

Handlungsoptionen zur weiteren Verbesserung der N-Effizienz in Ackerkulturen mit Blick auf die novellierte Düngeverordnung 7. effektive organische Düngung

Juni 2021, Dr. Michael Grunert



Foto: Grunert, LfULG

Alle Analysen von Pflanzen-, Boden- und Wasserproben wurden in der BfUL Nossen durchgeführt. Die Ausführungen zu den düngerechtlichen Vorgaben sind unverbindlich und unvollständig.

Steigerung der N-Effizienz Handlungsoptionen

Im Infomaterial „Steigerung der N-Effizienz Handlungsoptionen“ wird auf folgende Auswahl acker- und pflanzenbaulicher Möglichkeiten zur Steigerung der N-Effizienz - u.a. als Reaktion auf deutlich reduzierte N-Düngung - eingegangen:

1. Auswirkungen reduzierter N-Düngung im Ackerbau
2. ausgewogene Pflanzenernährung
3. fachlich verbesserte N-Düngebedarfsermittlung
4. differenzierte Kulturart-spezifische N-Reduzierung
5. Reduzierung des $N_{\min}$ zu Vegetationsende
6. Präzisierung des N-Bedarfs vor 2./3. N-Gabe
7. effektive organische Düngung (= vorliegender Teil)
8. Auswahl mineralischer Düngemittel incl. Stabilisierung
9. Nährstoffplatzierung
10. exakte Ausbringung von Düngemitteln
11. teilschlagspezifische Düngung
12. schlagspezifische Nährstoffbilanzierung
13. angepasste optimale Fruchtartenabfolge und Sortenwahl
14. Erosion verhindern

Einflussgrößen auf die N-Wirkung organischer Düngemittel

- Gesamt-Stickstoffgehalt, Anteil an löslichem $\text{NH}_4\text{-N}$
- TS-Gehalt und pH-Wert flüssiger organischer Düngemittel
- C:N-Verhältnis und Stabilität der organischen Substanz
- Termin der Ausbringung
- Ausbringungstechnik, zeitlicher Abstand der Einarbeitung
- Witterungsverhältnisse und Standortbedingungen während und nach der Ausbringung
- angebaute Fruchtart
- Menge und Häufigkeit der organischen Düngung
-



Welche Neuregelungen von DüV 2020 (und 2017) betreffen organische Düngung insbesondere?

- deutliche Einschränkung der Ausbringung nach Ernte der letzten Hauptfrucht (Sperrzeiten, max. 80 kg N_{gesamt} mit flüss. org/org.-min. Düngemitteln in 1.9.-30.10.)
- keine Aufbringung mehr auf gefrorenen Boden - auch nicht wenn tagsüber auftauend
- Vorgaben für Aufbringungstechnik sowie Einarbeitungspflichten
- höhere Werte für N-Mindestanrechnung im Ausbringungsjahr
- Vorgaben für Fassungsvermögen von Anlagen zur Wirtschaftsdüngerlagerung
- Erweiterung der Begrenzung für die Aufbringung von N aus tierischen Wirtschaftsdüngern (170 kg N/ha*a im Mittel des Betriebes) um alle organischen Düngemittel

In Nitratgebieten deutlich verschärfte Regelungen, so u.a.:

- 20 % Reduzierung der N-Düngung gegenüber der N-Düngebedarfsermittlung
- max. 170 kg N/ha und Schlag aus organischen Düngemitteln
- längere Sperrzeiten und weitere Einschränkungen Herbst-Düngung
- Untersuchungspflicht organischer Düngemittel (SächsDüReVO)
- verpflichtende schlagweise N_{min}-Boden-Untersuchung

unvollständige Auswahl; umfassende Informationen: Hinweisblätter des LfULG

Auswirkungen der Regelungen von DüV 2020 (und 2017) auf organische Düngung (Auswahl)

- drastische Verschiebung der Ausbringung
 - Sommer/Herbst => Frühjahr
 - zu weiteren/anderen Kulturarten
 - im Jahresverlauf insgesamt geringere Zeitfenster für die Ausbringung
 - zu einigen Zeiten begrenzte Ausbringungsmengen
 - Bodenschutz gewinnt nochmals an Bedeutung (insbes. bei feuchten Bedingungen im Frühjahr)
 - Investitionen in neue Technik (mehr Ausbringung in Bestände, Vorgaben der DüV)
 - hohe Ansprüche an Organisation/Technik/Personal (Zeitfenster, Einarbeitungsfristen)
 - N-Effizienz der organischen Düngung gewinnt weiter an Bedeutung
 - regelmäßige Probenahme und Analyse (im Nitratgebiet verpflichtend mind. jährlich)
 - ggf. erhöhter Lagerraumbedarf
 - ggf. Überlegungen zu Aufbereitung/Separation oder Abgabe flüssiger Wirtschaftsdünger
 -
- => evtl. geringere Maschinenauslastung und höherer Maschinen/Personalbedarf
- => insgesamt Verteuerung der Ausbringung und ggf. der Lagerung
- (Auswahl; differenzierte Wirkungen je nach Betrieb und Standort)

Nährstoffgehalte organischer Düngemittel

- vom LfULG veröffentlichte Richtwerte können genutzt werden
https://www.landwirtschaft.sachsen.de/download/Tab_18_Naehrstgeh_organ_Duenger_konv_20191125.pdf
https://www.landwirtschaft.sachsen.de/download/Tab_19_Naehrstgeh_organ_Duenger_oeko_20191125.pdf
- keine Richtwerte für Gärreste und Kompost (schwankende Zusammensetzung und Nährstoffgehalte)
- regelmäßige Untersuchung ist jedoch zu empfehlen
- Im Nitratgebiet besteht Pflicht zur mindestens jährlichen Untersuchung!

		TS	Nährstoffgehalte in Frischmasse (kg/t bzw. kg/m ³)				
		%	N	NH4-N	P	K	Mg
Stallmist	Rind	25	6,1	1,2	1,41	10,34	0,80
	Schwein	25	7,1	1,8	2,35	5,38	1,30
	Schaf	30	9,0	2,7	2,35	16,15	1,10
Gülle dünn	Rind	4	1,9	0,9	0,33	2,21	0,25
	Schwein	4	3,8	2,5	1,13	2,10	0,30
Gülle normal	Rind	8	3,8	1,9	0,66	4,42	0,50
	Schwein	8	7,5	4,9	2,25	4,20	0,60
Gülle dick	Rind	12	5,7	2,8	0,99	6,61	0,75
	Schwein	12	11,3	7,4	3,38	6,30	0,90
Hühnertrockenkot		50	28,6	10,9	10,04	16,68	3,13

Quelle: Nährstoffgehalte organischer Dünger aus konventionellem Landbau,
Datensammlung Düngerecht des LfULG, 2021

Inhaltsstoffe von Gärresten

Untersuchungsergebnisse aus der

Düngemittelverkehrskontrolle in Sachsen n=25

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN

	TM %	pH	N kg/t FM	NH ₄ -N kg/t FM	Anteil % NH ₄ -N	P ₂ O ₅ kg/t FM	K ₂ O kg/t FM	MgO kg/t FM	OS kg/t FM
Ø	11,1	8,3	5,1	2,9	61,1	3,0	5,4	1,4	87,9
Min	2,5	7,8	2,7	1,7	28,6	1,1	1,2	0,4	17
Max	25,3	8,7	7,8	5,6	100	13,1	12,5	4,7	223

=> Nährstoffgehalte unterliegen größeren Schwankungen

Für 100 kg N/ha mit o.g. Durchschnittswert Ausbringung: 19,6 m³/ha mit 59 kgP₂O₅/ha
tatsächlich damit ausgebracht evtl.: **53 oder auch 153 kg N/ha**
22 oder auch 257 kg P₂O₅/ha

- erhebliche Unterschiede zwischen verschiedenen Anlagen und im Jahresverlauf innerhalb einer Anlage
- deutliche Auswirkungen auf N/P-Effizienz

=> regelmäßige Untersuchung notwendig

=> keine Veröffentlichung von Richtwerten für Gärreste



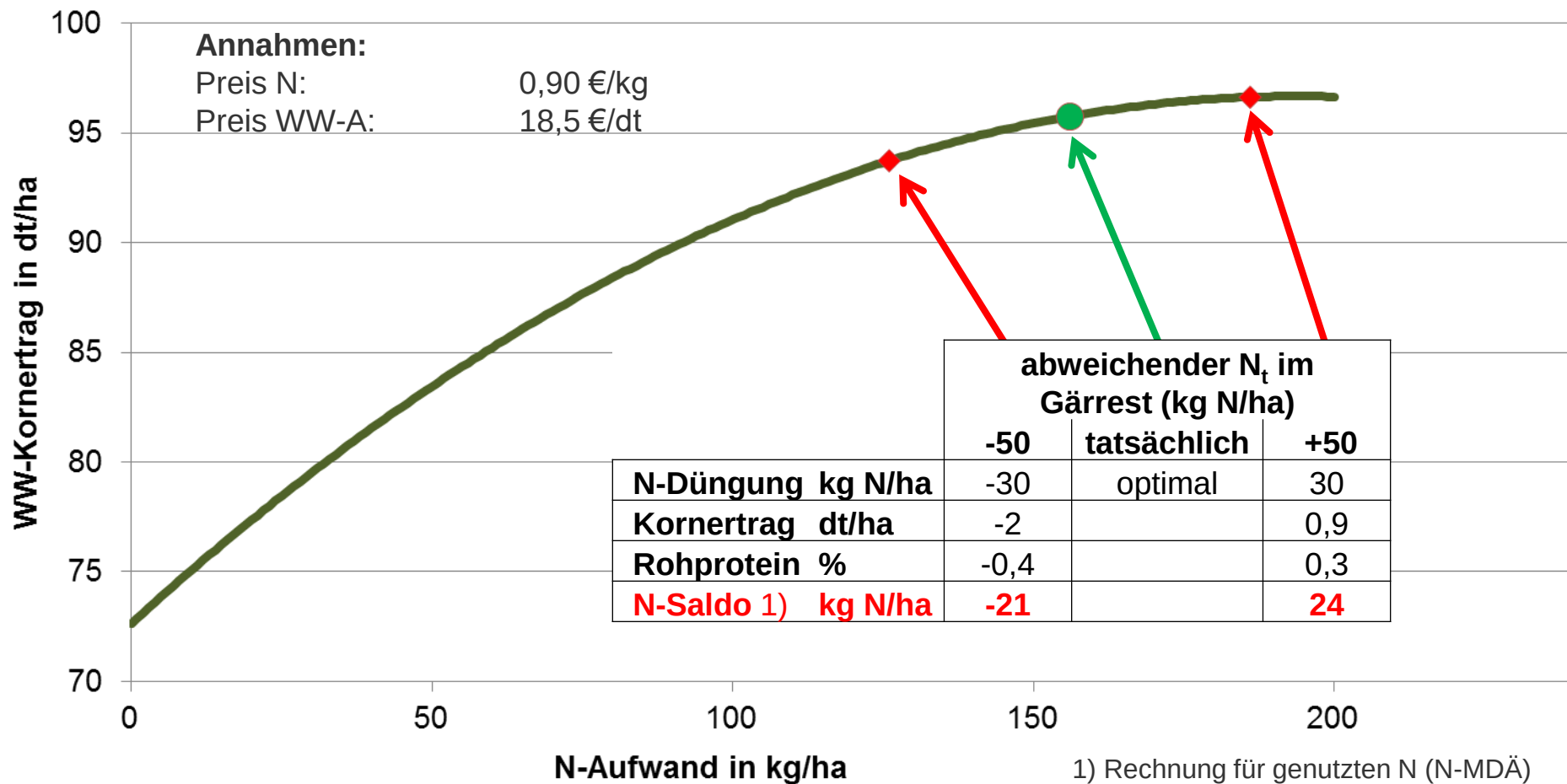
Auswirkung falscher N_t -Gehalte in Gärrest zu Winterweizen

