



Stickstoffeffizienzmonitoring in der Gülleausbringung



Whitepaper

Digitales Assistenzsystem für Stickstoffausbringmengen



Vertriebspartner:

Einleitung

NPA - Nitrogen Plant Availability - eine neue Abkürzung in der Agrarwirtschaft

Bei der Nutzung von Gülle als Wirtschaftsdünger ist die Wirkung des Ammoniumstickstoffs verschiedenen Verlustformen auf dem Feld ausgesetzt: Ammoniakemission, ungleichmäßiger mechanischer Verteilung, sowie Verlust durch Überlappung am Vorgewende und bei Start und Stopp. Weiterhin gibt es sehr große Unterschiede zwischen den verschiedenen Gülletypen. Dies ist auf unterschiedliche Mengen an Trockenmasse und Volumenstickstoff in der Gülle oder auf unterschiedliche pH-Werte zurückzuführen. Diese Verringerung der Stickstoffwirkung von Gülle ist schwer zu quantifizieren, weshalb normative Werte entwickelt wurden, um die durchschnittliche Wirkung der Verwendung von Gülle zu quantifizieren. Stickstoff stellt heute ein Problem für die Umwelt dar. Gleichzeitig steigt der Preis für künstlich hergestellten Stickstoffdünger aufgrund des massiven Energieverbrauchs im Produktionsprozess. So hat die Steigerung der Stickstoffnutzungseffizienz hohe Priorität, um die Umweltbelastung zu verringern und den Bedarf an Düngemitteln zu reduzieren.

NPA - Nitrogen Plant Availability - ist der Ersatz für die normativen Werte.

Das e-mission-System enthält viele Sensoren, die die Ammoniummenge in der Gülle messen können und in Kombination mit GPS genau quantifizieren, wie viel Stickstoff für die Pflanze in jedem Bereich zur Verfügung gestellt wurde. Das Sensorpaket überwacht die Ausbringungsparameter während der Ausbringung und setzt diese mit einer Datenbank in Relation, die über 30.000 Messungen von Ammoniak-Emissionspfaden enthält. Das Ergebnis ist eine Schätzung der pflanzenverfügbaren Netto-Stickstoffmenge.

Zwischen dem Normativ- und dem NPA-Wert gibt es oft erhebliche Unterschiede. Es kann ein signifikanter Überschuss bestehen oder einen Bedarf an zusätzlichem Stickstoff aufgezeigt werden, um eine homogene Stickstoff-Grunddosierate zu erreichen.

Der Wirkungsgrad der Gülleausbringung ist stark von Wetterfaktoren abhängig. Es ist normal, dass der NPA-Wert innerhalb von 24 Stunden zwischen 20 % und 90 % schwankt. Im weltweiten Durchschnitt liegt die Nutzungseffizienz von Gülle bei etwa 30 %. Hier ist ein großes Verbesserungspotenzial vorhanden.

Das e-mission-System wird auch als Entscheidungshilfe für den Zeitpunkt der Gülleausbringung verwendet. Die Verlagerung der Gülleausbringung von 30 % Effizienz auf über 60 % Effizienz pr. Ha ist eine Verbesserung um 50 %.

Dies ist ein hohes Volumen/Wert mit $30 \text{ m}^3 \text{ Gülle/ha} \times 3,5 \text{ kg/N} \times 50 \% = + 50 \text{ kg/N ha}$.

Eine erhöhte Ausnutzung des organischen Stickstoffs bedeutet auch eine Verringerung des Bedarfs an mineralischem Stickstoff. Die Stickstoffeffizienz von Mineraldüngern ist im Vergleich deutlich besser: Normalerweise liegt sie bei 80 %. Die chemische Form als Nitrat oder Harnstoff macht ihn stabil, was bei organischen Düngemitteln nicht der Fall ist. Hier ist die primäre Form Ammonium. Die chemische Umwandlung des Stickstoffs im Verdauungssystem der Tiere macht ihn flüchtig, und er kann als Methan-, Ammoniak- oder Lachgas emittiert werden, anstatt von den Pflanzen als Ammoniumdüngersalz aufgenommen zu werden. Die Produktion von Stickstoff verbraucht 1,5 % der Weltenergie, und daher ist die CO₂e-Reduzierung bei einer verstärkten Nutzung von organischem Stickstoff sehr groß.

50 % Increase CO₂e effect: $6.6 \text{ kg CO}_{2\text{e}} \times 50 \text{ kg N} = 330 \text{ Kg CO}_{2\text{e}} \text{ pr. ha}$

In Kontakt mit dem Boden ist Stickstoff potenziell Teil der Nitrifikations- und Denitrifikationsprozesse, die gemeinsam die natürliche Art des Stickstoffabbaus im Boden darstellen. Dies kann vermieden werden, wenn der Stickstoff von den Pflanzen als Düngemittel aufgenommen wird. Es wird geschätzt, dass bis zu 40 % der CO₂e-Emissionen in der Landwirtschaft auf den Abbau von Stickstoff zu N₂O - Lachgas - zurückzuführen sind. Dieses entsteht, wenn die Pflanzen zu viel Stickstoff erhalten. Hier wird die Notwendigkeit deutlich, die Effizienz der Stickstoffnutzung zu erhöhen, um die Treibhausgasemissionen zu verringern.

Das Problem der Stickstoffverluste ist international, und die Steigerung der Nutzungseffizienz ist ein Schlüssel zur Eindämmung des Klimawandels.

Stickstoff ist auch ein Hauptgrund für den Verlust der biologischen Vielfalt. Empfindliche Lebensräume reagieren auf Stickstoff mit Veränderungen der Pflanzenartenvielfalt und damit dem Verlust von Insekten und Vögeln, die auf diese Vielfalt angewiesen sind.

Die gute Nachricht ist, dass es möglich ist, dieses Problem mit bestehenden Technologien zu verringern. Die wirksamste Methode ist die Verbesserung der Nutzungseffizienz organischer Düngemittel - NPA. Bei einer hohen NPA muss deutlich weniger Mineraldünger produziert werden, und es steht weniger Stickstoff zur Verfügung, der sich zersetzt und an die Umwelt abgegeben wird. In der Tat führt ein erhöhter Einsatz von 1 kg organischem Stickstoff auch zu einer Reduzierung der Produktion von 1 kg mineralischem Stickstoff - ökologisch gesehen – zwei zum Preis von einem.

Eine verbesserte NPA ist nicht nur wegen der negativen Auswirkungen auf die Umwelt und der Klimagasemissionen von Interesse. Sie birgt ein erhebliches Einkommenspotenzial durch die Verringerung des Zukaufs von Mineraldünger und die Steigerung der Erträge. Ein Grund für die niedrige NPA von organischem Dünger sind die Kosten für den Ersatz des Verlustes durch Mineraldünger. Kurz gesagt, es war teurer, den Stickstoff aus der Gülle zu verwerten, als ihn durch Mineraldünger zu ersetzen.

Diese Situation ändert sich nun rasch. Aufgrund des Preisanstiegs bei Erdgas ist der Preis für Mineraldünger immens gestiegen. Darüber hinaus hat der gesetzgeberische Fokus auf Klimagasemissionen und Umweltprobleme zu vielen Änderungen der Rahmenbedingungen geführt - unter anderem durch den Carbon Border Adjustment Mechanism, der die Düngemittelpreise in den nächsten Jahren verdoppeln wird, da die Zölle auf Düngemittel steigen. All dies macht den jetzigen Zeitpunkt für die Markteinführung von e-mission ideal.

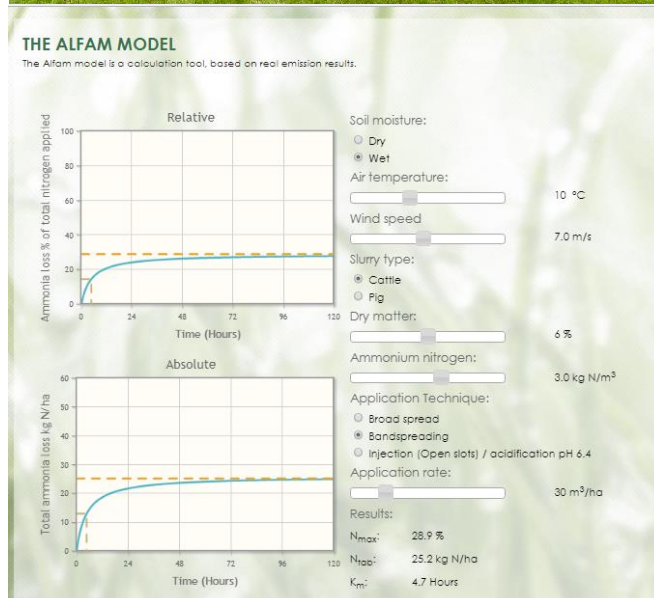
Die Landmaschinenindustrie, die sich mit der Ausbringung von Gülle beschäftigt, hat sich bisher primär auf mechanische Lösungen konzentriert. Das hat sich bewährt, bietet künftig aber keine großen Aussichten auf weitere Verbesserungen. Überlegungen zu mechanischen Lösungen in Kombination mit chemischen oder digitalen Zusätzen stehen jetzt auf der Tagesordnung.

