



# Hofdünger – Eine agronomische Betrachtung

Pflanzenbautagung 2025 Wallierhof

14. Januar 2025

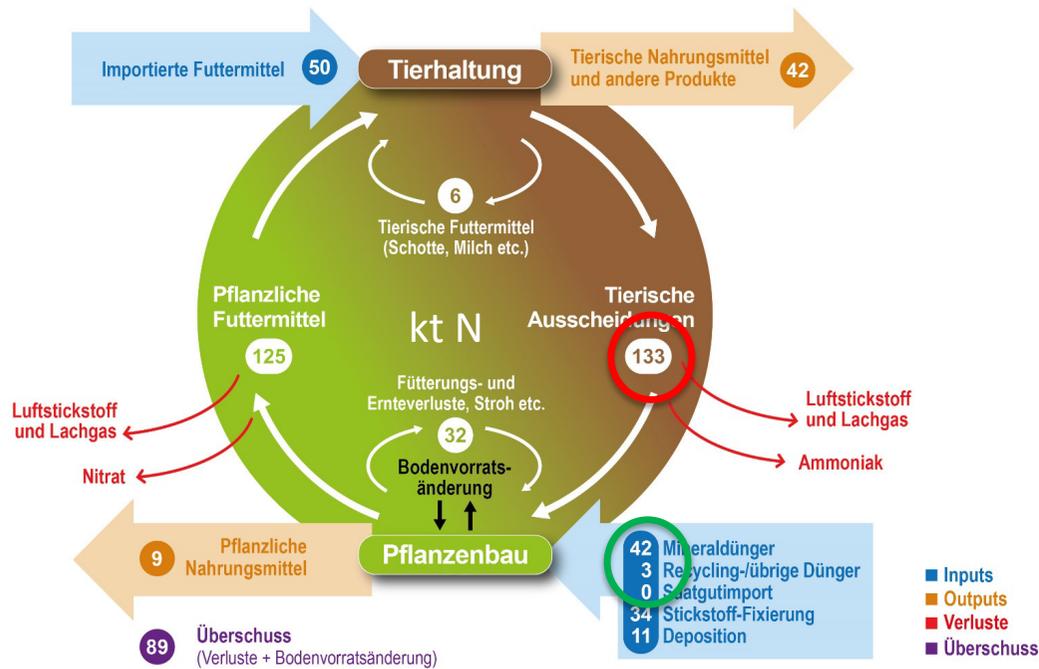
Dr. Beat Reidy

► Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL

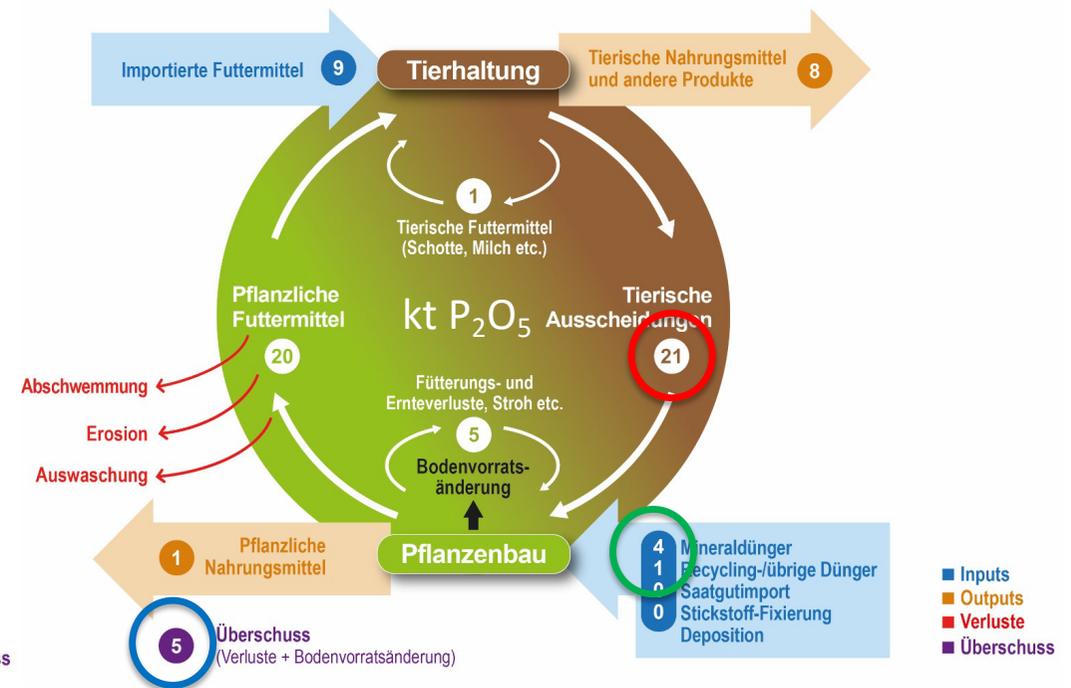
# Inhalte

- ▶ Relevanz und Arten von Hofdünger
- ▶ Typische Gehalte und N-Formen
- ▶ N-Formen und N-Düngungswirkung
- ▶ Verluste und optimaler Ausbringzeitpunkt

# Hofdünger – der wichtigste Dünger in der Schweiz



- ▶ 75 % des gedüngten N aus Hofdünger



- ▶ 81 % des gedüngten P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aus Hofdünger

# Definitionen

## ► Hofdünger, Wirtschaftsdünger

- Sammelbegriff für organische Dünger, die durch die Ausscheidungen bei der Tierproduktion entstehen. Inbegriffen sind auch Einstreu, Sickerverluste von Silage, etc.



Urin



Kot



Einstreu- und  
Futterreste



Reinigungs- und  
Verdünnungswasser

- Je nach Anteil der jeweiligen Substanzen in Hofdünger ergibt sich eine unterschiedliche Zusammensetzung und Beschaffenheit der Hofdünger

## Vollgülle, Gülle

- ▶ Wichtigster Hofdünger
- ▶ Gemisch aus Harn, Kot, Einstreu und Wasser
- ▶ Durch geringen TS-Gehalt pumpfähig
- ▶ Benötigt wenig Einstreumaterial



# Jauche und Stapelmist

- ▶ Jauche, kjotarme Gülle
  - ▶ Gemisch aus Harn, wenig Kot und Einstreu und Wasser
- ▶ Stapelmist (fumier au tas)
  - ▶ Kot und Stroh mit geringen Mengen Harnanteil
- ▶ Traditionelle Anbindesysteme mit Standflächen



## Laufstallmist, Tretmist

- ▶ Harn, Kot und Stroh vermischt und „durchgetreten“
- ▶ Lagerung während längerer Zeit im Stall
- ▶ Grosse Mengen an Einstreu benötigt
- ▶ Nährstoffumwandlungen während der Lagerphase



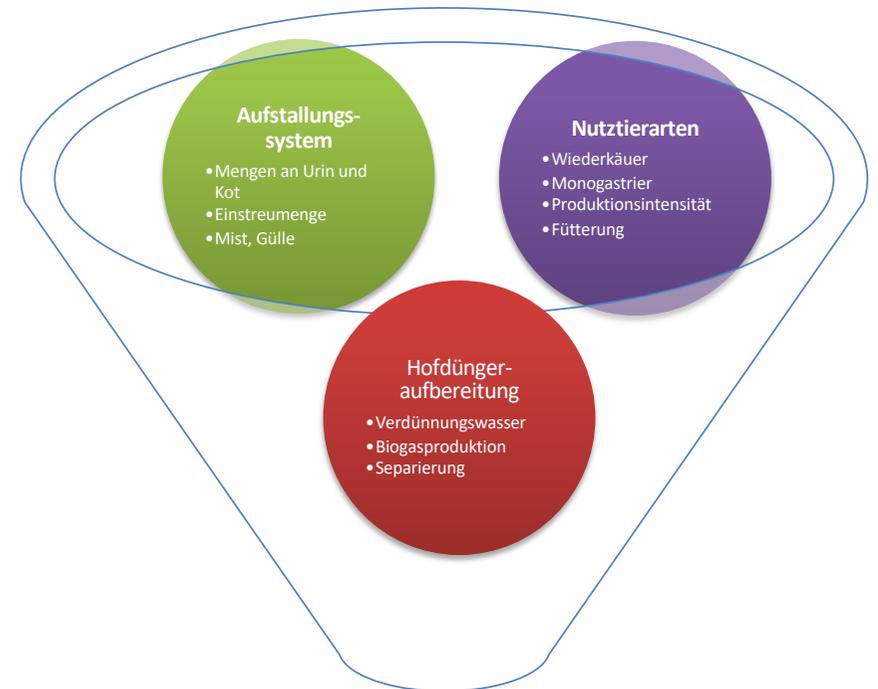
## Organische Reststoffe

- ▶ Recyclingdünger; Kompost, festes und flüssiges Gärgut, unverrottetes pflanzliches Material
- ▶ Sehr heterogene Zusammensetzung, abhängig von den Ausgangssubstraten



# Hofdünger sind keine homogene Substanz

- ▶ Chemisch gesehen sind Hofdünger eine Suspension (Gülle) bzw. Stoffgemisch (Mist) von unterschiedlichen Substanzen
- ▶ Nährstoffgehalte schwanken von Betrieb zu Betrieb als auch zeitlich stark
  - ▶ Unterschiede in der Futterration
  - ▶ Menge des Verdünnungswassers
  - ▶ Einstreumenge
  - ▶ Stall- bzw. Weidehaltung