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



(Ertragskurve: N-Düngung Winterweizen, Pommritz, Ut3, Lö4c, Az61, 14-jähriges Mittel)

Abweichung im N_t : tatsächlich 2,7 bzw. 7,8 statt angenommenen 5,1 kg N_t /t FM
ausgebracht werden ca. 50 bzw. 150 statt der angestrebten 100 kg N_t /ha; N-MDÄ = 60



Gärreste

Eigenschaften

Merkmal	Eigenschaften Gärresten gegenüber »normaler« Gülle
pH-Wert	höhere pH-Werte, daher größeres Risiko von Stickstoffverlusten durch Ammoniakverflüchtigung => emissionsmindernde Ausbringungstechnik
Stickstoffgehalt	Gesamtstickstoffmenge durch Vergärungsprozesse kaum beeinflusst, relative Anreicherung durch TS-Abbau, erhöhter Anteil an $\text{NH}_4\text{-N}$, dadurch (meist) erhöhtes N-MDÄ
P, K, Mg, ...	kaum Beeinflussung, relative Anreicherung durch TS-Abbau
Trockensubstanzgehalt	Reduktion des TS-Gehaltes, dadurch bessere Fließfähigkeit, günstigeres Ablaufverfahren und schnelles Eindringen in den Boden
C : N-Verhältnis	Verengung durch Kohlenstoffabbau, dadurch schnellere N-Wirkung
Geruch	geringe Belästigung auf Grund weniger flüchtiger Fettsäuren

=> stark schwankende Nährstoff- und TS-Gehalte je nach Art und Menge evtl. eingesetzter Kosubstrate aber auch der Fütterung

fachlich qualifiziertere N-Anrechnung als nach DüV

- Die Mindestwerte für die Ausnutzung des N aus organischen Düngemitteln im Jahr des Aufbringens wurden in der DüV 2020 teilweise nochmals angehoben. Sie liegen nun z.T. im Grenzbereich dessen, was in Exaktversuchen erreichbar ist.
 - Zu beachten ist: Wenn der Anteil des NH_4 -N am gesamt-N jedoch höher als der Mindestwert für die Ausnutzung des N aus dem organischen Düngemittel liegt, so ist dieser anzusetzen! Dies dürfte vor allem bei Gärresten verbreitet zutreffen.
 - Je nach organischem Düngemittel, Kulturart und Ausbringungszeit ist aber eine fachlich begründete höhere Anrechnung des enthaltenen N möglich.
 - Eine Ausbringung zum fachlich optimalen Zeitpunkt nahe zum tatsächlichen N-Bedarf unterstützt dies ebenfalls maßgeblich. Sollte der Termin deutlich zeitiger liegen, ist die Zugabe eines Nitrifikationshemmers zu empfehlen (z.B. zeitigere Gabe vor Silomais).
 - In gleicher Weise positiv wirkt eine wirklich emissionsmindernde Ausbringungstechnik (z.B. Schlitz, strip-till, Direkteinarbeitung).
 - In Programmen mit einer N-Düngebedarfsermittlung, die über die Vorgaben der DüV hinausgeht, sind entsprechende Vorgaben und Hintergrundwerte enthalten, z.B. im z.B. Bilanzierungs- und Empfehlungssystem Düngung BESyD.
- => Ergebnis: geringere Ausbringungsmengen, höhere N-Effizienz, ggf. Einsparung von mineralischem N**

Mindestwerte für N-Ausnutzung aus organischen DüMi im Jahr des Aufbringens in % des ges.N-Gehaltes (Anlage 3 DüV)

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN

Ausgangsstoff des Düngemittels	Mindestwirksamkeit im Jahr des Aufbringens in % des Gesamtstickstoffgehaltes		
Rinder-, Schaf- und Ziegenfestmist	25		
Schweinefestmist	30		
Hühnertrockenkot	60		
Geflügel- und Kaninchenfestmist	30		
Pferdefestmist	25		
Rinder- und Schweinejauche	90		
Klärschlamm flüssig (< 15 % TM)	30		
Klärschlamm fest ($\geq$ 15 % TM)	25		
Pilzsubstrat	10		
Grünschnittkompost	3		
Sonstige Komposte	5		
Biogasanlagengärrückstand fest	30		
	Ackerland	Grünland	Grünland ab 1.2.2025
Rindergülle	60	50	60
Schweinegülle	70	60	70
Biogasanlagengärrückstand flüssig	60	50	60

Wenn der Anteil des $\text{NH}_4\text{-N}$ am gesamt-N höher liegt, so ist dieser anzusetzen (Gärreste!)

optimale Verteilung auf verfügbare Betriebsflächen und angebaute Kulturarten

Regionale Verteilung:

- organische Düngung - insbes. flüssige - ist mit großem Transportaufwand verbunden
- rückt dessen Optimierung/Reduzierung in den Vordergrund, ist das Ergebnis oft:
 - hohe Aufbringungsmengen in der Nähe des Anfalls (Stallanlagen, Biogasanlage)
 - geringe Aufwandmengen in weiterer Entfernung („Thünsche Ringe“)
- Ergebnis sind neben gravierenden Unterschieden bei der Humusbilanz, bei der P/K/Mikronährstoffversorgung, evtl. auch Bodenfruchtbarkeit u. Wasserkapazität u.a.:
 - hohe Mengen organischer Stickstoff auf Stall-nahen Flächen
 - => deutlich höhere N-Nachlieferung (mehr als nach DüV anzurechnen ist)
 - => höhere $N_{\min}$ -Werte insbesondere im Herbst (siehe zweitfolgende Abbildung)
 - entsprechend gegenteilige Wirkungen auf weiter entfernten Flächen
 - Unterschiede in der Ausnutzung des organischen N

Verteilung auf Kulturarten:

- aus technologischen Gründen werden z.T. wenige Kulturarten mit hohen Mengen organischem N gedüngt (z.B. Mais), die Obergrenze sollte jedoch bei max. 75 % des N-Bedarfs liegen
Grund u.a.: bessere Ausnutzung des N aus der Mineralisierung
- bei optimaler Verteilung auf verschiedene Kulturarten
 - steigt die Ausnutzung des organischen N und damit die N-Effizienz
 - sinkt die Abhängigkeit von einer Kulturart, Arbeitsspitzen sind weniger ausgeprägt

Aus pflanzenbaulicher Sicht empfohlene Ausbringungszeiten

von Gülle/Gärrest bei aufnahmefähigen Böden

Fruchtart	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun
Silomais					Aus- bringungs- verbot			3)				
Futter-/Zuckerrüben								3)				
Kartoffeln								3)				
Winterrap	1)											
Winterweizen												
Wintergerste		1)										
Winterroggen Triticale												
Sommerweizen												
Sommergerste (Futternutzung)												
Hafer												
Klee gras/Luzerne gras (50 % Grasanteil)	2)											
Feld gras			2)									
Zwischenfrucht	1)											
Grünland			2)									

Änderungen DüV 2020 zu DüV 2006

(vereinfacht; weitere Auflagen/Einschränkungen)

Ausbringungstermine in Abhängigkeit von den jeweiligen Standort- und Witterungsbedingungen

- 1) nur bei N-Bedarf;
≤ 60/30 kg N_t bzw. NH₄-N/ha;
nicht nach Legum., ZRübe, WRaps, Kart.
zu Wintergerste nur nach Getreidevorfru.
- 2) nur bei N-Bedarf; max. 80 kg N_t /ha mit
flüss. org/org.-min. DüMi in 1.9.-30.10.)
- 3) bei sehr frühem Einsatz ist Anwendung
von Nitrifikationshemmern zu empfehlen

Im Nitratgebiet gelten zusätzliche Einschränkungen!

möglich günstig möglich



Ausbringungsverbot



Verlängerung Sperrfrist



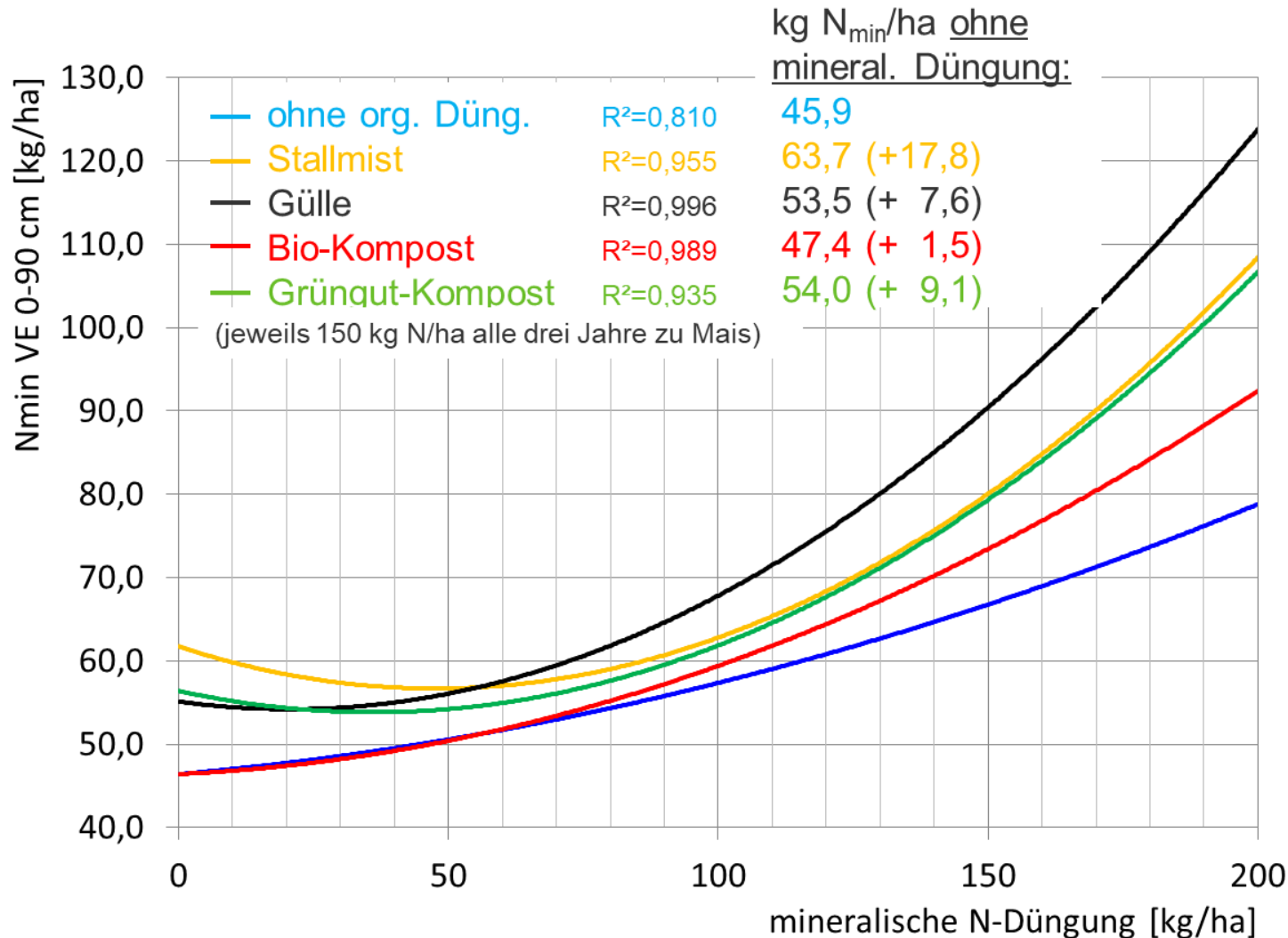
verstärkte Ausbringung

organische Düngung Dauerversuch 1997-2014

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



kg N_{min} 0-90 cm zu Veget.Ende (ohne 2006, 2014)



Regelmäßige organische Düngung steigert N-Nachlieferungsvermögen des Bodens erheblich.

