

Stickstoffdüngung – Wirksamkeit verbessern

Was kostet das Kilogramm Stickstoff frei Krume im Vergleich?

Innovative Düngungsverfahren wie die CULTAN-Düngung oder Gülle-Stripptill können dazu beitragen, die Stickstoff-Wirksamkeit bei der Düngung zu erhöhen, Erträge und Qualität der Ernteprodukte zu verbessern, das Grundwasser weniger zu belasten und den Ausstoß von Klimagasen erheblich zu reduzieren.

Wie Klimaschutz-Berichte und Umweltgutachten aufgezeigt, ist die Landwirtschaft nach wie vor ein starker Emittent von umweltschädlichen Gasen und von Klimagasen wie Ammoniak- und Lachgas. Im Gegensatz zu den Bereichen Energiewirtschaft und Verkehr, sowie industrielle Produktion, hat sie es nicht geschafft, die Emissionswerte im Laufe der letzten Jahre zu senken. Ein nicht unerheblicher Teil der Klimagase, welche der Landwirtschaft zugerechnet werden, stammen aus der Bereitstellung von Vorleistungen für die Landwirtschaft. Daran ist laut Klimabericht 2016, mit einem Anteil von 34%, insbesondere die Produktion mineralischer Stickstoffdünger beteiligt. Hierbei wird in größerem Ausmaß Lachgas freigesetzt, welches um den Faktor 300 schädlicher für das Klima ist als CO₂.

Die Stickstoffdünger-Industrie ist in der Lage, im N-Dünger-Herstellungsprozess Lachgas-Katalysatoren einzusetzen, welche die Lachgas-Emission um bis zu 90% reduzieren. Diese Verfahren werden bisher im wesentlichen in Westeuropa eingesetzt, vgl. Brenttrup F. u.a. 2018. Der Ausstoß von Klimagasen kann damit bereits erheblich vermindert werden.

CULTAN-Verfahren kann Klimagas und Nitratbelastung reduzieren

Im Bereich der direkten Landwirtschaft entstehen Emissionen von die Umweltbelastenden Gasen vor allem

bei der Ausbringung von organischen Düngern, insbesondere von Gülle mit dem Prallteller-Verfahren. Hierbei wird hauptsächlich Ammoniakgas frei.

Die Abb. 2, nach Döhler 2002, zeigt die Ammoniak-Freisetzungs-Potenziale, welche von den verschiedenen Gülle-Applikationstechniken verursacht werden.

Wie die Versuchsergebnisse der Landwirtschaftlichen Fachschule Ettelbrück/Lux., vgl. Abb. 3 + 4 und die Praxiserfahrungen der LAKU-Landwirte beim Einsatz auf mehr als 7.900 ha seit 2016 dokumentieren, vgl. Abb. 5, ist mit den genannten CULTAN-Gülle-Düngerverfahren eine erhebliche Reduzierung der landwirtschaftlichen Emissionen zu erreichen, sowohl hinsichtlich der Klimagas-, als auch der Nitratbelastung des Trinkwassers. Durch die Anwendung der CULTAN-Verfahren kann im Jahresverlauf die in den Beständen anfallende Gülle optimal zu allen landwirtschaftlichen Kulturen, auch in stehende Bestände, mit hoher Stickstoff-Effizienz in den Boden eingebracht werden. Dadurch steigt die Ausnutzung des im Betrieb anfallenden organischen Stickstoffs erheblich und die Notwendigkeit des Einsatzes von mineralischen Stickstoff-Düngern kann stark reduziert werden.

Versuchsergebnisse KAS – CULTAN – Vergleich 2020

In 2020 wurde ein „KAS – CULTAN-Sternrad-Vergleich“ zu Winter-

weizen durchgeführt. Mit KAS wurden 80 dt/ha erreicht, mit CULTAN, ausgebracht im Sternrad-Verfahren, 86 dt/ha. Die Stickstoff-Wirksamkeit der KAS-Variante erzielte 53,3 kg WW/kg N, die CULTAN-Sternrad-Variante 59,3 kg WW/kg N. Einzelheiten des Versuches sind unter www.naturpark-sure.lu unter LAKU, PDF KAS-CULTAN-Vergleich, LUX 2020 nachzulesen.