**Hofdünger mit betriebsspezifischen Gehalten und Verfügbarkeiten der Nährstoffe**

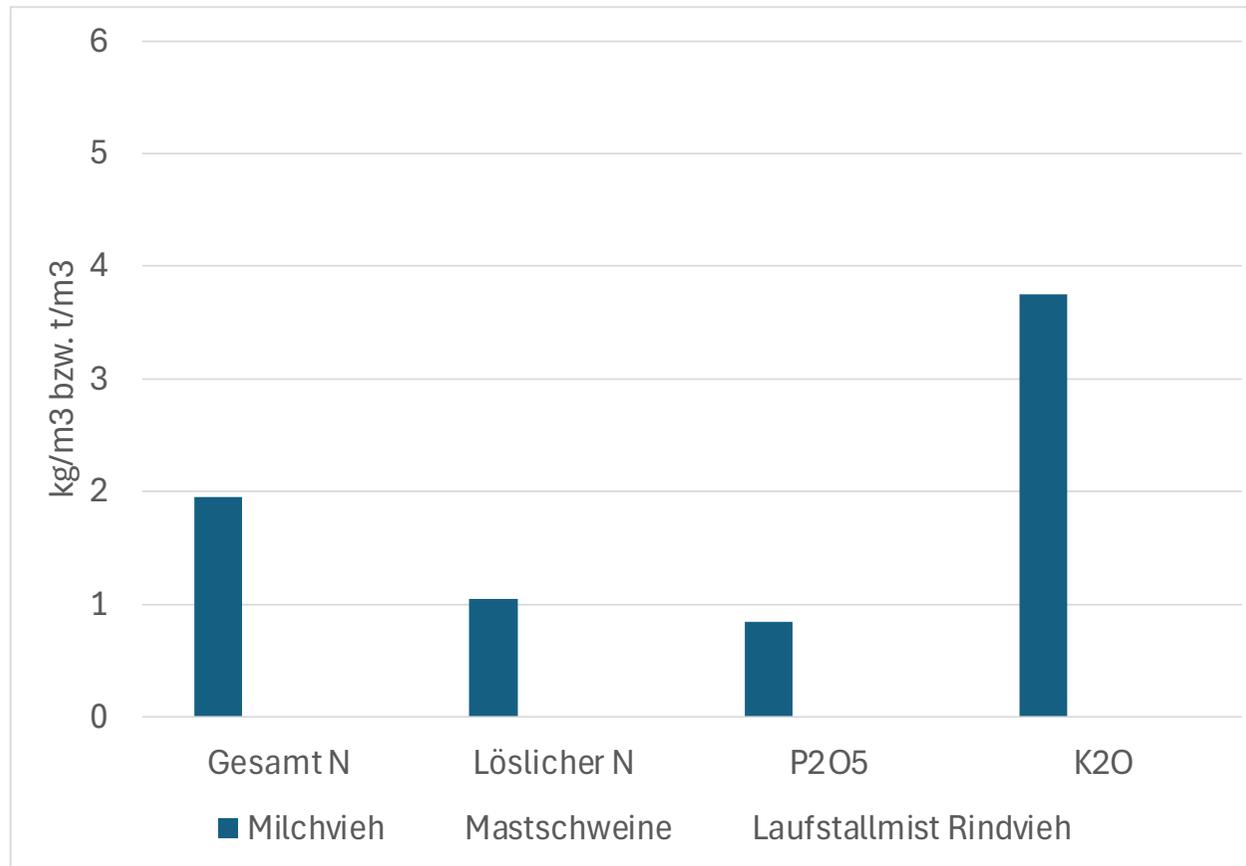
Hofdünger sind keine homogene Substanz  
 → Effekt keines Aufrührens vor dem Ausbringen

TABELLE 22

	kg/m <sup>3</sup>					
	TS	org. S	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Cu
Faß Nr. 1	30	20	4,9	2,4	3,0	0,008
Nr. 2	34	23	5,0	2,7	3,0	0,009
Nr. 3	46	33	5,4	3,5	2,9	0,013
Nr. 4	97	77	5,8	5,8	2,9	0,016
Nr. 5	125	101	6,2	7,1	2,9	0,019
Nr. 6	131	106	6,5	7,4	2,9	0,020
In Faß 6 xmal mehr als in Faß 1	4,4	5,3	1,3	3,1	1	2,5

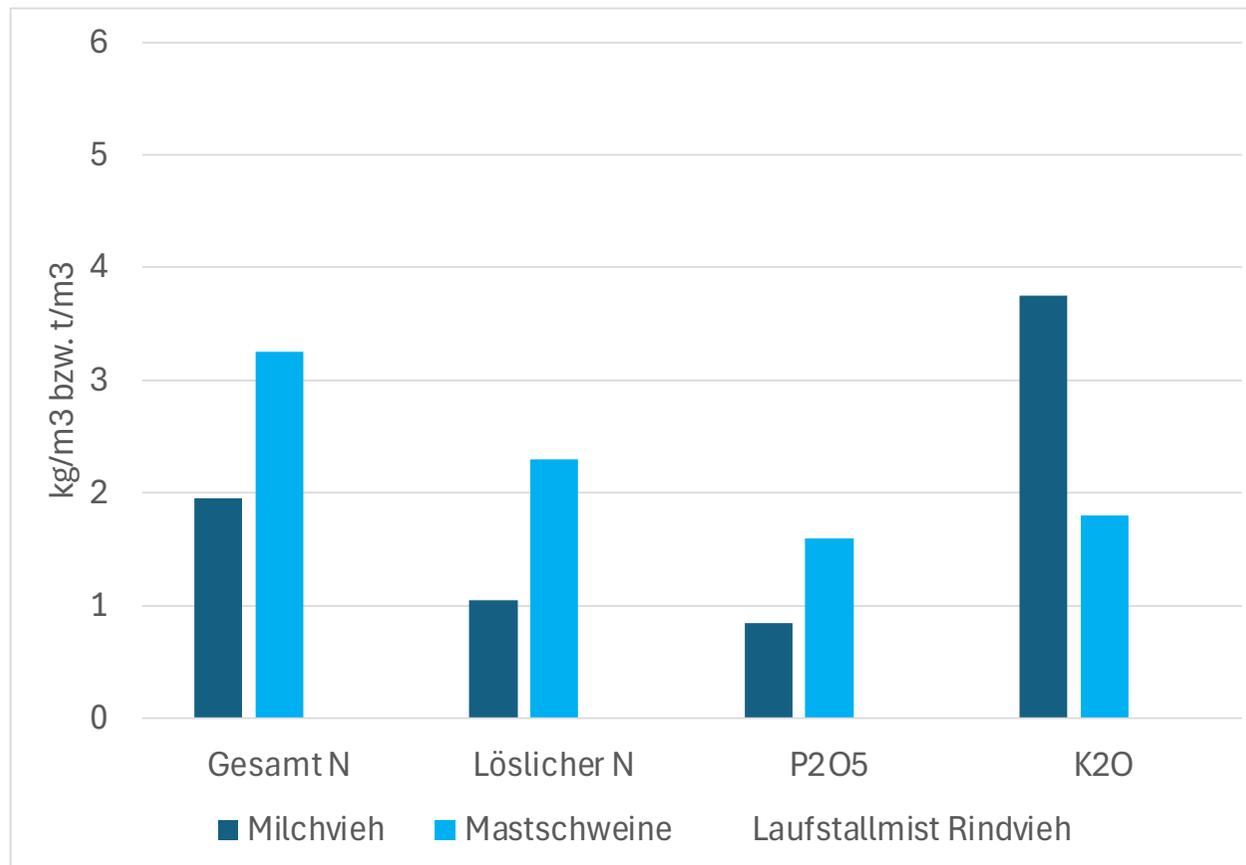
*Trockensubstanz- und Nährstoffgehalte von Schweinegülle in unterschiedlichen Fässern, ermittelt in der Reihenfolge des Ausfahrens (Gülleentnahme aus einer Güllegrube unterm Stall ohne vorheriges Aufrühren).*

# Typische Nährstoffgehalte von Hofdüngern – Milchvieh Vollgülle

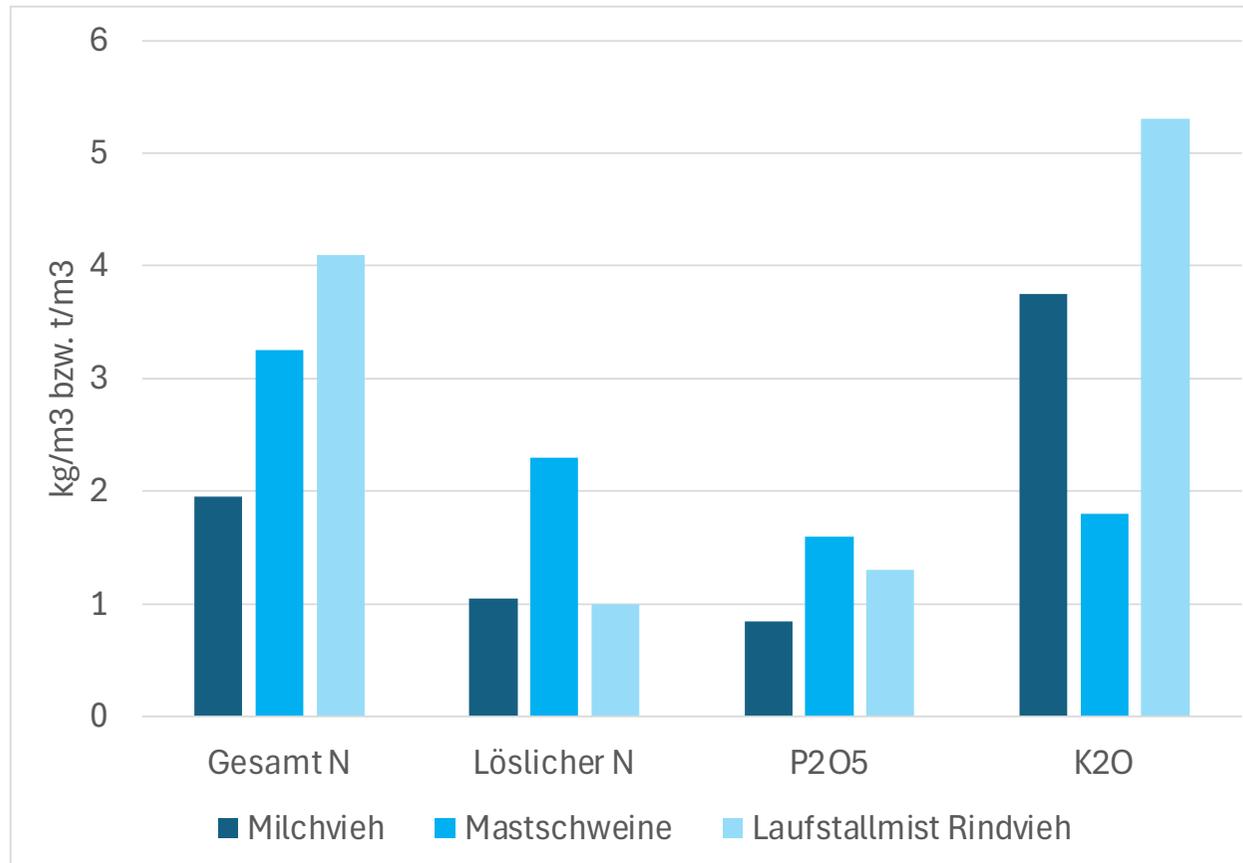


GRUD (2017)