Dies kann im Herbst kritisch werden:

- bei Anbau von Kulturen mit geringer N-Aufnahme (z.B. Winterweizen)
- bei Brache
- insbes. bei guten Mineralisierungsbedingungen (verbreitet in den letzten Jahren!)

Im dargestellten Versuch nur alle drei Jahre 150 kg N_t/ha mit org. Düngung! (insgesamt nur 5x)

Auswirkung der DüV 2020 auf das Güllemanagement;



Lager-Füllstand im Jahresverlauf (%); Handlungsoptionen

Beispielrechnung für fiktiven Landwirtschaftsbetrieb 900 ha:

je 300 ha Silomais und WWeizen; je 150 ha WRaps und WGerste

500 GV Milchkühe (0,6 GV/ha)

Gülleanfall: 850 m³/Mon

N-Gehalt: 3,8 kg N/m³

Lagerkapazität: 5.000 m³ (5,9 Monate)

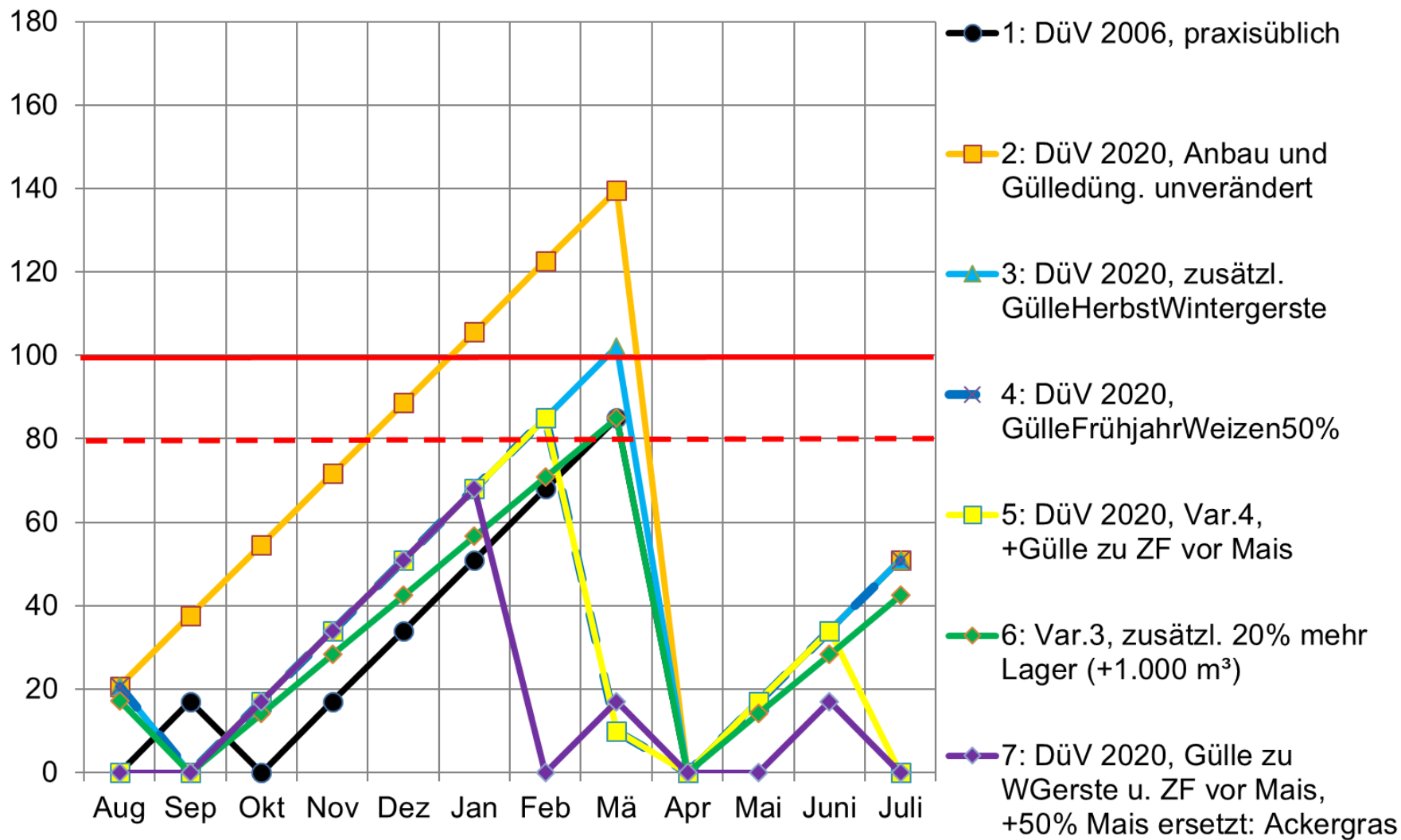
Varianten:

- 1: DüV 2006, praxisüblich (Herbst zu WRaps, WWeizen, Frühjahr zu Mais)
- 2: DüV 2020, Gülledüngung unverändert, jedoch nur Zulässiges nach DüV 2020
- 3: DüV 2020, Var. 2, zusätzlich Gülle im Herbst zu Wintergerste
- 4: DüV 2020, Var. 2, zusätzlich im Frühjahr Gülle zu 50% des Weizens als 1. N-Gabe
- 5: DüV 2020, wie Var. 4, zusätzlich Gülle zu Zwischenfrucht vor Mais
- 6: DüV 2020, wie Var. 3, zusätzlich 1000 m³ mehr Lagerraum (+20 %)
- 7: DüV 2020, wie Var. 3, aber Ersatz von 150 ha Mais durch 150 ha Ackergras

- angenommener Standort, Ertrag, Düngebedarf können natürlich abweichen
- vereinfachte Berechnung, z.B. ohne Abzug von Lagerungsverlusten
- N-MDÄ bei DüV 2006 = 50; DüV 2020 = 60
- Immer unterstellt, dass zu den angenommenen Zeitpunkten der genannte Düngebedarf tatsächlich besteht (z.B. im Herbst zu Winterraps, Wintergerste, Zwischenfrucht) und dass die konkreten Bedingungen (Aufnahmefähigkeit, Befahrbarkeit) eine Aufbringung zulassen!

Auswirkung der DüV 2020 auf das Güllemanagement;

Lager-Füllstand im Jahresverlauf (%); Handlungsoptionen



Auswirkung DüV 2020 auf Güllemanagement **Nitratgebiet**; Lager-Füllstand im Jahresverlauf (%); Handlungsoptionen

Alle Annahmen, Vorgaben und Varianten wie in vorgenanntem Beispiel.

Jedoch **zusätzliche Auflagen** im Nitratgebiet:

- 20 % Reduzierung der N-Düngung jeder Kulturart (angenommen: auch der Gölledüngung)
- 170 kg N/ha und Schlag aus organischen Düngemitteln (hier nur Gülle)
- max. 60 kg N/ha aus Gülle im Zeitraum 1.9.-30.9. (statt 80)
- nur 50% der Raps-Fläche vor Saat mit N düngbar (Annahme: 50 % > 45 kg N_{min}/ha)
- zu Wintergerste keine N-Düngung im Herbst
- Zwischenfrucht wird genutzt, kann demzufolge mit 60 kg N_t / 30 kg NH₄-N gedüngt werden

Zusätzliche Variante:

6b: Gülle zu Zwischenfrucht vor Silomais und im Frühjahr zu 50 % des Weizens in der 1. Gabe
Erweiterung Lagerkapazität um 20 % (1.000 m³)

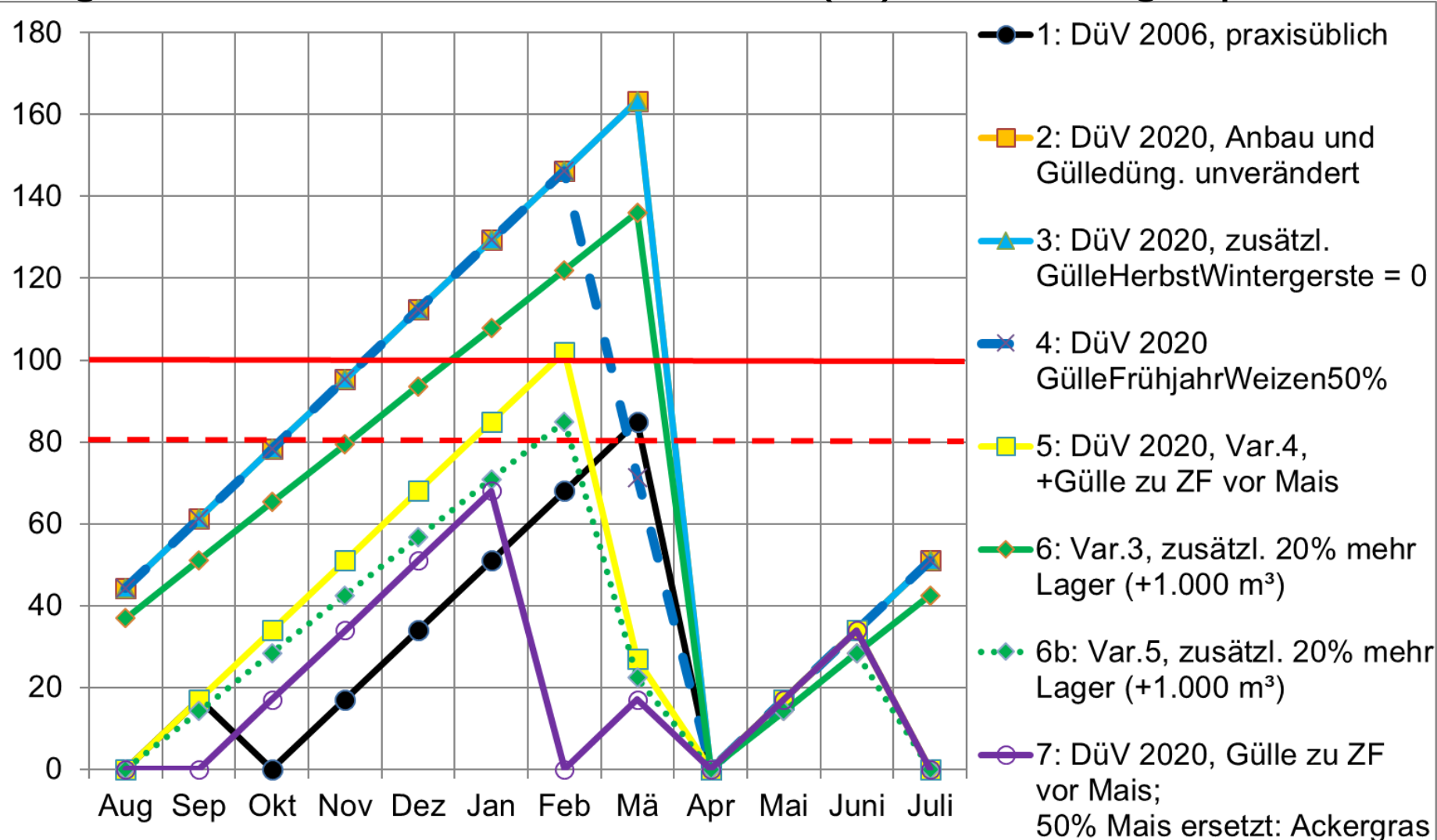


Auswirkung DüV 2020 auf Güllemanagement **Nitratgebiet**;