Vergleich der Düngerinjektion mit breitflächiger Ausbringung

Der Wasser- und Klimaschutz muss für die Landwirtschaft auch bezahlbar bleiben. Deshalb werden im Folgenden die CULTAN-Düngungsverfahren mit denen der betrieblichen Düngerverfahren für den Getreide-, Ackergras- und Maisanbau auf der Basis „Kosten je kg N, drei Krume“ verglichen, siehe Abb. 6. Die Ergebnisse sind in Abb. 7 „Kostenvergleich betriebliche N-Düngung“ dargestellt.

Als mineralische Stickstoff-Dünger werden Ammon-Sulfat-Lösung Plus (ASL) mit 14% N, davon 2% NO₃-N, 6,5% Schwefel zu dem Saisonpreis 2020/21 von 0,61 €/kg N und Kalkammonsalpeter (KAS), 27% N zu einem Saisonpreis von 0,70 €/kg N berechnet. Die

eingesetzten CULTAN-Verfahren werden von ortsansässigen Lohnunternehmen als Dienstleistung erbracht. Es wird davon ausgegangen, dass die zu vergleichenden Verfahren in einem typischen Luxemburger Milchviehbetrieb, 70 ha, 100 Kühe, 2 GV/ha, durchgeführt werden. Für die betriebsübliche Düngung werden ein 12 cbm Prallteller-Güllefass, Tandemachse, ein 102 kW Schlepper mit 820 Betriebsstunden und ein 3.000 l Schleuderstreuer eingesetzt. Der Schwefelausgleich wird kalkulatorisch berücksichtigt. Bei der Kalkulation des annehmbaren Stickstoffs wird außerdem davon ausgegangen, dass bei der Gülleausbringung in den verschiedenen Verfahren ein unterschiedlich hohes Mineraldünger-Äquivalent (MDÄ) des Gülle-Stickstoffs zur Wirkung kommt. Dabei sind die Verluste bei der Pralltellerausbringung generell am höchsten. Bei dieser Kalkulation werden die neuen AUK 472-Förderer sätze innerhalb und außerhalb von Wasserschutzgebieten berücksichtigt, gültig ab Sommer 2019, abrufbar als pdf unter www.naturpark-sure.lu.

Düngung zu Winterweizen

In den Verfahren 1+2 wird die Düngung zu Winterweizen, im Folgenden WW, mit einer Ertragserrwartung von 75 dt/ha auf einen Boden mit 3,5% Humus aufgezeigt. 75 dt/ha WW haben einen N-Anspruch von 188 kg N/ha; davon werden 40 kg N/ha vom Boden geliefert, so dass 148 kg N/ha zu düngen sind.

Im Verfahren 1, CULTAN-Gülle-Schlitzz-Verfahren, werden die 148 kg/ha in einer Gabe, Anfang März, gedüngt. Dabei werden 20 cbm/ha Rindergülle (x 3,6 kg N x 75% MDÄ = 54 kg N/ha) und 530 l/ha ASL plus (93 kg N/ha) in den stehenden Bestand geschlitzt.

Im Verfahren 2, betriebsüblich, werden die Rindergülle mit Prallteller und KAS-Düngung mit dem Schleuderstreuer kombiniert. Der Stickstoff wird in der Gabenverteilung 83/64 appliziert. Zu Vegetationsbeginn werden 20 cbm Rindergülle (x 3,6 kg N x 50% MDÄ = 36 kg N/ha) mit den Prallteller verabreicht. Diese werden ergänzt mit 2dt/ha KAS mit den Schleuderstreuer. Zum Schossen der WW werden 2,4 dt/ha KAS gestreut

Düngung zu Ackergras/Grünland

In den Verfahren 3 + 4 werden die Düngung zu Ackergras/Grünland mit einer Ertragserrwartung von 100 dt/ha in 4 Schnitten auf einen Boden mit 4% Humus kalkuliert.