Es gibt 3 bekannte Technologien für den Einsatz zusammen mit mechanischen Lösungen:

- Chemisch: Nitrofikationsinhibitoren
- Chemisch: Ansäuerung
- Digital: Precision Farming

Alle drei Technologien sind in einem System vereint - dem SyreN System.

Der Schwerpunkt dieses Whitepapers liegt auf dem digitalen NPA-Management. Als Ergänzung zum SyreN System ergeben sich viele Synergieeffekte. Allerdings kann e-mission auch mit allen anderen Gülleausbringungstechnologien verwendet werden. Aus diesem Grund wird es als eigenständige Technologie vorgestellt, die mit allen Güllewagen und Ausbringungsgeräten unabhängig von Markt, Typ oder Hersteller eingesetzt werden kann. e-mission ist eine Kombination aus allen drei Technologien in einem System - dem SyreN System. This whitepaper has focus on digital NPA management. As an addition to SyreN System, there are many synergy effects. However, e-mission is also for use with all other slurry application technologies. Because of this, it is presented as its own technology for use with all slurry tankers and application equipment regardless of market, type or manufacturer.



e-mission – Digital management for optimization of NPA

Das e-mission-System ist eine neue Technologie für die Ausbringung flüssiger organischer Gülle. Herzstück der Technologie ist eine Datenbank mit mehr als 30.000 Ammoniakemissionsmessungen aus verschiedenen EU-Ländern und Nordamerika. Ausgangsintention der Datenbank war die Harmonisierung der Ammoniakemissionsberichte der EU-Mitglieder an die EU-Kommission. Für jeden Datenpunkt wird die Ammoniakemission gemessen, einschließlich aller Faktoren, die die Emissionen beeinflussen. Diese sind sehr unterschiedlich und können von 20 % bis zu 100 % Ausnutzungseffizienz reichen. Umgerechnet auf ein politisches Inventar bedeutet dies einen Wirkungsgrad von 34 kg bis zu 170 kg pro Hektar bei gleicher Gülle. Die Datenbank erhält nun mit der Messung der NPA im e-mission System eine neue Verwendung, die eine grundlegende Änderung für alle Düngestrategien mit Gülle darstellt. Bisher, vor dem Launch des e-mission-Systems wurde bei der besten verfügbaren Technik (BVT) ein normativer Wert für die Entscheidung über die Menge des mineralischen Stickstoffdüngers in Kombination mit Gülle verwendet. Dies ist eine statische Entscheidung, die auf einem Budgetwert basiert.

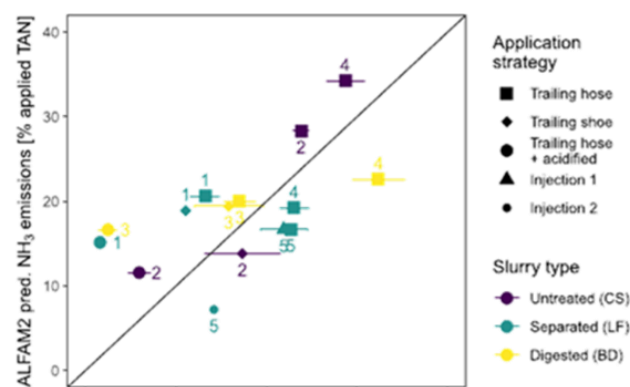
Der Einsatz des NPA macht die Entscheidung über die Verwendung der Mineraldüngermenge dynamisch und passt sie an die erzielten Ergebnisse der Anwendung an. Bei den normativen Werten handelt es sich um eine konservative Schätzung, oder um gesetzliche Werte, die primäreine Unterdüngung vermeiden sollen. Die Möglichkeit, die NPA zu messen und die Dosierung von Mineraldünger auf den Bedarf abzustimmen, ist die neue bestverfügbare Technik (BVT).

Funktion für e-mission während der Gülleausbringung:

- Stickstoff-Effizienz-Monitor
- Entscheidungshilfe für den Einsatz Gülleansäuerung

Funktion für e-mission nach der Gülleausbringung:

- Dosierungsentscheidung für mineralischen Stickstoff
- Sprühkarte für Lückenfüller
- Dosierungskarte für VRA von Mineraldünger
- Automatische Düngemittelabrechnung
- Dokumentation zur nachhaltigen Nutzung von Gülle/Mineraldünger



Test der Universität Aarhus 2022 von Alfam 2: +/- 10 % Genauigkeit

A nitrogen efficiency monitor for a slurry tanker

Während der Ausbringung der Gülle misst das e-mission-Sensorsystem auf dem Fasswagen sämtliche Parameter, die Gasemissionen und somit eine Veränderung des Düngewerts beeinflussen. Die Datenbank ist in die e-mission-Software integriert, die auf die Sensoreingaben reagiert. Dies geschieht, indem sie einen Wert berechnet, der den aktuellen Bedingungen entspricht. Dies ist der NPA, der als Stickstoff-Wirkungsgrad in % und als Höchst- und aktueller Wert in kg/Ha angegeben wird. Der Wirkungsgrad ändert sich mit den Bedingungen. Es ist nicht ungewöhnlich, dass zwischen morgens und abends ein Unterschied von 2+ % besteht. Aus diesem Grund werden alle Messungen pro Job akkumuliert, wobei der



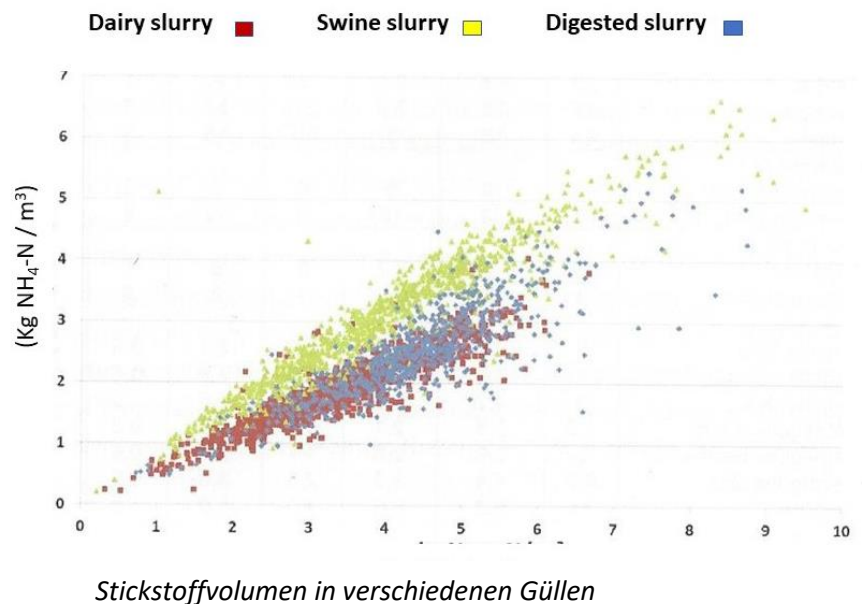
Monitorbildschirm vom Traktorterminal aus, wenn es mit e-mission verwendet wird.

Durchschnitt des Jobs überwacht werden kann. Wenn das System die Ammoniummenge pro m³ kennt, können die aktuellen und maximalen kg pro ha auf dem Bildschirm angezeigt werden. Dies ermöglicht eine Quantifizierung und Umrechnung in Kosten pro Hektar.

Der e-mission-Frontbildschirm im Traktor hat eine "Ampel" am oberen Rand des Bildschirms. Die Hintergrundfarbe Grün zeigt an, dass die Ammoniakemission zwischen 100 und 60 % liegt. Gelb steht für 60 bis 40 % und rot für weniger als 40 %.

Dies ist ein wichtiger Indikator für den Einsatz der ANsäuerung, da der Wert der Behandlung steigt, je niedriger der Wirkungsgrad ist. Die Wirkung der Säure in kg / ha kann überwacht werden.