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Lager-Füllstand im Jahresverlauf (%); Handlungsoptionen



Auswirkung DüV 2020 auf das Güllemanagement;

Lager-Füllstand im Jahresverlauf (%); Handlungsoptionen

Je nach Betriebs- u. Standortbedingungen sind **ohne Anpassungen des Güllemanagements** (Ausbringung zu Zeitpunkten, Kulturen ...) **Lagerkapazitätsprobleme zu erwarten;**
im Nitratgebiet durch die deutlich schärferen Auflagen **nochmals erheblich verstärkt.**

zusätzliche erhebliche Risiken:

- Ist eine Ausbringung bereits im Februar oder März möglich?
(keine Ausbringung auf gefrorenen tagsüber auftauenden Boden mehr, Befahrbarkeit/Bodenfeuchte)
- Gefahr von extremen Arbeitsspitzen, evtl. verschärft bei kritischen Ausbringungsbedingungen

Innerbetriebliche Handlungsoptionen u.a.:

- verbleibende Optionen im Herbst nutzen (zu WRaps, WGerste nach Getreide, zu Zwischenfrüchten;
im Nitratgebiet hierzu jeweils weitere Einschränkungen/Verbote!)
- Erschließung von Ausbringungsmöglichkeiten im Frühjahr:
 1. Gabe (evtl. auch 2. Gabe) zu WGetreide, evtl. erste Gabe zu WRaps
- Prüfung des Anbaus anderer Kulturarten (z.B. Ackergras an Stelle von Silomais)
- Ausbringung auf Grünland - wenn möglich und Bedarf besteht
- evtl. Erweiterung der Lagerkapazität

Durch Erstellung eines Ausbringungsplans für das Kalenderjahr kann Auswirkung möglicher Anpassungen (wieviel, wann, zu welcher Kulturart) auf die Lagerkapazität geprüft werden.

Detaillierte Darstellung der Ergebnisse in einer eigenen Datei.

Minderung von NH_3 -Verlusten bei Gülle-/Gärrestausbringung

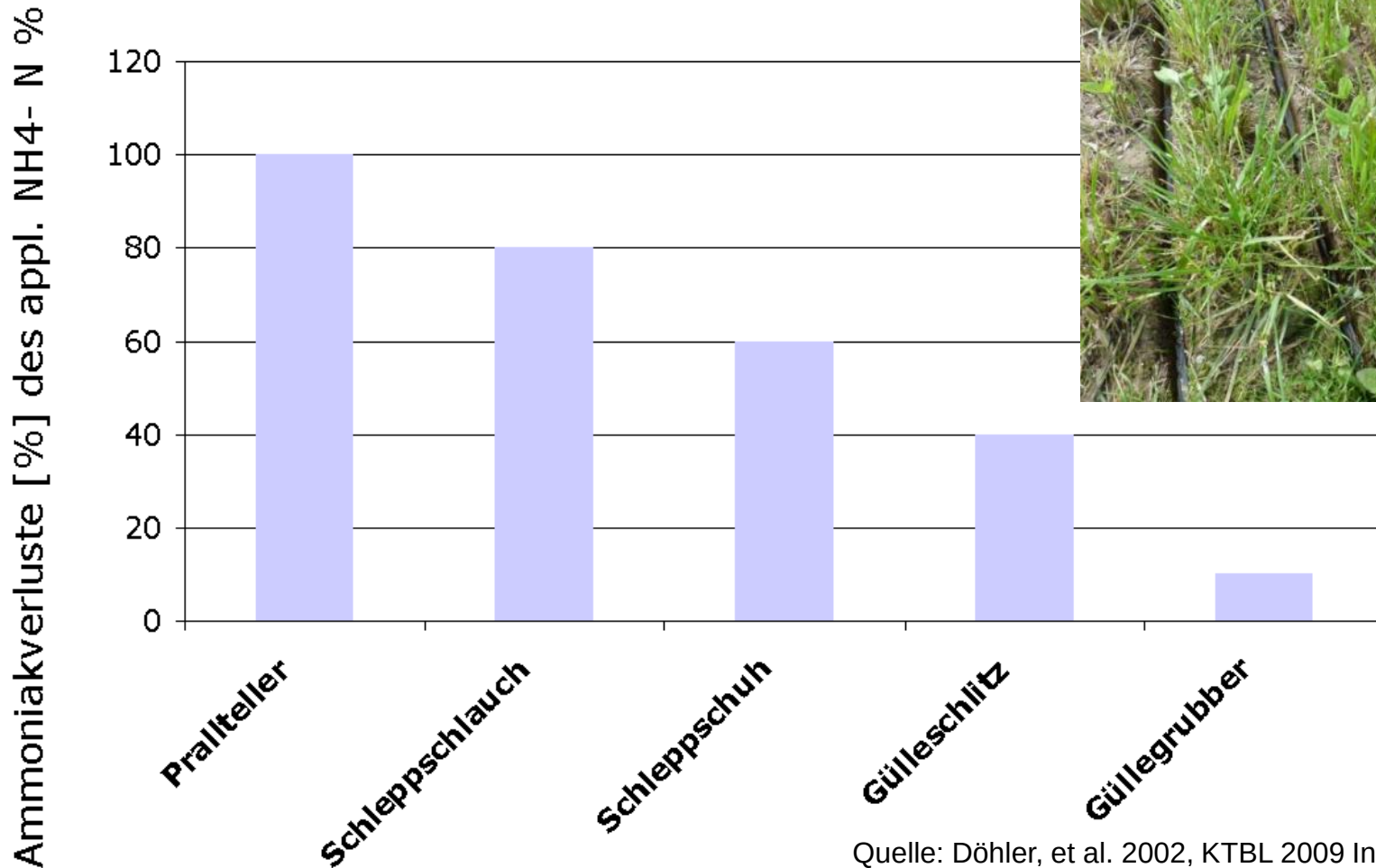
- hohe wirtschaftliche Bedeutung
 - N geht verloren, muss ggf. ersetzt werden
- hohe ökologische Bedeutung: (Umwelt, Gesundheit, Klima)
 - ca. 95 % der NH_3 -Emissionen kommen aus Landwirtschaft
 - 38 % dav. durch Wirtschaftsdüngerausbringung
 - NEC-Richtlinie der EU stellt entsprechende Forderungen



- => Emissions-mindernde Ausbringungstechnik verwenden
- => sofortige Einarbeitung flüssiger Wirtschaftsdünger auf unbestelltem Acker (< 1 Std.) = Forderung der DüV
darüberhinaus wann immer möglich: direkte oder umgehende Einarbeitung (höchste Verluste in ersten Stunden nach Aufbringung)
- => Ausbringungsbedingungen beachten
(möglichst nicht bei hohen Temperaturen, besser Abends als früh ...)
- => Vorsicht insbes. bei hohen pH-Werten (Gärreste) und hohen TS-Gehalten

Minderung der NH_3 -Verluste nach Gülle-/Gärrestausbringung

(Referenz Prallteller; in % des applizierten NH_4)

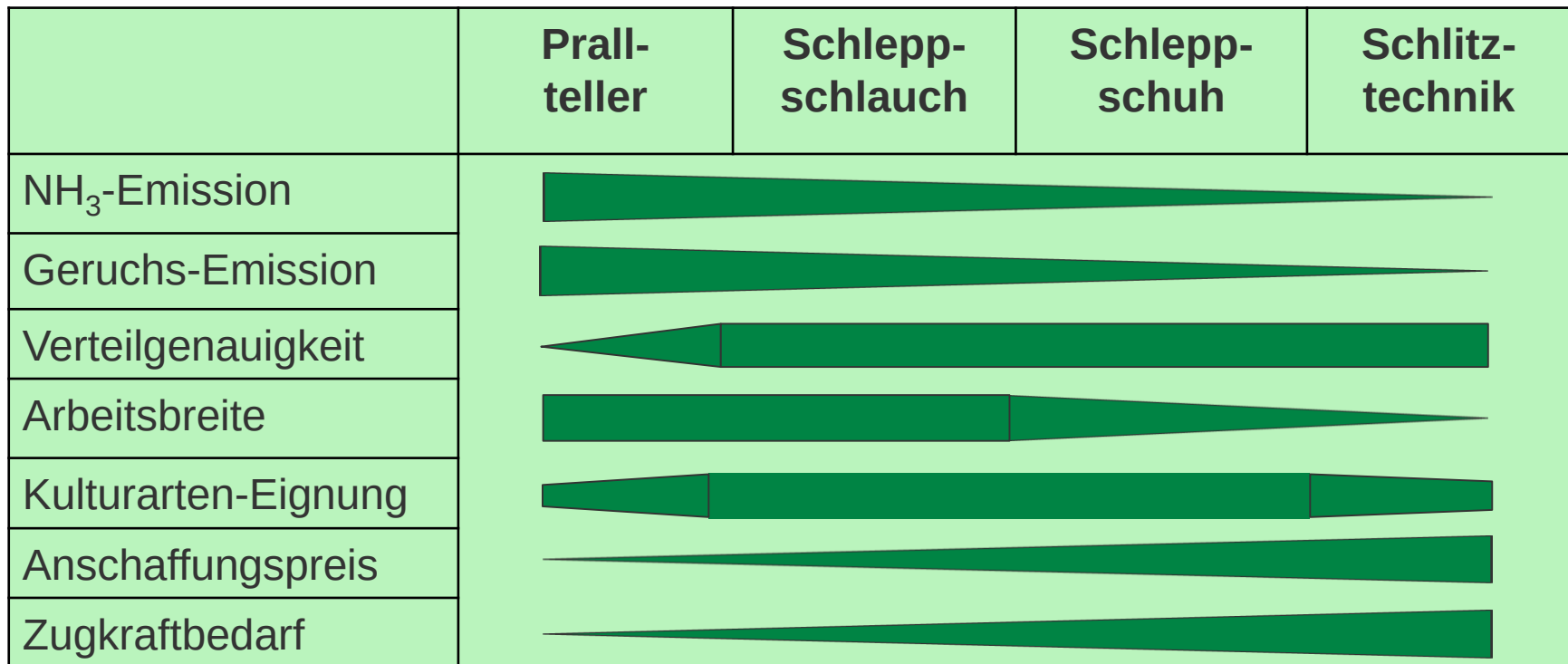


Quelle: Döhler, et al. 2002, KTBL 2009 In: Döhler, 2012

=> Schleppschlauchtechnik hat nur eine sehr begrenzte
Wirkung auf die Senkung der N-Emissionen