100 dt/ha TM Gras haben einen Stickstoffanspruch von 300 kg N/ha, wobei auf dem Standort 50 kg N/ha vom Boden im Kulturverlauf geliefert werden. Die 250 kg N/ha zu den 4 Schnitten in der Verteilung 100 – 70 – 50 – 30 kg N/ha aufgeteilt.

Im Verfahren 3 werden im zeitigen Frühjahr zur Verabreichung der 100 kg N/ha zum 1. Schnitt 20 cbm/ha Rindergülle (x 3,6 x 75% MDÄ = 54 kg N/ha) und 260 l/ha ASL plus, 46 kg N/ha, im CULTAN-Gülle-Schlitzz-Verfahren vom Lohnunternehmer in den Boden injiziert. Der 2. + 3. Schnitt wird in einer Gabe mit dem CULTAN-Sternrad-Verfahren durch 610 l/ha ASL plus per Lohnunternehmer verabreicht. Zum 4. Schnitt werden 15 cbm reine Gülle per Lohnunternehmer geschlitzt. Im Verfahren 3, CULTAN-Gülle-Schlitzz-, kombiniert mit dem CULTAN-Sternrad-Verfahren, werden in der Summe 250 kg N/ha in den Boden injiziert.

Im Verfahren 4 (betriebsüblich) werden die Rindergülle mit Prallteller und KAS-Düngung mit dem Schleuderstreuer kombiniert. Zum 1. Schnitt



Abb. 1: CULTAN – Gülle – Stripptill, Foto Agrilico

Minderung der NH₃-Verluste (in % appl. NH₄) nach der Ausbringung von Gülle und Gärresten (Referenz Prallteller)

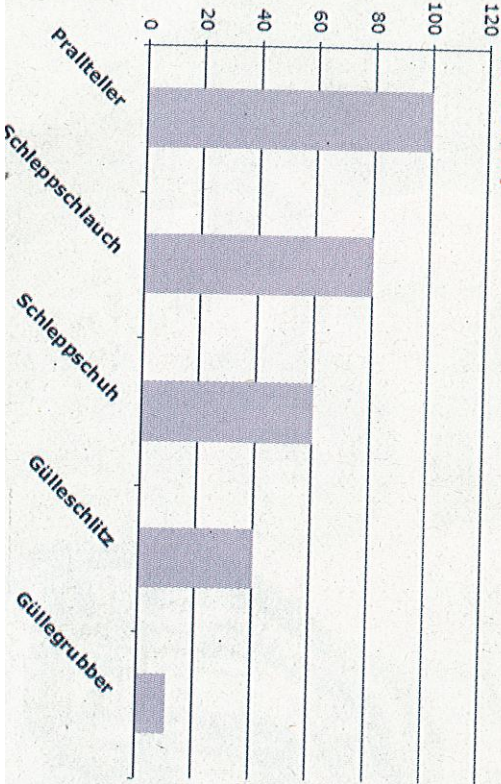


Abb. 3 Vergleich von drei Stickstoff-Düngerverfahren zu Winterweizen In Anlehnung an LTA Ettelbrück, Luxemburg

Jahr	N-Düngung kg N/ha	Ertrag dt/ha	kg Ertrag je kg N	kg N/ha	Erweis %	kg Erweis je kg N
2015	180,0	62,1	34,5	71,9	14,1	4,9
2017	150,0	78,9	43,8	67,0	12,9	6,8
2018	180,0	67,0	37,2	79,3	14,4	5,4
2019	170,0	85,9	50,5	80,2	13,3	6,7
Mittel über 4 Jahre	170,0	73,5	41,5	74,6	13,7	5,95
2015	137,0	59,6	43,5	71,5	13,6	5,9
2017	118,0	81,9	69,4	50,0	12,9	9,0
2018	118,0	56,6	48,0	78,9	13,6	6,5
2019	123,0	67,2	54,6	79,3	13,8	6,5
Mittel über 4 Jahre	124,0	66,3	53,9	69,6	13,0	6,98
2015	134,0	60,4	45,1	71,7	13,9	6,3
2017	91,0	78,7	86,5	41,0	12,6	20,9
2018	91,0	58,5	62,9	78,4	14,7	8,1
2019	143,0	81,5	57,1	80,0	12,9	7,4
Mittel über 4 Jahre	114,8	69,8	62,9	67,8	13,5	8,28