# Typische Nährstoffgehalte von Hofdüngern – Mastschweine Vollgülle

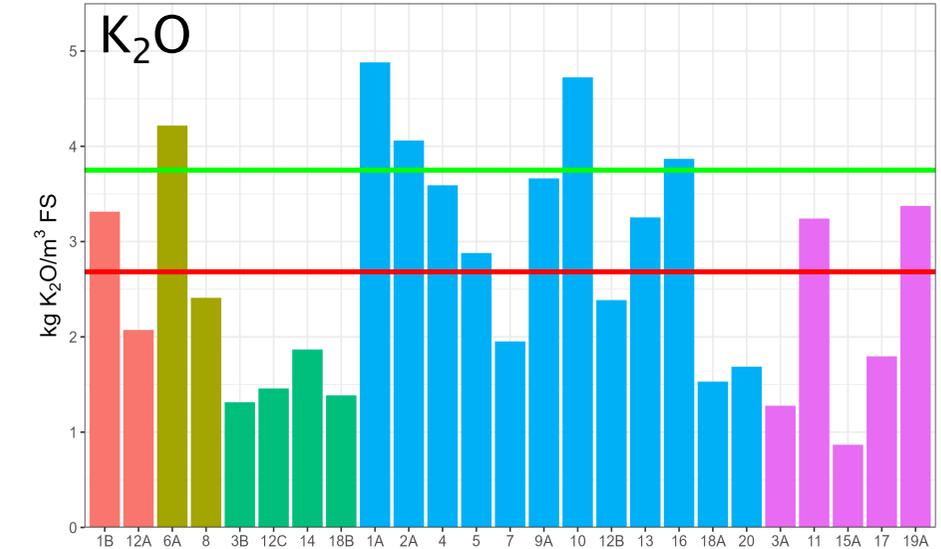
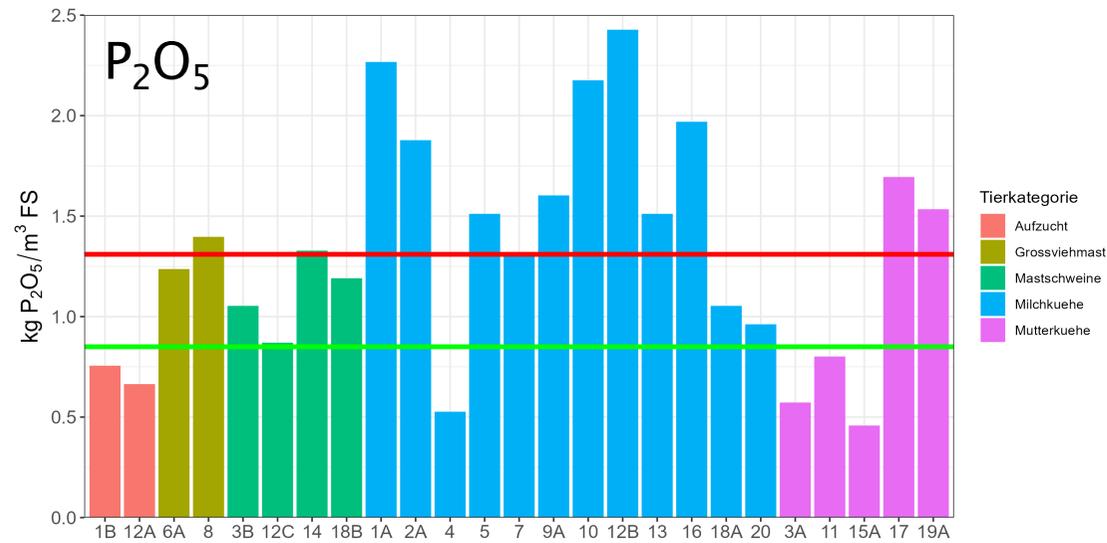
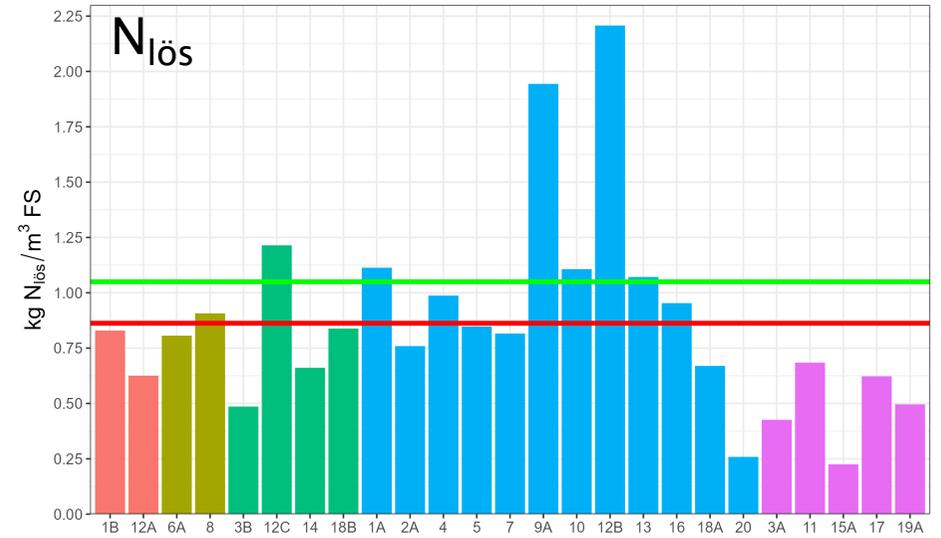
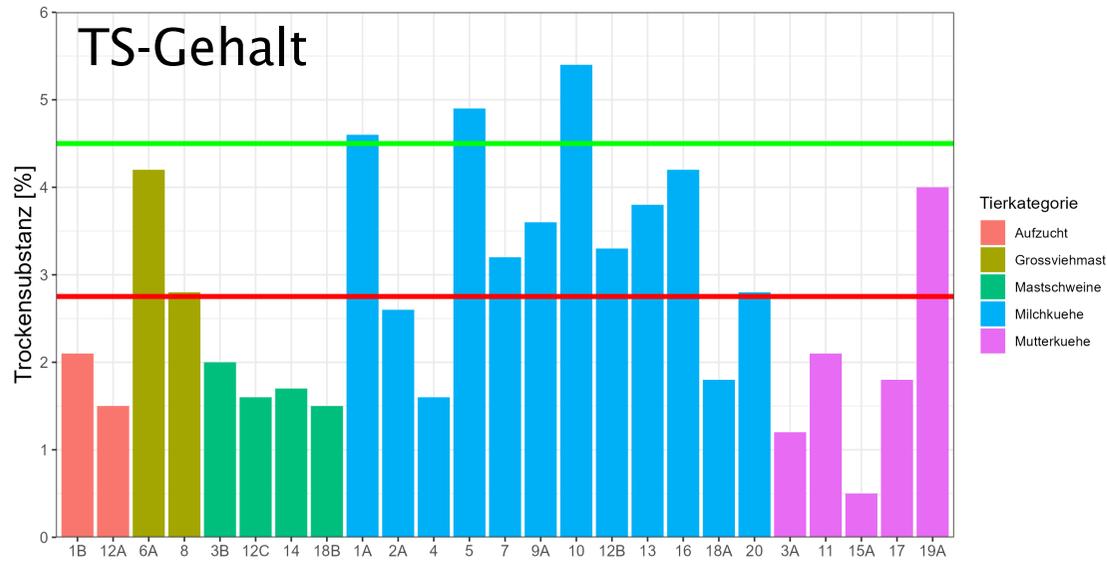


# Typische Nährstoffgehalte von Hofdüngern – Laufstallmist



GRUD (2017)

# Nährstoffgehalte Proben von HAFL Praxisbetrieben



# Hofdünger sind Mehrnährstoffdünger

- ▶ Hofdünger sind Mehrnährstoffdünger (Volldünger)
  - ▶ Sie weisen eine fixe Nährstoffzusammensetzung auf, die Nutztierspezifisch ist
- ▶ Hofdünger haben eine relativ niedrige Nährstoffkonzentration
  - ▶ 1 t Vollgülle ca. 1 kg N
  - ▶ 1 t Pouletmist ca. 10 kg N
  - ▶ 1 t Ammonsalpeter 270 kg N

## Vergleich der NPK-Gehalte und der Düngernorm

	N	P2O5	K2O
<b>Verhältnis N:P:K Milchviehgülle</b>	<b>1.0</b>	<b>0.8</b>	<b>3.6</b>
Verhältnis N:P:K Bedarf Wiese	1.0	0.7	2.3
Verhältnis N:P:K Bedarf Silomais	1.0	0.9	2.1
<b>Verhältnis N:P:K Mastschweinegülle</b>	<b>1.0</b>	<b>0.7</b>	<b>0.8</b>
Verhältnis N:P:K Bedarf Weizen	1.0	0.5	0.6
Verhältnis N:P:K Bedarf Silomais	1.0	0.9	2.1

# Hofdüngeranalysen - welche (N-)Düngewirkung kann erwartet werden?

## Laboranalyse

- Kosten ca. 120 CHF
- Sämtliche Nährstoffe und weitere Parameter (pH, TS-Gehalt, C/N-Verhältnis)