Aufbringungsverfahren für flüssige Wirtschaftsdünger in Pflanzenbestände

Bewertung durch ausgewählte Kategorien (dicker Balken = hoch)



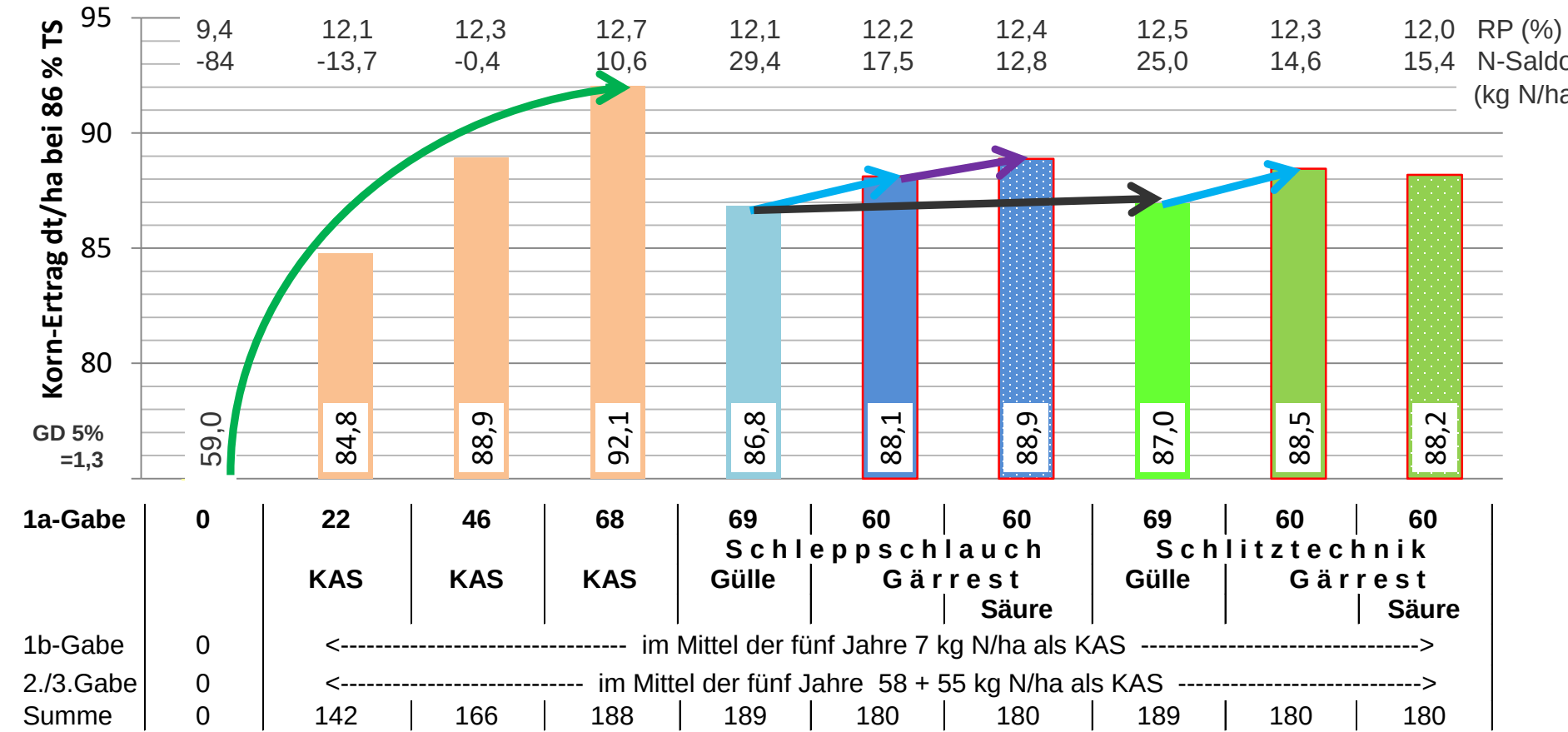
vereinfachte schematische Darstellung nach verschiedenen Quellen

=> Entscheidung für Investitionen oder überbetriebliche Lösungen in Abwägung der einzelnen (und weiterer) Punkte sowie der Betriebs- und Standortbedingungen

Winterweizen-Ertrag nach differenzierter organischer N-Düngung

Christgrün, sL, V5, Az 35, 2015-2020, ohne 2018

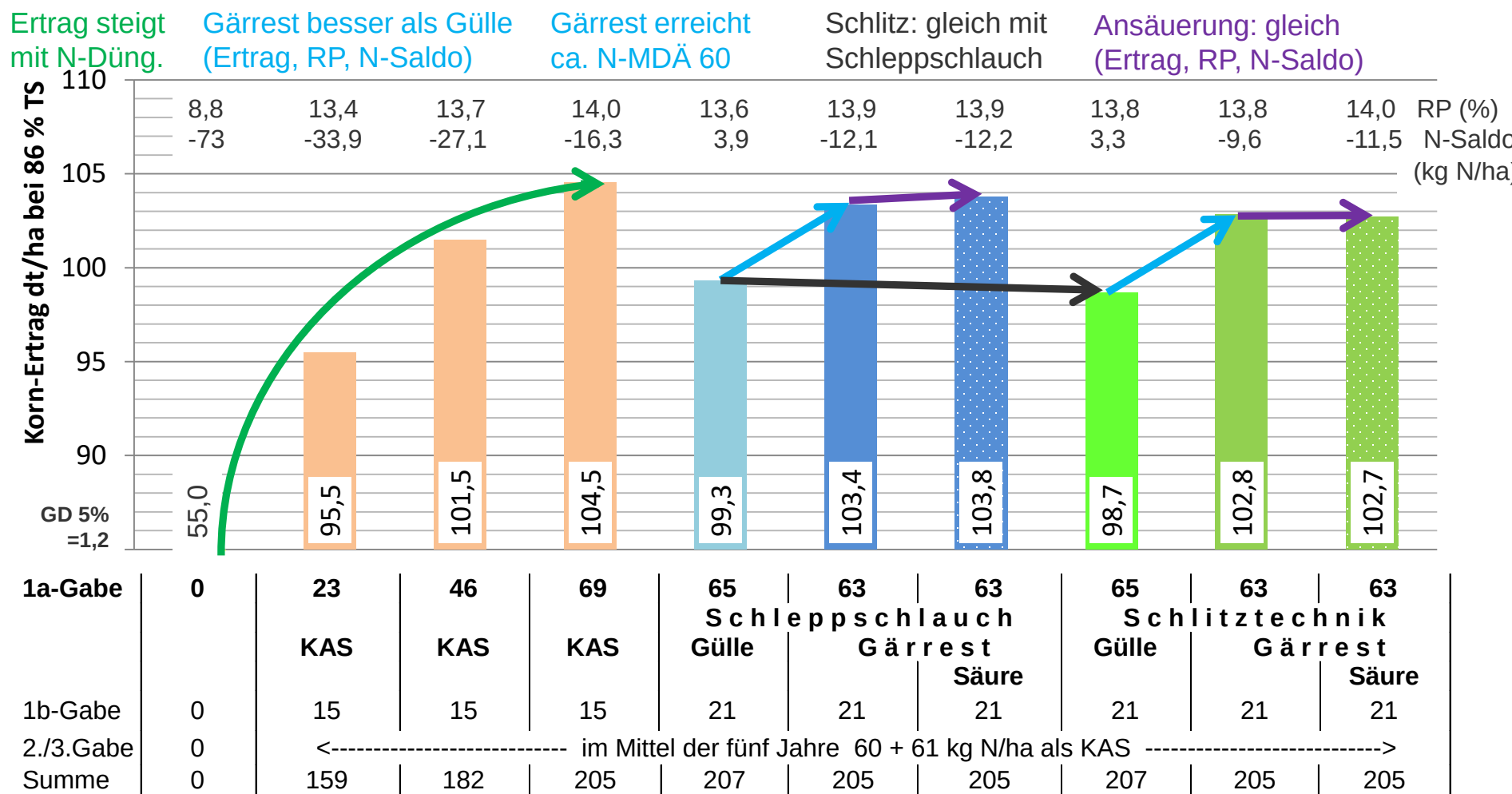
Ertrag steigt mit N-Düng. Gärrest besser als Gülle Gülle u. Gärrest erreichen nicht N-MDÄ 60 Schlitz: Ertrag wie Schleppschl. RP und N-Bilanz besser Ansäuerg.: Ertrag tendenz. positiv bei Schleppschl. (u. RP u. N-Saldo)



Prüffaktor organische N-Düngung erreicht nur 33 % des insgesamt gedüngten N
 Säure = Ansäuerung mit Schwefelsäure bis pH 6,0
 23 | Juni 2021 | Dr. Michael Grunert
 angenommenes N-MDÄ für Gülle/Gärrest: 60 % des N_t
 Zielertrag für N-Düngebedarfsermittlung: 90 dt/ha

Winterweizen-Ertrag nach differenzierter organischer N-Düngung

Nossen LÖ4b, Ut4, AZ63, 2016-20



Prüffaktor organische N-Düngung erreicht nur 31 % des insgesamt gedüngten N
 Säure = Ansäuerung mit Schwefelsäure bis pH 6,0
 angenommenes N-MDÄ für Gülle/Gärrest: 60 % des N_t
 Zielertrag für N-Düngebedarfsermittlung: 100 dt/ha

