Gefördert durch:
Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Projektträger
Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung

Praxisleitfaden MuD SlurryUpgrade

Umsetzung regionaler Nährstoffkonzepte bei der Gülleaufbereitung







LfL Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen
HAW Kiel Hochschule für Angewandte Wissenschaften Kiel Kiel University of Applied Sciences
Landwirtschaftskammer Niedersachsen
MV Mecklenburg-Vorpommern Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei

Modell- und Demonstrationsvorhaben (MuD)

SlurryUpgrade

Umsetzung regionaler Nährstoffkonzepte bei der Gülleaufbereitung

Impressum

Herausgeber: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Landwirtschaftskammer Niedersachsen[1]
Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen[2]
Hochschule für Angewandte Wissenschaften Kiel[3]
Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern[4]

Redaktionsteam: S. Höcherl, C. Meyer[1], R. Kissel, S. Korte[2], A. Gurgel[4], D. Wieck[3], H. Drücker[1], A. Stehr, M. Dau[4], L. Hillebrand[4], Y. Reckleben[3], F. Hagenkamp-Korth[2]

Fotos: SlurryUpgrade Team
Icons und Grafiken: S. Volkmer, C. Meyer, R. Kissel

Bei den dargestellten Daten handelt es sich um Projektergebnisse der Modellbetriebe.

© 2026 SlurryUpgrade, 3. Auflage
Alle Rechte vorbehalten
Nachdruck - auch auszugsweise - nur mit Genehmigung des Herausgebers

Vorwort

Liebe Praktikerinnen und Praktiker,

die Lagerplatzproblematik und die begrenzte Ausbringmenge (170 kg N je Hektar) infolge der novellierten Düngeverordnung (Stand: 01.05.2020) stellen die Landwirtschaft in Deutschland vor neue Herausforderungen. Infolgedessen müssen landwirtschaftliche Betriebe zunehmend Wirtschaftsdünger überbetrieblich abgeben. Allerdings ist der Transport von flüssigem Wirtschaftsdünger, insbesondere aus Veredelungsregionen in Ackerbauregionen, aufgrund der geringen Transportwürdigkeit oft nicht wirtschaftlich. Eine vielversprechende Lösung zur Verbesserung der Transportwürdigkeit von flüssigem Wirtschaftsdünger stellt die Wirtschaftsdüngeraufbereitung dar. Durch eine einfache, teilweise oder vollständige Aufbereitung wird dem Wirtschaftsdünger Masse und Volumen entzogen, wodurch neue Produkte mit höheren Nährstoffkonzentrationen entstehen, die teils den Status von Mineraldüngern erreichen. Aktuell mangelt es jedoch an detaillierten Informationen über die Eigenschaften dieser aufbereiteten Produkte, was die Akzeptanz bei Ackerbaubetrieben und das Interesse an der Nutzung erschwert. Auch zu den verschiedenen Aufbereitungsverfahren liegen bislang nur begrenzte Informationen vor. Kenntnisse über den Massenabtrenngrad, die Nährstoffverteilung und den notwendigen Energieverbrauch sind entscheidend für die Wahl des geeigneten Verfahrens, da sie maßgeblich die Wirtschaftlichkeit beeinflussen.

Der vorliegende Praxisleitfaden SlurryUpgrade bietet einen fundierten Einblick in verschiedene Aufbereitungsverfahren, die im Rahmen des Modell- und Demonstrationsvorhabens (MuD) SlurryUpgrade begleitet wurden. Er stellt wertvolle Hinweise zur Auswahl eines geeigneten Verfahrens, basierend auf den individuellen Bedürfnissen des Betriebs, bereit. Zudem liefert er Ackerbaubetrieben wichtige Informationen über die Eigenschaften der aufbereiteten Produkte und gibt praxisorientierte Empfehlungen für eine nährstoffeffiziente und bedarfsgerechte Düngung.

Kapitelübersicht

GLIEDERUNG

KAPITEL	SEITE
1. Das Projekt SlurryUpgrade	5
2. Regionale Unterschiede beim Wirtschaftsdüngermanagement	6
3. Das wichtigste auf einen Blick – Verfahrensüberblick	8
3.1 Aufbereitungsverfahren	9
3.2 Aufbereitungsprodukte	10
4. Aufbereitungsverfahren	
4.1 Separierung	12
4.1.1 Technikvorstellung	
- Pressschneckenseparator	13
- Dekanterzentrifuge	14
4.1.2 Nährstoffgehalte und Abscheideraten	
- Pressschneckenseparator	16
- Dekanterzentrifuge	17
4.1.3 Nutzung der Dünnphase	21
Lagerung der festen Phase	23
Nutzung der festen Phase	33
4.1.4 Ökonomie Pressschnecke und Zentrifuge	36
4.2 Trocknung	38
4.2.1 Technikvorstellung	
- Rührwerkstrocknung	39
- Abgastrocknung	40
- Pelletierung	41
4.2.2 Nährstoffgehalte	
- getrockneter Gärrest	44
- Gärrestpellets	45
4.2.3 Lagerung, Düngung und Nutzung	
- getrockneter Gärrest	47
- Gärrestpellets	49
4.3 Vakuumverdampfung	51
4.3.1 Technik Vorstellung – Vakuumverdampfung	52
4.3.2 Nährstoffgehalte	
- Dickschlamm	54
- Ammoniumsulfatlösung (ASL)	55
- Schwefelsaures Ammoniak (SSA)	56
4.3.3 Lagerung, Düngung und Nutzung	
- Dickschlamm	57
- Ammoniumsulfatlösung (ASL)	58
- Schwefelsaures Ammoniak (SSA)	59
4.3.4 Ökonomie Trocknung und Vakuumverdampfung	61
4.4 Exkurs: Kompostierung	62
4.4.1 Rotteprozess und Rottegrade	63
4.4.2 Nährstoffgehalte, Eigenschaften und Zertifizierung (RAL)	64
4.4.3 Lagerung, Düngung und Nutzung	66

1. Das Projekt SlurryUpgrade

Das übergeordnete Ziel des MuD SlurryUpgrade ist es, eine Bewertung der Wirtschaftlichkeit von Wirtschaftsdüngeraufbereitungsverfahren im großtechnischen und betrieblichen Maßstab zur Nährstoffrückgewinnung zu ermöglichen und die Akzeptanz von aufbereiteten Produkten bei Ackerbauern zu steigern. So wurden im Rahmen des MuD SlurryUpgrade in fünf Modellregionen über 30 Praxisbetriebe, darunter aufbereitende und aufnehmende Betriebe über eine Dauer von fünf Jahren begleitet. Hierbei wurden Kennwerte von insgesamt fünf Aufbereitungsverfahren erfasst sowie Demostreifen bei unterschiedlichen Kulturen (Weizen, Gerste, Roggen, Mais, Zuckerrüben, …) angelegt um wichtige Erkenntnisse über die Aufbereitungsverfahren sowie den Umgang und die Düngung mit aufbereiteten Produkten zu sammeln.

Weitere Informationen
auf der
Homepage des
Bundeszentrums für Landwirtschaft

Das Projekt SlurryUpgrade ist ein Leuchtturmprojekt in der Ackerbaustrategie 2035.
Die Förderung erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat (BMLEH) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages, Projektträger ist die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE).

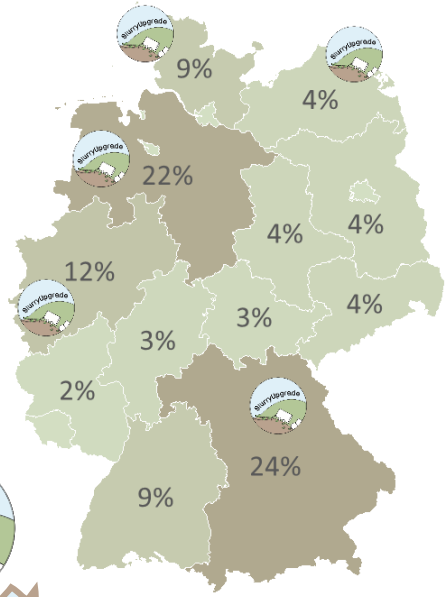
2. Regionale Unterschiede im Wirtschaftsdüngermanagement

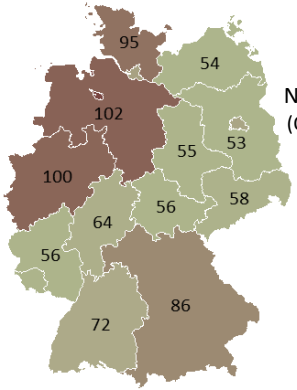
In Deutschland ist die **Verteilung von Wirtschaftsdüngern** regional sehr **unterschiedlich** (Karte rechts). Besonders in Regionen mit intensiver Tierhaltung oder vielen Biogasanlagen fallen große Mengen an Wirtschaftsdüngern an, die nicht immer vollständig auf den eigenen Flächen verwertet werden können. Ein überbetrieblicher Transport wird daher notwendig.