## Prüfbericht

Auftrag: 077512  
 Probenentnahme durch Kunden: 01.09.2016  
 Probeneingang im Labor: 02.09.2016  
 Prüfzeitraum: 02.09.2016 bis 13.09.2016  
 Probenbezeichnung Kunde: DV Rütli 5. Gabe 2016



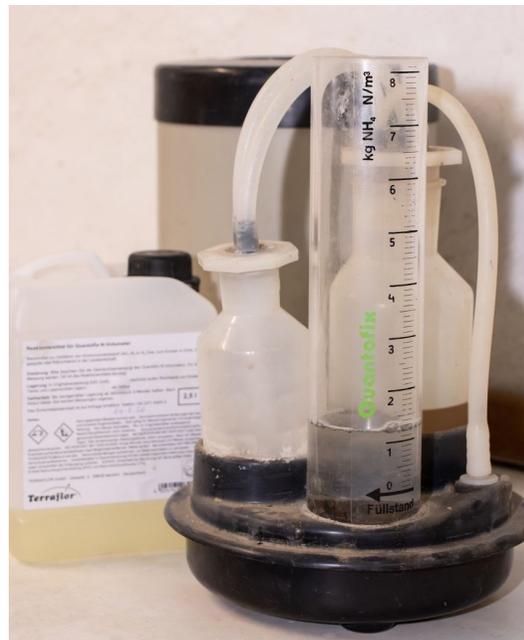
Probenart:  
 Probennummer lbu:  
 Analysenpaket:

## Ergebnisse

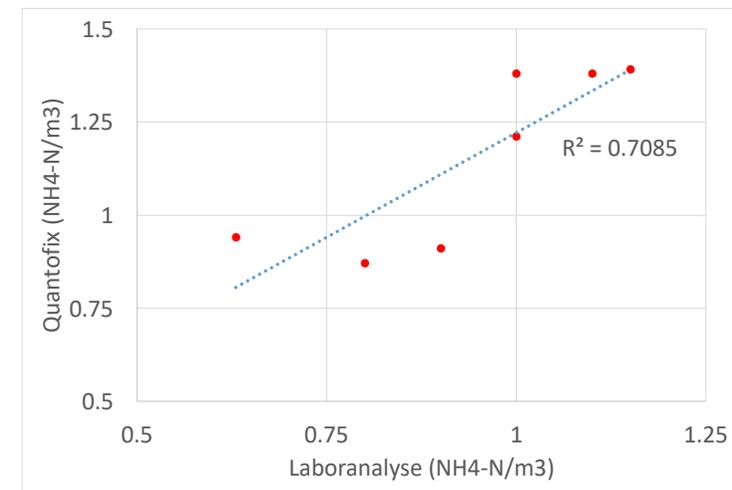
Parameter	Ergebnis	Grenzwerte	
		ChemRRV	Einheit
Trockensubstanz TS 105°C	6.4		%
Glührückstand 500°C	25.0		%
Glühverlust 500°C	75.0		%
Kohlenstoff Corg	435.0		g/kg TS
pH-Wert	7.59		
Gesamt-N nach Kjeldahl	63.5		g/kg TS
Ammoniumstickstoff N-NH4	32.6		g/kg TS
C/N-Verhältnis	6.85		
Phosphor P	9.05		kg/t TS
Phosphorpentoxid P2O5	20.74		kg/t TS
Kalium K	43.9		kg/t TS
Kaliumdioxid K2O	52.95		kg/t TS
Calcium Ca	37.3		kg/t TS
Magnesium Mg	7.98		kg/t TS
Schwefel S	7.79		kg/t TS

## Schnelltest (Quantofix)

- Messung des NH<sub>4</sub>-N (Nlös)
- Einfach, sofort verfügbare Angabe zum schnell verfügbaren N-Gehalt

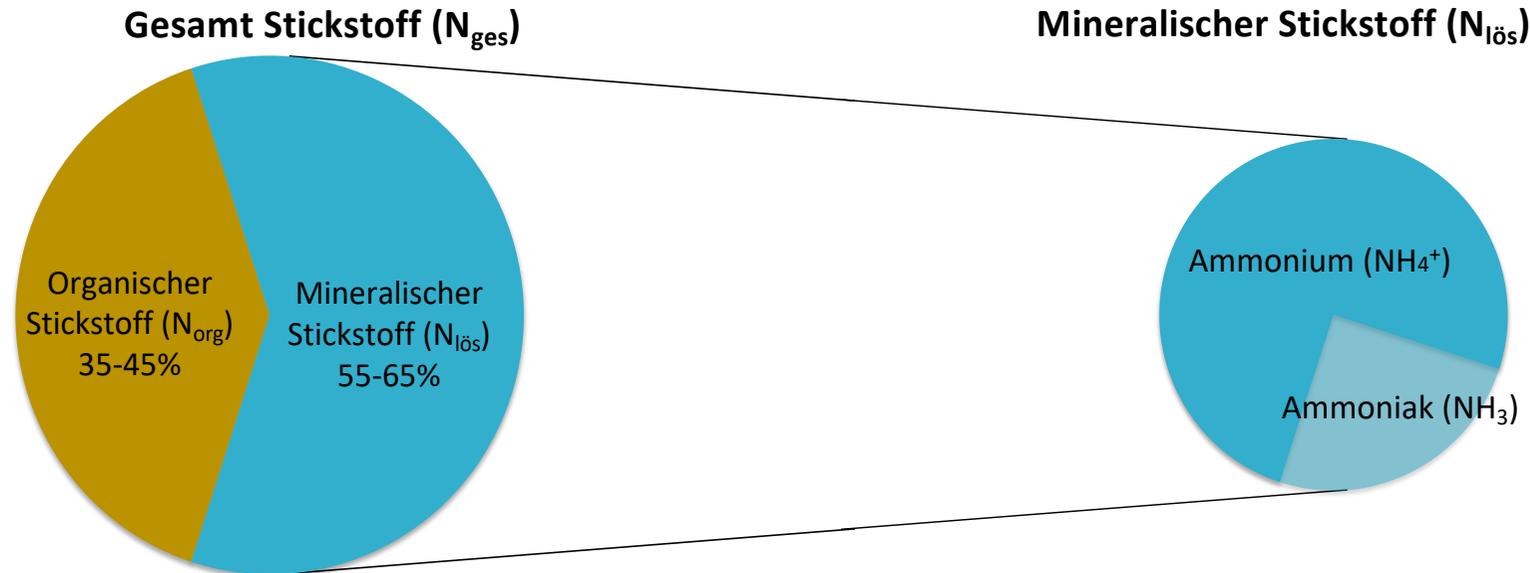


## Übereinstimmung Laboranalyse/Schnelltest



Zeller et al (2024)

# Stickstoffformen in Hofdünger: Beispiel von Milchviehgülle

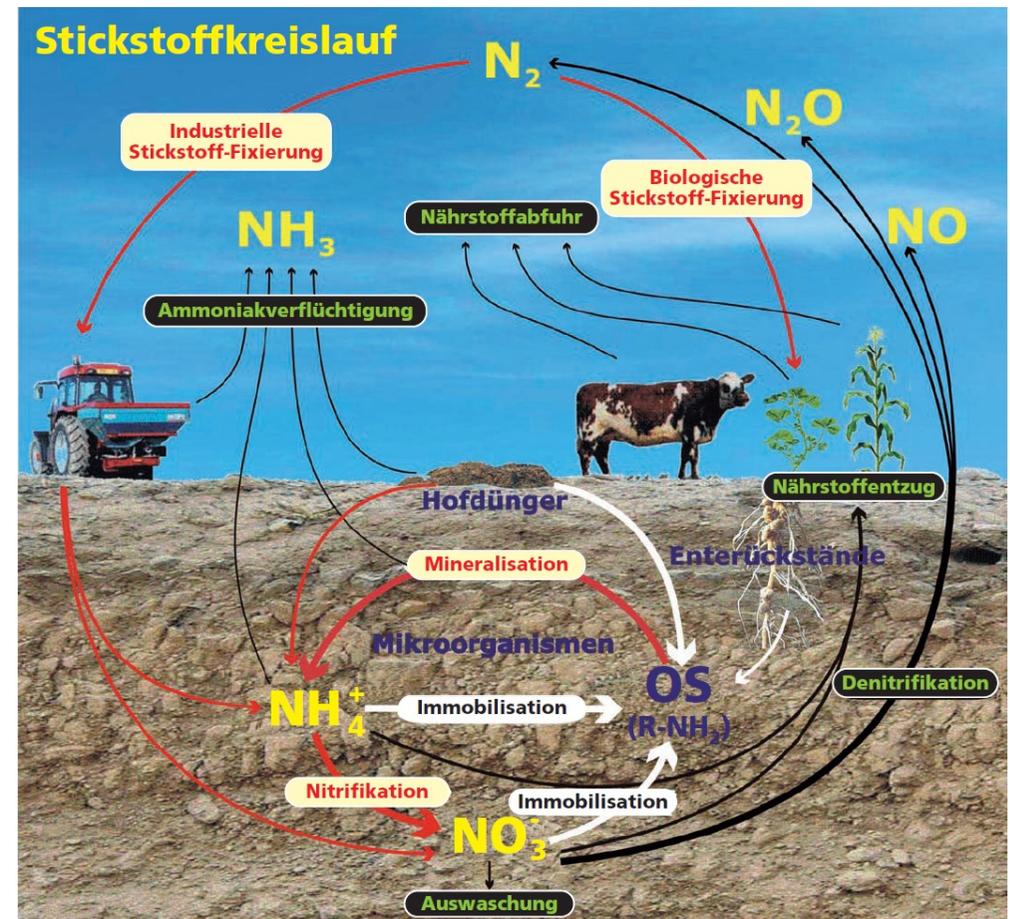


- ▶ Organischer (gebundener) Stickstoff (N<sub>org</sub>)
  - ▶ In der org. Substanz gebundener Stickstoff (v.a. im Kot ausgeschieden)
  - ▶ Kurzfristig nicht pflanzenverfügbar
- ▶ Mineralischer (löslicher) Stickstoff (N<sub>lös</sub>)
  - ▶ Kurzfristig pflanzenverfügbar
  - ▶ Potenziell gefährdet zur Ammoniak-Verflüchtigung (NH<sub>3</sub>)

