	23	13,0	0,5	0,1	1,8	0,2	2,3	0,4	0,3	0,2	3,4

Der holländische Gesetzgeber hat festgelegt, dass jede Gülle von Milchkühen 4 kg N pro Tonne Stickstoff enthält, unabhängig davon, was sie tatsächlich enthält. Dies ist vorteilhaft für diejenigen, die mehr als 4 kg N in ihrem Mist haben. Obwohl dieser Landwirt Stickstoff verliert (was für ihn schädlich ist), wird er von der Regierung belohnt für seine ökologisch ungünstige Betriebsweise.

Wer es besser macht und weniger Stickstoff in der Gülle hat, weil seine Kühe das Futter besser verwerten, und damit die Umwelt weniger belastet, wird nach der Berechnungsmethode der Regierung zu Unrecht bestraft. Schließlich darf er auf seinem Land eben so viel Gülle ausbringen, wie sein Kollege mit stickstoffreichem Mist.

Wenn der Gesetzgeber die Belastung der Umwelt reduzieren will, wird es in naher Zukunft besser sein, sich auf die tatsächliche Menge an Stickstoff in der Gülle zu basieren, als auf einen theoretischen Durchschnittswert von 4 kg/Tonne. Der gesamte Sektor würde sich dann bemühen, so effizient wie möglich mit Stickstoff aus Gülle umzugehen. Diese angepasste Maßnahme würde sich gleichzeitig günstig auf das Bodenleben auswirken und die Auswaschung von Nitrat in das Grundwasser verringern.

Zusammenhänge in der Gülle von Milchvieh

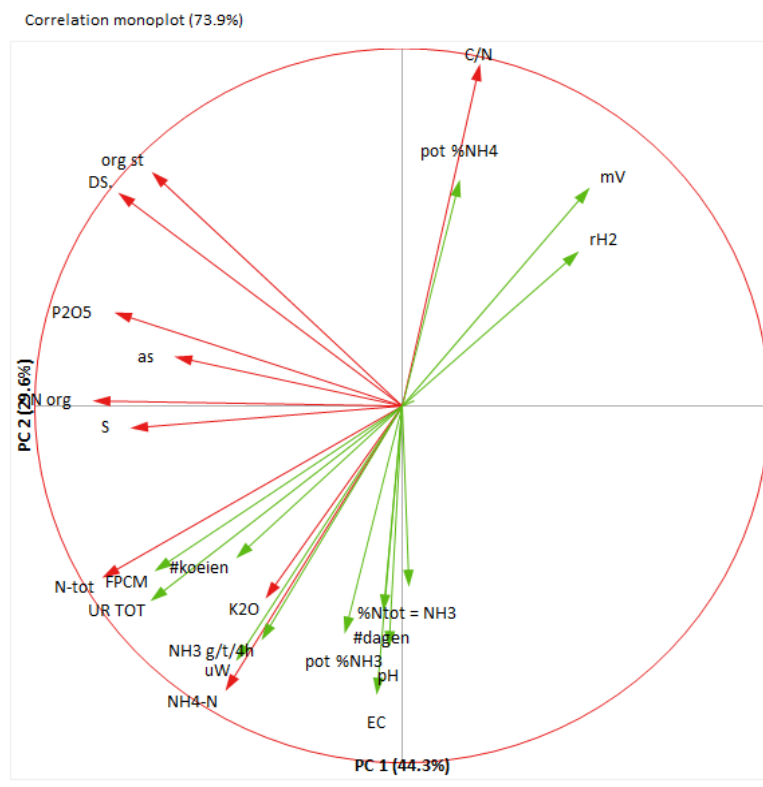
Nach der statistischen Verarbeitung der Messergebnisse mit dem Berechnungsprogramm Analyse-IT erhielten wir das untenstehende Diagramm (ein - **Principal Component Analysis Diagramm**), das die gegenseitigen Zusammenhänge deutlich zeigt. Folgendes soll man bei der Beurteilung wissen:

Pfeile, die direkt nebeneinander liegen und in die gleiche Richtung zeigen, weisen auf eine starke positive Korrelation hin. Zum Beispiel: Ein hoher Ammoniumgehalt in einer Gülle korreliert stark mit einer hohen Ammoniakemission.

Pfeile in der gleichen Richtung, von denen einer kürzer ist als der andere, korrelieren ebenfalls stark, aber diese Korrelationen treten in weniger Fällen auf. Kalium korreliert daher genauso stark wie Ammonium mit der Ammoniakemission, aber in weitaus weniger Fällen.

Gegeneinander gerichtete und in entgegengesetzte Richtungen weisende Pfeile weisen auf eine starke negative (umgekehrte) Korrelation hin. Zum Beispiel: je höher das C/N-Verhältnis, desto geringer die Ammoniakemission.

Wenn die Pfeile im rechten Winkel zueinanderstehen, gibt es keine negative und keine positive Korrelation, also keine Verbindung zwischen den beiden. Zum Beispiel: Der Trockensubstanzgehalt der Gülle sagt nichts über die Ammoniakemission aus.



Bedeutung der Abkürzungen	
DS	Trockensubstanz
Org st	Organische Substanz
P2O5	Phosphor
K2O	Kalium
S	Schwefel
N.org	Organischer Stickstoff
N-tot	Gesamter Stickstoff
NH4-N	Ammoniakaler Stickstoff
As	Asche
C/N	C/N-Verhältnis
FPCM	Messmilch (4% Fett, 3,3% Eiweiß)
UR TOT	Harnstoff pro Kuh pro Tag
NH3 g/t/4h	NH3 Emission
pH	pH
EC	Leitfähigkeit
mV	Redoxpotential
rH2	Partieller Sauerstoffdruck
uW	P-Wert in Watt/m3
#koeien	Anzahl der Kühe pro Betrieb
#dagen	Zahl der Tage im Güllekeller
pot%NH3	Potenzial %NH3 aus NH4
pot%NH4	Potenzial %NH4 bleibt NH4
%N-tot = NH3	Anteil an Ntot das innerhalb von 4 Stunden bei 25°C emittiert

Dieses PCA-Diagramm zeigt die folgenden Korrelationen:

Bei einer hohen Ammoniakemission (g NH₃-N/Tonne/4h) enthält die Gülle viel ammoniakalischen Stickstoff (NH₄-N) und Kalium (aus dem Urin). Es ist leicht zu verstehen, dass mehr Ammoniakgas freigesetzt werden kann, wenn mehr ammoniakaler Stickstoff in der Gülle enthalten ist. Die Gülle wirkt daher aggressiv (hoher P-Wert in μW). Aggressive Gülle enthält kaum Sauerstoff und viele Mineralsalze. Außerdem bekommen wir mehr Emissionen bei einem hohen pH-Wert und eine hohe Leitfähigkeit, d.h. bei einer alkalischen Gülle, die viele gelöste Mineralsalze enthält. Solche Werte sind typisch für faulende Gülle. Gülle mit hohem Kohlenstoff- und niedrigem Stickstoffgehalt (hohes C/N-Verhältnis) ist normalerweise neutral bis schwach alkalisch und arm an Mineralsalzen. Dies zeigt an, dass eine Gärung in der Güllegrube im Gange ist, statt einer Verwesung. Es gibt mehr NH₃-Emissionen bei sauerstoffarmer Gülle. Dies ist eine Tatsache, die man zu Herzen nehmen muss bei der scheinbaren Lösung eines dichten "emissionsarmen" Bodens auf der Güllegrube. Bei dieser Art von Güllegruben werden in der anaeroben Umgebung durch Faulung überdurchschnittlich große Mengen Ammoniak erzeugt, was zu einer höheren Umweltbelastung während der Ausbringung dieser Gülle führt.

Die Trockensubstanz, die organische Substanz und das Phosphat in der Gülle scheinen in keinem Zusammenhang mit den Emissionen zu stehen.