Zwar ist die Tierhaltung in den letzten Jahren insgesamt rückläufig, was sich auch in der **sinkenden N-Flächenbilanz** zeigt, dennoch bestehen weiterhin regionale Nährstoffüberschüsse, die eine gezielte Verwertung erfordern.

Phosphor aus Wirtschaftsdüngern ist weiterhin sehr ungleich verteilt. Als essenzieller Pflanzennährstoff ist eine ausreichende Versorgung wichtig – gleichzeitig kann eine Überversorgung die Umwelt belasten.

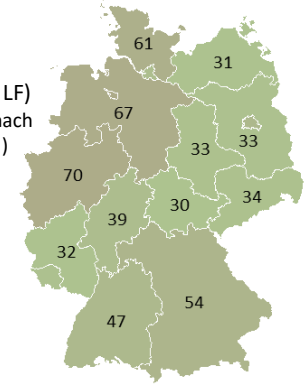
Wirtschaftsdüngeranteil am Gesamtwirtschaftsdüngeraufkommen in Deutschland
(Landwirtschaftszählung 2019/2020)





Mittelwert 2016 - 2018

N-Flächenbilanz (kg N/ ha LF)
(Quelle: Eigene Darstellung nach Häußermann & Bach, 2024)



Mittelwert 2020 - 2022



Beteiligte **Modellregionen** im **MuD-Projekt SlurryUpgrade**

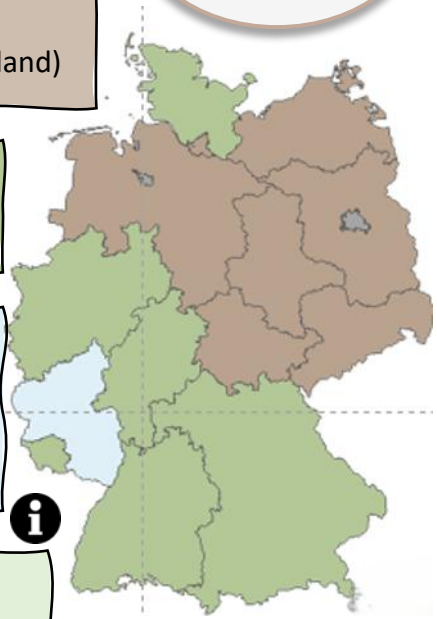
Mindestwirksamkeiten – Überblick der Bundesländer

- **Feststoffe** aus separierter Gülle (Rind, Schwein): sind gemäß Anlage 3 der Düngeverordnung analog zu festem Gärrest mit **30 % des Gesamtstickstoffs** anzurechnen
- **Dünnphase** aus separierter Gülle → keine Unterscheidung zur „normalen“ Gülle (siehe Anlage 3 DüV):
  - 60 % für Rindergülle und 70 % für Schweinegülle (Acker- und Grünland)

Separierte Gülle wird in Anlage 3 DüV nicht genannt, daher gelten Vorgaben der Bundesländer

- **Keine Unterscheidung:** Sowohl die Feststoffe als auch die Dünnphase sind mit einer Mindestwirksamkeit des Gesamtstickstoffs von 60 % (Rindergülle) bzw. 70 % (Schweinegülle) anzurechnen

- **Rheinland-Pfalz**: separierte Feststoffe von Schweinegülle sind mit einer Mindestwirksamkeit von 45 % anzurechnen. Die Feststoffe aus separierter Rindergülle werden nicht extra aufgeführt.
- Dünnphase aus separierter Gülle → keine Unterscheidung zur „normalen“ Gülle (siehe Anlage 3 DüV)

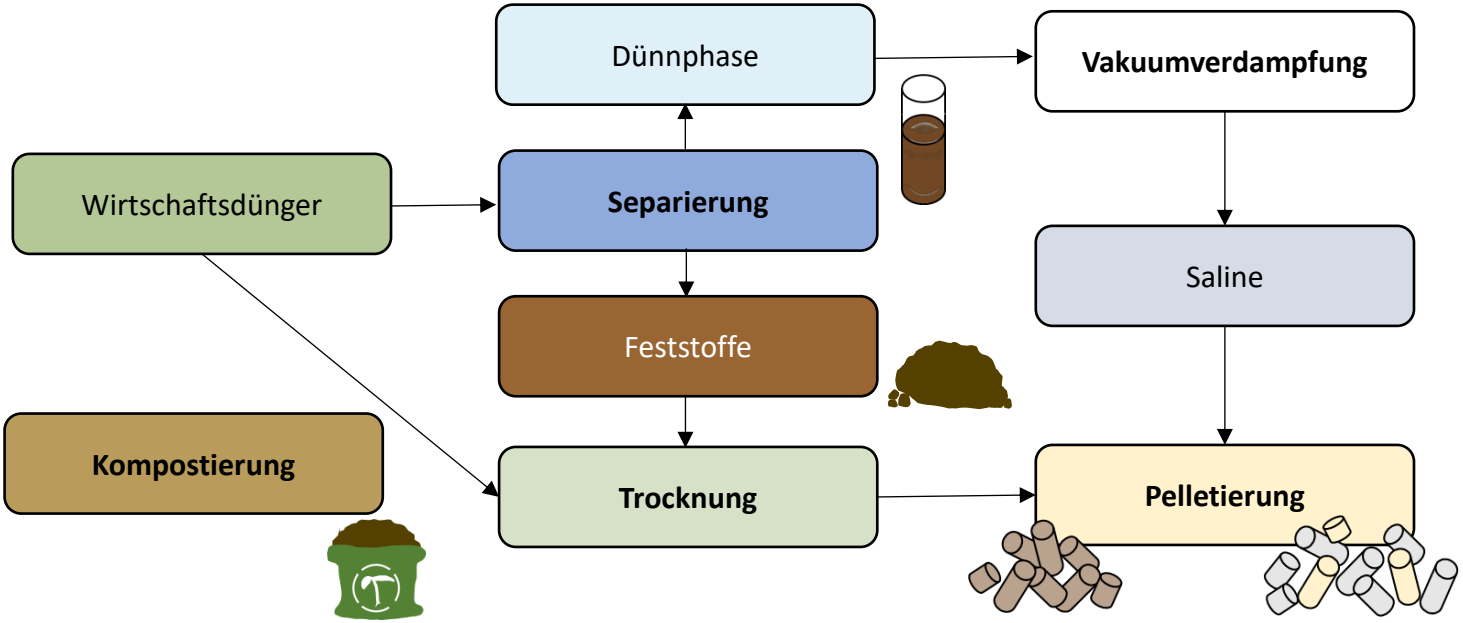


Unterstützt von Bing C GeoNames, Microsoft Tom Tom

Generell gilt: Ist der Ammoniumstickstoffgehalt höher als die anzurechnende Mindestwirksamkeit des Gesamtstickstoffs, dann ist der Ammoniumstickstoff-gehalt für die Ausnutzung des Stickstoffs im Jahr des Aufbringens heranzuziehen!

3. Das Wichtigste auf einen Blick – Verfahrensüberblick

Betrachtete Aufbereitungsverfahren im Projekt SlurryUpgrade



3.1 Das Wichtigste auf einen Blick – Aufbereitungsverfahren

Fakten



Pressschneckenseparator

Druckfiltration: Siebung/Pressung

Kennzahlen:

- **Strombedarf:** 0,5 – 1,3 kWh/t (abhängig v. Durchsatz und Pressdruck)
- **Durchflussleistung:** 5 bis 30 m³/h, höhere Durchsätze bis zu 250 m³/h möglich
- **Drehzahl:** 20 bis 30 U/min
- **Abscheiderate (Rind):** N bis ca. 25 %; P bis ca. 40 %



Dekanterzentrifuge

Zentrifugalkraft: Fliehkraft/Sedimentation

Kennzahlen:

- **Strombedarf:** 2,2 -5,1 kWh/t (Wetter & Brügging, 2019)
- **Durchflussleistung:** Durchsätze bis zu 40 m³/h möglich
- **Drehzahl:** 2500 bis 4000 U/min
- **Abscheiderate (Schwein):** N bis ca. 35 %; P bis ca. 80 %



Rührwerks-trocknung

Trocknung über Wärmetauscher bei 75 °C

Kennzahlen:

- **Strombedarf:** 38 kWh /t
- **Wärmebedarf:** 754 kWh/t
- **Reinigungsbedarf:** 4-5 x jährlich
- **Tägl. Kontrolle:** ca. 45 min.