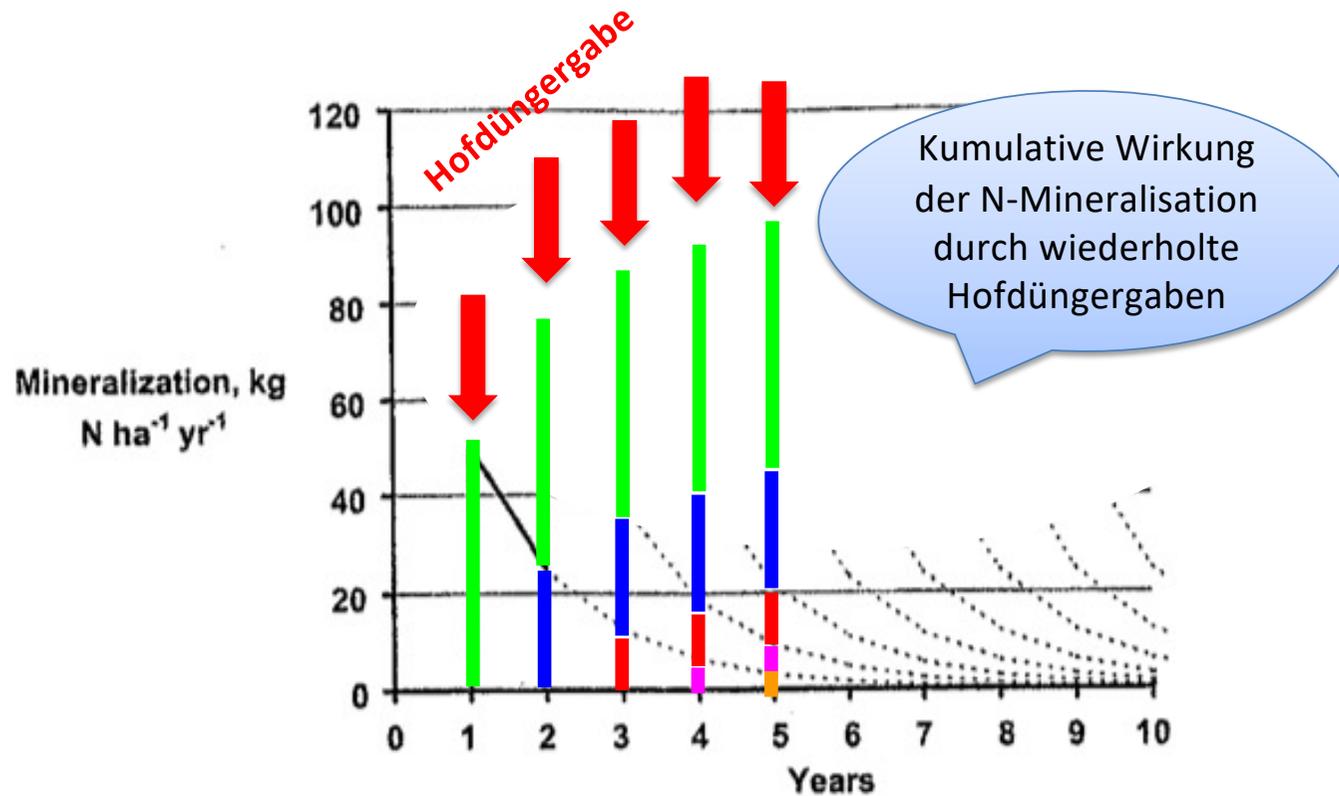
- ▶ Mineralischer Stickstoff (N<sub>lös</sub>)
  - ▶ unmittelbar pflanzenverfügbar
  - ▶ NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/NH<sub>3</sub>-Gleichgewicht wird durch pH bestimmt
  - ▶ NH<sub>3</sub> Fraktion verlustgefährdet über Ammoniakabgasung

# Vorhersage der N-Düngewirkung von Hofdüngern

- ▶ Die Prognose der N-Düngewirkung ist alles andere als einfach
  - ▶ Biologische Prozesse beeinflussen die Verfügbarkeit
    - ▶ Nitrifikation
    - ▶ Mineralisation
    - ▶ Immobilisation
  - ▶ Verlustpotenzial durch Ammoniakverflüchtigung, Nitratauswaschung und Denitrifikation
  - ▶ Starker Einfluss der Witterung (Niederschläge, Temperatur)

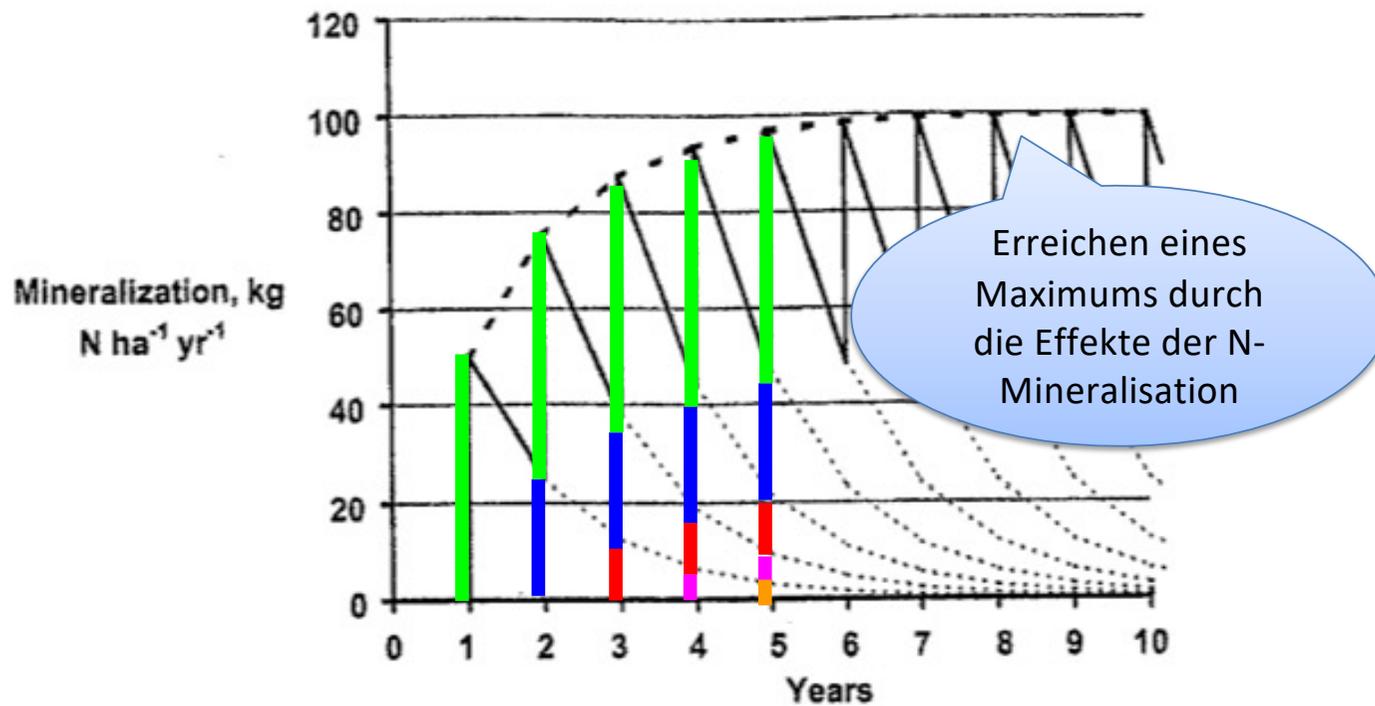


# Beispiel für die Mineralisation von organischem N bei wiederholten Hofdüngergaben (I)



Schröder (2005)

# Erreichen einer maximalen N-Wirkung bei regelmässigen Hofdüngergaben (II)



Schröder (2005)

# N-Mineralisation und N-Immobilisierung bei Düngung mit Mist

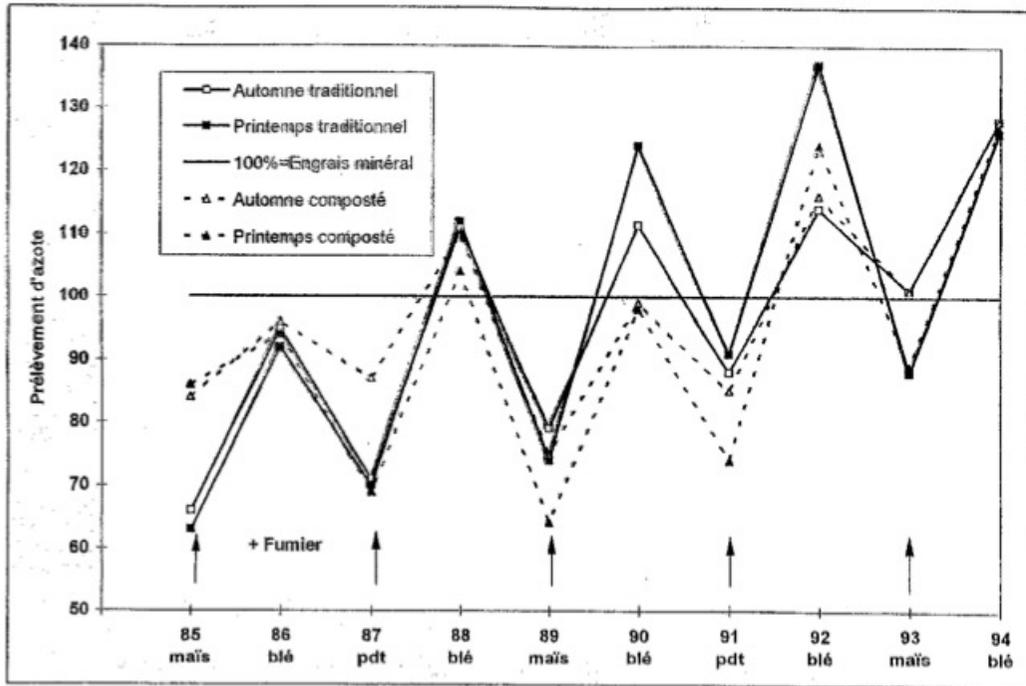


Fig. 1. Prélèvements d'azote par les cultures, exprimés en % de la variante «engrais minéral».