Abb. 4 Vergleich von drei Stickstoff-Düngerverfahren zu Wintergerste In Anlehnung an LTA Ettelbrück, Luxemburg

Jahr	N-Düngung kg N/ha	Ertrag dt/ha	kg Ertrag je kg N	kg N/ha	Erweis %	kg Erweis je kg N
2016	160,0	73,6	46,0	63,0	13,2	5,1
2017	160,0	88,2	55,1	67,2	12,7	7,0
2018	150,0	71,1	47,4	65,8	13,6	6,5
2019	150,0	89,4	59,6	68,3	11,4	6,8
Mittel über 4 Jahre	155,0	80,6	52,0	66,1	12,7	6,6
2016	137,0	70,9	51,8	71,6	12,4	6,4
2017	119,0	89,7	75,4	66,3	12,4	9,4
2018	118,0	64,0	54,2	64,8	12,7	6,9
2019	123,0	77,9	63,3	68,3	10,6	6,7
Mittel über 4 Jahre	124,3	75,6	61,2	67,8	12,0	7,4
2016	134,0	75,1	56,0	73,4	12,5	7,4
2017	91,0	91,0	100,0	67,0	12,0	12,0
2018	93,0	63,5	68,3	63,1	13,5	9,2
2019	143,0	86,7	60,5	67,8	12,9	7,4

Abb. 5 CULTAN – Flächen im LAKU – Gebiet in ha

Verfahren	2016	2017	2018	2019	2020
CULTAN-Gülle-					
Schiltz – Gerät	929	436	407	429	813
CULTAN-					
Nagelrad	299	844	996	1045	821
Stripptill	80	113	136	138	429
Summe	1.308	1.393	1.513	1.612	2.063

Abb. 6: Überblick zu den Anbauverfahren

Anbau von Winterweizen, 75 dt/ha	
Verfahren 1	CULTAN – Gülle – Schiltzen
	20 cbm Rindergülle + 530 l/ha ASL plus
Verfahren 2	betriebsüblich
	20 cbm Rindergülle/Prallteller + 3 Gaben KAS, Schleuderstr.
	Ackergras/Grünland, 4 Schnitte, 100 dt/ha Ertragsenerwartung
Verfahren 3	CULTAN-Gülle-Schiltzen + Nagelrad
	1. Schnitt, 20 cbm/ha Rindergülle + 260l/ha ASL plus
	2. + 3. Schnitt, 610 l/ha ASL plus, Stiernrad
	4. Schnitt 15 cbm/ha rein Gülle geschiltzt
Verfahren 4	betriebsüblich, Rindergülle, Prallteller, KAS
	1. Schnitt, 20 cbm/ha Rindergülle, Prallteller, 2 dt/ha KAS
	2. Schnitt, 2,5 dt/ha KAS
	3. Schnitt, 2,0 dt/ha KAS
	4. Schnitt, 15 cbm/ha Rindergülle, Prallteller
	Silomais, mit 450 dt/ha Erntemaschine, 30% IS
Verfahren 5	CULTAN-Gülle-Stripptill mit Unterfußdüngung
	1,5 dt/ha DAP, UF
	25 cbm Rindergülle + 200 l/ha ASL plus als Stripptill
Verfahren 6	betriebsüblich mit Unterfußdüngung
	25 cbm Rindergülle, Prallteller
	1,5 dt/ha DAP, UF
	2,2 dt/ha KAS