Abgas-trocknung

Trocknung über Abgase des BHKW bei 300 °C

Kennzahlen:

- **Wärmebedarf:** 755 kWh/m³
- **Reinigungsbedarf:** 1 x jährlich
- **Tägl. Kontrolle:** ca. 45 min



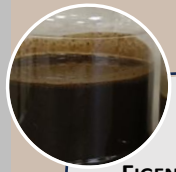
Vakuum-verdampfung

Kennzahlen:

- **Strombedarf:** 5 kWh /t
- **Wärmebedarf:** 96 kWh/t
- **Wartungs- und Betreuungsarbeiten:** 30 min täglich
- **Reinigung der Kessel:** alle 4 Jahre

3.2 Das Wichtigste auf einen Blick – Aufbereitungsprodukte

Fakten



Dünnphase

Separierung

Eigenschaften:

- **TS-Gehalt:** ca. 20 % (Gärreste) bzw. 40 % (Rinder- und Schweinegüllen) reduziert
- **NH_4-Anteil :** 51 % (Rindergülle); 61 % (Gärrest)
- **Pflanzenbauliche Vorteile:** erhöhte Fließfähigkeit sowie Infiltrationsvermögen
- **Ausbringtechnik:** emissionsarme Flüssigausbringtechnik



Feste Phase

Separierung

Eigenschaften:

- **TS-Gehalt:** 20–32 %
- **Nährstoffgehalte:** Hohe Gehalte an Ges. N und P
- **Pflanzenbauliche Vorteile:** Depotdünger für Kulturen mit langen Wachstumszyklen
- **Ausbringtechnik:** Festmiststreuer



Getrockneter Gärrest

Trocknung

Eigenschaften:

- **TS-Gehalt:** ca. 85 %
- **NH_4-Anteil an Ges. N:** 25 %
- **Pflanzenbauliche Vorteile:** Depotdünger mit hohen Gehalten an Kalium und Phosphor
- **Ausbringtechnik:** Festmiststreuer



Gärrestpellets

Trocknung

Eigenschaften:

- **TS-Gehalt:** 84–90 %
- **NH_4-Anteil an Ges. N:** 4 % (Abgastrockner) bis 14 % (Rührwerkstrockner)
- **Pflanzenbauliche Vorteile:** Depotdünger mit hohen Gehalten an Kalium und Phosphor
- **Ausbringtechnik:** Mineraldünger-, Universalstreuer

3.2 Das Wichtigste auf einen Blick – Aufbereitungsprodukte

Fakten



Dickschlamm

Eigenschaften:

- **TS-Gehalt:** ca. 10 %
- **Fließverhalten:** sämige Konsistenz, faserarm
- **Nährstoffgehalte:** geringer Gehalt an NH_4-N
- **Ausbringtechnik:**
  Schleppschlauch
  Schleppschuh
  Schlitzgerät

Vakuumverdampfung



ASL
(Ammoniumsulfatlösung)

Eigenschaften:

- **Nährstoffgehalt:** 5 % NH_4-N, 6 % S (wasserlöslich) (Einstufung als Mineraldünger nach DüMV)
- **Ausbringtechnik:** Cultanverfahren, Pflanzenschutzspritze

Vakuumverdampfung



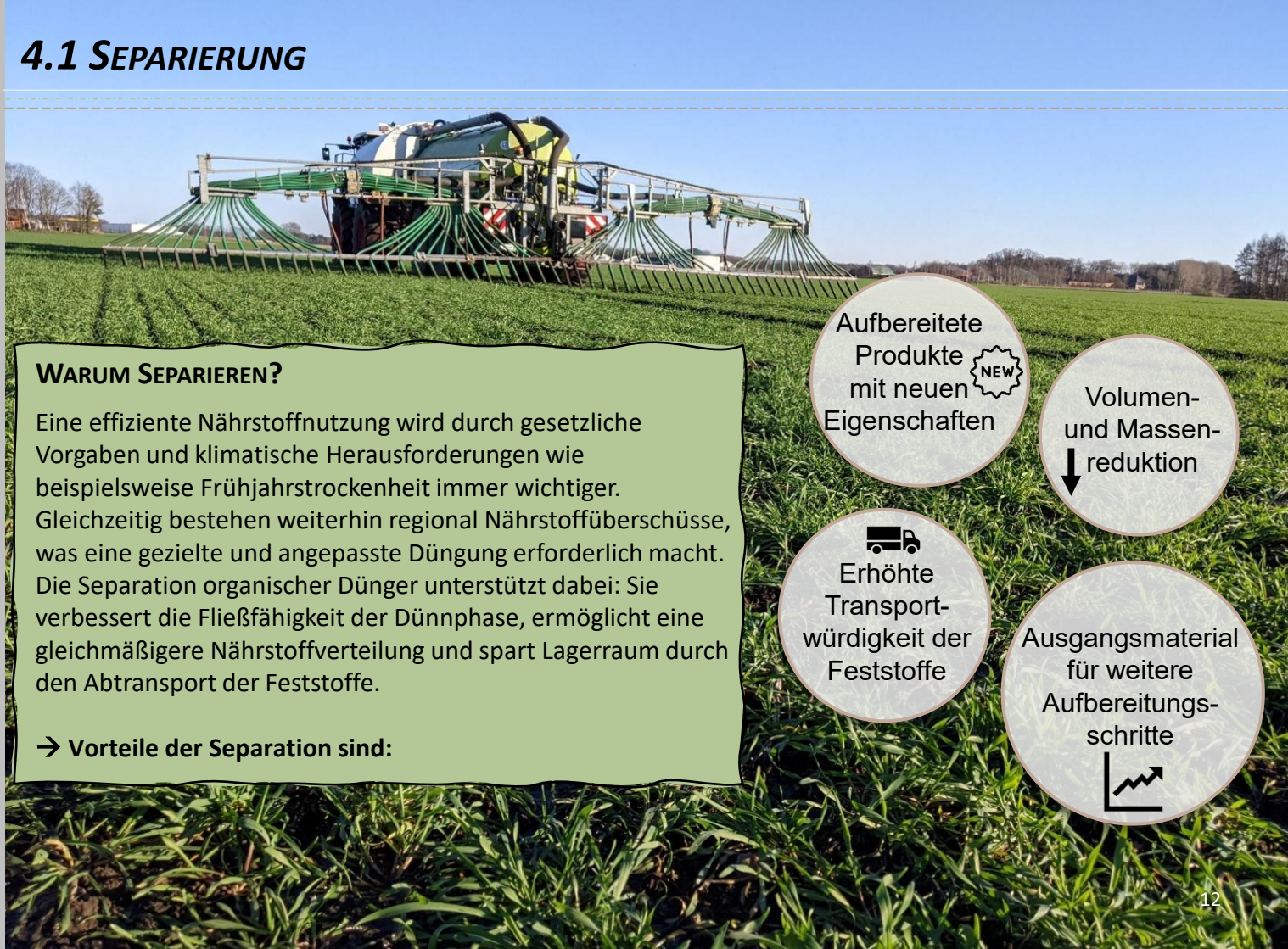
SSA
(Schwefelsaures Ammoniak)

Eigenschaften:

- **Nährstoffgehalt:** 21% NH_4-N, 24 % S (wasserlöslich)
- **Ausbringtechnik:** Mineraldüngerstreuer (pelletiertes SSA)

Saline

4.1 Separierung



Warum Separieren?

Eine effiziente Nährstoffnutzung wird durch gesetzliche Vorgaben und klimatische Herausforderungen wie beispielsweise Frühjahrstrockenheit immer wichtiger. Gleichzeitig bestehen weiterhin regional Nährstoffüberschüsse, was eine gezielte und angepasste Düngung erforderlich macht. Die Separation organischer Dünger unterstützt dabei: Sie verbessert die Fließfähigkeit der Dünnphase, ermöglicht eine gleichmäßigere Nährstoffverteilung und spart Lagerraum durch den Abtransport der Feststoffe.