Mit zunehmender Anzahl der Tage, an denen sich der Mist in der Güllegrube befindet, steigen pH-Wert und Leitfähigkeit an und das C/N-Verhältnis sinkt. Mit einer steigenden Anzahl von Kühen pro Betrieb steigt die Milchproduktion in Litern standardisierter Milch (FPCM Fat and Protein Corrected Milk). Entgegen den Erwartungen fanden wir keine starke Korrelation zwischen dem durchschnittlichen Harnstoffgehalt pro Liter Tankmilch und den Emissionen beim Vergleich der Betriebe. Um den Grund dafür herauszufinden, untersuchten wir, wie die Proteinverwertung bei der Kuh abläuft.

Eiweißverwertung durch die Kuh

Bei dieser ganzen Diskussion über Emissionen aus Dünger muss prinzipiell davon ausgegangen werden, dass die Ursachen bekämpft werden müssen: die Bildung von zu viel Harnstoff und damit von zu viel Ammoniak zu vermeiden.

Dabei achtet der Landwirt darauf, dass die Kuh einerseits nicht zu viel Stickstoff und Schwefel in Form von minderwertigem Eiweiß aufnimmt und andererseits im Verhältnis zur Energiemenge (kohlenstoffreiches Material) nicht zu viel vollwertiges Eiweiß erhält. Harnstoff und Nitrat in der Milch, sowie Methan-, Ammoniak- und Schwefelwasserstoffemissionen aus dem Mund sowie zu viel Stickstoff und Schwefel im Urin deuten entweder auf eine zu proteinreiche Ration mit zu wenig Energie oder eine Ration mit zu viel Stickstoff und Schwefel, die keine Proteine sind, hin. Gleichzeitig gibt es oft zu wenig Spurenelemente in einer gut verwertbaren Form.

Alle wichtigen Organe werden überlastet: der Pansen, der Darm, die Leber und die Nieren. Der Pansen versucht, die schädlichen Substanzen durch den Mund loszuwerden. Die Leber versucht insbesondere die Übermenge Ammonium in Harnstoff umzuwandeln, den der Körper dann über die Nieren und folglich über den Urin und über die Milch ausscheidet. Wenn im Pansen zu viel Nitrat vorhanden ist, versucht der Körper es an Natrium, Kalium oder Magnesium zu binden, um das Nitrat unschädlich zu machen und es über die Nieren auszuleiten.

Es sollte uns nicht überraschen, dass viele Kühe nicht alt werden. Ihre Organe sind allzu oft überlastet. Nur wenige Kühe kommen in den Schlachthof, deren Leber nicht beschädigt oder zu fett ist.

Und die Nieren? Wenn sich Nierensteine bilden, sind die Nieren weniger in der Lage, die schädlichen Stoffe ordnungsgemäß zu entsorgen. Um "Steine" (Nierensteine, Gallensteine und Blasensteine) zu verhindern, muss das Tier ausreichend Magnesium und Citrat aufnehmen. Hohe Kalium- und Ammoniumwerte hemmen jedoch die Aufnahme von Magnesium, und eine hohe Salzaufnahme beschleunigt die Abführung von Magnesium. Dieser Magnesiummangel, kombiniert mit einem Mangel an Spurenelementen, kann zu Klauenproblemen führen.

Bei einer hohen Milchproduktion wird nicht verwendetes Eiweiß als Harnstoff in einer größeren Anzahl von Litern entsorgt als bei einer wenig produktiven Kuh. Eine Kuh, die 20 Liter Milch mit einem Harnstoffgehalt von 20 mg/100 ml abgibt, entsorgt 4000 mg Harnstoff pro Tag. Aber eine hochproduktive Kuh, die mit dem gleichen Milchharnstoff 40 Liter pro Tag abgibt, scheidet 8000 mg Harnstoff pro Tag aus. Die Belastung für den Körper der Kuh wird viel besser ersichtlich gemacht, indem die Litermengen der Milch mit dem Harnstoffgehalt pro Liter multipliziert werden. Auf diese Weise erhalten wir eine Menge an ausgeschiedenem Harnstoff pro Kuh und Tag über die Milch. Beim Vergleich der Betriebe fanden wir eine starke Korrelation zwischen diesem täglichen Harnstoff pro Kuh und den Emissionen.

Auf dem Bauernhof ist der Harnstoffgehalt in der Tankmilch tatsächlich der Parameter, der kontrolliert werden kann, da die Milchproduktion in Litern konstant ist. Bei hochproduktiven Kühen (in einer frühen Laktationsphase) möchten wir Harnstoffgehalt pro Liter Milch als bei weniger produktiven Kühen (am Ende der Laktation).

Emissionen und Eiweißverwertung durch die Kuh

Bei schlechter Proteinverwertung enthält der Urin mehr Harnstoff und damit auch die Gülle. Weist die Gülle also auch eine überdurchschnittlich hohe Konzentration an ammoniakalischem Stickstoff auf, so bestätigt dies eine schlechte Verwertung im Tier und Fäulnisprozesse in der Güllegrube. Der ammoniakale Stickstoff im Dünger hätte Milcheiweiß werden sollen, aber er wurde es leider nicht.

Auf der Grundlage dieser beiden einfachen Kriterien haben wir eine Auswahl an Betrieben getroffen, in denen die Kühe das im Futter enthaltene Protein besser verdauten und in denen sie es weniger gut verdauten.

Verdauung in der Kuh und Düngerqualität		Nicht optimal verdaut >21 mg Milchharnstoff >1,7 kg NH ₄ -N/Tonne	Optimal verdaut <21 mg Milchharnstoff <1,7 kg NH ₄ -N/Tonne	Unterschied in % gegenüber nicht optimal verdaut
Allgemein	Anzahl der Betriebe	34	33	
	Anzahl der Kühe	3311	2515	-24%
	Anzahl der Kühe / Betrieb	97	79	-19%
Milchwerte	Harnstoff pro 100 ml	24,2	18,5	-24%
	Messmilch / Tag im Winter	27,2	24,6	-10%
Gülleanalyse	C/N	7,4	8,7	+18%
	kg Ntot /Tonne Gülle	4,0	3,2	-20%
	kg Norg /Tonne Gülle	2,1	1,8	-14%
	Norg in % von Ntot	52,5%	56,2%	+7%
	kg NH ₄ -N / Tonne	1,97	1,33	-32%
	g NH ₃ -N /Tonne (potenzielle Emission)	32,6	20,4	-37%
	g NH ₄ -N /Tonne (potenzielle Emission)	1938	1319	-32%
Solvita Messung	Durchschnittliche Emission in g NH₃-N/Tonne/4h	10,5	7,3	-30%
BEV-Messung	pH	7,46	7,37	-1%
	Leitfähigkeit	19,3	17,0	-12%
	rH ₂ (Sauerstoffdruck)	8,5	9,4	+11%
	P-Wert (wie aggressiv?)	748	457	-39%

Der Trick besteht darin, die Menge an unverdaulichem Eiweiß und Ammonium in der Gülle so weit wie möglich zu begrenzen und die richtigen Mikroorganismen das bisschen unverdautes Eiweiß in mikrobielles Eiweiß (organischen Stickstoff) umwandeln zu lassen. Darüber hinaus ist es wichtig, sicherzustellen, dass das vorhandene Ammonium nicht in Ammoniakgas umgewandelt wird. Dies ist möglich, wenn im Pansen ausreichend Energie in Verhältnis zum Eiweiß vorhanden ist. In der Gesamtration wollen wir daher, dass die instabile Proteinbilanz (OEB) zwischen 8 und 12 g/kg TS leicht positiv ist. Dies ergibt ein gutes Gleichgewicht zwischen Protein und Energie. Außerdem brauchen wir ein gutes Gleichgewicht zwischen schneller und langsamer Energie.

Eine besondere Tatsache für den Herbst 2018 ist, dass das Gras schon vorher viele Stickstoffverbindungen enthielt, die keine Proteine sind (wie z.B.: Ammonium, Nitrat, Cyanid, Stickstoffmonoxid, Nitrosamine, Aminosäuren oder Peptide). Dann sprechen wir von minderwertigem Gras, das wir in der Futtermittelanalyse durch einen hohen OEB-Wert und einen hohen Nitratgehalt erkennen. Rost auf dem Gras im Herbst weist ebenfalls darauf hin. Dieses Gras verursacht bereits im Pansen Probleme. Die Bakterien wiederum können die Stickstoffverbindungen nicht ausreichend in bakterielles Protein umwandeln, zum Beispiel, weil die Enzyme mit den zugehörigen Spurenelementen hierfür fehlen. Enzyme enthalten immer Spurenelemente, aber Ammoniak hemmt die Aufnahme von Spurenelementen. Wenn das Gras mit ammoniumarmer Gülle gedüngt wurde, dann sehen wir, dass es mehr vollwertiges Eiweiß enthält. Durch eine vernünftige Stickstoffdüngung müssen wir uns auch darum bemühen, dass das Gras kein Nitrat (0,0 mg/kg) enthält und eine ausreichende Menge an Spurenelementen aufnimmt.