werden 20 cbm/ha Rindergülle ($3,6 \times 40\%$ MDÄ = 29 kg N/ha) mit Prallteller, ergänzt durch 2,6 dt/ha KAS, 70 kg N/ha, mit Schleuderstreuer, gedüngt. Der Stickstoffanspruch von 70 kg N/ha zum 2. Schnitt und 50 kg N/ha zum 3. Schnitt wird mit 2,6 dt KAS/ha, 70 kg N/ha, bzw. mit 2,2 dt/ha KAS, 60 kg N/ha, gedeckt. Zum 4. Schnitt werden 15 cbm/ha Rindergülle mit dem Prallteller ($3,6 \times 35\%$ MDÄ = 19 kg N/ha) gedüngt. Somit werden im Verfahren 4, betriebsüblich, für 100 dt TM/ha 248 kg N/ha appliziert.

In den Verfahren 5 + 6 wird die Düngung zu Silomais mit einer Ertragsenerwartung von 450 dt/ha Erntemaschine, bzw. 135 dt TM/ha auf einem Boden mit 3,5% Humus berechnet. Vor Silomais wird eine Zwischenfrucht zur Nährstoffkonservierung angebaut. Die 135 dt/ha Silomais-TM haben einen Stickstoffanspruch von 190 kg N/ha, 40 kg N/ha liefert der Boden nach und 20 kg N/ha konserviert die Zwischenfrucht. Somit verbleibt ein zu düngender Stickstoffanspruch von 130 kg N/ha.

Im Verfahren 5 wird die CULTAN-Gülle-Stripptill-Düngung kalkuliert. Dabei werden in einem Arbeitsgang in den Zwischenfruchtbestand Streifenbodenbearbeitung zur Saatertüftung und CULTAN-Gülle-Stickstoffdüngung, RTK-unterstützt, die Streifen zur Saatgut-Ablage bearbeitet und gleichzeitig Unterfuß die Gülle eingebracht, vgl. Abb. 1, CULTAN-Gülle-Stripptill. Bei der Maisausaat werden 1,5 dt/ha DAP-Unterfuß-Düngung mit 27 kg N/ha appliziert. Die verbleibenden, notwendigen 103 kg N/ha werden mit 25 cbm/ha Rindergülle ($3,6 \times 75\%$ MDÄ = 68 kg N/ha) und 200 Liter/ha ASL plus, 35 kg N/ha, gedeckt.

Neben den neuen CULTAN- und bekannten Zwischenfrucht-Fördermöglichkeiten sind in Luxemburg bei diesem Verfahren noch Fördermög-

se-PKW mit 6 Liter Dieselpverbrauch pro 100 km und einer Fahrleistung von jährlich 15.000 km 2,385 t CO₂/Jahr ausstößt, vgl. Sustainable agriculture and soil conservation – SoCo 2009, wird auf dem Betrieb das CO₂-Äquivalent von neun PKW jährlich eingespart.

Rechnet man das Ganze auf das LAKU-Gebiet mit 6.850 ha LF hoch, davon 2.000 ha Getreide, 3.900 ha Grünland/Ackergras und 620 ha Mais, sparen die Landwirte der Region, die die CULTAN-Gülle-Verfahren einsetzen, rund 292.000 €/Jahr an Düngungskosten ein. Es werden im Vergleich der hier berechneten CULTAN-Düngungsverfahren (1.273 t CO₂-Äquivalent/Jahr) zu den dargestellten betriebsüblichen Düngungsverfahren (3.530 t CO₂-Äquivalent/Jahr) 2.258 t CO₂-Äquivalent/Jahr, oder der CO₂-Ausstoß von 946 PKW (nach o.g. Rechnung) jährlich eingespart, berechnet i.A. Hoxha, A. u. Christensen, B., IFS, 2019.