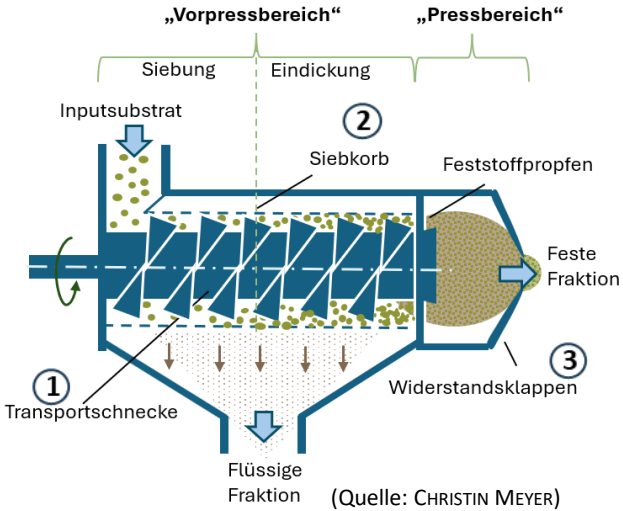
→ **Vorteile der Separation sind:**

- Aufbereitete Produkte mit neuen Eigenschaften (NEW)
- Volumen- und Massenreduktion
- Erhöhte Transportwürdigkeit der Feststoffe
- Ausgangsmaterial für weitere Aufbereitungsschritte

4.1.1 Technik Vorstellung – Pressschneckenseparator

Funktionsweise

Vorpressbereich:
Ein Pressschneckenseparator trennt Gülle mechanisch in feste und flüssige Bestandteile. Die Rohgülle wird in den Separator geleitet und von einer rotierenden Schnecke ① durch ein zylindrisches Sieb ② gefördert. Dabei werden die Feststoffe zunehmend verdichtet und eine zusätzliche Filterschicht entsteht (Eindickung). Gleichzeitig tritt die Flüssigkeit (Dünnphase) durch das Sieb aus und wird abgeleitet.



(Quelle: Christin Meyer)

Abpressdruck

hoch = hoher TS-Gehalt (> 28%) - es gelangen mehr Partikel in die Dünnphase (niedrigere Abscheiderate)
gering = niedriger TS-Gehalt (22 – 25 %) – mehr Partikel in der festen Phase (höhere Abscheiderate)

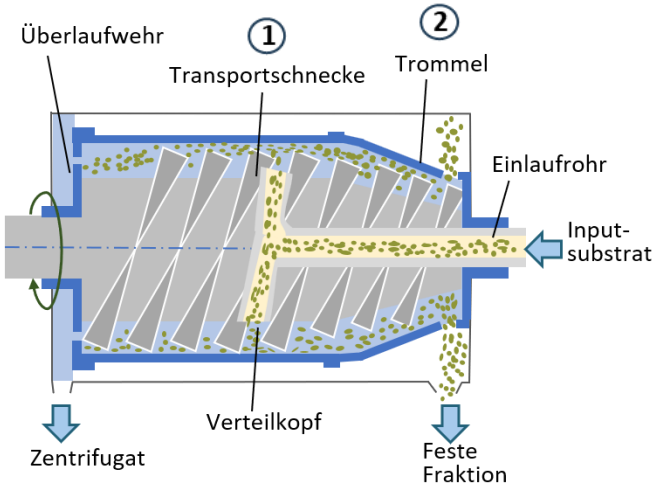
Pressbereich:

Das feste Substrat wird kontinuierlich gegen eine Widerstandsklappe ③ gepresst, die einen definierten Gegendruck erzeugt. Die Druckregulierung erfolgt mechanisch oder hydraulisch. Es entsteht ein Feststoffpfropfen, der die Flüssigkeit zurückhält und die Trennung unterstützt. Überschreitet der Druck das Soll, öffnet sich die Klappe und das Substrat wird kontrolliert ausgetragen.

4.1.1 Technik Vorstellung – Dekanterzentrifuge

Funktionsweise

Dekanterzentrifugen nutzen die **Zentrifugalkraft** zur effektiven Trennung von festen und flüssigen Bestandteilen – ein Prozess, der auf fliehkraftbedingter Sedimentation basiert. Das Inputsubstrat wird dabei einer zentral liegenden Förderschnecke (1) zugeführt. Innerhalb des rotierenden Zylinders erfolgt bei 2.500 bis 4.000 Umdrehungen pro Minute die Separation der Phasen. Die **Differenzdrehzahl** zwischen der Schnecke und dem Außenzylinder steuert dabei maßgeblich die **Verweildauer des Materials** sowie den **Abscheidegrad** und den **Trockensubstanzgehalt (TS)** der Feststoffe. Schwerere Feststoffe lagern sich an der Innenwand der rotierenden Trommel (2) ab, während die leichtere Dünnphase entgegen der Schneckenrichtung zum Flüssigkeitsablauf transportiert wird.
Dekanterzentrifugen arbeiten in einem **geschlossenen System** und sind sowohl **stationär** als auch **mobil** einsetzbar.



(Quelle: Christin Meyer)

Video zur Funktionsweise einer Zentrifuge

4.1.1 Technik Vorstellung – Pressschnecke vs. Dekanterzentrifuge

Pressschnecke	Dekanterzentrifuge

Abtrennung von Feststoffen aus einem (halb-) flüssigen Strom in eine feste und eine flüssige Fraktion

TRENNVERFAHREN

Pressschnecke	Dekanterzentrifuge
Druckfiltration: Siebung/Pressung	Zentrifugalkraft: Fliehkraft/Sedimentation

ANWENDUNGSBEREICH





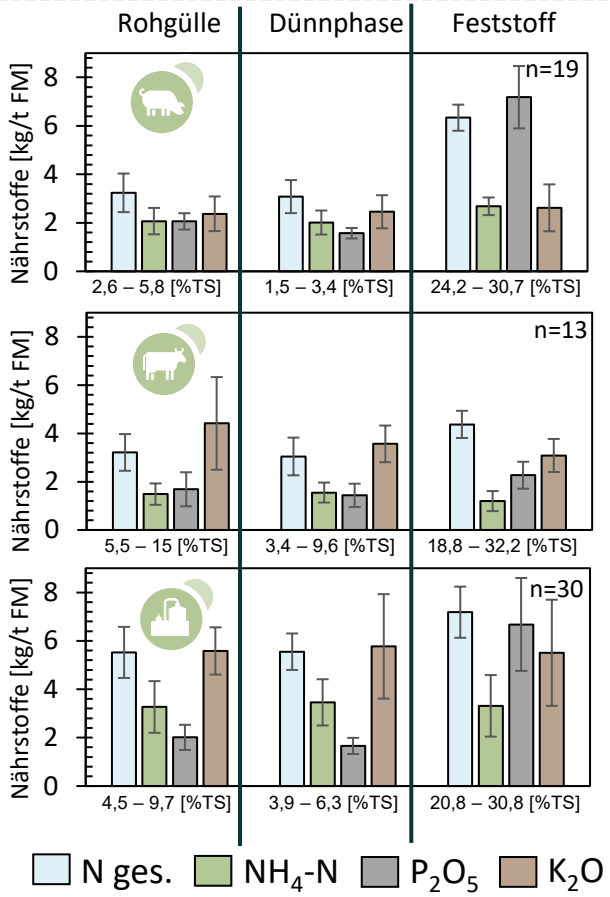
TECHNISCHE KENNZAHLEN

Pressschnecke	Dekanterzentrifuge
○ Durchflussleistung: 5 - 30 m³/h (höhere Durchsätze bis zu 250 m³/h möglich) ○ Drehzahl: 20 - 30 U/min ○ Abscheiderate (Rind): N bis ca. 25 % P bis ca. 40 %	○ Durchflussleistung bis zu 40 m³/h ○ Drehzahl: 2500 - 4000 U/min ○ Abscheiderate (Schwein): N bis ca. 35 % P bis ca. 80 %

Energieverbrauch

Pressschnecke	Dekanterzentrifuge
Beispiele Stromverbrauch (Separator inkl. Pumpen): ○ Niedriger Druck (15 bar: 0,47 kWh/m³ (abhängig vom Durchsatz und Siebgröße) ○ Hoher Druck (60 bar: 1,26 kWh/m³ (abhängig vom Durchsatz und Siebgröße)	Stromverbrauch: 2,2 -5,1 kWh/m³ (Wetter & Brügging, 2019)

4.1.2 Nährstoffgehalte – Pressschneckenseparator



Nährstoffanreicherung in Feststoffen:

In den separierten Feststoffen reichern sich N ges. und P_2O_5 an – besonders deutlich bei **Schweinegülle und Gärresten**, weniger deutlich bei **Rindergülle**. Die Darstellung umfasst verschiedene Ausgangsgüllen und Separator-Einstellungen. Die Streuung wird durch die angegebene Standardabweichung sichtbar gemacht.