Bei der Zersetzung von unverdauten Kohlenhydraten (Zellulose, Stärke) in einer anaeroben Umgebung entsteht Methan. Wenn bei der Verdauung im Pansen viel Methan und viel Ammoniak freigesetzt wird, atmet die Kuh es aus. Untersuchungen haben gezeigt, dass Kühe, die Meeresalgen und/oder gerbstoffhaltige Kräuter fressen, deutlich weniger Methan ausatmen. Zusammen mit Methan-Emissionen gibt es oft auch Emissionen von Ammoniak und Schwefelwasserstoff. Diese Gase gelangen vom Pansen durch den Mund nach draußen. Wenn die Kuh sehr viel Schwefelwasserstoff abgibt, kann sie Hirnschäden erleiden. Das Ammoniak selbst kann Schäden an Lunge und Speiseröhre verursachen

Die Gülle von Kühen, die die Ration fein genug verdaut haben, bleibt homogen und hat eine beschränkte Emission. Gülle von Kühen mit schlechter Verdauung kann man an der Schichtenbildung erkennen. Alles, was die Gülle von der Luft trennt, schafft anaerobe Bedingungen. Dies kann auf einen oder mehrere der unten aufgeführten Faktoren zurückzuführen sein:

1. eine schwimmende Schicht unverdauter Rohfaser oder durch zu viel Einstreu aus den Boxen
2. eine Schaumschicht durch zu viel unverdauter Stärke
3. eine CO₂- oder Methanschicht auf der Gülle, die aufgrund unzureichender Belüftung oder eines emissionsarmen Bodens nicht entfernt werden kann

Die ersten 2 Faktoren kann jeder Landwirt durch eine angepasste gut verdaubare Ration verbessern.

Der dritte Faktor ist vom Gesetzgeber vorgegeben, in dem Versuch, die Emissionen zu reduzieren. So bekommt man super-emissionsreiche Gülle unter einem emissionsarmen Boden. Das Ironische an der ganzen Sache ist, dass man dann unter dem Stall tatsächlich einen offenen Methan-Fermenter bekommt. Dies ist ein lebensbedrohliches und daher unverantwortliches System. Im besten Fall verliert der Landwirt nur wertvollen Kohlenstoff.

Das Gesamtgleichgewicht der Ration ist entscheidend für die maximale und gesunde Leistung der Kuh. Genau wie im Boden ist auch im Pansen das Gleichgewicht zwischen Stickstoff, Kohlenstoff, Mineralien und Spurenelementen von größter Bedeutung, um eine optimale Pansenfermentation zu erreichen. Bei einem optimalen Gleichgewicht hat die Gülle eine viel bessere Qualität und es gibt viel weniger Emissionen.

Trennung von Kot und Urin

Im Betrieben M029 haben wir Kot, Urin und Gülle getrennt beprobt. Wir haben den Kot und den Urin 2 Monate lang in offenen Eimern aufbewahrt vor die Messung. Die Gülle wurde sofort gemessen und hatte eine begrenzte Emission aufgrund einer vernünftigen Fütterung. Unsere Messungen ergaben, dass das Ammoniak hauptsächlich durch den Abbau von Harnstoff im Urin verursacht wird, auch wenn kein Kot mit Urin gemischt ist. Harnstoff spaltet sich durch Hydrolyse in Ammoniak und Kohlendioxid. Der Kot enthält hauptsächlich die Trockensubstanz, organische Substanz, organischen Stickstoff, Phosphat und Magnesium. Während der Lagerung ist der Kot etwas saurer geworden, und die Konzentration löslicher Mineralsalze hat in einer schwachen anaeroben Umgebung leicht zugenommen. Die Veränderung von Messwerten ist typisch für einen Fermentationsprozess.

Es gab keine NH₃-Emission aus dem Kot ohne Urin. Aus dem Urin haben wir eine gigantische Emission erhalten, die weit über den Werten liegt, die das Solvita-System messen kann. Der pH-Wert stieg auf 8,75 und die Leitfähigkeit auf 44,8 mS/cm. Aufgrund des Zerfalls verschiedener Substanzen steigt so die Konzentration der reaktiven Salze. Die chemische Analyse ergab, dass der Urin hauptsächlich K, Na und ammoniakalischen Stickstoff enthält. Dies bedeutet auch, dass das getrennte Auffangen von Urin die Möglichkeit bietet, einen Überschuss an Kali von einem Milchviehbetrieb zu einem Ackerbaubetrieb zu exportieren.

in kg/Tonne	Kot	Urin	Gülle
Organische Substanz	94	12	75
Gesamtstickstoff	3,9	6,4	4,6
Organischer Stickstoff	3,9	1,4	2,3
Ammoniakaler Stickstoff	0,0	5,0	2,3
P ₂ O ₅	1,9	0,01	1,4
K ₂ O	1,9	13,1	4,6
MgO	1,2	0,4	1,4
Na ₂ O	0,4	2,2	0,8
C/N-Verhältnis	12,2	0,8	8,2

Ammoniak entsteht daher hauptsächlich im Urin durch die Spaltung von Harnstoff im Wasser. Das Enzym Urease kann diese chemische Reaktion beschleunigen. Jedes kg Harnstoff, das vollständig in Wasser zerfällt, ergibt 501 g Ammoniak (NH₃), was 413 g ammoniakalischem Stickstoff und 649 g CO₂ entspricht. Das CO₂, das wir während des Solvita-Tests messen, stammt also zumindest teilweise aus dem abgebauten Harnstoff. Viel CO₂ bedeutet daher nicht notwendigerweise, dass aerobe Prozesse in der Gülle verlaufen, schon gar nicht, wenn eine große NH₃-Emission festgestellt wird.

Entgegen der allgemeinen Meinung findet diese Spaltung auch statt, ohne dass der Urin mit Kot in Kontakt kommt. Jeder, der schon einmal ein schlecht gepflegtes Pissoir besucht hat, wird uns zustimmen, dass es manchmal furchtbar stinkt. Im Falle der getrennten Sammlung von Urin muss dieser Urin mit Sicherheit behandelt werden, um die Entwicklung von NH₃ zu verhindern.

Urease Inhibitoren sind keine Option, da sie auch den Abbau von Harnstoff in der Pflanze verhindern. Das Ergebnis ist ein hoher Rohproteingehalt und ein hoher OEB, eine hohe Ammoniakfraktion und/oder zu viel Nitrat, also ein Protein von schlechter Qualität.

Um die Emissionen aus dem Urin zu reduzieren, sind folgende Möglichkeiten weiter zu untersuchen: Einsatz von Huminsäuren, Ansäuerung des Urins durch Milchsäurebakterien unter Zusatz von Zucker. Zukünftige Forschung unter praktischen Bedingungen wird zeigen müssen, welche Methode in der Praxis am besten anwendbar und am effektivsten ist. Mehr Forschung ist auch über eine praktische Möglichkeit erforderlich, Gülle und Urin getrennt zu sammeln (fein perforierter Boden und Schaber, Kuhtoilette). Mechanische Güllentrennung ist auf lange Sicht keine gute Option, da dies nur möglich ist, wenn die Ration schlecht verdaut ist. Sie erzeugt trotzdem Festmist von guter Qualität.

Der Betrieb M013 sammelt einen Teil des Urins separat. Es handelt sich um einen Intensivbetrieb mit hoher Produktion und einem hohen täglichen Harnstoffgehalt pro Kuh, sodass man eine Gülle mit hohen Emissionen erwarten würde. Dennoch ist der Mist emissionsarm, wahrscheinlich aufgrund des geringeren Urinanteils. Wir haben den Urin dieses Betriebes nicht separat gemessen, wir gehen aber davon aus, dass der Urin zu erheblichen Emissionen führt.