Zusammenfassung

Aufgrund der Erfahrungen mit den genannten CULTAN-Gülle-Düngungsverfahren im LAKU-Gebiet, CULTAN-Gülle-Schiltz-Düngung, CULTAN-Gülle-Stripptill-Verfahren und CULTAN-Stiernrad-Verfahren, können die in der Fachliteratur dokumentierten folgenden Aussagen bestätigt werden:

- Die genannten CULTAN-Verfahren haben mit 70-95% hohe Stickstoff-Effizienzen.
- Die mineralische Kalkammonsalpeter-Düngung hat Stickstoff-Effizienzen von 45-55%; das bedeutet eine starke Nitrat-Auswaschungsgefahr beim KAS-Einsatz.
- Mineralische Stickstoff-Dünger, die bei ihrer Erzeugung hohe Lachgas-Ausstöße hervorgerufen können, lassen sich durch die Anwendung der genannten CULTAN-Verfahren erheblich reduzieren.
- CULTAN-Gülle-Schiltzverfahren und CULTAN-Gülle-Stripptill sind auch in hohem Maße in der Lage, Ammoniak-Verluste bei der Gülle-Applikation und Lachgas-Freisetzungen im Verlaufe des Jahres auf der Fläche zu reduzieren. Durch die CULTAN-Düngung wird die Nitratabildung und dadurch die Lachgas-Bildung stark eingeschränkt.
- Die CULTAN-Verfahren erhöhen gegenüber der konventionellen Düngung die Phosphor-Effizienz von 35% auf weit über 65%.
- Die unkontrollierte Nitrat-Aufnahme in die Pflanzen wird durch die CULTAN-Düngung stark eingeschränkt; es bildet sich stabileres Pflanzengewebe. Dadurch kann der Fungizid- und Halmverkiller-Einsatz in landwirtschaftlichen Kulturen reduziert werden.
- Durch die Bodeninjektion beim CULTAN-Einsatz und das große re Wurzelwerk der so gedüngten Pflanzen ist die kontinuierliche Nachlieferung von Stickstoff, insbesondere bei Trockenheit, besser abgesichert. Das größere Wurzelwerk gewährleistet auch einen besseren Nährstoff-Ausschluss der Pflanzen, insbesondere hinsichtlich Spurennährstoffen und Phosphor.

- Durch die präzise Injektionstechnik lassen sich alle Flächen bis zur Acker- oder Grünlandgrenze ausdüngen, ohne Abstandsauflage.
- Durch die präzise Injektionstechnik lassen sich alle Flächen bis zur Acker- oder Grünlandgrenze ausdüngen, ohne Abstandsauflage.

vgl. Sommer, K. 2005.

Fazit

Mit Hilfe der in diesem Artikel dargestellten Düngungsverfahren CULTAN-Gülle-Schiltzen, CULTAN-Gülle-Stripptill und CUL-

Verfahren	Äußerhalb von Wasserschutzgebieten zu W-Weizen, Grünland/Ackergras und Silomais					
	1	2	3	4	5	6
Euro/kg N frei Krume						
außerhalb WG	1,08	1,30	1,23	1,31	1,14	1,27
innerhalb WG	1,05	1,30	1,14	1,31	1,18	1,27
anrechenbare kg N/ha	148	147	252	254	130	131
Gülle-N in kg N/ha	54	36	86	64	68	63
Mineraldünger-N kg N/ha	94	111	156	190	62	68
Einspar. min.-N in kg N/ha						
Verfähr. 1->2; 3->4; 5->6	-17		-24		-6	

Abb. 7 – Kostenvergleich betriebsübliche N-Düngung mit AUK geförderte CULTAN-Düngung inner- u. außerhalb von Wasserschutzgebieten zu W-Weizen, Grünland/Ackergras und Silomais