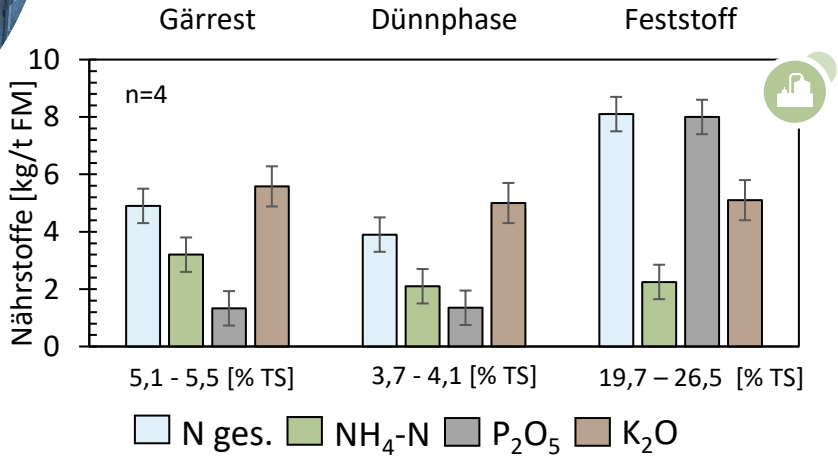


4.1.2 Nährstoffgehalte – Dekanterzentrifuge





Die Feststoffe enthalten überwiegend **organisch gebundenen Stickstoff** (siehe N ges. abzüglich NH_4-N) und **Phosphat.**



4.1.2 Abscheideraten – Pressschnecke und Zentrifuge

Der **Abscheidegrad** beschreibt die mengenmäßige Verteilung der Nährstoffe und der Masse (TS) auf die Dünnphase und Feststoffe. Er hängt stark vom Substrat, der verwendeten Technik (z.B. Zentrifuge, Pressschnecke (PSS)) und den Einstellungen am Separator ab. Bei Schweinegülle liegt die **Massenabscheidung** mit dem PSS bei 6–10 %, bei Gärresten bei ca. 35 %, mit Zentrifuge sogar bei 48 %. Die potenzielle Lageraumeinsparung variiert dementsprechend ebenfalls stark.

Abscheidegrade von Schweinegülle Pressschneckenseparator

Feststoff-abscheidung		Dünnphasen-abscheidung
6 - 10	FM (%)	**90 - 94**
9 - 19	Ges.-N (%)	**81 - 91**
5 - 13	NH_4-N (%)	**87 - 95**
18 - 35	P_2O_5 (%)	**65 - 82**
6 - 11	K_2O (%)	**89 - 94**

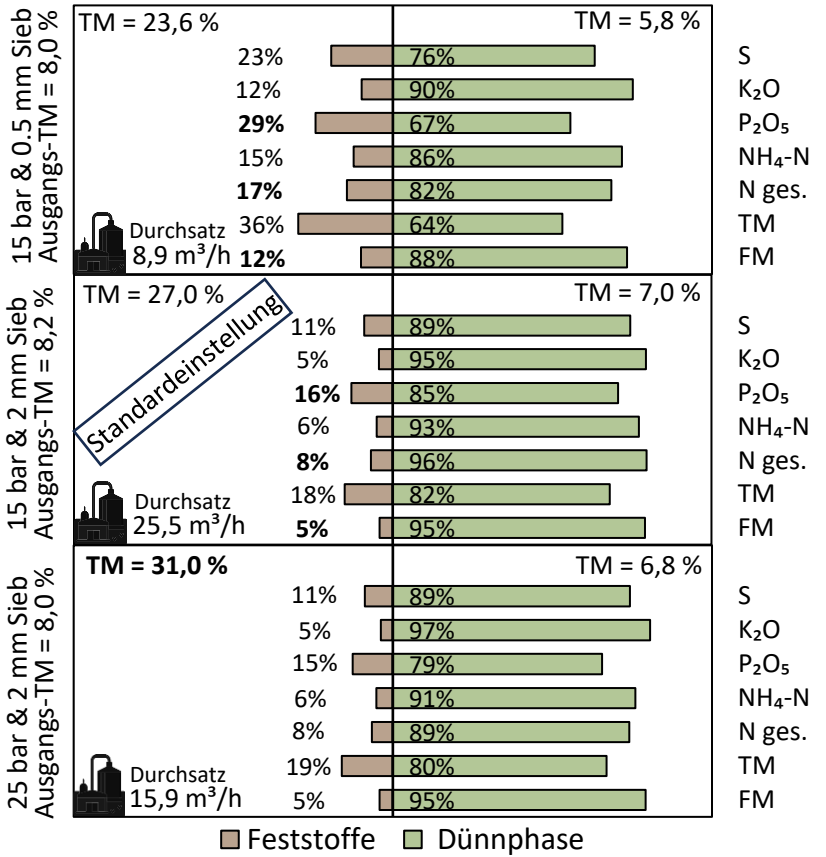
Abscheidegrade abgepresster Gärrest Zentrifuge vs. Pressschnecke

Pressschnecken-Abscheidung		Zentrifugen-Abscheidung
35	TS (%)	48
18	N ges. (%)	32
16	NH_4-N (%)	18
38	P_2O_5 (%)	64
11	K_2O (%)	16

Ist das Ziel eine möglichst hohe **P-Abscheidung** und Abgabe zu erreichen, dann empfiehlt sich die Verwendung einer Zentrifuge, da hier wesentlich mehr Phosphat in die Feststoffe überführt wird. Diese Technik ist gut geeignet für die Nutzung mit Schweinegülle.

4.1.2 Abscheideraten – Einflussmöglichkeiten (Pressschnecke)

Durch die **Maschenweite des Siebs** kann Einfluss auf die Massen- und Nährstoffabscheidegrade genommen werden. Eine kleinere Maschenweite führt häufig zu einer höheren Nährstoffabscheidung in die Feststofffraktion, allerdings auch zu einem geringeren Durchsatz und einem höheren Stromverbrauch. Eine **Erhöhung des Abpressdrucks** führt hingegen hauptsächlich zu einer Erhöhung des TS-Gehalts in den Feststoffen.



Beispiel TS-Gehalte bei verschiedenen **Abpressdrücken:**

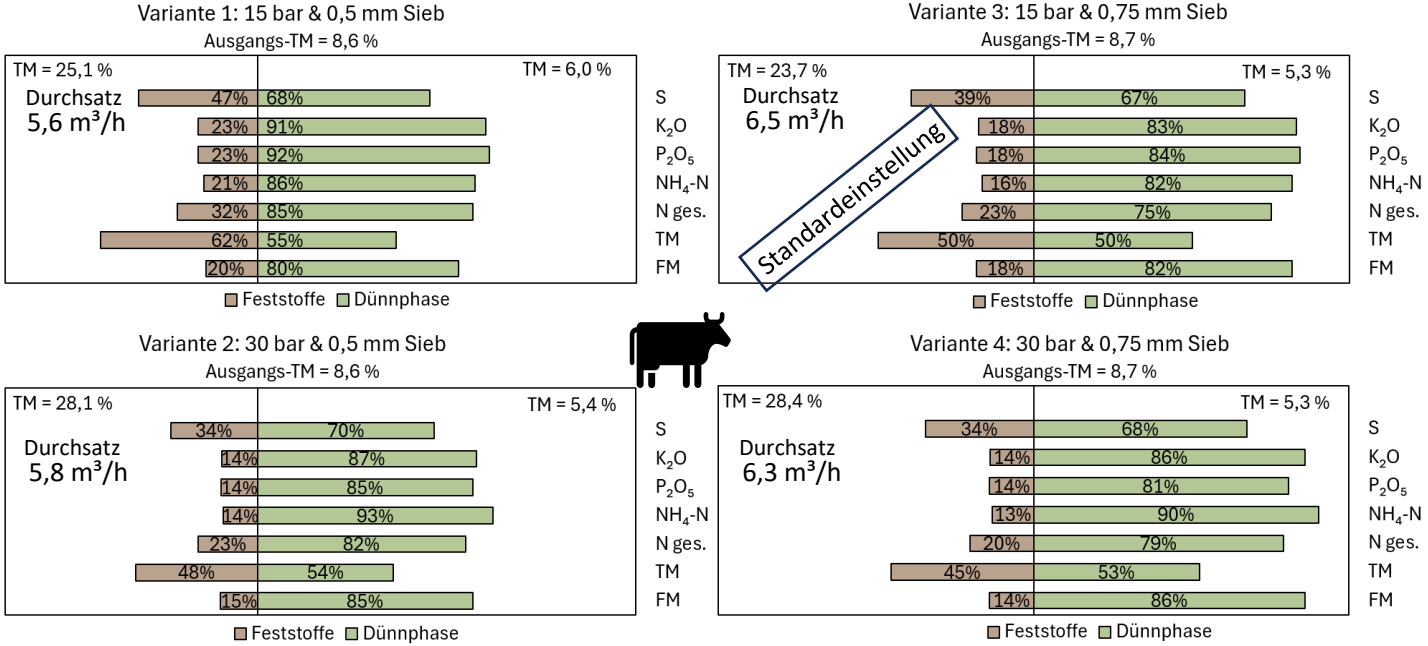
Rindergülle Separator 1	Rindergülle Separator 2
25 bar: 23,5 % TS	15 bar: 23,7 % TS
55 bar: 32,2 % TS	30 bar: 28,4 % TS
Gärrest Separator 3	**Gärrest Separator 4**
30 bar: 22,8 % TS	15 bar: 27,0 % TS
60 bar: 30,4 % TS	25 bar: 31,0 % TS