Ryser (1998)

- ▶ Eine Düngung mit Mist mit einem weiten C/N Verhältnis kann zur Immobilisierung von Stickstoff führen
  - ▶ Mistgabe führt im aktuellen Jahr zur Immobilisierung von N
  - ▶ N steht im Folgejahr aber durch Mineralisation wieder zur Verfügung
  - ▶ Verschiedene Mistformen unterscheiden sich in der N Wirkung

# Kohlenstoff/Stickstoff-Verhältnis (C/N-Verhältnis)

- ▶ Je grösser das C/N-Verhältnis eines organischen Düngers ist, desto langsamer erfolgt der Abbau im Boden und damit die Nährstoffwirkung
- ▶ Dünger mit einem hohen C/N-Verhältnis haben eine geringe N-Wirksamkeit
- ▶ Ein hohes C/N-Verhältnis (>20-30) von organischen Düngern oder Ernterückständen führt zu einer N-Immobilisierung (vorübergehenden Stickstoffsperre)

## Typische C/N-Verhältnisse

Substrat	C/N
Vollgülle	<15
Biogasgülle	<10
Pferdemist	20-30
Kompost	20-30
Stroh	50-150

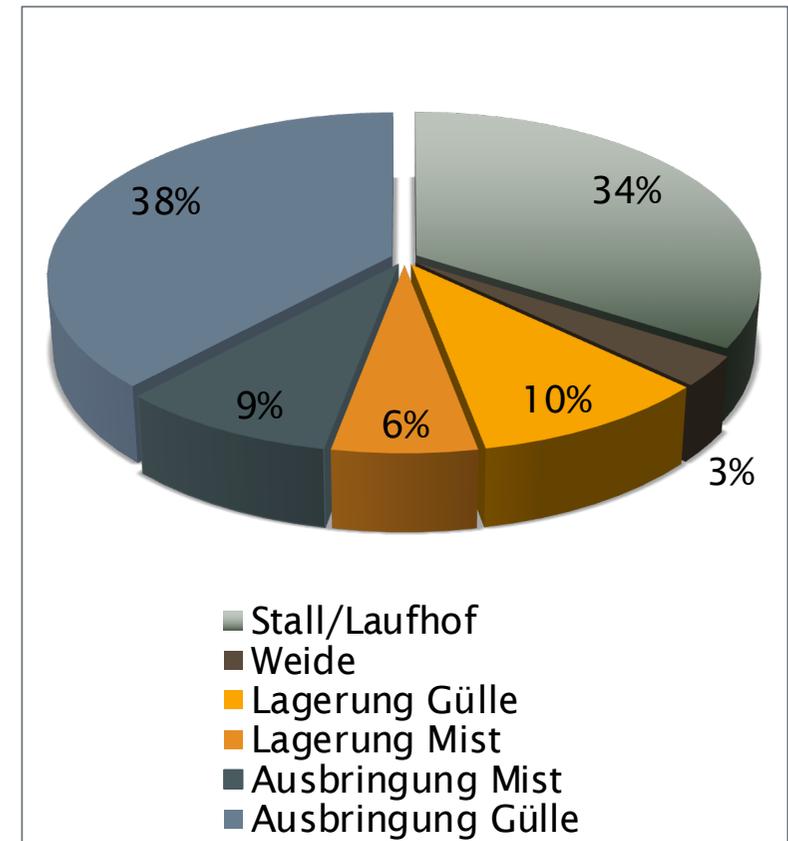
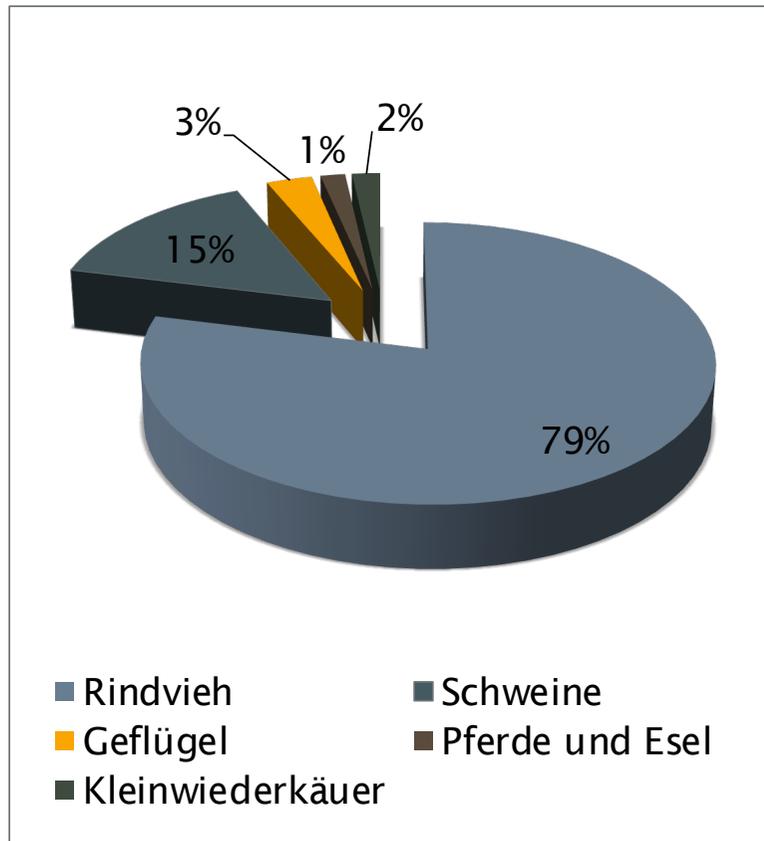
# N-Verfügbarkeit von Hofdüngern

Tabelle 7   Anteil des mittelfristig und im Anwendungsjahr verfügbaren Stickstoffs ( $N_{\text{verf}}$ ) in verschiedenen Hofdüngern.			
Hofdüngerart	Mittelfristige N-Verfügbarkeit in % des Gesamt-N-Gehaltes <sup>1</sup>	N-Verfügbarkeit im Anwendungsjahr in % des Gesamt-N-Gehaltes <sup>2</sup>	
		Futterbau	Ackerbau
Vollgülle	50–70	55	45
Rindviehgülle, kotarm	65–85	70	60
Stapelmist	20–40 <sup>3</sup>	20	15
Laufstallmist	25–50 <sup>3</sup>	25	20
Pferdemist	10–25 <sup>3</sup>	15	10
Schaf- und Ziegenmist	40–60 <sup>3</sup>	40	30
Schweinegülle	50–70	60	50
Schweinemist	40–60 <sup>3</sup>	4	35
Hennenkot (Kotband)	40–60 <sup>3</sup>	4	40
Hennenmist (Kotgrube, Bodenhaltung)	40–60 <sup>3</sup>	4	35
Geflügelmist (Mast), Poulet, Truten	40–60 <sup>3</sup>	4	35

<sup>1</sup> Diese Verfügbarkeit kann bei optimaler Verwertung der Dünger unter durchschnittlichen schweizerischen Boden- und Klimaverhältnissen erreicht werden. Sie umfasst sowohl die kurzfristige Wirkung wie die Nachwirkung in den folgenden Jahren (vgl. auch Definition  $N_{\text{verf}}$  in Anhang 1). Auf Parzellen, die regelmässig Hofdünger erhalten, kann diese Verfügbarkeit in Düngungsberechnungen verwendet werden, da damit auf einfache Weise auch die Nachwirkung früherer Hofdüngergaben berücksichtigt wird. Bei einmaligen Mistgaben kann die N-Wirkung auf zwei bis drei Jahre verteilt werden. Bei Gülle ist dies kaum sinnvoll. Im Futterbau ist eher mit den oberen, im Ackerbau eher mit den unteren Werten des angegebenen Bereiches zu rechnen.