Es ist bekannt, dass der Ammoniumstickstoff in der Gülle sehr flüchtig ist. Dies hat dazu geführt, dass Gülle seit Jahrzehnten als unzuverlässige Quelle für die Düngung gilt. Die Flüchtigkeit der Gülle hängt von einer ganzen Reihe von Parametern ab. Sie lassen sich in drei verschiedene Kategorien einteilen: Während der Ausbringung der Gülle misst das e-mission-Sensorsystem auf dem Fasswagen alle Parameter, die die Flüchtigkeit der Gülle verursachen. Die Datenbank ist in die e-mission-Software integriert, die auf die Sensoreingaben reagiert, indem sie einen Wert berechnet, der den aktuellen Bedingungen entspricht. Dies ist der NPA, der als Stickstoff-Wirkungsgrad in % und als Höchst- und aktueller Wert in kg/Ha angegeben wird. Der Wirkungsgrad ändert sich je nach den Bedingungen, und es ist nicht ungewöhnlich, dass zwischen morgens, mittags und abends ein Unterschied von 2+ % besteht. Aus diesem Grund werden alle Messungen pro Job akkumuliert, wobei der Durchschnitt des Jobs überwacht werden kann. Wenn das System die Ammoniummenge pro m³ kennt, können die aktuellen und maximalen kg pro ha auf dem Bildschirm angezeigt werden. Dies ermöglicht eine Quantifizierung und Umrechnung in Kosten pro Hektar. Der e-mission-Frontbildschirm im Traktor hat eine "Ampel" am oberen Rand des Bildschirms. Die Hintergrundfarbe Grün zeigt an, dass die Ammoniakemission zwischen 100 und 60 % liegt. Gelb steht für 60 bis 40 % und rot für weniger als 40 %.



Dies ist ein wichtiger Indikator für den Einsatz der Säuerung, da der Wert der Behandlung steigt, je niedriger der Wirkungsgrad ist. Die Wirkung der Säure in kg Ha kann überwacht werden.

Es ist bekannt, dass der Ammoniumstickstoff in der Gülle sehr flüchtig ist. Dies hat dazu geführt, dass Gülle seit Jahrzehnten als unzuverlässige Quelle für die Düngung gilt. Die Flüchtigkeit der Gülle hängt von einer ganzen Reihe von Parametern ab. Sie lassen sich in drei verschiedene Kategorien einteilen:

- Slurry characteristics
- Application technologies
- Climatic variations

Gülleigenschaften

Die variable Streuung über die Eigenschaften von unterschiedlichen Gülle ist hauptsächlich auf die Stickstoffmenge, den pH-Wert und die Trockenmasse zurückzuführen.

Wie aus der Grafik ersichtlich ist, gibt es vor allem erhebliche Schwankungen beim Stickstoffgehalt der Gülle. Das bedeutet, dass das e-mission-System auf eine genaue Eingabe der Menge an Ammoniumstickstoff in der Gülle angewiesen ist. Dies kann manuell über eine Gülleanalyse oder über ein NIR-Sensorsystem an Bord an die Recheneinheit übergeben werden, die den Stickstoffgehalt beim Befüllen des Güllewagens und bei der Ausbringung misst. Da Ammonium wasserlöslich ist, gibt es bei der Ausbringung im Tankwagen nur begrenzte Schwankungen. Der Stickstoffgehalt in der Trockenmasse kann jedoch variieren.

Die Verwendung von normativen Zahlen führt zu einer Fehlerquelle in der NPA, ist aber eine bessere Information als die normative Zahl allein, da sie die Verluste offenlegt und einen besseren Hinweis auf die NPA gibt.

Der pH-Wert regelt das chemische Gleichgewicht zwischen Ammonium und Ammoniak. Der durchschnittliche pH-Wert in Gülle liegt bei 7,2. Bei diesem pH-Wert emittiert das in der Gülle enthaltene Ammoniak bei der Ausbringung die Gülle als Ammoniakgas. Wenn der pH-Wert unter 6,3 liegt, wird theoretisch das gesamte Ammoniakgas in Ammoniumsalz umgewandelt, das nicht in der Lage ist zu verflüchtigen. In der Praxis ist der pH-Wert auch im Kontakt mit Böden variabel, so dass der pH-Wert theoretisch um 5,5 liegen muss, wenn alle Emissionen minimiert werden sollen. Ein pH-Wert zwischen 6,4 und 6,0 gilt als das wirtschaftlich optimale Niveau.

Das Volumen der Trockenmasse in der Gülle ist ebenfalls ein wichtiger Faktor. Der Stickstoffwert bezieht sich auf das folgende Jahr, da er sich zersetzen muss, um pflanzenverfügbar zu sein. Die Trockensubstanz hat eine Oberflächenspannung, die Feuchtigkeit zurückhält und somit verhindert, dass das Ammonium die Bodenoberfläche erreicht und sich bindet. Das in dieser Feuchtigkeit enthaltene Ammonium verdunstet mit Sicherheit als Ammoniak, wenn es keinen Bodenkontakt hat, und geht als Emission in die Atmosphäre verloren.

Anwendungstechniken

Unterschiedliche Ausbringungstechniken haben einen großen Einfluss auf die NPA. Je größer und exponierter die Oberfläche der Gülle gegenüber der Atmosphäre ist, desto höher ist das Risiko von Stickstoffverlusten als Emissionen. Das e-mission-System arbeitet mit 4 Kategorien von Ausbringungstechniken:

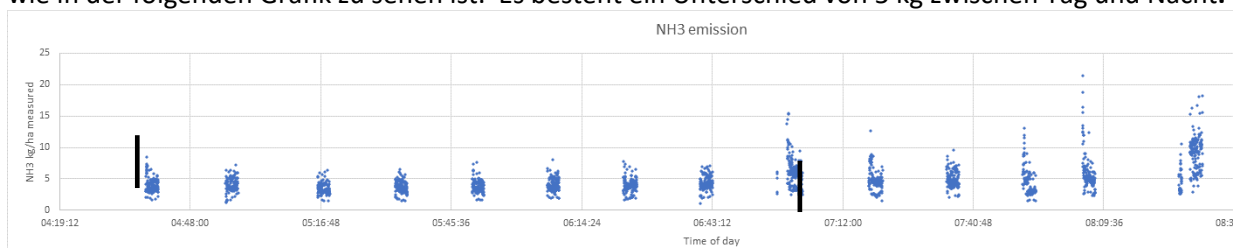
- Breitverteilung / Streukopf: Hohe Exposition
- B-Streifenförmige Gülleausbringung: Mittlere Exposition
- Offene Schlitzinjektion / Grasinjektion Geringe Exposition
- Acker-Einarbeitung / Unterfußausbringung (+12 cm): Keine Exposition
- Ansäuerung: Geringes Risiko der Emission durch Exposition

Die ersten vier Technologien sind in der Datenbank des e-mission-Systems beschrieben. Die Ansäuerungstechnologie wird in Kombination mit einer der ersten vier Technologien eingesetzt. Mit der dieser wird das Expositionsrisiko um 50 - 70 % reduziert. Gärresten aus Biogasanlagen hängt die Wirkung vom pH-Wert der Gülle ab, der oft um den Faktor 10 höher ist als bei herkömmlicher Gülle.

Klimaschwankungen

Die idealen Klimabedingungen für die Gülleausbringung werden als kalt, feucht und windstill beschrieben. Dies sagt viel über den Einfluss des Klimas aus.

Die Temperatur hat einen großen Einfluss auf die Fähigkeit des Ammoniaks, aus der Gülle zu entweichen, wie in der folgenden Grafik zu sehen ist. Es besteht ein Unterschied von 5 kg zwischen Tag und Nacht.



Die Windgeschwindigkeit erzeugt eine Turbulenz über der Gülle, die das Ammoniak aus der Gülle "herauszieht". Das liegt daran, dass die Luft weniger Ammoniakgas enthält als die Gülle, und dieses Ungleichgewicht hat stets das Bestreben sich auszugleichen.

Ein hoher Feuchtigkeitsgehalt hat den gegenteiligen Effekt. Das liegt daran, dass Ammoniak wasserlöslich ist. Wenn es regnet oder der Feuchtigkeitsgehalt sehr hoch ist, kann das Ammoniakgas nicht in die Atmosphäre entweichen.

Die Funktion der Stickstoffverlustüberwachung an Bord des Fasswagens besteht darin, den Fahrer/das Management über die Höhe des Ammoniakverlustes während der Ausbringung zu informieren. Ein wichtiges Merkmal ist die Messung anhand der geltenden Mindestausbringungsvorschriften, die von Land zu Land unterschiedlich sind.

Der Ammoniakverlust stellt auch einen finanziellen Verlust für den Landwirt dar. Das e-mission-System kann den Verlust in kg Stickstoff pro Hektar quantifizieren. Ha. Dies erleichtert die Entscheidung, wann mit der Ausbringung aufzuhören ist - entweder weil der Preis pro ha im Stickstoffwert zu hoch ist oder weil die erforderliche Mindestausnutzung des Stickstoffs nicht erreicht wird (Quotenbeschränkungen). Eine Gülleausbringung mit hohen Stickstoffverlusten kann zu erheblichen Mindererträgen und damit zu wirtschaftlichen Verlusten für den Landwirt führen. Diese Gefahr besteht vor allem dann, wenn die Höhe der Verluste dem Fahrer nicht bekannt ist.

Entscheidungshilfe für die Dosisleistung bei der Verwendung von mineralischem Stickstoff

Die Düngeplanung findet traditionell im Dezember/Januar statt und umfasst Überlegungen zur Bodengeschichte, zur Bodenart, zur Art der Kultur, zu früheren Gülleausbringungen, zum erwarteten Ertrag und zu vielen weiteren Parametern. Die Dosierung wird als empfohlener Höchstwert festgelegt.