(Verwendung unterschiedlicher Separatoren und Güllen; Ergebnisse nicht direkt übertragbar)

4.1.2 Abscheideraten – Einflussmöglichkeiten (Pressschnecke)

Das **Separationsergebnis** ist von der **verwendeten Gülle**, dem **Separatormodell** sowie den **modellabhängigen Separator-Einstellungen** (z. B. Abpressdruck und Siebgröße) abhängig.

Die hier dargestellte Rindergülle reagiert auf den verdoppelten Abpressdruck mit einer etwas geringeren Frischmasse- und Nährstoffabscheidung in die Feststofffraktion.



4.1.3 Nutzung der Dünnphase

Ausbringung

Zum Einsatz kommen gängige Techniken wie **Schleppschlauch- oder Schleppschuhverteiler** sowie das **Schlitzverfahren**. Die niedrigen TS-Gehalte der Dünnphase erleichtern die Ausbringung, da es gerade bei nicht separierten Güllen mit hohen TS-Gehalten leicht zu Verstopfungen bei der Ausbringtechnik kommen kann.

Pflanzenbauliche Aspekte

Die separierte **Dünnphase** enthält im Vergleich zur unseparierten Gülle **weniger Nährstoffe**. Um dennoch die erforderlichen Nährstoffe auszubringen, müssen größere Mengen und somit ein **höheres Volumen** gedüngt werden. Ideal für die Düngung sind daher Flächen mit kurzen Transportwegen.

Durch den Einsatz der separierten Dünnphase verbleiben bei der bodennahen, streifenförmigen Ausbringung deutlich **weniger Faserreste** auf den Pflanzen bzw. der Bodenoberfläche. Dieser Effekt wirkt sich besonders bei einer Gülle mit ursprünglich hohem TS-Gehalt positiv aus. Gleichzeitig verbessert sich das **Infiltrationsvermögen**, wodurch die **Nährstoffe schneller in den Boden** eindringen können.

Verbleib auf dem Betrieb sinnvoll

Geeignet zur Düngung von **Grünland** und **alle** weiteren **Kulturen**





4.1.3 Nutzung der Dünnphase

Rindergülle (n=13)	Ø TS-Gehalt	NH_4-Anteil an Ges. N	Gärrest (n=30)	Ø TS-Gehalt	NH_4-Anteil an Ges. N
Rohgülle	8,9 %	46 %	Rohgülle	7,1 %	58 %
Dünnphase	**5,2 %**	**51 %**	**Dünnphase**	**5,8 %**	**61 %**

Berechnungsgrundlage: Verschiedene Güllen & Separation mittels Pressschneckenseparator

TS-Gehalt im Schnitt um ca. **20 %** reduziert

TS-Gehalt im Schnitt um ca. **40 %** reduziert

Eigenschaften

Durch die Separation lässt sich der **Trockensubstanzgehalt (TS-Gehalt)** in der Dünnphase deutlich **senken**. Insgesamt hängt der TS-Gehalt der Separationsprodukte jedoch **vom Ausgangsmaterial** und den **Einstellungen am Separator** ab.

Ein **positiver Nebeneffekt**: Der Anteil des sofort verfügbaren Ammonium-Stickstoffs steigt leicht an. Das bedeutet, dass die Pflanzen etwas mehr Stickstoff direkt nach der Düngung zur Verfügung haben.

Allerdings bringt der reduzierte TS-Gehalt auch **Herausforderungen** mit sich. Durch die **geringere Schwimmschichtbildung** im **Lager** können vermehrt **Ammoniakemissionen** auftreten. Auch bei der **Ausbringung** können höhere Emissionen entstehen. Deshalb ist eine **zügige Einarbeitung** nach der Ausbringung besonders wichtig, um Verluste zu vermeiden und die Umwelt zu schonen.

4.1.3 Feststoffe - Lagerung

Ortsfeste Anlagen:

Der feste organische Dünger sollte auf einer geeigneten Festmistplatte gelagert werden. Empfohlen wird eine dreiseitige Umrandung und eine Abdeckung (besser: vollständige Überdachung), um Nährstoffverluste zu vermeiden (Auswaschung, Ausgasung. Die baulichen Anforderungen sind im Vorfeld mit der Genehmigungsbehörde abzustimmen, um rechtliche Vorgaben einzuhalten und eine ordnungsgemäße Lagerung sicherzustellen.



Separierter Feststoff aus Gülle bleibt „Gülle“ → **keine Einstufung als Festmist** von Huf- und Klauentieren!



Zwischenlagerung am Feldrand

Die Zwischenlagerung von Feststoffdünger am Feldrand ist unter bestimmten Voraussetzungen möglich und dient der „technischen“ Bereitstellung des Düngers zur Ausbringung. Sie wird daher nicht auf den betrieblichen Lagerraumbedarf angerechnet, unterliegt jedoch strengen rechtlichen Vorgaben. Viele Bundesländer orientieren sich hierbei am LAWA-Merkblatt. Demnach darf die Zwischenlagerung maximal 14 Tage erfolgen – in direktem Bezug zum Düngebedarf der jeweiligen Fläche. Der Lagerhaufen muss häufig wasserdicht abgedeckt sein, um Auswaschungen zu vermeiden. Zudem sind Mindestabstände zu Gewässern sowie weitere standortspezifische Anforderungen unbedingt einzuhalten.

4.1.3 Feststoffe - Lagerung

Faktoren, die bei der Lagerung Stickstoffverluste verursachen!

1. **Hoher pH-Wert:** Je höher der pH-Wert, desto mehr Ammoniak entsteht und kann ausgasen (Dissoziationsgleichgewicht zwischen Ammonium und Ammoniak verschiebt sich)
2. **Große Oberfläche:** Nach der Separation besitzt der Feststoff eine lockere Struktur und eine große Oberfläche. Dadurch steht mehr Ammonium mit der Luft in Kontakt, was die Ammoniakfreisetzung begünstigt
3. **Hohe Temperaturen**: Höhere Temperaturen erhöhen den Anteil von Ammoniak gegenüber Ammonium
4. **Luftbewegung/Wind**: Offen gelagerte Feststoffe sind Wind und Luftbewegungen ausgesetzt, die freigesetztes Ammoniak abtransportieren und so den Konzentrationsunterschied aufrechterhalten, was weitere Emissionen fördert.

Verlustanteil an Ammoniumstickstoff

		TAG 7	TAG 14	TAG 47
ROH: OFFENE LAGERUNG	OBEN	21 %	64 %	85 %
	MITTE	27 %	60 %	75 %
	UNTEN	6 %	41 %	75 %
VERDICHTET	OBEN	10 %	48 %	78 %
	MITTE	2 %	1 %	70 %
	UNTEN	7 %	7 %	6 %
ABGEDECKT	OBEN	22 %	11 %	37 %
	MITTE	10 %	10 %	26 %
	UNTEN	10 %	7 %	10 %
VERDICHTET + ABGEDECKT	OBEN	14 %	11 %	25 %
	MITTE	16 %	13 %	13 %
	UNTEN	13 %	10 %	12 %

nicht signifikant

Maßnahmen, um Verluste zu minimieren:

Durch Verdichtung und Abdeckung ist eine deutliche Verminderung der Stickstoffverluste bei der Lagerung möglich!