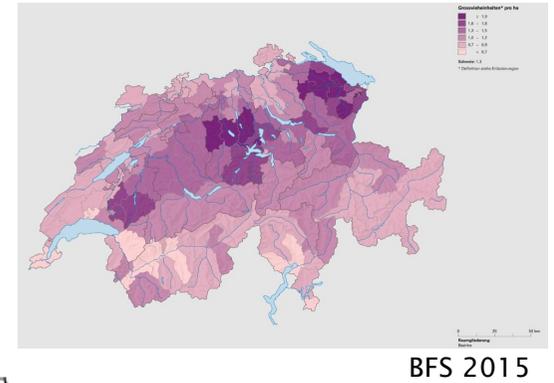
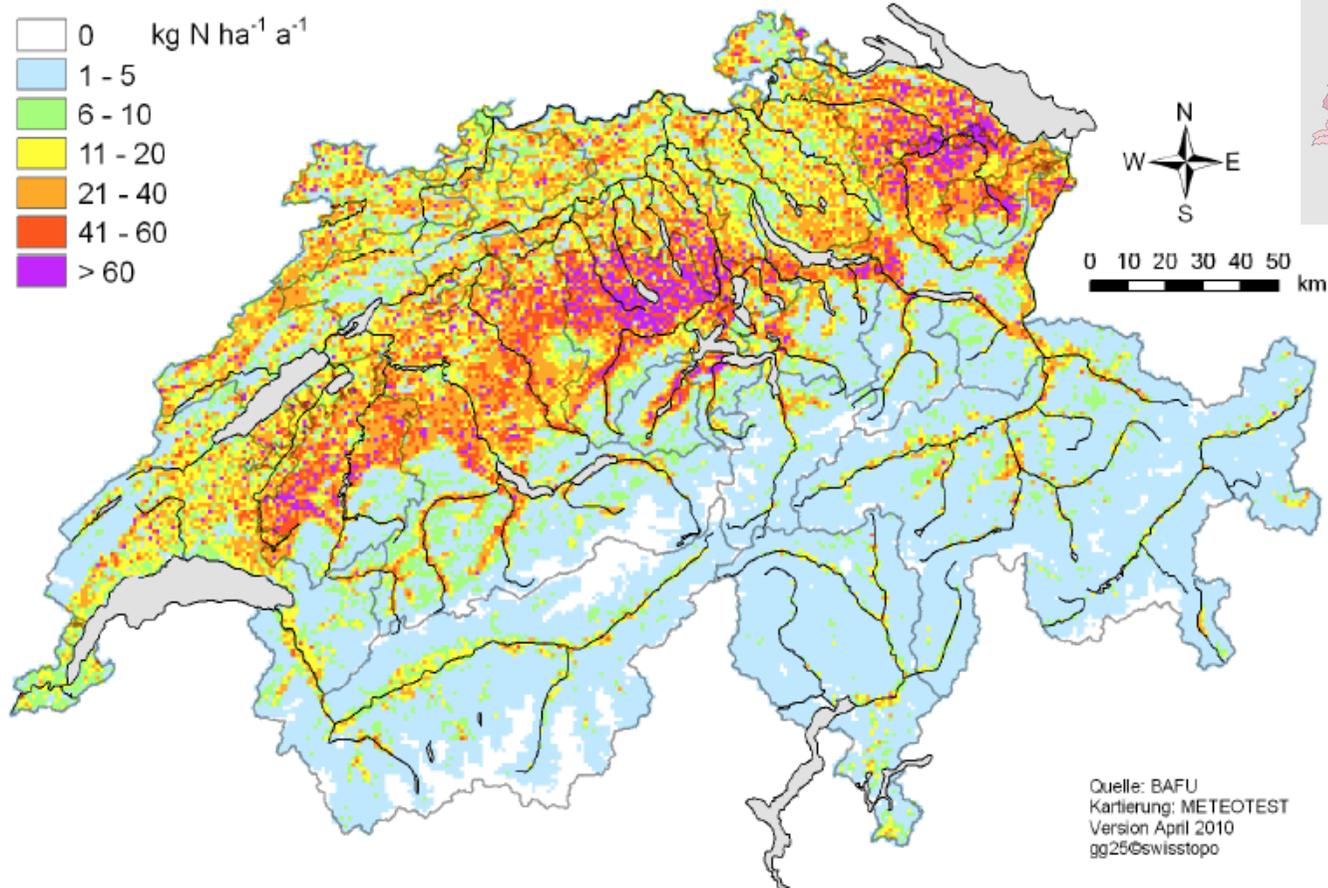
<sup>2</sup> N-Verfügbarkeit im Anwendungsjahr bei optimalem, verlustarmem Einsatz der Dünger. Der restliche N wird in den Folgejahren mineralisiert. Die Mineralisierung ist stark von den Boden- und Witterungsbedingungen abhängig. Die N-Verfügbarkeit kann je nach Zeitpunkt der Mineralisierung eine unterschiedliche agronomische und/oder ökologische Wirkung (Ertrag und Qualität der Pflanzen, Verluste) haben (vgl. auch Definition  $N_{\text{verf}}$  in Anhang 1).

# Ammoniak – Hauptverlustquelle für N in Hofdüngern



Kupper et al (2010), verändert

# Räumliche Verteilung der Ammoniakverluste



Kupper et al 2010, verändert

# Modell zur Berechnung der Ammoniakverluste

## ALFAM2 Modell zur Schätzung von Ammoniakemissionen nach Ausbringung von Gülle



### Eingaben

Ausbringungsmenge (t/ha)  
 Gehalt Nlös(kg/t)  
 Ausbringtechnik  
 Gülletyp  
 TS-Gehalt (%)  
 Gülle pH  
 Luft Temperatur (°C)  
 Windgeschwindigkeit (m/s)  
 Regenintensität (mm/h)  
 Einarbeitung  
 Zeit Einarbeitung nach Ausbringung (h)  
 Dauer (h)

### Eingabewerte

25
1.05
Breitverteiler
Rindvieh
4.5
7.2
10
1.5
0
keine
96

### Typische Werte

Nlös: Rindvieh 1 (0.5-2.5) kg/t, Schwein 3 (2-5) kg/t  
 TS: Rindvieh 5 (1-10)%, Schwein 3 (1-10)%  
 pH: Rindvieh 7.2 (6.8-7.7), Schwein 7.5 (7.0-7.9)

### Eingabebereiche

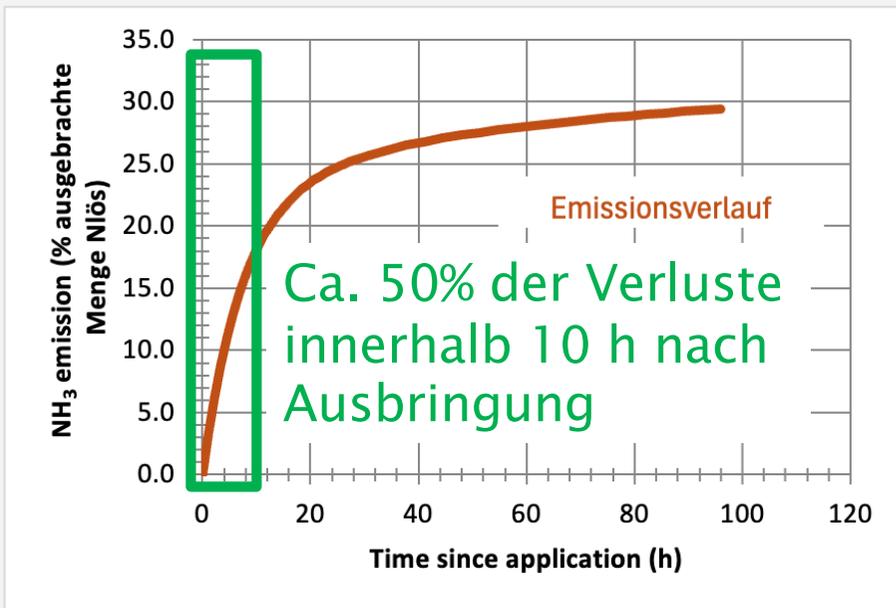
TS: 0-15%, pH: 5.5-9, Luft Temperatur: 0-30°C,  
 Wind: 0-10 m/s, Regen: 0-2.5 mm/h, Dauer: 0-168 h (7 d)

### Resultat

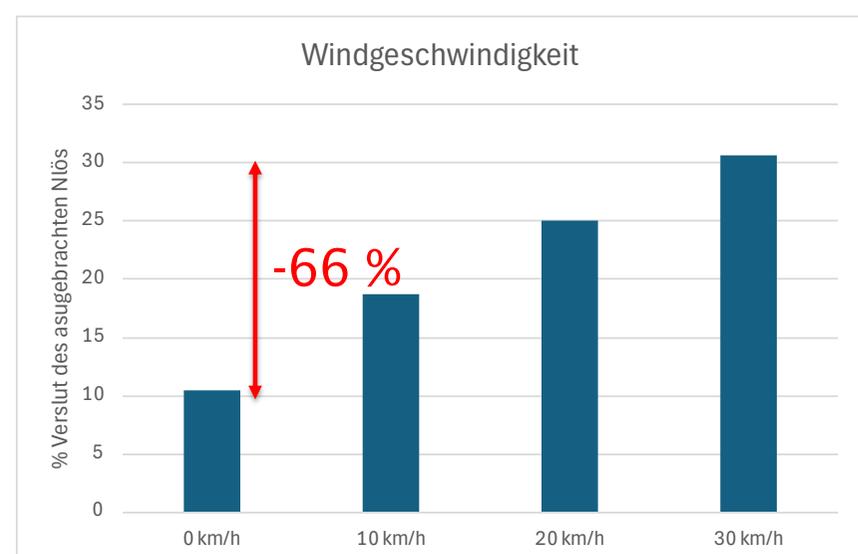
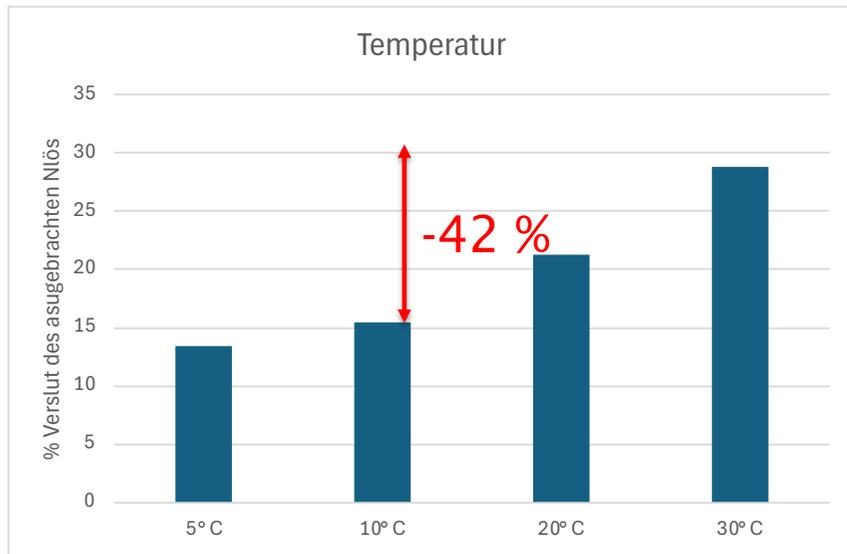
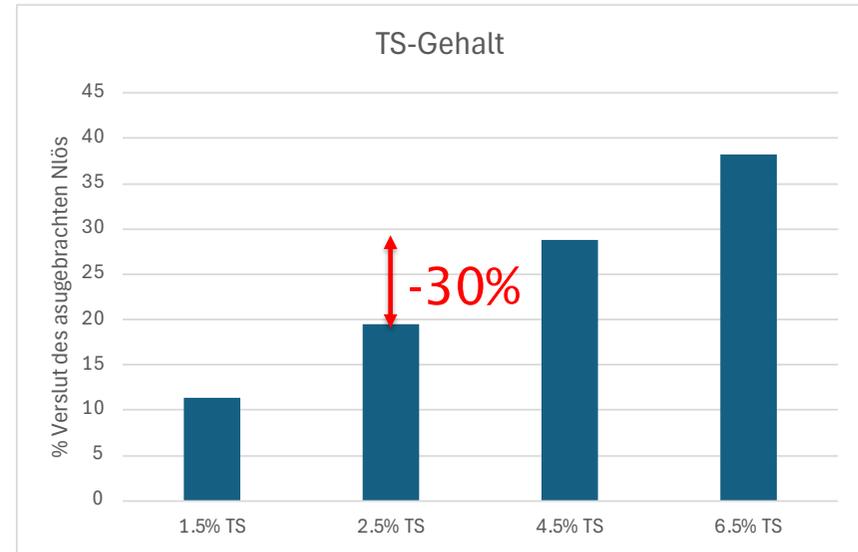
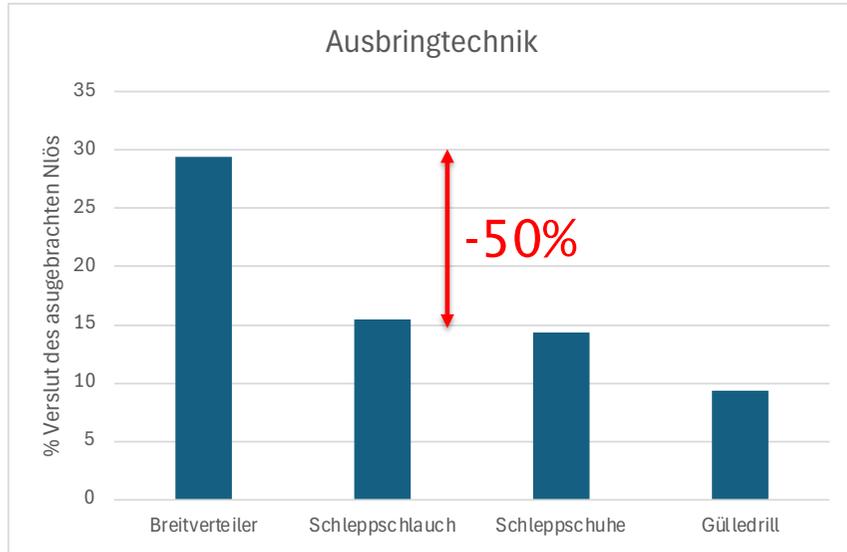
Ausgebrachte Menge Nlös (kg/ha)  
 Emission 96 h (kg Nlös/ha)  
 Emission 96 h (% ausgebrachte Menge Nlös)