Bei der Ausbringung wird zwischen Mineraldünger und organischer Gülle unterschieden. Mineraldünger werden oft in zwei oder drei Gaben aufgeteilt, wobei die erste Gabe sehr früh in der Saison erfolgt, um die Ernte zu starten, und die zweite und dritte nach der Gülleausbringung.

Ohne Kenntnis der NPA hat die Betriebsleitung kaum eine andere Wahl, als die theoretisch begründeten Empfehlungen für die Mineraldüngerausbringung zu verwenden.

Mit Kenntnis der NPA ist die Dosierung dynamisch und richtet sich nach den Ergebnissen während der Saison.

Die Standardkarten des e-mission Systems bestehen aus 4 Karten und Statistiken:

- Lücken- und Überlappungskarte
- Ausbringungskarte mit kg Stickstoff pro ha
- NPA-Karte mit Stickstoff-Nutzungseffizienz in kg Stickstoff pro ha
- VRA-Karte mit Anwendungsempfehlungen

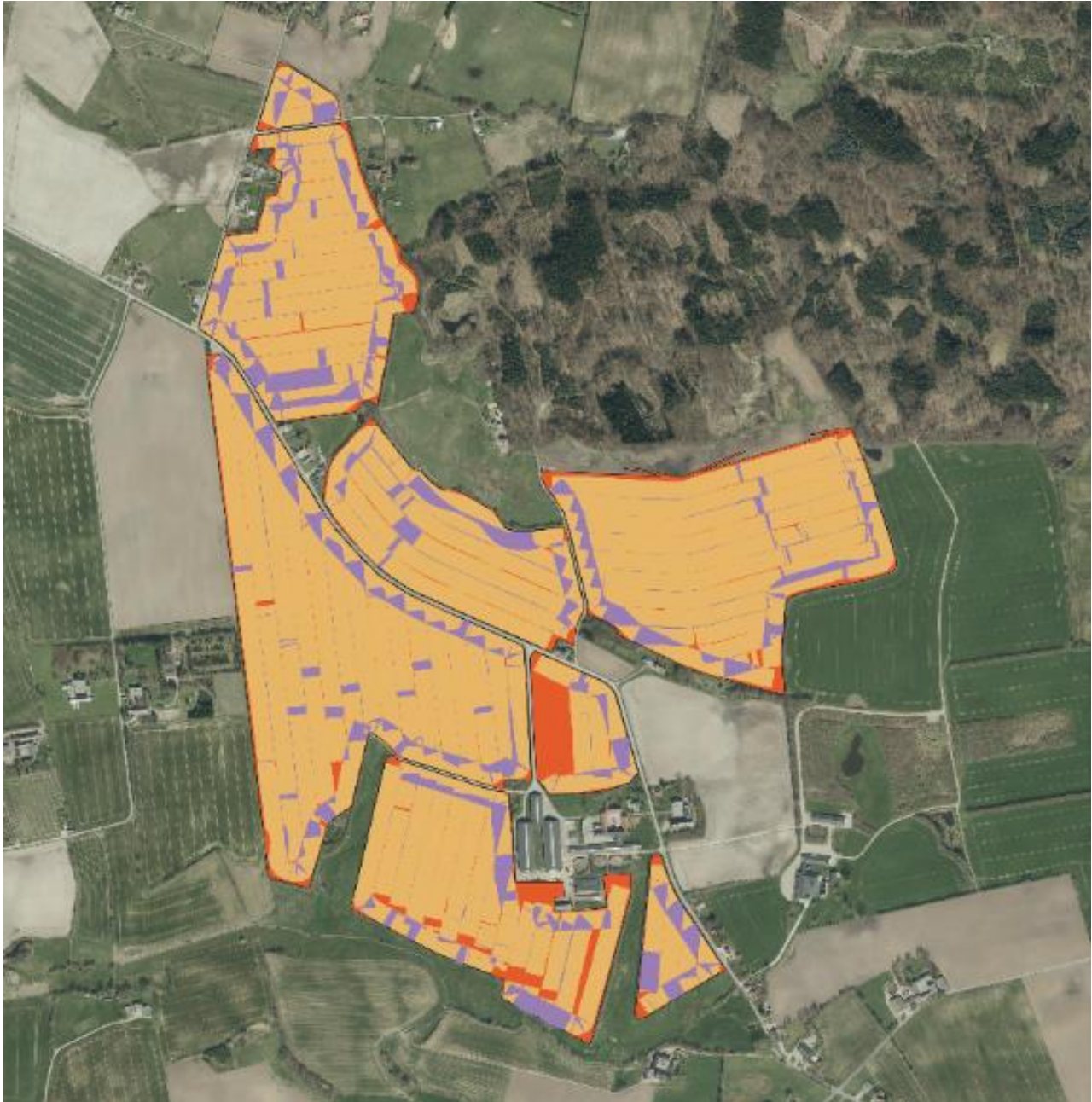
Überlappungen und Lücken

Nur sehr wenige Fasswagen sind mit einer Abschnittskontrolle zur Reduzierung von Überlappungen und Lücken ausgestattet. Da Lücken als schlechte Ausführung angesehen werden, gibt es mehr Überlappungen als Lücken. Die Überlappungen und Lücken bei der Gülleausbringung liegen zwischen 5 und 15 %, je nach Ausleger und Größe und Form des Feldes. Sie werden mit RTK-GPS sehr genau überwacht, einschließlich der Menge des verlorenen Stickstoffs.

Die Überlappungskarte ist ein Gradmesser für eine professionelle Arbeit. Sollte ein Teil des Mosaiks auf dem Feld übersehen worden sein, kann er identifiziert und später mit Hilfe einer VRA-Karte mit zusätzlicher Mineraldüngerdosierung korrigiert werden. Die Überlappungskarte deckt eine solche Fläche von 2 ha auf.

Mit der Überlappung geht eine sehr große Menge Stickstoff verloren. Sie wird in Dänemark auf ca. 8 % geschätzt. Dies entspricht 9.000 Tonnen Stickstoff und 81.000 Tonnen CO₂e, wobei die N₂O-Emissionen aus dem Überangebot an Stickstoff ein wichtiger Faktor sind.

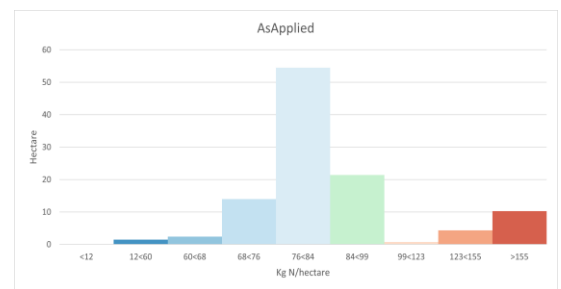
Es ist möglich, die Überschneidung durch eine Änderung des Fahrmusters zu vermeiden, indem der Start weiter ins Feld verlegt wird und Lücken statt Überschneidungen bei Start/Stop im Feld entstehen. Durch die Verwendung der Überlappungskarte als Auftragskarte für die Gabe von Flüssigdünger nach der Gülleausbringung können sowohl Stickstoffverluste als auch CO₂e-Emissionen vermieden werden.



Die Spritze arbeitet mit Druck und ist mit einer Einzel- oder Teilbreitenschaltung an den Düsen ausgestattet und kann die Lücken sehr präzise ausfüllen. Diese Praxis führt auch zu einer automatischen Ertragssteigerung, da Lücken, die zuvor nicht mit der erforderlichen Stickstoffdosis aufgefüllt wurden, auf das gleiche Niveau wie der Rest des Feldes gebracht werden.

Ausbringungskarte

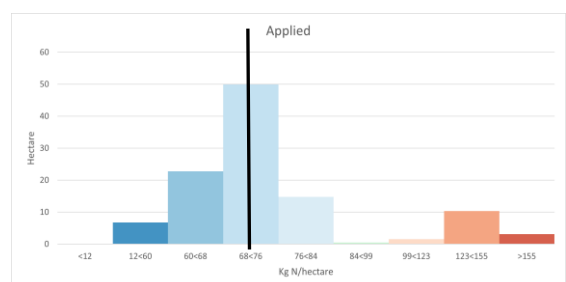
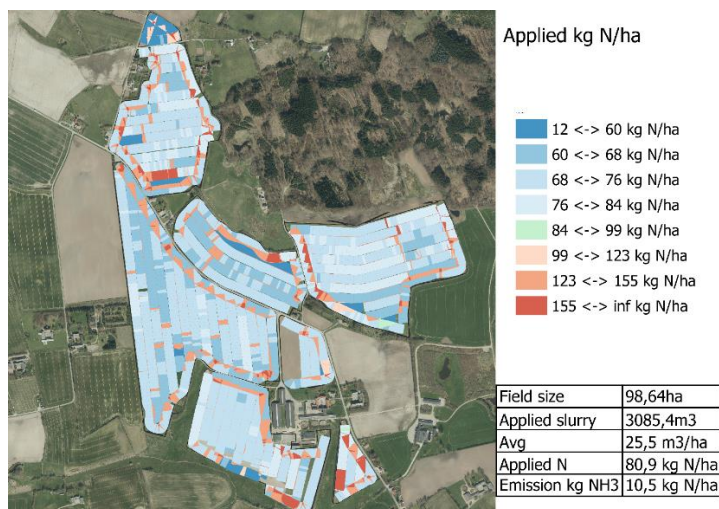
Die Ausbringungskarte zeigt an, wie viele m³ Gülle pro ha ausgebracht wurden. Abweichungen können auf die Ermüdung des Fahrers, mechanische Gründe, die Topographie des Feldes, die Bodenbedingungen und vieles mehr zurückzuführen sein.