(verändert nach Ebertseder & Lichti 2016)

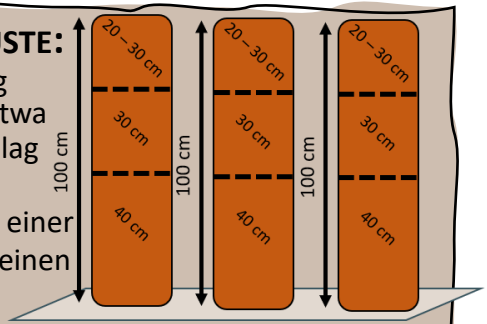
4.1.3 Feststoffe - Lagerung

Praxistest zur Ermittlung der Ammoniumstickstoffverluste:

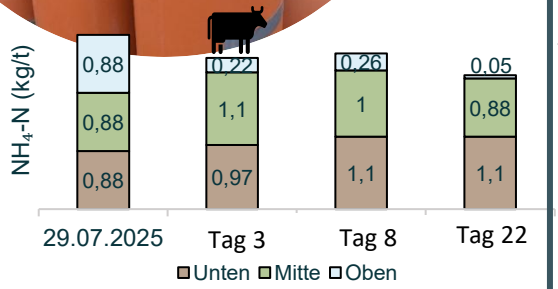
Um das Verhalten von Ammoniumstickstoff (NH_4-N) während der Lagerung besser zu untersuchen, wurden Feststoffe aus separierter Rindergülle für etwa drei Wochen in oben offenen, aber vor Niederschlag geschützten KG-Rohren gelagert.

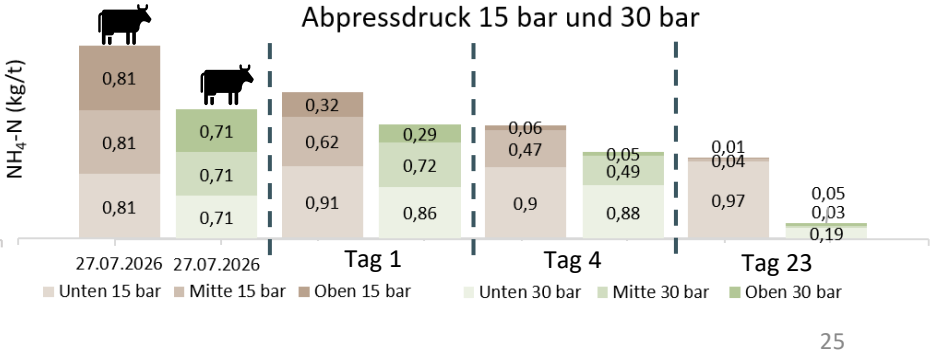


Die linke Abbildung zeigt die Ergebnisse aus einer Lagerung mit umgebenden Feststoffen, die einen praxisnahen Feststoffhaufen nachbildete.



In der rechten Abbildung sind die Rohre ohne Feststoffumrandung dargestellt; zusätzlich wurden hier Feststoffe aus zwei unterschiedlichen Abpressdruckeinstellungen (15 und 30 bar) untersucht.





4.1.3 Feststoffe - Lagerung

Wesentliche Ergebnisse:

- Die größten NH_4-N-Verluste treten in den oberen 20 bis 40 cm der Feststofflagerung auf.
- Ein Teil des Ammoniumstickstoffs wird mit dem Sickerwasser nach unten verlagert.
- Nach drei Wochen war in den oberen Schichten teilweise kaum noch NH_4-N nachweisbar (Lagerung im Sommer).
- Bei geringerem Abpressdruck (15 bar) waren die NH_4-N-Gehalte insgesamt etwas höher als bei 30 bar.
- Die praxisnahe Lagerung im Feststoffhaufen (linke Abbildung) begrenzte die Verluste weitgehend auf die obersten 30 cm.
- Bei den frei stehenden Feststoffsäulen (rechte Abbildung) nahmen die NH_4-N-Gehalte auch in den tieferen Bereichen stärker ab.
- Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass NH_4-N-Verluste vor allem im oberflächennahen Bereich auftreten und bei etwas feuchteren Feststoffen tendenziell geringer ausfallen können.





4.1.3 Schlauchlagerung – Emissionsarme Lagerung?

Ziel

Reduktion der Lagerverluste durch Ausgasung und Auswaschung (Lagerungsverluste) fester Gärreste durch Einpressen in einen Folienschlauch.



Haufen



Schlauch



Ansatz

Der Einfluss der bereits besprochenen Ursachen für N-Verluste bei der Lagerung fester Wirtschaftsdünger kann durch den Einsatz eines Folienschlauches deutlich reduziert werden.
Da gasförmige Emissionen an der Substrat – Luft – Kontaktfläche entstehen, verbleibt das sonst flüchtige Ammoniak bei Lagerung im Folienschlauch nah am Substrat. Bei Erreichen eines bestimmten Partialdrucks des Ammoniaks wird der Umsatz von Ammonium in Ammoniak aufgrund des Dissoziationsgleichgewichtes der beiden Stoffe gehemmt.
Darüber hinaus ist im Folienschlauch gelagertes Substrat vor Auswaschungsverlusten geschützt.

4.1.3 Technische Aspekte – Presstechnik und Folienschlauch

Presstechnik für Wirtschaftsdünger

Variante	Befüllung	Einsatzspektrum
Zuführtisch + Rotor (+ Gitter/Anker)	Rückwärtskipper, Ladewagen, Lader	• Nebenprodukte (Pressschnitzel, Biertreber) • Gärreste
Trichter + Schiebeschild	Überladewagen, Lader	• Kompostierung • organische Reststoffe
LKW mit Tunnel	direkt	• Treber

Ein Einpressen von festen Gärresten erfolgt durch einige Lohnunternehmer erst ab **TM-Gehalten > 28 - 30 %**

Verfügbare Folienschläuche:

Längen	45 – 150 m
Durchmesser	1,2 – 3,6 m
Folienstärke	> 200 µm
(variiert mit dem Durchmesser)	
Füllmenge	2 – 7 t/m
(variiert mit dem Durchmesser)	

Einpressen separierter Gärreste im Demonstrationsversuch (Folienschlauch: Durchmesser 10 ft, Folienstärke 220 µm)

- Lagerungsdichte:
  - im Versuch: ca. 3,5 t/m (darüber Auspressen der flüssigen Phase)
  - technisch: 5 t/m möglich
- Gasbildung: gering bei separierten Gärresten

Analyseauszug Gärrest (HTK-Basis) in kg/t FM	
Trockenmasse in %	30
Organische Trockenmasse in %	26
pH-Wert	9
Gesamtstickstoff in kg/t FM	7 - 10
NH_4-N in kg/t FM	4 - 5

Zubehör
- Gasventil
- Verschlussband
- Siloklebeband

Quelle: BAG Budissa Agroservice GmbH, 2026

4.1.3 Kurzfristige Effekte (2 Monate Sommerlagerung)

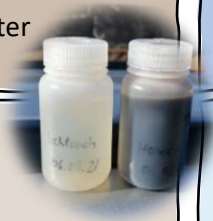
Schlauch		Haufen
Starke Aufgasung der Folie mit hohem Ammoniakanteil im Gas (> 100 ppm)	Gasbildung	An Substratoberfläche konstant schwache Ammoniakausgasung (ca. 10 ppm)
Abnahme um 2 – 8 % aufgrund von Nachgärungsprozessen (Abbau organischer Substanz)	Trockenmasse	Innen: Abnahme um 10 % (Nachgärung Nahe der Oberfläche: Zunahme um ca. 40 % (Ausgasung und Verdunstung)
Geringe Abnahme (<1 %) durch Bildung von Ammoniak (Endwert: pH = 9,1)	pH-Wert	Abnahme um 3 – 7 % durch Ausgasung von Ammoniak (Endwert: pH = 8,8)
Gleichmäßige Zunahme um ca. 10 % durch Ammonifikation und Aufkonzentration	N gesamt in TM	Zunahmen von 10 – 70 % durch Ammonifikation und insbesondere Aufkonzentration
Zunahme um 14 – 17 % durch Ammonifikation	NH_4-N in TM	Innen: Zunahme ca. 30 % (Ammonifikation), Nahe der Oberfläche: Abnahme um ca. 10 %
Abnahme um 14 % (insb. Methanogenese)	Org. Kohlenstoff	Abnahme um 16 % (insb. aerobe Respiration)