24 | Juni 2021 | Dr. Michael Grunert

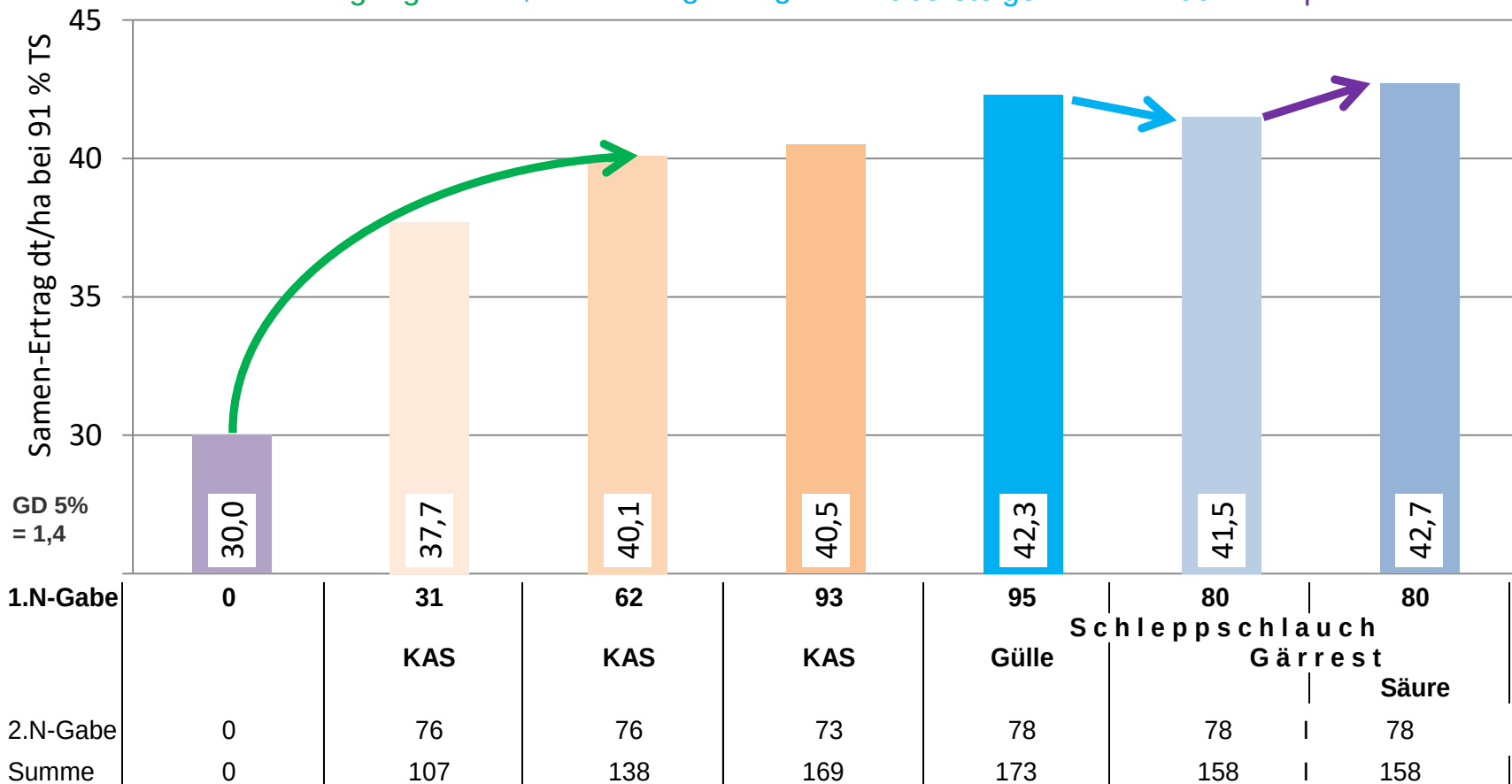
Winterraps-Ertrag nach differenzierter organischer N-Düngung

Christgrün, sL, V5, Az 35, 2015-2018

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Tendenzen: Ertragssteigerung durch N-Düngung Gärrest etwas schlechter als Gülle; aber: 15 kg weniger N Gärrest und insbes. Gülle übersteigen N-MDÄ 60 Ansäuerung: tendenz. positive Wirkung



Prüffaktor organische N-Düngung erreicht nur 50-55 % des insgesamt gedüngten N

Säure = Ansäuerung mit Schwefelsäure bis pH 6,0

angenommenes N-MDÄ für Gülle/Gärrest: 60 % des N_t

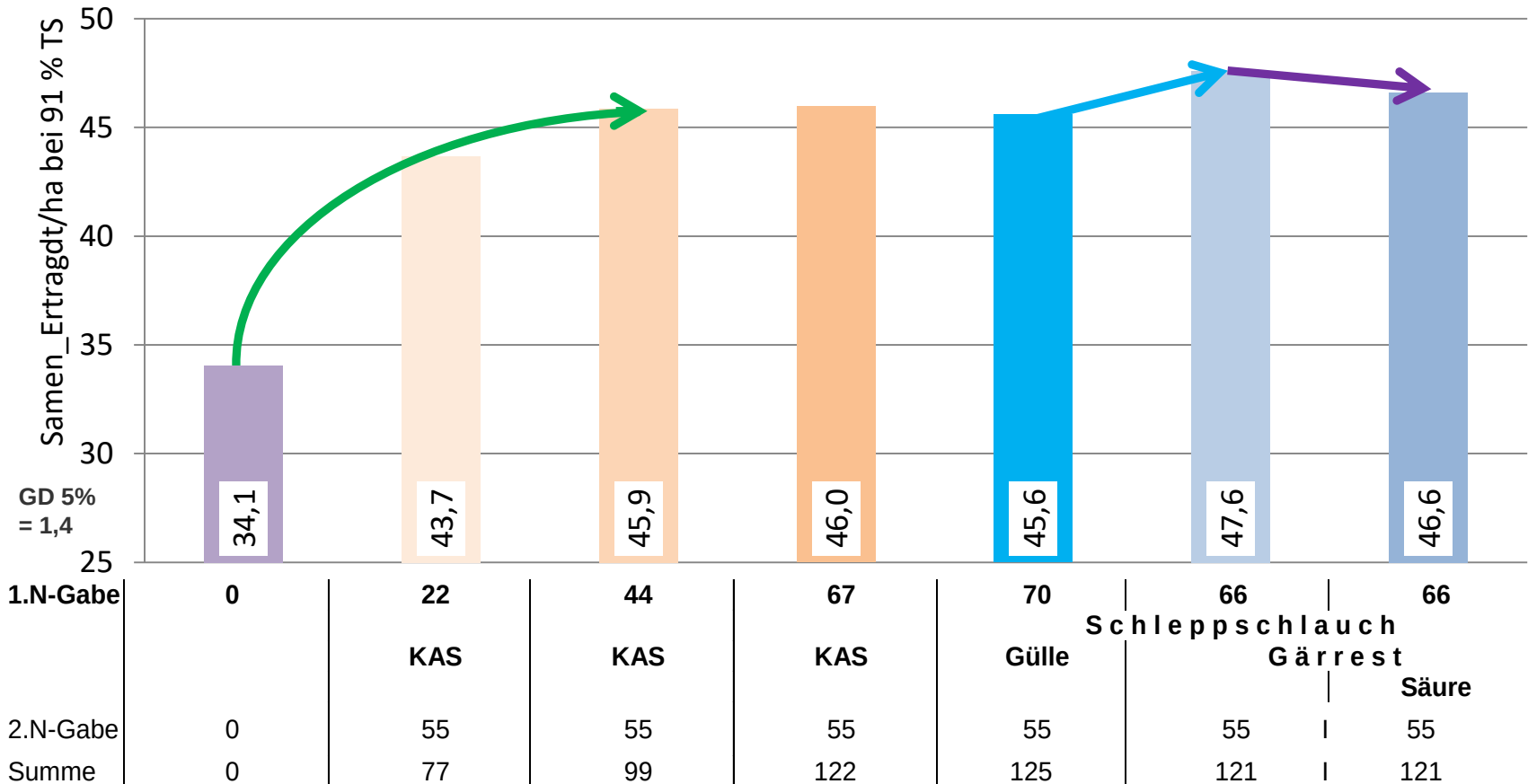
Winterraps-Ertrag nach differenzierter organischer N-Düngung

Nossen LÖ4b, Ut4, AZ63, 2016-2018

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Tendenzen: Ertragssteigerung durch N-Düngung Gülle erreicht N-MDÄ 60 Gärrest signif. besser Ansäuerung: keine positive Wirkung



Prüffaktor organische N-Düngung erreicht nur 45 % des insgesamt gedüngten N

Säure = Ansäuerung mit Schwefelsäure bis pH 6,0

angenommenes N-MDÄ für Gülle/Gärrest: 60 % des N_t

Minderung der NH_3 -Emissionen bei der Ausbringung flüssiger organischer Düngemittel durch Ansäuerung

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN

- NH_3 -Emissionen treten verstärkt bei höheren pH-Werten organischer Düngemittel auf, dies betrifft insbesondere Gärreste (pH meist > 7 ; z.T. 8)

Ziel der Ansäuerung:

- Absenkung des pH-Wertes des flüssigen organischen Düngemittels auf vorgegebenen pH-Zielwert bei der Ausbringung (noch festzulegen: 6,4 oder 6,0)

Wird erreicht durch:

- Zugabe saurer Zusatzstoffe (Schwefelsäure, Milchsäure) direkt bei oder kurz vor der Aufbringung (Zudosierung am Ausbringungsaggregat)
- Zugabe pauschaler Mengen ist nicht ausreichend, da Gülle/Gärrest dies sehr unterschiedlich abpuffern und keine feste Korrelation zu TS, N_t o.ä. besteht
- Kontrolle durch laufende pH-Messung bei der Ausbringung, Dokumentation, Korrektur durch Variation der Zugabemenge der Säure
- Ansäuerung im Stall oder im Lager ist in der Wirkung für die Ausbringung unsicher, da zwischenzeitlich eine Abpufferung erfolgt, zusätzliches Problem: Schaumbildung
- z.T. erfolgte bereits Anerkennung als emissionsmindernde Ausbringung (Bayern; in Sachsen in Abstimmung mit weiteren Bundesländern in Arbeit)
- es bleiben zu lösende Probleme auf anderer Themenfeldern (Arbeitsschutz, Straßentransport, Schwefelmenge, Säurepreise)

Gülleausbringung Schleppschlauch, trockene Bedingungen

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN



Parzellenversuch Christgrün Weizen
1. N-Gabe mit Gülle mit Schleppschlauch am 26.03.2015
Fotos am 30.06.2015: getrocknete „Güllewurst“ liegt obenauf

Gülleausbringung Schlitztechnik unter trockenen Bedingungen

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Freistaat
SACHSEN



Parzellenversuch Christgrün Weizen
1. N-Gabe mit Gülle mit Schlitztechnik am 26.03.2015
Fotos am 30.06.2015: keine oberflächlich verbliebene Gülle

Gülleausbringung bei trockenen Bedingungen

Schleppschlauch- und Schlitztechnik

Parzellenversuch Christgrün
1. N-Gabe mit Gülle zu
Winterweizen am 26.03.2015

Fotos am 30.06.2015:

=> Mit Schleppschlauch
abgelegte Gülle bleibt bei
trockenen Bedingungen auf
dem Boden liegen. Gefahr
von N-Verlusten steigt:
insbes. bei TS-reicher Gülle

=> Schlitztechnik schafft durch
quasi Einarbeitung in den
Boden gute Voraussetzungen
für eine bessere N-Effizienz



Fotos: Grunert, LfULG

mit Schleppschlauch

mit Schlitztechnik

Vermeidung von Gefährdungen für die Bodenstruktur bei flüssiger organischer Düngung

LANDESAMT FÜR UMWELT
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



organische Düngung kritisch durch hohe Radlasten und
terminlichen Druck zur Ausbringung; optimal sind:

- Transport und Ausbringung mit verschiedenen Maschinen
- Transportfahrzeug verbleibt auf Feldweg
- Ausbringung auf Stoppel der Vorfrucht (DüV-Auflagen beachten!)
- direkte Einarbeitung
- Niederdruckreifen, Reifendruck absenken, Doppelbereifung,
ggf. verschiebbare Achse an Anhängern
- fahren im „Hundegang“
- Ausbringung nur bei Befahrbarkeit der Flächen,
Ausgrenzung von Nassstellen
- Anbau von Zwischenfrüchten, Untersaaten
- ...