Da der Urin neben ammoniakalischem Stickstoff hauptsächlich Kalium und Natrium enthält, könnte er als Ersatz für Kunstdünger an einen Ackerbaubetrieb geliefert werden, sofern die Emissionen begrenzt werden können. Der große Vorteil für die Milchviehhalter ist, dass sie so einen Teil des überschüssigen Kalis entsorgen könnten. Die dicke Güllefraktion kann problemlos oberirdisch gedüngt werden und ist emissionsfrei, da sie hauptsächlich organisch gebundenen Stickstoff enthält. Es ist jedoch wichtig, dass die dicke Fraktion während der Lagerung ausreichend sauerstoffreich bleibt und nicht fault. Unzureichender Sauerstoff verursacht Fäulnisprozesse, bei denen viele toxische Verbindungen und schließlich Ammoniak gebildet werden.

Phase 2: Güllequalität in Bezug auf den Ertrag und die Qualität der Silage des ersten Schnittes

In einer zweiten Phase dieser Kreislaufstudie untersuchten wir, wie sich die Grünlandbewirtschaftung und die Düngung mit Gülle und Kunstdünger auf den Ertrag und die Qualität des ersten Schnittes auswirken. Wir untersuchten die Einflüsse von:

1. die Menge der verwendeten Gülle (wie viele m³ pro ha)
2. die Qualität der Gülle (emissionsarm oder nährstoffreich)
3. die Art der Anwendung (oberirdisch, Schleppschlauch oder Bodeninjektor)
4. das Datum der ersten Düngung
5. sonstige Düngemittel (Kunstdünger, andere organische Dünger)
6. die anderen Substanzen, die neben Mist und Urin in den Güllekeller gelangen (Spülwasser, Medikamente, Desinfektionsmittel, Wasser, Boxeneinstreu...)

Forschungsmethoden

Wir haben bei den teilnehmenden Betrieben nachgefragt, wie das Grünland im Frühjahr 2019 bewirtschaftet wurde:

- Zu welchem Zeitpunkt und auf welche Weise wurde wie viel Gülle ausgetragen?
- An welchem Datum wurde noch etwas anderes gedüngt, was und wie viel?
- An welchem Datum wurde der erste Schnitt gemäht?
- Wie sieht die Futtermittelanalyse des ersten Schnittes aus und von wie viel ha-wurde der erste Schnitt geerntet? Wie hoch ist ~~oder~~ der anderweitig festgestellte Trockenmasseertrag?

Auf der Grundlage dieser Daten und angeregt durch eine Veröffentlichung der Wageningen Universität⁶ berechneten wir auf die gleiche Weise wie viele Nährstoffe von der Düngung geliefert wurden (Dosierung pro ha x Daten aus der konventionellen Gülleanalyse) und wie viele Nährstoffe mit dem ersten Schnitt geerntet wurden (mittlerer TM Ertrag pro ha x Futtermittelanalyse Daten).

Also berechneten wir, welchen Prozentsatz der gedüngten Nährstoffe wir im ersten Schnitt finden würden.

Wir erhielten ausgefüllte Fragebögen und Silageanalysen von 82 Betrieben. Die weitaus meisten Analysen wurden von Eurofins durchgeführt, einige von ALNN. Leider konnten wir nur die Daten von 67 Betrieben verwenden, da einige von ihnen unvollständige Angaben vorlegten. Die interessantesten Daten für unsere Untersuchungen haben wir von den Betrieben mit den höchsten und niedrigsten Ammoniakemissionen bekommen.

⁶ van Schouten, Honkoop und van Houwelingen, Stickstoffwirkung einiger Kunstdünger auf Grasland in Moorgebiet, WUR, 2017

Forschungsergebnisse und Diskussion

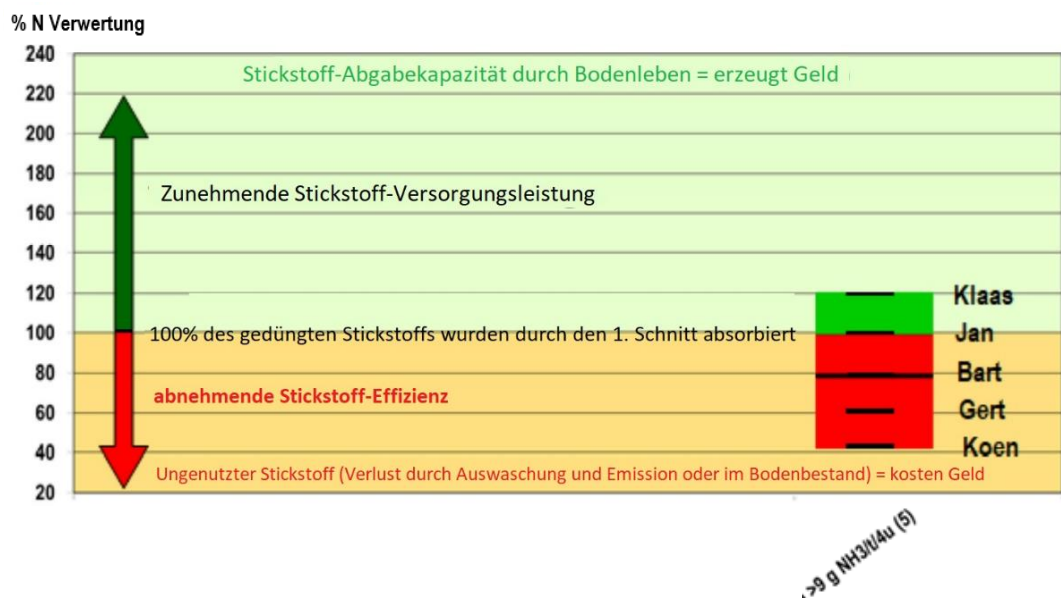
Aufgrund der enormen Unterschiede der Messwerte und Umstände ist es ziemlich komplex, eine einfache Schlussfolgerung zu treffen. Wir werden uns daher darauf beschränken, eine Reihe von Trends aufzuzeigen, die immer durch eine Kombination von Faktoren entstehen. Diese Reihe von Umständen führt zu einem bestimmten Ertrag und einer bestimmten Qualität des geernteten Grases. Also messen wir das Endergebnis und geben einen Rückblick auf die Faktoren, die dazu geführt haben.

Ausnutzung des Stickstoffes

Aus diesem Grund und angesichts der derzeitigen Besorgnis in den Niederlanden über Ammoniakemissionen haben wir uns in erster Linie auf das Stickstoffproblem beschränkt. Die berechnete Auslastung in % hat viel mit der Stickstoffnachlieferungskapazität des Bodenlebens zu tun. Bei 100%iger Ausnutzung haben wir beim ersten Schnitt die gleiche Menge Stickstoff geerntet, wie gedüngt wurde. Wir sprechen dann von einer Stickstoffnachlieferkapazität durch das Bodenleben von 0%.

Bei einer Ausnutzung von mehr als 100% (hellgrüner Hintergrund und dunkelgrüner Balken im Balkendiagramm) finden wir im ersten Schnitt mehr Stickstoff als gedüngt wurde. Wir haben dann eine Stickstoff-Nachlieferungskapazität, die hauptsächlich durch ein ausreichend intensives Bodenleben entsteht (Stickstoffbindung durch Leguminosen und freilebende Stickstoffbindern wie Azotobacter, aus dem Nahrungsnetz des Bodens (Soil Food Web) freigesetzter Stickstoff und Mineralisierung der organischen Substanz).

Bei einer Ausnutzung von weniger als 100% (orangefarbener Hintergrund und rote Balken in der Balkengrafik) wurde nur ein Teil des gedüngten Stickstoffs bis zum Tag des Mähens des ersten Schnittes vom Grasland aufgenommen. Wir haben uns bewusst dafür entschieden, dies nicht als Verlust zu bezeichnen. Folgeuntersuchungen sollten deutlich machen, wo der nicht aufgenommene Stickstoff geblieben ist: Ist er in organischer Form im Boden fixiert, als Nitrat ins Grundwasser ausgewaschen worden oder durch Emission (als Ammoniak, Nitrit oder Lachgas) in die Atmosphäre entwichen.