Histogramm über Stickstoffvariation

NPA-Karte

Diese Karte zeigt den pflanzenverfügbar gemachten Netto-Ammonium-Gülle-Stickstoff. Der e-mission-Algorithmus zieht die Überschneidungen und Lücken sowie die Ammoniakemissionen von der Karte "wie ausgebracht" ab und lässt die NPA - wie viel kg Stickstoff pro ha pflanzenverfügbar ist - offen. Die durchschnittliche Stickstoff-Dosierungsrate pro ha ersetzt die normativ berechnete Dosierungsrate, da sie eine viel genauere Schätzung des Ergebnisses der Gülleausbringung darstellt.

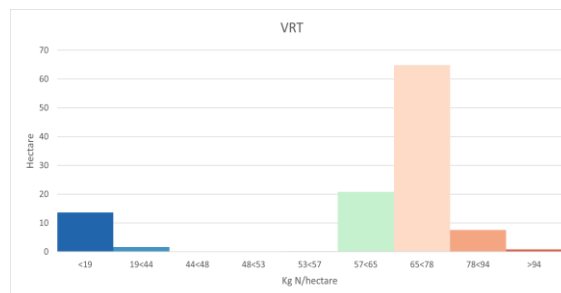
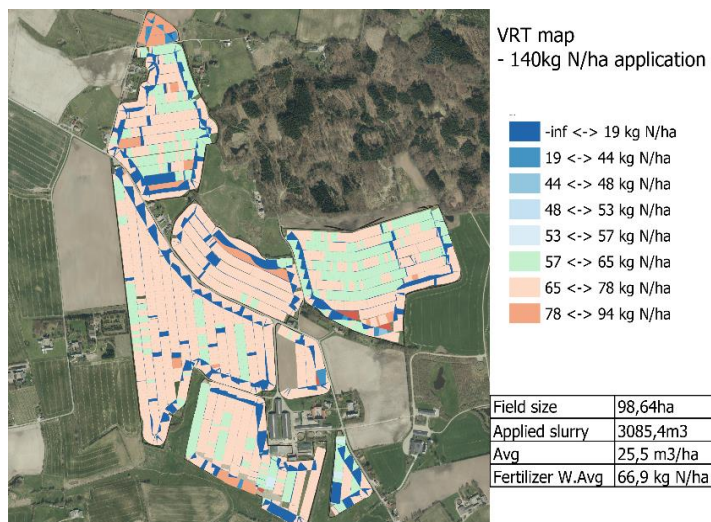


Average nitrogen dose rate

VRA-Karte

Die untenstehende VRA-Karte ist ein Shape-GIS-Dateiformat. Wenn diese bekannt ist, muss der Landwirt oder Berater das Volumen entsprechend dem Plan für das Feld anpassen. Dabei kann es sich um ein beliebiges Volumen handeln. Die unten stehende Karte wurde an eine geplante Ausbringungsmenge von 140 kg N angepasst.

Die durch die Gülleflüchtigkeit und -ausbringung verursachten Schwankungen sind nun bei der Planung und dem Einsatz von Mineraldünger berücksichtigt worden.

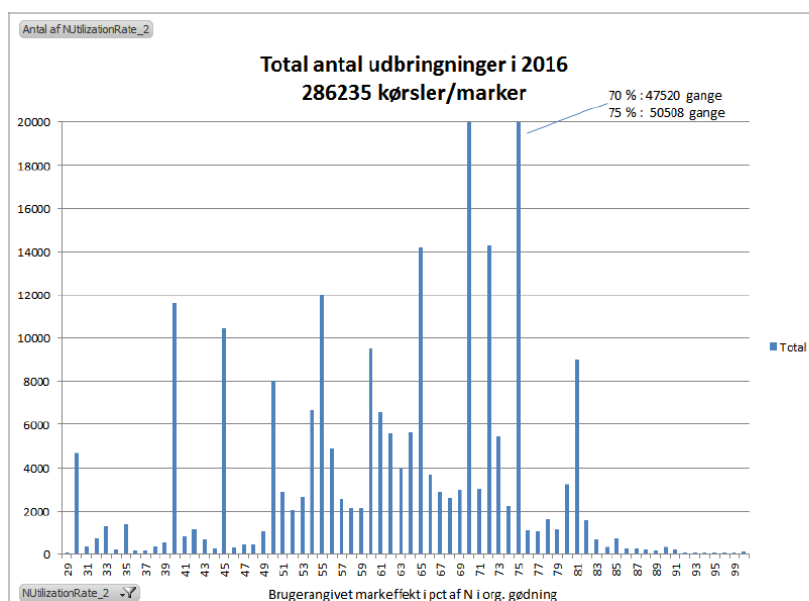


Wirtschaftlichkeit des e-missionN-Systems

Das obige Beispiel zeigt, welche NPA mit der Gülleausbringung erzielt wurde. Das Histogramm der ausgebrachten Gülle hat einen Durchschnitt von 76-84 kg pr. Ha, und dies wurde auf 68-76 kg pr. Ha mit NPA - nach Emission, Überlappung und Lücken. Dies entspricht einem Verlust von 10,5 kg Stickstoff pr. Ha. Je nach Bedingungen kann dieser Verlust zwischen 2-3 kg und weit über 50 kg pro Hektar liegen. Ha betragen. Solche Schwankungen werden bei der Verwendung eines normativen Wertes als Richtschnur für die Entscheidung über die Dosierung von Mineraldünger in Kombination mit Gülle nie berücksichtigt.

Mit der Kenntnis der durchschnittlichen NPA ist es dem Management möglich, die geplanten Mineraldüngerdosierungen zu optimieren, so dass die Gesamtstickstoffausbringungsrate eingehalten wird - ohne das Risiko einer Unter- oder Überdüngung aufgrund von Gülleschwankungen.

Die derzeitige Praxis zeigt sich in der dänischen Statistik der geschätzten Feldwirkung. Ca. Bei 60 % aller Düngemittelausbringungen werden die gesetzlichen Richtwerte verwendet und 40 % versuchen, die tatsächliche NPA widerzuspiegeln. Dies hat eine Schwankung von 20 bis 90 % NPA zur Folge. Ohne das e-missionN System als Leitfaden sind beide Methoden nur Vermutungen.



Die Verwendung der durchschnittlichen NPA-Dosierung des e-missionN-Systems als Ersatz für den normativen Wert stellt eine erhebliche Verbesserung dar. Der Einsatz der VRA-Technologie wird also erst zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen, wenn sich die NPA als wesentlich präzisere Methode zur Auswahl der Mineralstoffdosierung in Kombination mit Gülle bewährt hat.

Im Folgenden wird die Konsequenz bei der Entscheidung über die Dosierung von Mineraldünger in Kombination mit Gülle dargestellt.

Obiges Beispiel:

		Kg N/need ha
Normative Zahlen:		
Anwendung von 80 kg N bei erwartetem Wirkungsgrad von 75 %		60 /
80		
NPA Berechnung:		
e-missionN ausgebrachte NPA		72 / 68
Unterschied		- 12
Wert der Einsparung auf 98 ha	2 € pr. Kg N x 1.2 t =	2.300 €
Volumen bei 98 ha		1.2 t

Die zusätzliche Stickstoffmenge kann nun auf der Grundlage einer NPA von 72 kg genau bestimmt werden. Im obigen Beispiel sind es 12 kg mineralischer Stickstoff pro Hektar weniger als bei Verwendung der normativen Zahlen, weil der NPA-Durchschnitt über den normativen 75 % lag. Ein Fasswagen wird oft auf mehr als 2000 ha pro Saison eingesetzt.

Ausgehend von der oben genannten Rentabilität auf 98 ha hat ein 2000 ha großer Einsatz des e-missionN ein potenzielles Einkommen von 47.000 €.