Abb. 8: CULTAN – Gülle – Schiltzen, Foto LAKU

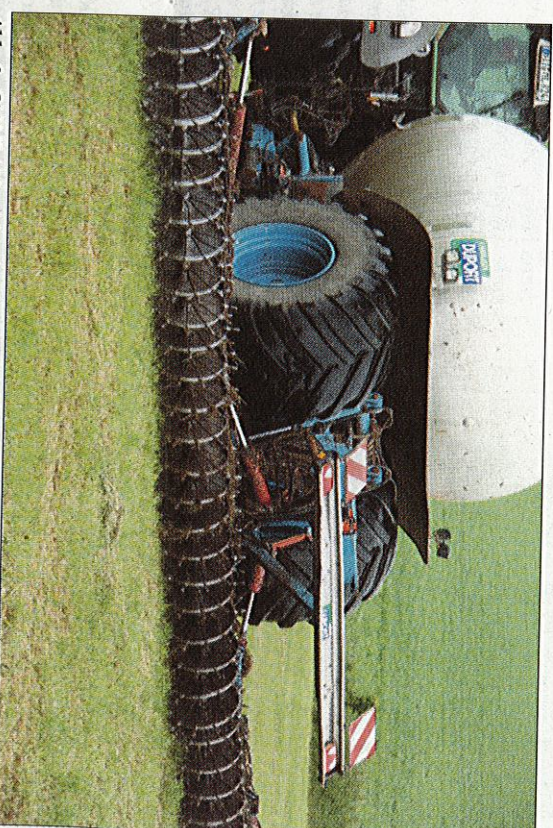


Abb. 9: CULTAN – Nagelrad, Foto Agriloc

den organischen Dünger können ökonomisch sowie aus der Sicht des Wasser- und Klimaschutzes Umweltverträglich angewendet und ggf. umverteilt werden. Die Anwendungen von Nitrat-haltigen Mineraldünger werden erheblich eingeschränkt und so deren Umweltauswirkungen und Herstellungskosten und ihren pflanzenbaulichen Anwendungen verhindert.

Die CULTAN-Düngung ist somit ein wichtiger Weg zu einem bezahlbaren Wasser- und Klimaschutz in der Landwirtschaft und sie ist preiswerter als die herkömmlichen Düngungsverfahren. Deshalb sollten alle Landwirte, innerhalb und außerhalb der Wasserschutzgebiete, die neuen Fördermöglichkeiten, AUK 472, in Anspruch nehmen. Mit den dargestellten Düngungsverfahren Erfahrungen zu sammeln, wird umso wichtiger, wenn man weiß, dass die Gülle-Prallteller-Ausbringung in ganz Luxemburg 2025 verboten wird. Die dargestellten CULTAN-Gülle-Verfahren sind kostengünstiger als die bisherigen betriebsüblichen Düngungsverfahren, wenn sie im überbetrieblichen Maschinenereinsatz über Dienstleister/Lohnunternehmer oder Maschinenereinsparungen angewendet werden.

Die CULTAN-Düngung ist somit ein wichtiger Weg zu einem bezahlbaren Wasser- und Klimaschutz in der Landwirtschaft und sie ist preiswerter als die herkömmlichen Düngungsverfahren. Deshalb sollten alle Landwirte, innerhalb und außerhalb der Wasserschutzgebiete, die neuen Fördermöglichkeiten, AUK 472, in Anspruch nehmen. Mit den dargestellten Düngungsverfahren Erfahrungen zu sammeln, wird umso wichtiger, wenn man weiß, dass die Gülle-Prallteller-Ausbringung in ganz Luxemburg 2025 verboten wird. Die dargestellten CULTAN-Gülle-Verfahren sind kostengünstiger als die bisherigen betriebsüblichen Düngungsverfahren, wenn sie im überbetrieblichen Maschinenereinsatz über Dienstleister/Lohnunternehmer oder Maschinenereinsparungen angewendet werden.

Literatur

- Hoxha A. and Christensen B. IFS 2019, The carbon footprint of fertilizer production.
- Brentrup F., u.a. 2018, Update carbon footprint values for mineral fertilizer ...
- Klimaschutzbericht, D, 2016
- Umweltschutzbericht, D, 2014

- Döhler, 2002, NH₃-Minderungspotential unterschiedlicher Gülle-Applikationstechn.
- Sustainable agriculture and soil conservation – SoCo 2009 Factsheet 3: Rückgang der organischen Substanz im Boden

Hermann Schumacher,
LAKU Pflanzenbau-Berätigung
Paul Nickels, landwirtschaftliche
Beratung Naturpark Obersauer