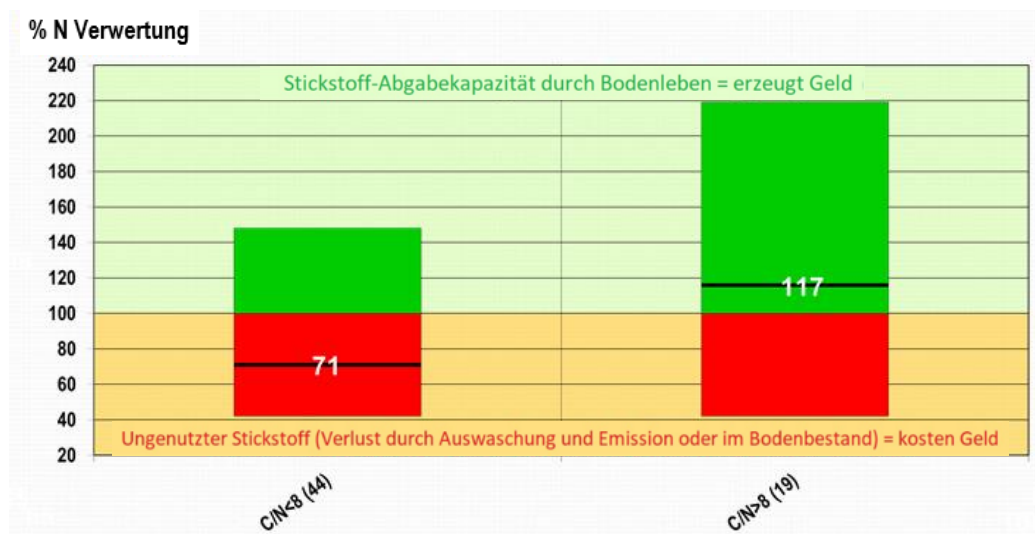
Auf jeden Fall haben wir bei unseren Untersuchungen festgestellt, dass es enorme Unterschiede zwischen den Betrieben gibt und dass dies ein konkreter Gewinn oder Verlust für die beteiligten Betrieben darstellt.

Der grüne und der rote Teil des Balkendiagramms geben die Verteilung der berechneten Werte an, der schwarze Strich den rechnerischen Mittelwert der Auswahl. Die Zahl in Klammern hinter dem Namen der Serie gibt an, wie viele Betrieben sich in dieser Auswahl befinden.

Bei jeder Auswahl auf der Grundlage von Messwerten gibt es immer Betriebe, die besser und weniger gut als der Durchschnitt abschneiden.

Die C/N-Verhältnis

So wie Tiere einen korrekten Stickstoffgehalt in Form von Protein im Futter benötigen, so braucht auch das Bodenleben einen korrekten Stickstoffgehalt in der organischen Substanz. Wir drücken dies durch das C/N-Verhältnis aus. In normalen Böden liegt das C/N-Verhältnis bei etwa 10, es gibt also zehnmal mehr Kohlenstoff als Stickstoff.

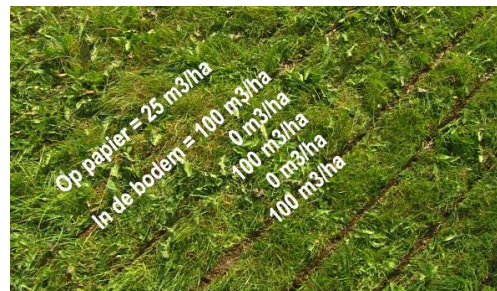


Wenn wir einen Dünger mit einem niedrigeren C/N-Verhältnis (z.B. C/N=6) ausbringen, geben wir etwas, das deutlich stickstoffreicher und kohlenstoffärmer ist als der Boden. Dies kann sowohl eine stickstoffreiche Gülle sein als auch eine stickstoffarme Gülle zusammen mit zusätzlichem Stickstoff aus Kunstdünger. Das Bodenleben wird nicht mehr Stickstoff liefern, wenn es bereits über zu viel Stickstoff verfügt. Die Düngung mit stickstoffreichem Material verringert daher die Stickstoff-Nachlieferungskapazität des Bodenlebens und führt zu einer erhöhten Zersetzung der organischen Substanz, was in der Regel die Bodenqualität verringert. Wenn wir jedoch ein Düngemittel geben, das etwa ebenso viel oder mehr Kohlenstoff enthält als der Boden (C/N größer als 8), stimulieren wir die Stickstoffnachlieferungskapazität des Bodens. Diese relativ stickstoffarme und kohlenstoffreiche Gülle stammt von Tieren mit einer optimal verdauten Ration. Infolgedessen nimmt das Gras auch den Stickstoff effizienter auf, weil die Verluste durch Emissionen in die Atmosphäre oder die Auswaschung in den Untergrund verringert werden.

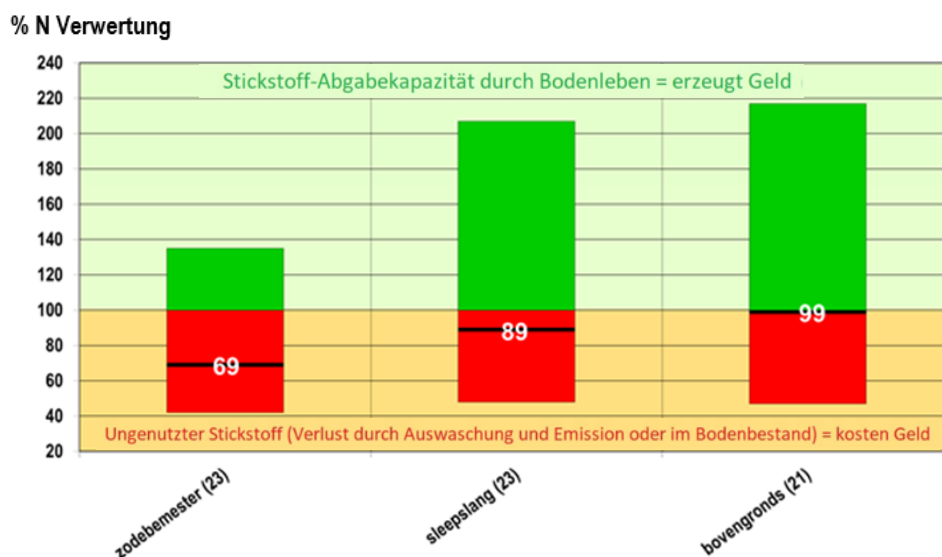
Der Zeitpunkt der Düngung hat einen Einfluss auf die Stickstoffverwertung. Wenn die Bodentemperatur steigt, ist das Bodenleben aktiver, dann absorbiert das Gras auch mehr und verringert mögliche Verluste.

Eine Düngung im zeitigen Frühjahr mit einem C/N-Verhältnis von weniger als 8 erscheint nicht günstig. Es gibt aber auch Landwirte, denen es gelingt, bei der Düngung im Februar eine begrenzte Stickstoff Nachlieferungskapazität zu erreichen. Dies hat mit anderen Faktoren zu tun, wie z.B. der Art und Weise des Ausfahrens und dem Zeitpunkt des Mähens des ersten Schnittes. Außerdem geht es nicht so sehr um das Datum der Düngung, sondern um die Bodentemperatur. Lokal könnte es im Februar etwas wärmer gewesen sein als erwartet.

Bei der Düngung durch Gülleinjektion und den Schleppschlauch bleibt eine beträchtliche Menge Stickstoff ungenutzt. Anders ausgedrückt: Die Stickstoff-Nachlieferungskapazität des Bodenlebens hat stark abgenommen. Wenn der Gülle homogener verteilt wird, nimmt die Stickstoffverwertung zu.