Es ist sicher, dass in vielen Situationen ein erhöhter Bedarf an Stickstoff bestehen wird. Diese Situation ist auch ein Vorteil für den Einsatz von e-missionN. Die Agronomie ist sehr klar - ein Stickstoffdefizit führt zu einer Ertragsminderung. Die Ertragssteigerung als Ergebnis einer schlechten Gülleausbringung ist nicht leicht zu messen, aber eine Umverteilung des Mineraldüngers für einen optimalen Nutzungseffekt und wo das Ergebnis eine Verringerung des Stickstoffverbrauchs mit einer Ertragssteigerung aufgrund einer verbesserten Verteilung des Mineraldüngers ist - ist ein intelligenter Weg, Düngemittel in einer Situation zu verwalten, in der der Schwerpunkt auf der Verringerung des Verlustes von Nährstoffen und CO₂e jeglicher Art liegt.

Dosierungsentscheidung über VRA-Karte

Das e-missionN-System liefert auch eine Karte der variablen Ausbringtechnik (VRA).

Da die Gülleausbringung oft sowohl nachts als auch tagsüber und unter Klimabedingungen erfolgt, die während der Ausbringungszeit stark variieren können, gibt es oft erhebliche Unterschiede innerhalb eines einzigen Feldes.

Das e-missionN-System liefert eine VRA-Karte im Shape-Dateiformat, das mit den meisten Düngerstreuern kompatibel ist. Wenn die Daten in das Steuersystem des Mineraldüngerstreuers eingegeben werden, wird dieser den mineralischen Stickstoff entsprechend den variablen Dosierungsraten ausbringen, die in der NPA-Karte angegeben sind.

Auch ohne große Schwankungen kann die Verwendung der VRA-Karte eine gute Idee sein. In dem obigen Beispiel weichen ca. 30 % der Fläche vom Durchschnitt ab, und es besteht eine Lücke von 2 ha.

Verwaltungs- oder Beratungsdienste können die Empfehlungen entsprechend den verfügbaren Felddaten ergänzen/ändern und eine noch optimiertere Dosierung erreichen.

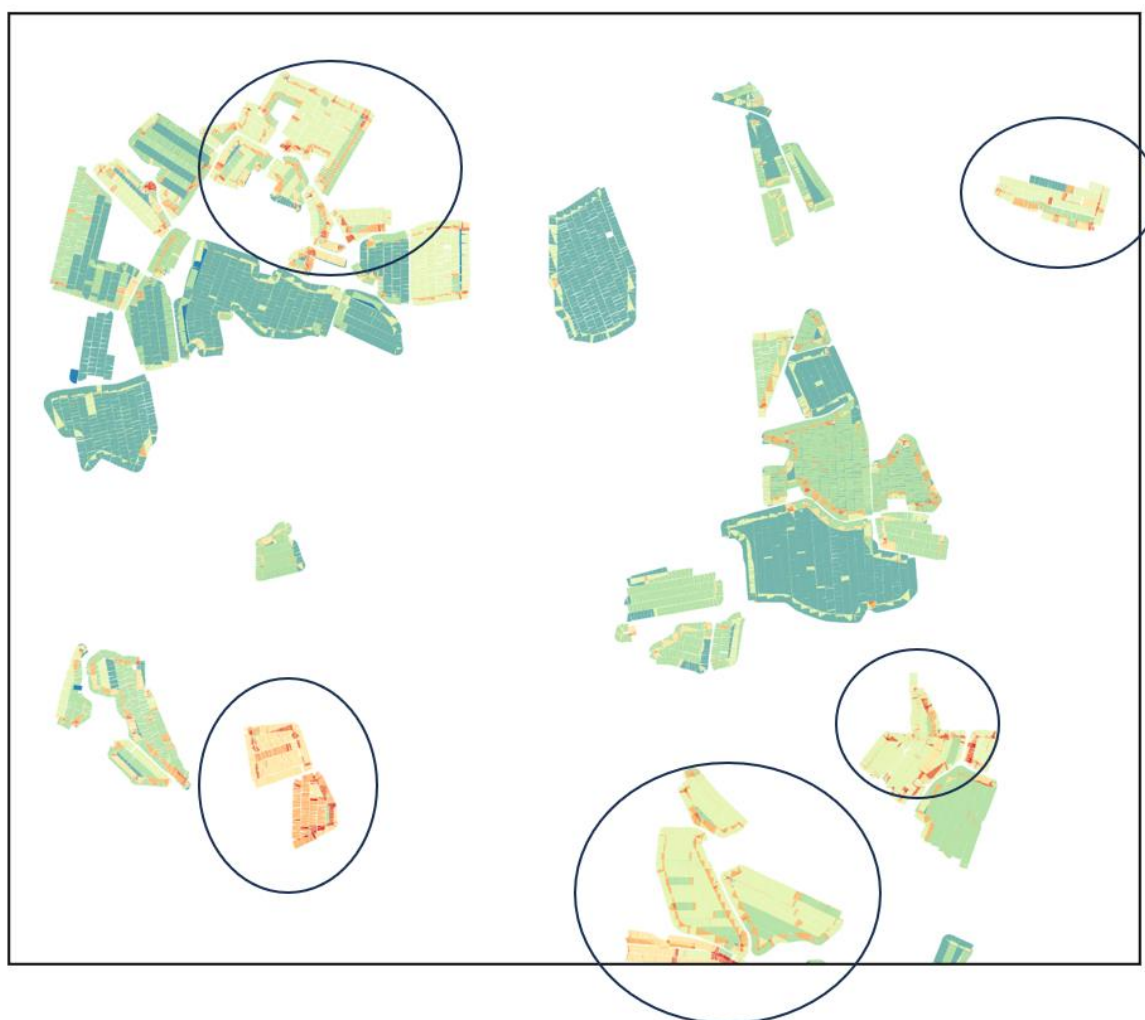
Es ist wichtig, daran zu denken, dass die Ausbringungsmethode von Mineraldüngern nicht die gleiche Präzision bietet wie die Gülleausbringung.

Im obigen Beispiel kann nur die größere Lückenfläche von 2 % durch eine Erhöhung der Mineraldüngerdosierung korrigiert werden. Dadurch wird die Düngereinsparung von 230 kg verringert, aber der Ertrag wird wahrscheinlich um 50 % auf der 2 %igen Fläche oder ein Einkommen von +/- 1.500 € erhöht. Gleichzeitig gibt es eine Optimierung, bei der 8 ha 10 kg weniger und 25 % 10 % mehr erhalten, was zu einer geschätzten Ertragssteigerung von 1 % auf den 25 % führt. Auf diese Weise wird der Mineraldünger von einer Überdüngungsfläche auf eine Underdüngungsfläche mit +10 kg ha verteilt.

Beispiel mit einem Gesamtgewicht von 140 kg pro ha:

	Kg N/Bedarf	Fläche %/ ha	Gesamt 98 ha
Normative Zahlen:			
Angewandt 80 kg N bei 75 % Normwert	60 / 80	100 % / 98	5.880 kg N
Berechnung der NPA VRT:			
Überlappungsbereich	0 / 0	0 %	0 kg N
Lücken	0 / 115	2 % / 2	230 Kg N
Niedriger NPA 80 kg N bei 80 %	62 / 78	25 % / 24,5	1.570 Kg N
Mittlerer NPA 80 N bei 90 %	72 / 68	65 % / 63,7	4.580 Kg N
Hoher NPA 80 Kg N bei 100 %	80 / 60	8 % / 7,8	624 Kg N
Total			6.770 Kg N
Differenz	100 %/ 98	890 Kg N	

Das obige Beispiel zeigt einen Überschuss von 890 kg N auf 98 ha durch den Einsatz von NPA VRA. Der Bedarf an VRA ist sehr unterschiedlich. Wenn die Ausbringung auf mehrere Tage verteilt ist oder es während der Ausbringung zu Regenschauern kommt, kann der Bedarf an VRA sehr hoch sein. Unterschiedliche Bodentypen und die Vorgeschichte sind ebenfalls sehr wichtige Faktoren.