### Wert

26.3
7.7
29.4

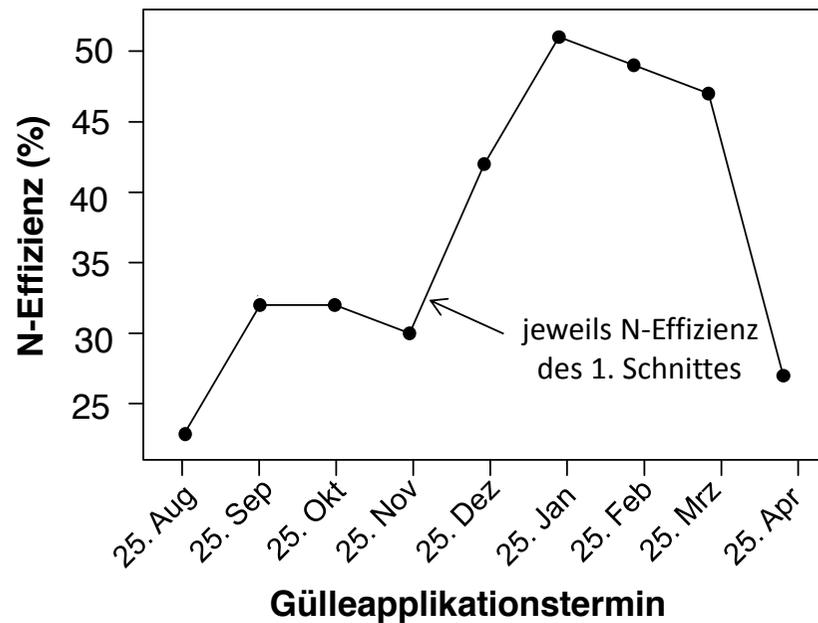


# Ammoniakverluste in Abhängigkeit unterschiedlicher Grössen



# Wann ist der optimale Ausbringzeitpunkt für Gülle auf Grasland?

## Beispiel aus Norddeutschland (Schleswig-Holstein)



Loges et al (2015)

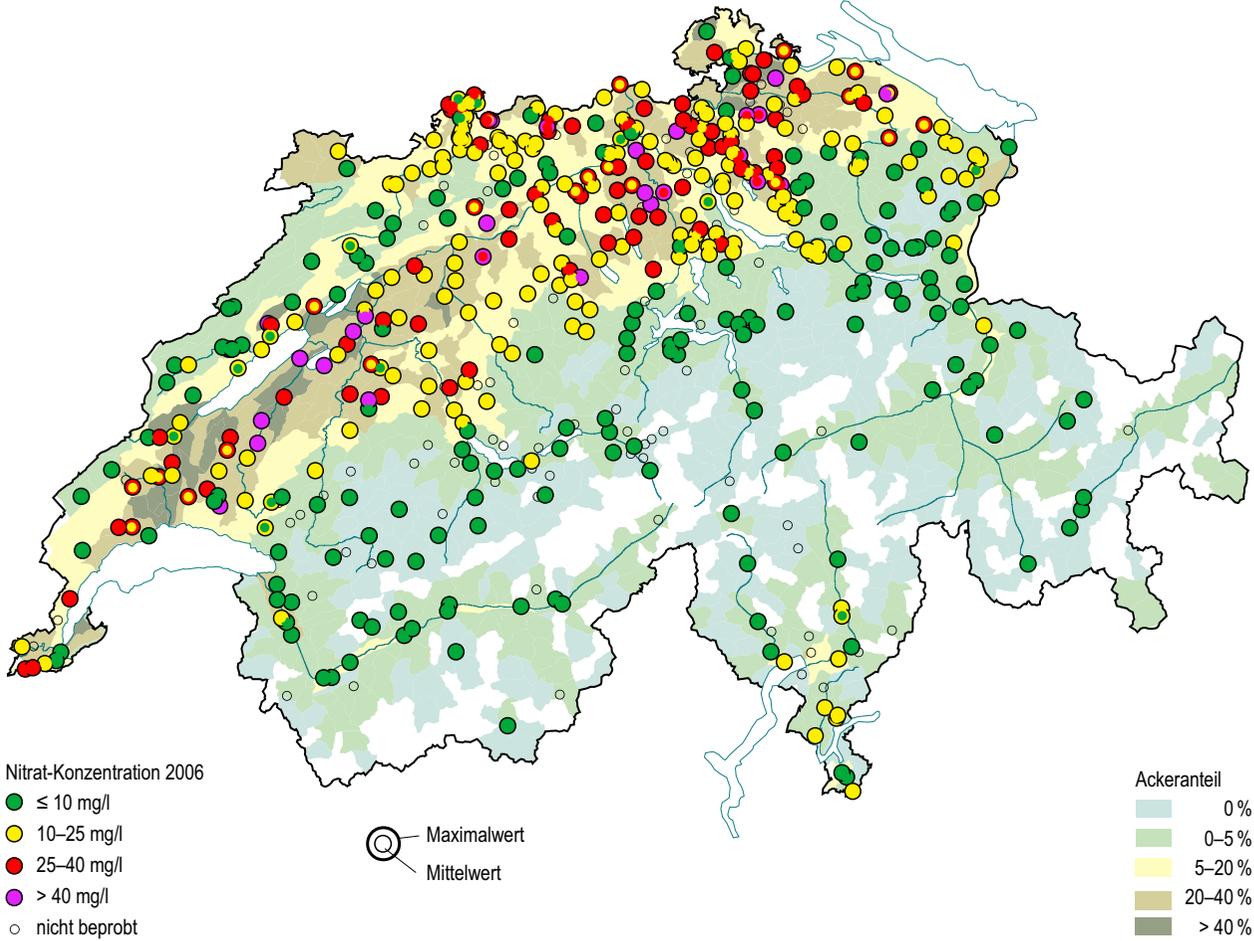
## Versuche aus der Schweiz

Zeitpunkt	Aeschi	Hohenrain	Serneus	Stein
	Ertragswirkung kg TS/kg N			
Frühling	15.3	12.6	4.4	8.1
Sommer	9.7	-	-	-
Herbst	14.5	10.8	-3.6	3.9
Frühwinter	-	8.5	-3.0	-
Spätwinter	13.2	10.3	-1.0	4.1

Frühling - Vegetationsbeginn, Sommer - Nach Heuschnitt, Herbst - November/Oktober, Frühwinter - Dezember, Spätwinter Januar/Februar

Zimmermann et al (1997)

# Nitrat in Trinkwasserfassungen - enger Zusammenhang mit Ackerbau



# Schlussfolgerungen

- ▶ Hofdünger sind mineralisch-organische Volldünger
  - ▶ Vorgegebenes Nährstoffverhältnis kann kaum beeinflusst werden
  - ▶ Genaue Vorhersage der N-Wirkung ist schwierig
  - ▶ Güllemenge muss deshalb optimal auf den Bedarf der Kulturen unter Berücksichtigung des Nährstoffvorrates des Bodens angepasst werden
- ▶ Hofdünger haben eine relativ geringe Nährstoffkonzentration
  - ▶ Grosse Volumen mit entsprechender Masse müssen ausgebracht werden
  - ▶ Berücksichtigung der Bodenverdichtung bei der Gülleausbringung
- ▶ Verlustarme Ausbringung ist für eine entsprechende N-Wirkung entscheidend
  - ▶ Verlustarme Ausbringung mit passendem Ausbringzeitpunkt