Es entspricht nicht der guten landwirtschaftlichen Praxis, den Dünger auf einem schmalen Streifen mit schweren Maschinen in den Boden spritzen zu wollen (siehe Bilder oben). Aufgrund der lokalen starken Überdosierung ist der Sorptionskomplex des Bodens nie in der Lage, die gedüngten Salze festzuhalten. Insbesondere auf humusarmen Sandböden ist bekannt, dass Nährstoffe leicht ins Grundwasser ausgewaschen werden. Verluste in den Untergrund sind daher bei der Injektion sowohl unvermeidlich als auch inakzeptabel. Bei der breitverteilten Düngung wird auf jeden sprichwörtlichen cm^2 der Bodenoberfläche ein Gülletropfen abgelagert, den der Boden leicht festhalten kann. Die Abbildung unten zeigt die Wirksamkeit der Gülleausbringungsmethode.



Neben dem Einfluss des C/N-Verhältnisses und des Zeitpunkts der Düngung (Bodentemperatur) gibt es viele andere Faktoren, die nach unseren Untersuchungen die Verwertung der Gülle verbessern:

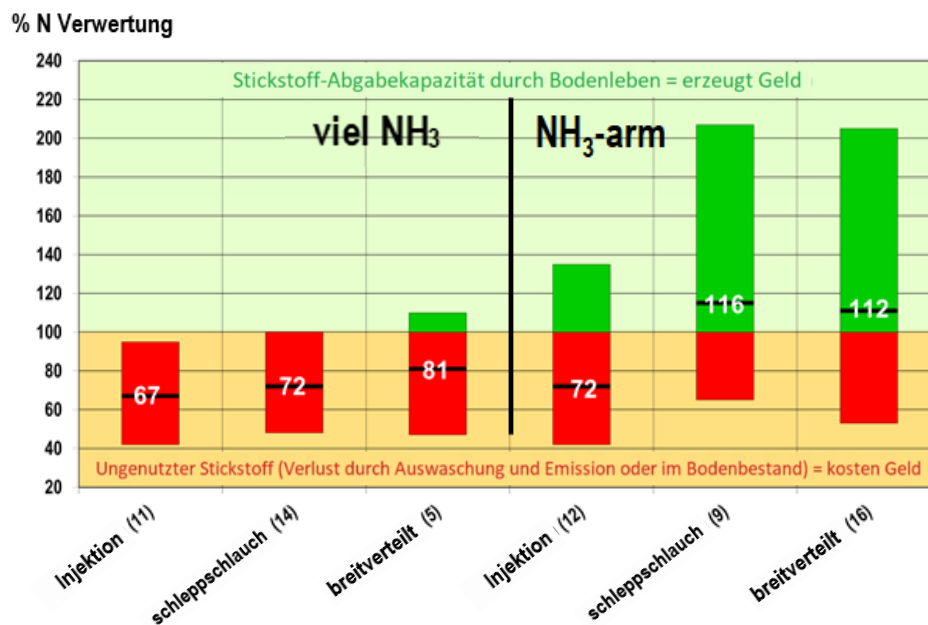
- die Art der Ausbringung (besser durch oberflächliche Düngung)
- die Dosierung des Düngers (besserer Verwertung mit einer kleineren Güllemenge)

- die Verteilung der Gülle auf dem Feld (besserer Verwertung durch homogene breitverteilte Ausbringung)
- der Zeitpunkt des Mähens (bessere Verwertung durch späteres Mähen)
- Bodentyp (bessere Verwertung bei schwereren Lehmböden als bei leichten Sandböden)

Die endgültige Verwertung der Gülle scheint also das Ergebnis einer Kombination von Faktoren zu sein. Je mehr positive Faktoren zusammenkommen, umso besser ist die letztendliche Nutzung. Bestimmte Einflüsse neutralisieren sich gegenseitig in ihrer Wirkung. So wird der gute Einfluss einer begrenzten Dosierung, durch zu viel Stickstoff zunichte gemacht wird. Ein Stickstoffkünstdünger senkt das C/N-Verhältnis sehr schnell. Untersuchungen von Pijlman en van Eekeren vom Louis Bolkinstituut bestätigen dies in einem Artikel in V Focus vom Januar 2020.

In der untenstehenden Abbildung ist die Stickstoffnutzung aus der Kombination der Faktoren emissionsreicher oder emissionsarmer Dünger mit der Art der Gülleausbringung dargestellt.

viel NH₃



In einer Kombination aus der Ausfahrweise und den NH₃ Emissionen der Gülle wurde deutlich, dass die derzeitige Düngergesetzgebung auf einer Illusion beruht. Die "emissionsarme" Ausbringung von emissionsreichem Dünger führt zu einer sehr schwachen N-Verwertung. Die Emissionen in die Atmosphäre gehen zwar leicht zurück, aber stattdessen kommt es zu einer Auswaschung in Form von Nitrat in den Untergrund. Damit verschiebt sich das Emissionsproblem in den Untergrund. Dr. Erisman wies vor 20 Jahren in seinem Buch "The Flying Spirit, Ammoniak aus der Landwirtschaft und seine Auswirkungen auf die Natur" darauf hin. Da die Güllepolitik sich darauf basiert, ist es sehr wichtig zu sehen, wo der ungenutzte Stickstoff verblieben ist. Deshalb möchten wir die Nitratauswaschung in einer Folgestudie (zusammen mit der Wasserbehörde) und auch die mögliche Zunahme des Stickstoffvorrats im Boden verfolgen.

Prinzipiell haben Viehzüchter die gleichen Interessen wie Umweltschützer, denn wenn es zu Nährstoffverlusten in der Atmosphäre oder im Bodenwasser kommt, bedeutet dies auch einen direkten finanziellen Verlust für die Viehzüchter.

Vergleich eines konventionellen Systems mit einem geschlossenen Kreislaufsystem

Ein Klub von Landwirten, der in den letzten 25 Jahren viel Erfahrung in der Kreislaufwirtschaft gesammelt hat, ist der Verein zur Erhaltung der Landwirte und der Umwelt (Vereniging tot Behoud van Boer en Milieu - VBBM). Den Mitgliedern gelingt es, ihren Betrieben mit Rücksicht auf die Umwelt profitabel zu machen. Es handelt sich also um eine Win-Win-Situation nach dem Motto "ohne starkes ökologisches Kapital kein ökonomisches Kapital". Diese Kreislaufbauern verlassen sich auf das Wissen, das der Forscher Ir Jaap van Bruchem (Universität Wageningen) auf der Versuchsfarm Minderhoudhoeve in den neunziger Jahren gesammelt hat. Durch weiteres Experimentieren mit diesem Wissen sind sie zu einem natürlichen Kreislaufsystem gekommen. Es wurde ein Zertifizierungssystem ausgearbeitet, in dem die Mitglieder für 9 Nachhaltigkeitsthemen ~~punkten~~ Punkte bekommen, die weit über Ammoniakemissionen hinausgehen. Abhängig von einer Mindestpunktzahl können sie ein Bronze-, Silber- oder Gold-Zertifikat ~~des~~ für das Natürliches Kreislauf System erhalten. Derzeit gibt es bereits 42 zertifizierte Kreislaufbetriebe, die ihr Fachwissen gerne zur Verfügung stellen.

Der Unterschied zwischen den 2 Extremen: Ein rein konventionelles und ein gutes Kreislaufsystem kann wie folgt vorgeschlagen werden. Die meisten Betriebe werden eine Position zwischen diesen beiden Extremen haben. In den folgenden Diagrammen zeigen die roten Pfeile einen negativen Einfluss, die grünen Pfeile einen positiven, die blauen und gelben Pfeile einen neutralen Einfluss an.

KONVENTIONELLES SYSTEM

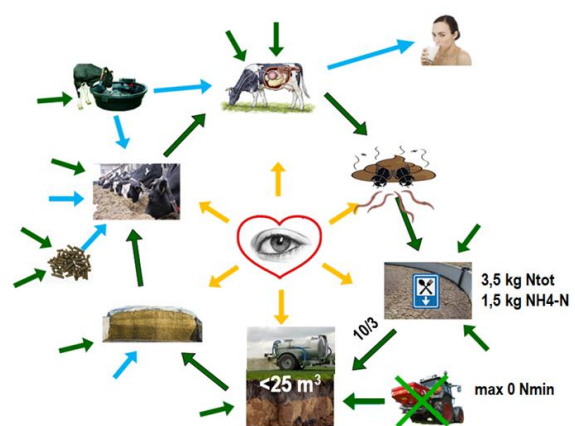


Auch in einem konventionellen System beeinflusst jeder Eingriff die nächsten Glieder des Zyklus. Weil dies nur selten berücksichtigt wird, schafft es Probleme.