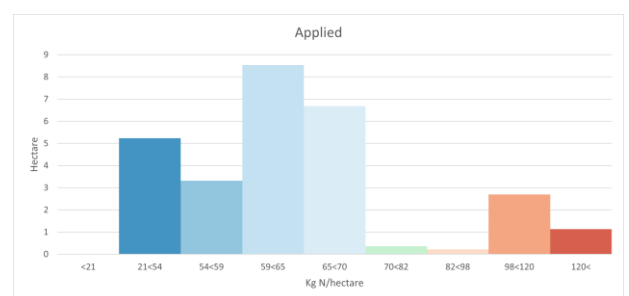
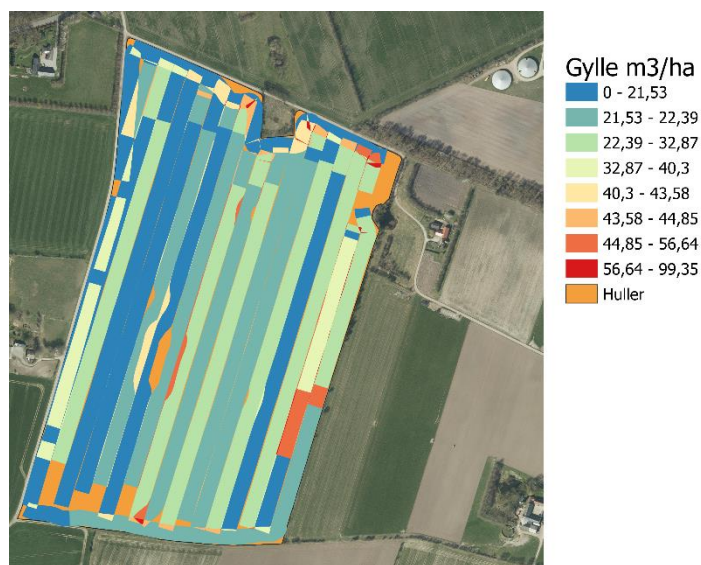


Wenn die Ausbringung über die gesamte Saison betrachtet wird, wird der Bedarf offensichtlich. Felder, die über Tage und Wochen hinweg mit Gülle versorgt werden, haben alle einen sehr unterschiedlichen NPA. Das liegt nicht nur an der NPA der Gülle, sondern auch daran, dass die Zeitspanne zwischen den Anwendungen ein wichtiger Faktor für die agronomischen Managemententscheidungen ist. Die eingekreisten Anwendungen lagen alle unter 60 % Ausnutzung und ohne die e-mission-Daten ist es unmöglich, eine annähernd korrekte Entscheidung über die Mineraldüngerausbringungsrate zu treffen.

- NPA von 30- bis 90 %
- Variation in kg N pr. Ha bei 80 kg - von 24 kg bis 72 kg
- Große Schwankungen innerhalb der Felder, die an verschiedenen Tagen gedüngt wurden.

Logistik der Gülleausbringung

Bei sehr schweren Fasswagen und empfindlichen Feldern aufgrund von Neuansaat, verdichtungsanfälligen Böden oder Feuchtigkeitsverhältnissen, die tiefe Spuren in den Fahrgassen hinterlassen, kann die Entscheidung, den Tankwagen nur einmal über das Feld fahren zu lassen, notwendig sein. Es ist bekannt, dass dies je nach Jahreszeit mehr oder weniger häufig geschieht. Eine solche Entscheidung hinterlässt die Gülle als Dünger in einem sehr ungleichmäßig ausgebrachten Muster. Wie unten zu sehen ist, liegt die Ausbringungsmenge zwischen 21 kg/ha und 70 kg/ha - selbst ohne Korrektur für NPA.



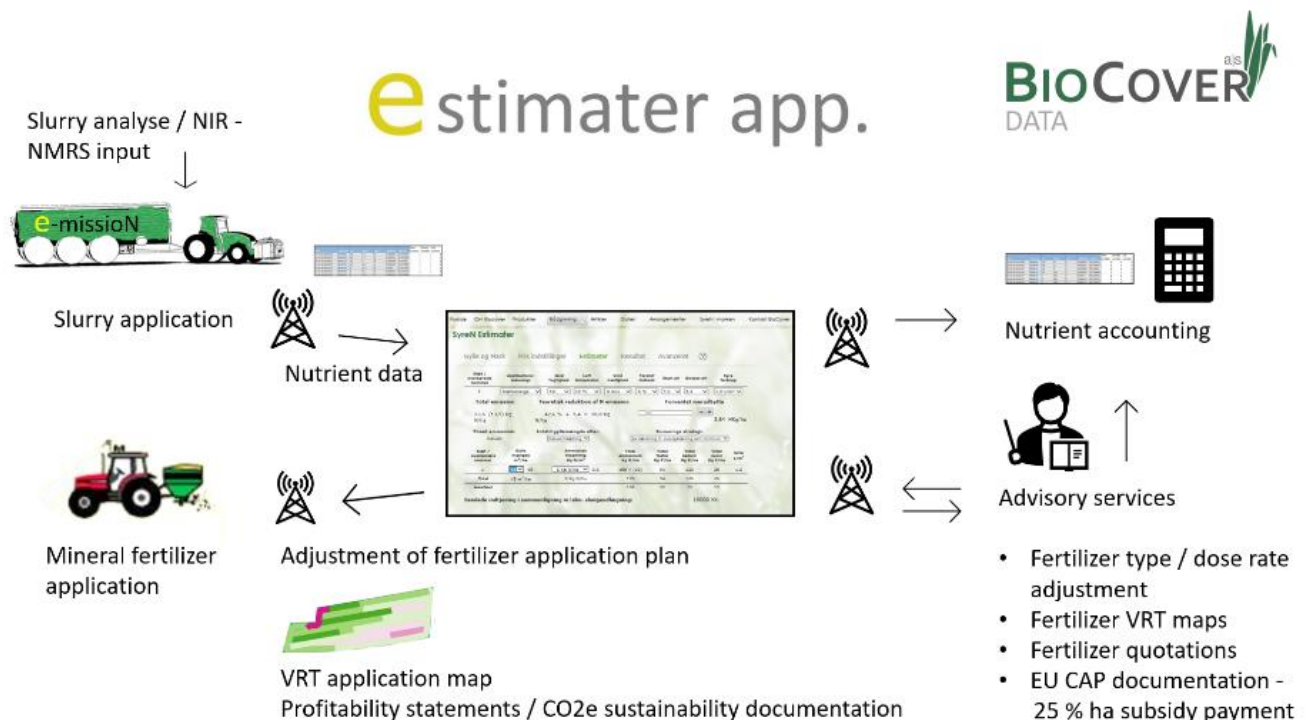
Histogramm mit ungleichmäßigem Auftrag aufgrund der Güllelogistik

Dies führt auch zu Lücken auf dem Feld, die durch ein zu frühes Leeren des Fasses entstehen, obwohl der Schlag noch nicht zu Ende gefahren wurde. Die resultierenden Stickstoffschwankungen werden in Kauf genommen, müssen aber mit der Anwendung von e-mission VRA muss nicht unbedingt zu Ertragseinbußen führen. Wenn der NPA mit e-mission korrigiert wurde und die durchschnittliche Minstdosis für das Feld erhalten hat, kann der Ertrag sogar noch besser ausfallen. Wie aus der Karte unten ersichtlich ist, entspricht der fehlende Stickstoff den Schwankungen, die durch die Entscheidung verursacht werden, die Gülle nach logistischen Erfordernissen und nicht nach dem Düngebedarf auszubringen.



Die e-mission-Technologie ist noch sehr neu. Beispiele für eine bessere Bewirtschaftung durch gezielte Ausbringung von Düngemitteln werden zahlreich sein und eine große Bereicherung für das System darstellen. Sie ermöglicht eine Verringerung des Stickstoffeinsatzes, ohne dass dies zu Ertragsseinbußen führen muss/könnte. Der fortschrittlichere Einsatz von Satelliten-Biomassekarten oder Ernte-Scannern, die die Biomasse betrachten, kann ebenfalls vorteilhaft mit e-mission kombiniert werden.

Automatische Düngemittelabrechnung



Das e-mission System ist sehr abhängig von einer genauen Dateneingabe. Es ist möglich, ein NIR (Near Infra Read)-Nährstoffsensorsystem zu implementieren, der automatisch hochpräzise Nährstoffdaten an das Traktor-Terminal/ECU liefert. Es gibt auch eine manuelle Funktion, bei der Gülleanalysedaten von Gülleproben eingegeben werden können. Es können normative Werte verwendet werden, aber ohne eine hohe Genauigkeit der eingegebenen Daten können die NPA-Empfehlungen des e-mission-Systems beeinträchtigt werden.

Wenn ein Auftrag auf dem Fasswagen ausgeführt wird, wird eine E-Mail mit den oben genannten Unterlagen an den Eigentümer des Systems/Fasswagens gesendet. In der Datenübertragungseinrichtung können weitere Beteiligte hinzugefügt werden. Es ist möglich, die Daten an das Feldmanagement und/oder die Beratungsdienste weiterzuleiten, die die Nährstoffbuchhaltung als Dienstleistung anbieten. Es ist wichtig, dass der Eigentümer vor der Datenübertragung die ordnungsgemäße Verwaltung und die GDPR-Genehmigung sicherstellt. Es besteht auch die Möglichkeit, die Daten vom Server über Agri-Router an ein bestimmtes Konto weiterzuleiten.

Wenn der Mineraldüngerstreuer ebenfalls Teil des Systems ist, sind für die Nährstoffbuchhaltung keine weiteren Maßnahmen seitens des Managements erforderlich und die Dokumentation der ausgebrachten Düngermengen wird automatisch geliefert.

Dokumentation für den nachhaltigen Einsatz von Gülle / Mineraldünger

Die Fähigkeit, den nachhaltigen Einsatz von Düngemitteln - organischen und mineralischen - zu dokumentieren, wird wahrscheinlich subventioniert oder sogar verpflichtend werden.