Nicht optimal aus Sicht des Bodenschutzes:



Fotos: Grunert, LfULG

Gülleausbringung im Frühjahr

Verlängerung von Einsatztagen durch neue Technologie

Befahrbarkeitstage zwischen 01.02. und 15.04. je nach Gülle-Ausbringungstechnologie
(Gülleverschlauchung u. -selbstfahrer mit LKW-Antransport, Tridem-Pumptankwagen für Transport+Ausbringung)
Beispielstandort mit tonigem Lehm
Quelle: Ledermüller et.al., 2020

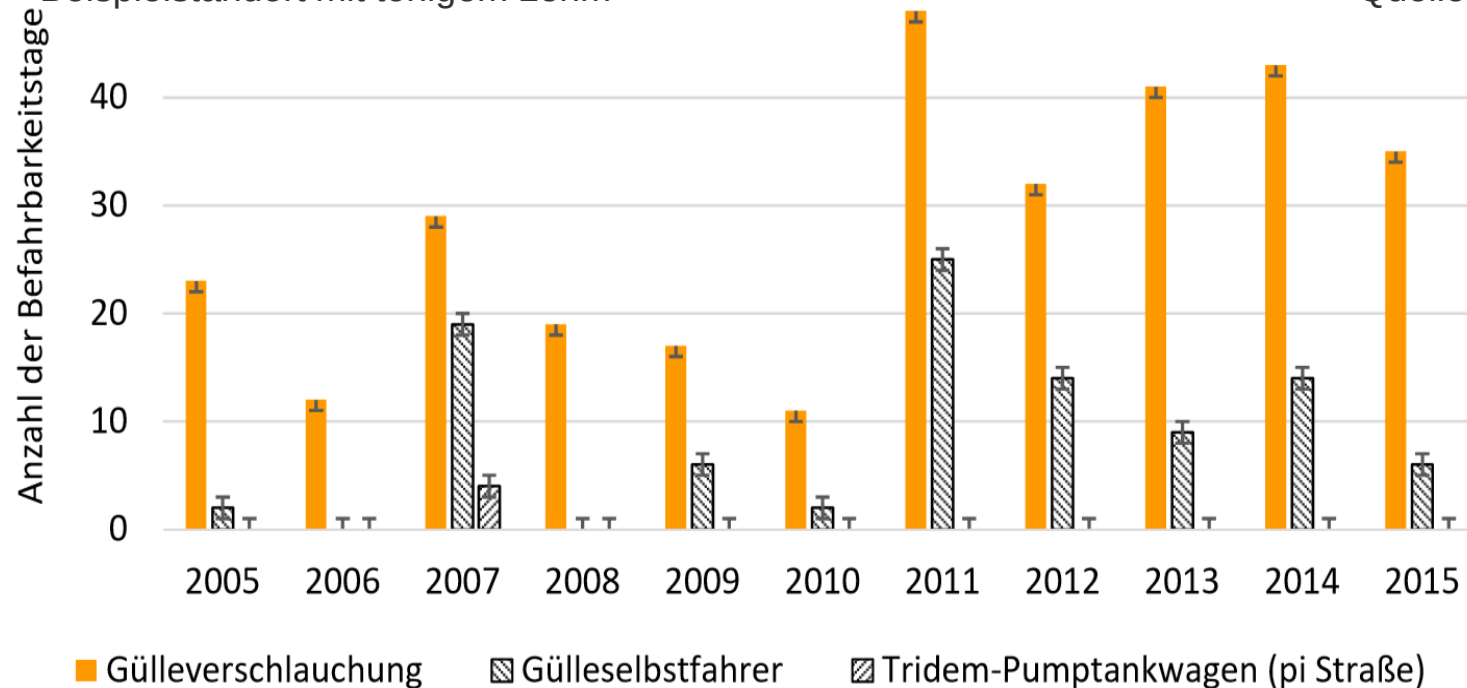


Foto: Grunert, LfULG

Gülleverschlauchung: ca. +20 Einsatztage gegenüber Selbstfahrer ca. +30 gegenüber Traktor+Tridem
=> deutliche Entlastung von Arbeitsspitzen, bessere Maschinenauslastung
Ausbringung zu optimalem Zeitpunkt, Vermeidung von Strukturschäden

Gülle/Gärrest im Frühjahr mögliche Probleme

bei hoher Bodenfeuchte: Fahrspuren mit
bleibenden Wuchsdepressionen,
hier in Weizenbestand am 03.06.2016
nach Gülledüngung im Frühjahr =>

bei späterer Gülledüngung:
breite Fahrgassen mit
evtl. bleibenden Wuchsdepressionen



Fotos: Grunert, LfULG



organische Düngung, ungenügende Verteilgenauigkeit



Ungenügende Ausbringungsgenauigkeit ist bei organischer Düngung ein verbreitetes Problem:

- inhomogene Düngemittel
(TS-Gehalt, Strohgehalt, Rottegrad, ...)
- teilweise schlechte Dosierung (Stallmiststreuer)
- schlechte Querverteilung (Stallmiststreuer)
- ungenügende Wartung des Aggregate

=> Siehe Kapitel 10 dieses Infomaterials:
„exakte Ausbringung von Düngemitteln“

Fotos: Grunert, LfULG



Nah-Infrarot-Spektroskopie NIRS zur Inhaltsstoffbestimmung in flüssigen Wirtschaftsdüngern

Ziele:

- online-Analyse bei der Ausbringung (evtl. auch bei der Beladung)
Mindestvorgabe: N_{ges} , $NH_4\text{-N}$, P_{ges} , TS weiterhin sinnvoll u.a.: K_{ges} , S, ...
- laufende Anpassung der Ausbringungsmenge nach den aktuellen Inhaltsstoffen, Ausgleich schwankender Gehalte und von Abweichungen zu Richtwerten
- Verwendung der Analyseergebnisse für Erfüllung von Aufzeichnungspflichten
- Einsatz für verschiedene Düngemittel (unterschiedliche Gülle und Gärreste)
- Wirtschaftlichkeit des Einsatzes

Vorteile:

- exakte Ausbringungsmenge des Nährstoffs, nach dem geregelt wird
- Vermeidung von Über-/Unterdüngung auf Teil-/Gesamtfläche
- Verwendung und Dokumentation aktueller Analyseergebnisse
- keine aufwändige Probenahme, keine Zeitverzögerungen (Analytik)
- Vermeidung der teilweise extremen Fehler der Beprobung von Gülle/Gärresten aus den Lagerbehältern (Homogenisierung, Probenahme, Probenteilung ...)
- geringerer Aufwand zur Homogenisierung im Gülle-/Gärrestlager

abweichende/schwankende N-Gehalte - Wirkung bei der N-Düngung

- stark schwankende u. von Richtwerten abweichende Nährstoffgehalte in Gülle/Gärrest je nach Fütterung, Haltungsform, Wassergabe, Kofermenten, Gärverfahren, Homogenisierung ...

Daten/Ertragskurve aus WWeizen-N-Düngungsversuch Nossen, Ut4, Lö4b, Az63, im 9-jährigen Mittel:

N-Düngung	Ertrag	RP	Erlös	N-Bilanz	angenomm.	
Fehler	kg N/ha	dt/ha	%	€/ha	kg N/ha	Flächenanteil
- 50 % N	84	87,6	12,4	1.555 (-191)	-93	35 %
optimal	144	94,4	13,7	1.746 (± 0)	-49	30 %
+ 50 % N	216	94,5	14,3	1.748 (+ 2)	+14	35 %
Gesamt	144	92,1	13,5	1.680	-43	100 %
Differenz	±0	-2,3	-0,2	-66	+6	

- mehr N: kaum positive Ertrags-, negative Umweltwirkung
- weniger N: deutlich negative Ertrags- u. Qualitätswirkung
- abnehmende N-Effizienz, schlechtere Erträge, kleinräumig
- höhere N-Überschüsse, sinkende Wirtschaftlichkeit
- zeitlich zunehmende Aufspreizung der bei P- und K-Gehalte im Boden, ähnliche Wirkungen wie beim N



NIRS bei Gülle/Gärrest aktuelle Hürden in Deutschland

- vorhandene Kalibrationen decken nicht Bandbreite der möglichen Matrices ab (Fütterungsverfahren, Futtermischungen, Mischgülle, Güllezusätze, ungeplante Verunreinigungen)
- Empfehlung, aber keine Verpflichtung zum Update der Kalibration (außer i. NRW)
- keine Verpflichtung zur regelmäßigen Funktionsprüfung, Durchführung der Funktionsprüfung nicht herstellerübergreifend standardisiert
- keine regelmäßige, unabhängige und standardisierte Qualitätssicherung
- Anerkennung der DLG gilt nur für die geprüfte Hardware + Kalibration
 - oft nicht für alle notwendigen Parameter (P!)
- unzureichende Klärung der Haftung: Verantwortung für falsche Messergebnisse liegt beim Anwender
- Anerkennung durch einzelne Bundesländer mit unterschiedlichen Anforderungen
- für die Düngebedarfsermittlung müssen die Nährstoffgehalte **vor** Beginn der Düngung vorliegen

Quelle: Lorenz, 5.3.2020



NIRS bei Gülle/Gärrest

Kennzeichnung nach Düngerecht

düngerechtliche Dokumentation von Nährstoffgehalten:

1. Inverkehrbringen/Abgabe von Wirtschaftsdüngern (Verbringungsverordnung)
 - Inverkehrbringer sichert deklarierte Nährstoffgehalte zu
 - keine Untersuchungspflicht => hohe Eigenverantwortung beim Inverkehrbringer
 - NIRS-Ergebnisse nicht verwendbar (keine anerkannte Methode, fehlende Werte)
2. beim Aufbringen von im eigenen Betrieb erzeugtem Wirtschaftsdünger (Düngeverordnung) Ermittlung der Nährstoffgehalte
 - auf Grundlage von Daten der nach Landesrecht zuständigen Stelle (Richtwerte)
 - Feststellung auf Grundlage wissenschaftlich anerkannter Messmethoden (vom Betriebsinhaber oder in dessen Auftrag)
3. in Sachsen in Nitrat-Gebieten Untersuchungspflicht (keine Verwendung von Richtwerten)
 - NIRS nicht anwendbar (keine anerkannte Methode, fehlende Parameter)

Anwendbarkeit zur Dokumentation
und damit echte Ersparnis erst wenn:

- „anerkannte Messmethode“
- Anerkennung für alle Parameter bei
Düngebedarfsermittlung (N, $\text{NH}_4\text{-N}$, P, TS)

Umsetzung der Düngeverordnung (DüV)

Aufzeichnungs- und Dokumentationspflichten

Nach Düngeverordnung (DüV) vom 26. Mai 2017, geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 28. April 2020 (BGBl. I S. 846) bestehen nach § 10 und § 13a Absatz 2 DüV für den Betriebsinhaber Aufzeichnungspflichten.