Oft sieht man die Ursache oder die Verbindungen zwischen den Problemen nicht, so dass sie dauerhaft kompensiert werden müssen.

Die Nährstoffnachlieferungskapazität des Bodens wird nicht bewusst genutzt.

KREISLAUFSYSTEM



In einem gesunden Kreislaufsystem berücksichtigt man bewusst, dass jeder Eingriff in den Zyklus die nachfolgenden (Stufen) Verbindungen beeinflusst.

Wir bekommen ein sich selbst verstärkendes biologisches System, in dem keine unnötigen Kosten entstehen.

Der Boden verfügt über eine starke Nährstofflieferkapazität.

Durch die Anpassung von 5 Faktoren kann die Aufnahme von Stickstoff und anderen Nährstoffen in jedem Betrieb deutlich verbessert werden. Wir haben das Düngermanagement in einem typischen konventionellen und einem typischen Kreislauf-Betrieb auf der Grundlage von Messergebnissen aus unserer Forschung verglichen. In beiden Gruppen hatten wir Mittelwerte von 8 Betrieben.

KONVENTIONELLES SYSTEM	KREISLAUFSYSTEM
relativ proteinreiche intensive Ration	relativ proteinarme rohfaserreiche Ration
Gülle mit wenigstens 1,7 kg NH ₄ -N	Gülle mit höchstens 1,7 kg NH ₄ -N/ton (und C/N>8)
mindestens 25 m ³ Gülle pro ha	höchstens 25 m ³ Gülle pro ha
Gülledüngung so früh wie erlaubt im Februar	Gülledüngung frühestens im März
mit Injektion oder Schleppschlauch	nur breitverteilte Düngung
mindestens 50 kg N aus Kunstdünger	kein Kunstdünger

Die Forschungsergebnisse zeigen, dass die besten Kreislaufbauern deutlich besser dastehen als ihre besten Kollegen aus der konventionellen Landwirtschaft, indem sie an leicht erreichbaren Maßstäben festhalten. Es dürfte daher auch für die anderen Betriebe relativ einfach sein, durch geschicktes Management des Kreislaufs ohne Hightech-Investitionen die Emissionen in die Atmosphäre und das Grundwasser deutlich zu reduzieren.

In einer modernen Zeit mit vielen technischen Möglichkeiten müssen wir immer daran denken, dass die Technik der Biologie dienen muss und nicht umgekehrt.

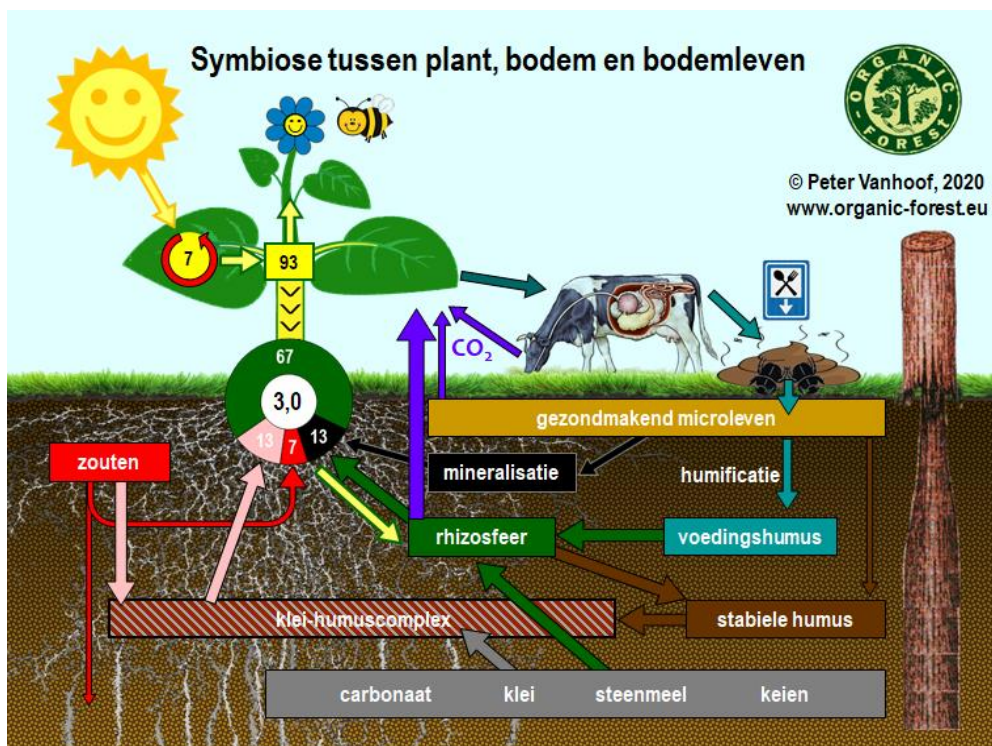
Unsere Erkenntnisse, dass eine gute Stickstoff-Versorgungskapazität des Bodens auch die Fähigkeit erhöht, andere Nährstoffe aus dem Boden freizusetzen, hat auch der deutsche Forscher Edwin Scheller in einer mehrjährigen Studie unter Praxisbedingungen nachgewiesen (Grundzüge einer Pflanzenernährung des ökologischen Landbaus, Verlag Lebendige Erde, 2013).

Erklärung der Nährstoffversorgungskapazität des Bodenlebens

Wir haben die Nährstofflieferkapazität des Bodenlebens nicht gemessen, sondern sie aus den Berechnungen abgeleitet. Das Expertenbüro Organic Forest Polska hat damit in den letzten 6 Jahren umfangreiche praktische Erfahrungen gesammelt.

In der echten regenerativen Landwirtschaft gibt es keine Abfallströme, sondern alles wird wie in der Natur wiederverwendet. Ernterückstände und Dünger kommen oberflächlich auf den Boden, wo sie von einem sauerstoffliebenden (aeroben) Bodenleben verdaut werden. Dass dies in den oberen 10-15 cm des Bodens geschieht, kann man deutlich daran sehen, wie ein Holzpfehl im Boden verrottet. Wenn es genügend Diversität im Bodenleben mit vielen Vertretern des Food Soil Web des Bodens gibt, ist das gesunde Bodenleben stärker als die sogenannten Krankheitserreger. Aus der organischen Substanz werden 3 Produkte hergestellt: Mineralien, Nährhumus (organischer Stickstoff, Aminosäuren, Chelate) und Dauerhumus.

Der letzte Punkt bildet zusammen mit den Tonmineralen den Sorptionskomplex, der einen Teil der Mineralsalze festhalten kann. Bei einer Überdüngung entstehen mehr Mineralsalze, als der Boden speichern kann. Dies geschieht lokal durch Injektion von Dünger auf schmale Streifen. Die unvermeidliche und logische Konsequenz ist dann zumindest ein teilweiser Verlust durch Auslaugung.



In einem gut funktionierenden Ökosystem ist es die Pflanze, die bestimmt, was sie braucht. Es gibt dann nicht zu viele schnell wirkende Salze wie Ammonium und Nitrat im Boden. Wenn nicht zu viele dieser Salze im Bodenwasser gelöst sind, hat die Pflanze genug Energie, um alle ihre Lebensfunktionen richtig auszuführen. Viel Energie in Form von Zuckern (Wurzelsudaten) geht dann über das Wurzelsystem zum Mikroleben in der Rhizosphäre, das Nährstoffe an die Pflanze aus dem Nährhumus und aus nicht wasserlöslichen Bodenreserven (wie Ursteinmehl) nachliefert.