Der EU Green Deal ist Teil der vereinbarten EU-Reform der GAP. Er gilt ab 2023 und zielt auf eine Verringerung der Nährstoffverluste um 50 % ab, was zu

einer Reduzierung des Einsatzes von mineralischem Stickstoff um 20 % führen soll. Eine Düngung mit Kenntnis der NPA ist die einzige Möglichkeit, den Stickstoffeinsatz ohne Folgen für die Agrarwirtschaft deutlich zu reduzieren.

Reduce **nutrient losses** by at least 50% while ensuring no deterioration in soil fertility; this will reduce use of **fertilisers** by at least 20 % by 2030

■ *EU-Green-Deal-Strategie ab 2023*



Verbesserungen in der NPA werden Treibhausgasemissionen, Eutrophierung und Nitratauswaschung reduzieren und den Verlust der biologischen Vielfalt verringern. BioCover wird sich um eine Zertifizierung bemühen, und es ist zu hoffen, dass die Verringerung der Treibhausgasemissionen als Kohlenstoffgutschrift quantifiziert werden kann und möglicherweise eine neue Einkommensquelle für die Landwirtschaft eröffnet.

Künftige Rahmenbedingungen werden wahrscheinlich eine Bilanzierung der Treibhausgasemissionen erfordern, und das e-mission-System ist daher ein wichtiger Beitrag, bei dem die Karte "As Applied" und die Karten der angewandten NPA als Dokumentation dienen können.

e-mission Sensor System

Der Start mit e-mission ist einfach. Die Sensoren finden bereits in unterschiedlichen Einsatzzwecken Verwendung auf Fasswagen, es handelt sich also um bereits erprobte Geräte. Daraus resultieren bei der Nachrüstung eines e-mission Systemes Preisunterschiede gibt, je nachdem, welche Ausrüstung standardmäßig eingebaut wurde. Die in der nachstehenden Liste aufgeführten Ausrüstungen werden benötigt, wenn keiner der Sensoren auf dem neuen Fasswagen vorhanden ist. Wenn e-mission in einem bestehenden Güllewagen nachgerüstet werden soll, ist eine Beratung mit einem individuellen Angebot erforderlich. Einige der Sensoren können weggelassen werden, vorausgesetzt, die Informationen sind vorhanden und werden manuell in das System eingegeben.

Grundsätzlich gibt es zwei Konfigurationen:

Basic: Verwendung als Stickstoff-Effizienz-Monitor

Erweitert: Verwendung als Unterstützung für Entscheidungen bzgl. Ausbringmenge und Dokumentation

Die Vollversion des Sensorpakets enthält:

- Isobus-Terminal
- Gülle-Durchflusssensor
- Telemetriesystem
- Mobile Wetterstation
- pH-Sensor + Sensorbox
- ECU inklusive Anschlussbox
- Kabelsystem
- NIR-Sensor

ISOBUS Terminal

Ein Isobus-Terminal gehört heute bei großen Traktoren zur Standardausstattung und ist daher nicht zwingend erforderlich. Einige Kunden möchten, dass das e-mission-System von den Traktorsteuerungen getrennt bleibt; in diesem Fall kann ein separates Terminal für das e-mission-System installiert werden. Das Terminal wird an den ISOBUS des Traktors angeschlossen und verwendet viele der Traktorsignale und kommuniziert mit der ECU über den Isobus CAN.



Durchflussmengensensor

Viele Fasswagen sind mit einem Durchflusssensor für Gülle ausgestattet. Einige Hersteller verwenden jedoch die Pumpe zur Berechnung des Güllevolumens. Die Pumpenberechnungen können zu Fehlern bei der Volumenberechnung führen. Obwohl e-mission das Pumpensignal für die Volumenberechnung verwenden kann, wird für eine höhere Genauigkeit ein separater Gülleflusssensor empfohlen.



Telemetrisches System

Wenn das e-mission-System nur zur Überwachung des Stickstoffverlustes eingesetzt wird, ist das telemetrische System nicht erforderlich. Wenn es für Dosierungsentscheidungen und Dokumentation verwendet wird, ist das telemetrische System Standard.

Für das telemetrische System wird eine jährliche Gebühr für die Übertragung der Daten erhoben. Die Datensätze werden für jeden am Terminal gestarteten Auftrag automatisch als PDF-Datei an die E-Mail-Adresse des Kontoinhabers übertragen. Ist der Kontoinhaber ein Lohnunternehmer, ist er für die Übermittlung der Daten an den Landwirt/Berater verantwortlich.



Mobile Wetterstation

Die Wetterstation muss sich an Bord des Fasswagens befinden. Die Klimabedingungen ändern sich in windgeschützten Gebieten aufgrund von Bäumen oder der Topografie erheblich. Sommerschauer können sehr lokal sein und erhebliche Unterschiede verursachen.

Die mobile Wetterstation gibt es in zwei Ausführungen - mit oder ohne Regensensor. Sie wird idealerweise zwischen Traktor und Fasswagen positioniert, unterliegt aber individuellen Möglichkeiten.



pH Sensor

Der pH-Sensor muss an einer Stelle eingesetzt werden, an der er feucht bleibt und mit Gülle durchströmt wird. Die Lebensdauer des Sensorkopfes beträgt max. 2 Jahre, danach muss er ausgetauscht werden. Wenn keine Möglichkeit zum Einbau des pH-Sensors vorhanden ist, kann ein separater Kasten geliefert werden, der am Gestänge angebracht wird und dazu dient, den pH-Sensor feucht und mit einem Gießstrahl zu halten.

ECU / Junction box

Die ECU ist die zentrale Recheneinheit des e-mission-Systems und hat die Datenbank im Computer installiert. Bei e-mission als OEM-System oder mit dem SyreN-System ist es in das Host-System integriert. Als Nachrüstung wird es in die Anschlussdose integriert und mit einem Kabelbaum versehen.



NIR Sensor

e-mission kann mit einem NIR-Sensor (Near Infra Read) ausgestattet werden, der eine Online-Messung der Nährstoffe in der Gülle ermöglicht. Dies umfasst die Erfassung von Phosphor, Kalium und Trockenmasse. Der Zusatz von e-mission zum NIR ist wichtig, weil die genaue Messung von Ammonium in der Gülle nicht mit der NUE übereinstimmt. Die Kombination von NIR und e-mission ist daher das ideale System für eine genaue Schätzung der NUE.



Bestehende oder neue Anlagen

Als Nachrüstsystem kann e-mission in alle Gülleausbringungssysteme eingebaut werden. Unter Umständen kann es zu Dopplungen einzelner Sensoren kommen, wenn die vorhandenen nicht dem ISOBUS-Standard entsprechen.

Als OEM-System wird dieses Problem durch einen werkseitigen Einbau beseitigt.

e-mission ist eine logische Erweiterung jeder professionellen Gülleausbringung. Es ist das Markenzeichen eines professionellen Lohnunternehmers / Landwirts, der unter ständigem Druck steht, seine Effizienz zu steigern. Es ist ein System, das alle Beteiligten in der Ausbringungsentscheidungskette miteinander verbindet und einen erheblichen Mehrwert für das Betriebsmanagement und den Entscheidungsprozess bei der Düngung schafft.

Es wird mit Sicherheit eine echte Differenzierung zwischen den Lohnunternehmern schaffen, wobei diejenigen, die den größten Wert für ihre Kunden schaffen, auch die zukünftigen Gewinner sind.

Die Zukunft

Es ist nicht schwer vorherzusagen, dass die Rahmenbedingungen weiterhin Druck auf eine Verbesserung der NPA ausüben werden. Dies ist eine Realität sowohl in den EU- als auch in den nationalen Vorschriften.

Daher ist es ein guter Zeitpunkt, um mit der Integration der digitalen Welt in die Nutzung von Gülle zu beginnen. Eine fehlende Dokumentation wird in Zukunft zu Einschränkungen bei den Nutzungs- und Produktionsrechten führen. Es ist absehbar, dass die Transparenz bei der Verwendung von Nährstoffen ebenso wichtig werden wird wie die Wirkung, die wir von den ausgebrachten Nährstoffen erwarten.

Vor allem aber ist e-mission eine gewinnbringende neue Technologie, die unsere Art zu denken und mit Gülle zu arbeiten verändern wird.

Wir müssen Platz für die vorhandene Güllemenge schaffen. Das ist einfacher, wenn wir uns auf die Auswirkungen ihrer Verwendung verlassen können. Eine Verringerung des Einsatzes von Mineraldünger ist eine bessere betriebliche Entscheidung als eine Verringerung der Güllemenge bzw. der Anzahl der Tiere. Eine Verbesserung der NPA ist eine Win-Win-Situation für Lohnunternehmer, Landwirte und die Umwelt.

e-mission Video link: https://www.youtube.com/watch?v=c24WHZ1Nw_E

e-mission System is patent pending