Die Aufzeichnungen sind für sieben Jahre aufzubewahren und der nach Landesrecht zuständigen Stelle (Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie - LfULG) auf Verlangen vorzulegen.

Nachfolgend sind die Mindestanforderungen nach der DüV 2020 an Aufzeichnungen und Dokumentationen aufgeführt.

Für die sachgerechte Betriebsführung und ein effizientes Düngungsmanagement im landwirt-

NIRS bei Gülle/Gärrest

aktueller Stand in Deutschland

- Arbeiten laufen schon seit vor 2005
- DLG prüft Aggregate, erstellt Prüfberichte und DLG-Anerkennungen (dies bedeutet nicht die Freigabe als anerkanntes Verfahren im Düngerecht)
- bisher nur in wenigen Bundesländern Anerkennung nach Düngerecht
- sehr unterschiedliche Meinungen zu Anforderungen für eine Anerkennung (Messgenauigkeit im Vergleich zu Laboranalysen, Kalibrierung, welche Gülle/Gärreste ...)
- seit 2019: Arbeitsgruppe für bundesweit einheitliches Kalibrier- und Prüfsystem für NIRS-Sensoren auf Ausbringgeräten flüssiger org. Düngemittel (VLK, VDLUFA, DLG)
- VDLUFA-Standpunktpapier zur NIRS-Anwendung bei Güllen
- Verfahren steht im „Bundesprogramm Nährstoffmanagement“, 2 Ausschreibungen:
 - Entwicklung eines Prüfverfahrens zur Qualitätssicherung beim Einsatz von NIR-Sensoren
 - Einsatz von NIR-Sensoren zur Quantifizierung der Nährstoffgehalte in flüssigen Wirtschaftsdüngern
- Aggregate werden bereits in Praxis eingesetzt, Fragen zu Anerkennung und Verwendbarkeit der Ergebnisse
- bisher Freigabe durch einzelne Bundesländer



NIRS zur Gülle/Gärrest-Analyse zu lösende Aufgaben (Auswahl)

- möglichst bundesweit einheitliche Anerkennung der NIRS-Technologie als gleichwertiges Messverfahren
- Standardisierung bei der NIRS Anwendung
 - regelmäßige Wartung der Sensoren; evtl. fester Wartungsvertrag
 - Zulassungsprozess für neue Kalibrationsmodelle
 - Sicherstellung, dass eine Gülle/Gärrest von der Messung und Dokumentation ausgeschlossen wird, wenn es dafür keine passende Kalibration gibt
 - möglichst bundesweit einheitliche Dokumentation der Messwerte
- Für welche Güllen/Gärreste werden noch Kalibrationen benötigt?
- evtl. Investitionsförderung
- deutsche Beteiligung an Festlegung eines EU-Standards für die Wirtschaftsdünger-Referenzanalytik
-

Quelle: ergänzt nach Lorenz 2020, Grachtrup 2020 u.a.



P und K aus organischer Düngung

- organische Düngemittel leisten den weitaus größten Beitrag zur PK-Zufuhr in Sachsen
- P- und K-Gehalte organischer Düngemittel werden in voller Höhe auf den Düngebedarf angerechnet
- P aus organischen Düngern wirkt langsam, diese Zufuhr reicht bei akutem Mangel nicht aus
- K aus organischen Düngern ist leichter verfügbar
- unbedingt schlagspezifische Berechnung
- bei heterogenen Schlägen: teilschlagspezifische Ausbringung zu empfehlen
- schwankende Inhaltsstoffgehalte organischer Düngemittel beachten, insbes. von Gärresten und Komposten; => regelmäßige Analyse
- Klärschlamm ist insbes. bei P eine Düngungsalternative, dabei sind die rechtlichen Vorgaben unbedingt zu beachten



Richtwerte für P- und K-Gehalte organischer Düngemittel

		TS	Nährstoffgehalte in Frischmasse (kg/t bzw. kg/m ³)				
		%	N	NH ₄ -N	P	K	Mg
Stallmist	Rind	25	6,1	1,2	1,41	10,34	0,80
	Schwein	25	7,1	1,8	2,35	5,38	1,30
	Schaf	30	9,0	2,7	2,35	16,15	1,10
Gülle dünn	Rind	4	1,9	0,9	0,33	2,21	0,25
	Schwein	4	3,8	2,5	1,13	2,10	0,30
Gülle normal	Rind	8	3,8	1,9	0,66	4,42	0,50
	Schwein	8	7,5	4,9	2,25	4,20	0,60
Gülle dick	Rind	12	5,7	2,8	0,99	6,61	0,75
	Schwein	12	11,3	7,4	3,38	6,30	0,90
Hühnertrockenkot		50	28,6	10,9	10,04	16,68	3,13

P/K-Gehalte sind zu 100 % anzurechnen, zeitliche Verfügbarkeit aber differenziert!

- für Klärschlamm, und Gärreste sind Untersuchungen der konkreten Materialien erforderlich, für Komposte ebenfalls dringend anzuraten

Quelle: Nährstoffgehalte organischer Dünger aus konventionellem Landbau, Datensammlung Düngerecht des LfULG, 2021

Aufbereitung flüssiger organischer Düngemittel

Zielstellung:

- Erhöhung der Transportwürdigkeit (geringerer Wassergehalt)
- Einsparung Lagerkapazität
- schwerpunktmäßige Auftrennung von enthaltenem N und P

Wie?

- verschiedenste Technologien von einfacher Abpressung über Trocknung und Umkehrosmose bis zur Vollaufbereitung zu Ammoniumsulfatlösung, P-Salzen und organischem Material
- differenzierter Stand der Praxistauglichkeit und Wirtschaftlichkeit

Beachten:

- Separierungsprodukte (feste u. flüssige Phase) bleiben unabhängig vom TS-Gehalt Gärreste mit allen Vorgaben für Lagerkapazität, Ausbringungszeiten und -mengen



Foto: Grunert, LfULG



Foto: Grunert, LfULG

Nährstoffgehalte aufbereiteter Gärreste

		NawaRo-Gärrest	
		flüssig	fest
Trockenmasse	%	6,9 4,6 - 10,1	< 27,5 21,1 - 30,1
N gesamt	kg/t bzw. kg/m ³	4,9 3,3 - 7,1	< 6,8 4,3 - 9,6
N mineral.	kg/t bzw. kg/m ³	2,4 1,0 - 4,5	> 1,4 0,7 - 3,1
P gesamt	kg/t bzw. kg/m ³	0,9 0,4 - 1,6	< 3,0 1,2 - 9,3
K gesamt	kg/t bzw. kg/m ³	4,3 3,1 - 5,5	≤ 6,2 2,9 - 6,5
pH-Wert		7,9 7,5 - 8,3	≤ 8,6 8,1 - 8,9
C/N-Verhältnis		6,2 4,4 - 8,8	< 21,7 13,1 - 29,2
organ. Substanz	kg/t bzw. kg/m ³	29,2 18,5 - 43,4	< 134 96,8 - 143,7
humuswirks. C	kg/t bzw. kg/m ³	8,8 5,5 - 13,0	< 47,5 33,9 - 50,3



Foto: Grunert, LfULG

Quelle: Erhebung Bundegütegemeinschaft Kompost e.V. 2014,
In: DLG-Merkblatt 397 Gärreste im Ackerbau effizient nutzen, 10/2017

Aufnahme organischer Düngemittel in den Betrieb?

Vorteile:

- insbesondere in Ackerbaubetrieben: P-, K- und Humusquelle
- Deklaration der Nährstoffgehalte
- oft preiswerte Angebote (Humus-, Nährstoffwerte, Ausbringungskosten anrechnen)

Nachteile:

- Image - insbesondere in der Bevölkerung („Güelletourismus“, Geruch, ...)
- geringere N-Wirksamkeit im Ausbringungsjahr (N-MDÄ berücksichtigen)
- Abhängigkeiten (terminlich, Transportunternehmen) => evtl. Zwischenlagerung
- hohe Radlasten bei der Ausbringung, Gefahr von Strukturschäden

=> Aufnahme insbesondere wenn:

- Humus- und Nährstoffbedarf (P, K, S, Mikronährstoffe)
- klare Deklaration (Nährstoffgehalte, Schadstoffe)
- Kostenvorteile bestehen



Verbesserung der N-Effizienz in Ackerkulturen

Management organischer Düngemittel ist sicher ein Handlungs-Schwerpunkt

Verbesserungen sind betriebsabhängig u.a. erreichbar durch:

- Ausweitung der Ausbringung im Frühjahr zu weiteren Kulturen wie WWeizen, WGerste, WRaps

- optimale Verteilung auf verfügbaren Betriebsflächen

Ausbringung weitestgehend zeitgerecht zum Nährstoffbedarf

- fachlich qualifiziertere N-Anrechnung als nach DüV
(je nach Düngemittel, Kulturart, Ausbringungszeit ...)

- Optimierung der Ausbringungstechnik:

- emissionsmindernde Applikation
- Verminderung des Bodendrucks

- Verbesserung der Ausbringungsgenauigkeit

- Verwendung von Nitrifikationshemmstoffen

- Erstellung eines Ausbringungsplans

- ggf. Erweiterung Lagerkapazität, Separierung
oder Abgabe organischer Düngemittel an andere Betriebe

- Inhaltsstoffanalysen (ggf. zukünftig auch mit NIRS)

- evtl. zukünftig Ansäuerung -



Foto: Grunert, LfULG



Foto: Grunert, LfULG



Foto: Grunert, LfULG

Informationen zur Düngung

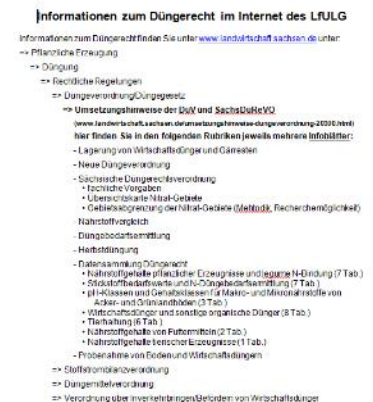
Seit 1.5.2020 gilt die novellierte Düngeverordnung.

Seit dem 1.1.2021 gilt die Sächsische Düngerechtsverordnung vom 30.12.2020.

Bitte beachten Sie, dass teilweise Bundesland-spezifische Regelungen gelten.

Bitte nutzen Sie das Informationsangebot des LfULG:

- Düngung: <https://www.landwirtschaft.sachsen.de/duengung-20165.html>
- DüV: <https://www.landwirtschaft.sachsen.de/umsetzungshinweise-dungeverordnung-20300.htn>
auf dieser Seite auch Hinweise zur SächsDüReVO
- StoffBilV: <https://www.landwirtschaft.sachsen.de/stoffstrombilanzverordnung-20315.html>
- BESyD: <https://www.landwirtschaft.sachsen.de/besyd>
- fachliche Hinweise zur Düngung: <https://www.landwirtschaft.sachsen.de/fachliche-hinweise-45263.html>



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Foto: Grunert

Dr. Michael Grunert (035242) 631-7201 michael.grunert@smul.sachsen.de