Wenn man die Hintergründe dieses lebenden Systems gut versteht und kompetent darauf reagiert, kann man dank der Symbiose zwischen der Pflanze und dem Bodenleben eine mehr als 100%ige Nährstoffausnutzung aus der Düngung erreichen. In den letzten 6 Jahren hat das Expertenbüro *Organic Forest Polska* einen innovativen Bodentest entwickelt, den "Vanhoof-Test", bei dem es sich um eine Systemanalyse der Symbiose zwischen Pflanze, Boden und Bodenleben handelt. Da ein umfassender Blick auf dieses gesamte Ökosystem sehr wichtig ist, betrachtet man auch genau Wurzeltiefe und -Intensität, Bodenlebenspotential, Bodenressourcen, Bodenmineral- und Mineralverhältnisse sowie Spurenelemente im Pflanzensaft, um Fortschritte zu erzielen. So kann man oft mit Einsatz von begrenzten, aber gut gewählten Mitteln oder Vorgängen einen besseren Ertrag und/oder eine bessere Qualität erzielen als durch die Düngung von noch mehr Kilogramm Stickstoff.

Eine besonders inspirierende Persönlichkeit ist John Kempf von Advancing Eco Agriculture, der sein Wissen kostenlos mit Allen teilt und dazu beiträgt, das Wissen innovativer Forscher in der regenerativen Landwirtschaft weltweit zu verbreiten.⁷

Die Grundlage eines guten Geschäfts jedes Viehzuchtbetriebes ist eine gut funktionierende Biologie. Also alles, was die Biologie stört, untergräbt die Umwelt und den Gewinn für den Landwirt. Indem wir uns auf die Biologie konzentrieren, erhalten wir gleichzeitig den Landwirt und die Umwelt.

Futterqualität

In der Untersuchung fanden wir keinen Zusammenhang zwischen dem Düngungsniveau und dem TM-Ertrag. Eine gute Stickstoffausnutzung und eine optimale Stickstoffnachlieferungskapazität des Bodens sind wichtig, aber auch eine gute Futterqualität. Es gibt Betriebe, die trotz einer schwachen Stickstoffausnutzung, d.h. relativ große Mengen an ungenutztem Stickstoff, immer noch eine gute Qualität der Silage erhalten. Trotzdem ist es besser, eine gute Qualität ohne Verluste zu erzielen.

Ein minderwertiges Protein im Gras (hoher OEB-Wert) ist das Ergebnis einer deaktivierten Stickstoff-Nachlieferungskapazität des Bodens aufgrund einer Überdüngung mit Stickstoff und ohne ausreichende Spurenelemente, um diesen in Protein umzuwandeln. Bei gleichzeitigem Vorhandensein von Molybdän und Bor in ausreichender Menge erwies sich die Stickstoffausnutzung als deutlich besser. Mit einem niedrigen Molybdängehalt kann das Gras den absorbierten Stickstoff nicht so leicht zu vollwertigem Protein umwandeln. Ein Teil des Stickstoffs verbleibt dann als unvollkommenes Protein in der Pflanze, wodurch die OEB ansteigt. Wenn zugleich genügend Mo und B anwesend sind, steigt die durchschnittliche Stickstoffnachlieferkapazität spektakulär an. Wir können also viel mehr erreichen, wenn wir genügend Spurenelemente zur Verfügung stellen, als wenn wir noch mehr Stickstoff düngen, insbesondere auf Torfböden, die eine natürliche und hohe Stickstoffnachlieferungskapazität haben.

Die Grundlage für eine gesunde Herde und eine gute Nährstoffverwertung durch das Tier und damit auch für das Einkommen und die Arbeitszufriedenheit des Landwirts ist und bleibt hochwertiges Futter.

⁷ www.advancingecoag.com/webinars

Empfehlungen für weitere Forschung

Diese Forschung wurde mit begrenzten Ressourcen und mit einer relativ kleinen Anzahl von Milchviehbetrieben durchgeführt. Die Ergebnisse, die wir erhalten haben, weisen also in eine Richtung, die wir in der Folgestudie weiter validieren wollen. Da wir auch nicht sicher waren, welche Unterschiede wir in dieser ersten Studie finden würden, haben wir bestimmte Daten nicht angefordert, weil sie uns nicht relevant erschienen. Deshalb wollen wir in einer Folgeuntersuchung die folgenden Informationen bei der Verarbeitung der Ergebnisse einschließen.

Detailliertere Daten von den Betrieben:

- Milchleistungs-Listen zur Darstellung des Produktionsniveaus über das ganze Jahr
- Daten aus dem Kreislaufanzeiger
- bei VBBM-Mitgliedern, die für das Zertifikat verwendeten Daten

Es sollen mehr Betriebe gemessen werden, so dass in jeder Gruppe mit einem bestimmten Modus Operandi mindestens 10 Betriebe-vertreten sind. In dieser Studie hatten wir manchmal nur einen Betrieb in einer bestimmten Gruppe, aus der man keine wirklichen Schlussfolgerungen ziehen kann.

Es sollte untersucht werden, wo der nicht absorbierte Stickstoff verblieb:

- konventionelle Bodenanalyse, aber nasschemisch gemessen (wie z.B. Kinsey-Analyse?)
- Bodenstruktur und Wurzelbild
- Nitrat- und Lachgas-Messungen
- Biodiversität im Grasland: botanische Zusammensetzung
- Vanhoof-Test zur Messung des Bodenlebens und der Nährstoffnachlieferungskapazität

Um ein Bild der jährlich genutzten Düngermenge zu erhalten:

- Daten aller Schnitte, Futteranalysen und Trockenmasseleistung
- Gesamtmenge des eigenen Düngers und Gesamtmenge des gekauften Kunstdüngers

Es scheint auch sinnvoll zu sein, bei einigen sehr leistungsfähigen Betrieben noch viel mehr Messungen vorzunehmen, um herauszufinden, warum die Prozesse so gut laufen.

Es wäre wünschenswert, wenn die Forschung in Zusammenarbeit mit anderen Forschungsinstituten wie dem Louis-Bolk-Institut und der Wageningen Universität WUR in den Niederlanden oder ILVO und Inagro in Flandern durchgeführt werden könnte. Im deutschsprachigen Raum wäre es gut mit Bauernorganisationen wie Bioland, FIBL, die IG gesunder Boden und IG gesunde Gülle und Vertreter der Agrar- und Veterinärwissenschaften zusammenzuarbeiten.

Da die Ergebnisse dieser Studie einen klaren Trend erkennen lassen, aber in einer Folgestudie noch genauer validiert werden müssen, und da die Situation auf jedem Betrieb anders ist, raten wir den Landwirten, eine Beratung in Bezug auf ihre eigene Betriebssituation einzuholen, z.B. bei den Sponsoren oder Forschern dieses Projekts. Diese gehen alle davon aus, dass die Biologie wichtiger ist als die Technik. Eine individuelle Beratung ist immer besser als eine Reihe allgemeiner Ratschläge.

Veröffentlicht 21. Februar 2020 von Forschern

Ing. Peter Vanhoof, Expertenbüro Organic Forest Polska, organic.forest.pl@gmail.com

Ir. Anton Nigten, unabhängiger Forscher, aonigten@hotmail.com

mit Unterstützung von Drs. Annette van der Knaap, Chemiker, a.van.der.knaap@planet.nl

wir danken Henk Heida, Karel Kennes, Luc Meeuwissen, Peter Takens, Wigle Vriesinga
und Hans Wildenbeest für Ihre Mitarbeit an dieser Publikation

Großer Dank an die Bauern, die an dieser Untersuchung mitgearbeitet haben!

Großer Dank an die Sponsoren dieser Forschung:

Vereniging tot Behoud van Boer en Milieu www.devbbm.nl

Actimin (Vitasol BV), Heemstede www.actimin.nl

Crehumus, Emmeloord www.crehumus.nl

Drs. Annette van der Knaap a.van.der.knaap@planet.nl

Koolstofkring BV, Drachten www.dekoolstofkring.nl

Loonbedrijf de Schalm, Alphen www.deschalm.eu

Mulderagro, Kollumerzwaag www.mulderagro.nl

Napagro bvba, Arendonk (BE) www.napagro.eu

Natural Grown, Deerlijk (BE) www.naturalgrown.be

Großer Dank für die Mitarbeit bei der Übersetzung auf Deutsch an:

Willem Lammerink

Karina Rothlehner

Deutsche Version veröffentlicht 21 September 2021

Gemeinsam stark für eine regenerative Kreislaufwirtschaft