4.1.3 Vermeidung von Nährstoffverlusten - Sickerverluste

Sickerverluste

Untersuchungsobjekt

- Flüssigkeitsproben aus Auffangbecken unter Siloschlauch und Haufenlager



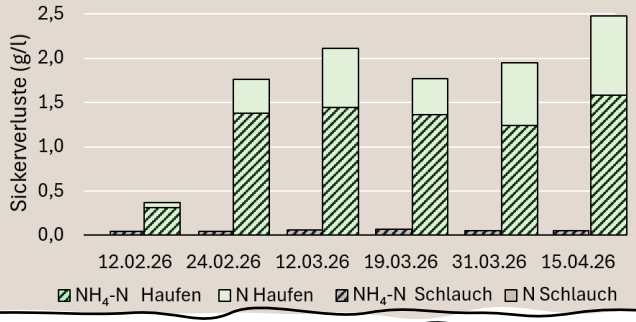
Ergebnisse

Folienschlauchlagerung

- Stickstoffgehalt im Wasser in Größenordnung der Regenwasserprobe (< 0,1 g/l)
  → kaum bis **keine Sickerverluste**

Haufenlagerung

- durchschnittlich 1,7 g N_{ges}/l, davon 1,2 g/l NH_4-N (70%)
- rund 0,08 kg NH_4-N Verlust je t Gärrest



Ausgasungsverluste

Untersuchungsobjekt

- Gärrestbeprobung unten, mittig, oben im Haufen
- keine Differenzierung zu Sickerverlusten möglich!

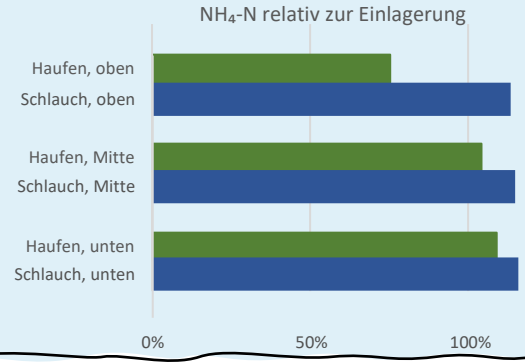
Ergebnisse

Folienschlauchlagerung

- gleiche NH_4-Gehalte bei Ein- und Auslagerung
  → **keine NH_4-N Umsetzung in NH_3**

Haufenlagerung

- je näher an der Oberfläche, desto höher sind die NH_4-N Verluste (bis zu 2 kg/t TM in oberer Schicht)



Bei asphaltiertem Untergrund: **keine Schäden durch Maus- oder Vogelfraß** feststellbar.

4.1.3 Beispielrechnung - Einlagerung im Folienschlauch

Szenario
Folienschlauchlagerung über fünf Monate bei Einpressen von 200 t separierter fester Gärreste im Winter und Ausbringung zu Silomais.

Mehrkosten Folienschlauchlagerung im Vergleich zur Haufenlagerung			
Posten	**Einzelpreis**	**Anzahl**	**gesamt (je t)**
Einsatzpauschale	250,00 €	1	1,25 €
Einpressen (je t, inkl. Schlauch)	6,50 €	200	6,50 €
Gasventil	6,00 €	1	0,03 €
Verschlussband	37,00 €	1	0,19 €
Entsorgungskosten Folie (besenrein)	19,00 €	1	0,10 €
eigener Radlader 3,5 t 75-92 kW (je h)	30,00 €	2,5	0,38 €
	Kosten je t sep. Gärrest		8,25 €

Annahmen:
- Pressleistung von 80 t/h
- Preis je kg $N_{mineralisch}$: 1,69 € (Stand: 06.05.2026)
- Entsorgungskosten je t Folie besenrein an Abgabestelle: 175 €/t
- 0,8 kg NH_4-N/t tragen zur NH_3-Emission bei, restlicher N-Verlust durch Auswaschung

Interne Einsparungen Folienschlauchlagerung im Vergleich zur Haufenlagerung			
Posten	**Preis/kg N**	**kg N**	**gesamt (je t)**
Vermeidung von N-Verlusten (in €/kg)	1,69 €	1,1	1,80 €
	Einsparungen je t sep. Gärrest		1,80 €
Bilanz interne Kosten je t			**- 6,45 €**

Externe Einsparungen Folienschlauchlagerung im Vergleich zur Haufenlagerung			
Posten	**Einzelpreis**	**Anzahl (kg)**	**gesamt (je t)**
Vermeidung NH_3-Umweltwirkungen	33,00 €	0,7	24,68 €
Bilanz interne sowie externe Kosten je t			**18,23 €**

4.1.3 Fazit - Einlagerung im Folienschlauch

Nährstoffeinsparung

Ausgasung von Ammoniak aus dem Haufenlager geschieht kontinuierlich. Innerhalb eines kurzen Zeitraumes (im Versuch ca. zwei Monate) wird dieser Nährstoffverlust quantitativ jedoch durch Nachgärprozesse und Ammonifikation in den Hintergrund gestellt. Diese Prozesse laufen in unterschiedlichem Umfang sowohl in Haufen als auch im Folienschlauch ab. Erst wenn sie aufgrund von Ausgangsprodukthemmung zum Erliegen kommen, tritt der Stickstoffverlust im Haufen durch Ausgasung von Ammoniak als vordergründiger Prozess auf. Die Lagerung im Schlauch zeigt wesentliche Effekte der Nährstoffeinsparung erst über einen längeren Zeitraum (im Versuch ca. fünf Monate).

Rechtlicher Rahmen und Ressourcenschutz

Die **Lagerung separierter Gärreste auf Acker- oder Grünland** ist rechtlich auch im Folienschlauch **maximal zwei Wochen** zulässig. Die Bedenken bzgl. der Gewässergefährdung durch austretendes Sickerwasser aufgrund von Instabilität der Folie oder Beschädigung durch Mäuse und Vögel haben sich nicht bestätigt. Bei einer Lagerung über fünf Monate können hingegen durch Verminderung der Ammoniakemissionen Umweltkosten von gut 24 €/t eingespart werden.

Wirtschaftliche Betrachtung

Die finanzielle Betrachtung hängt stark vom Einzelfall und Ausgangssubstrat ab. Im konzipierten Fall der Gärrestlagerung über 5 Monate ergibt sich bei Einsparung von ca. 1,1 kg N je t. Bei Verrechnung mit den Einlagerungskosten ergibt sich ein theoretischer Fehlbetrag von 6,45 €/t. Die Ausnutzung des potentiellen **Vorteils der Entzerrung von Arbeitsspitzen** durch Lagerung fester organischer Düngemittel unmittelbar am Einsatzort ist rechtlich nicht möglich. Insbesondere müssen die entsprechenden Lagerkapazitäten nach DüV vorgehalten werden, sodass auch eine theoretische Einsparung von befestigter Lagerflächen keine Rechtsgrundlage aufweist.

4.1.3 Nutzung der festen Phase

Verwendung

Separierte Feststoffe lassen sich flexibel nutzen – entweder als **Mehrnährstoffdünger** oder als **Substrat in der Biogasanlage**.

Bei der Nutzung als Dünger sollte auf eine emissionsarme Lagerung und Ausbringung geachtet werden. Eine **kurze Lagerdauer** wäre ideal, ist aber wegen Sperrzeiten oft nicht umsetzbar. Die Abgabe an eine **Biogasanlage** ist hingegen **ganzjährig möglich;** eine zeitnahe Vergärung reduziert Lagerungsemissionen.

Separierte Feststoffe sind energiereich und einfach zu transportieren. 1 t Feststoff aus separierter Rindergülle liefert beispielsweise etwa **doppelt** so viel Methan wie die Rohgülle und kann etwa 0,3 t Mais im Fermenter ersetzen.

Feststoffe nährstoff- und energiereich

Nutzung in Biogasanlagen (1 t Feststoffe ersetzen ca. 0,3 t Mais)

Nutzung in der Biogasanlage

Tab.: Biogaserträge von Mais und Wirtschaftsdüngern

	TM [%]	CH_4 [%]	Methanertrag [m^3/t FM]
Maissilage	33,0	52	97
Gülle	8,5	55	11
Feststoffe	20,1	53	25 – 38
Gülle	6,0	60	12
Feststoffe	25,7	52	32 – 48



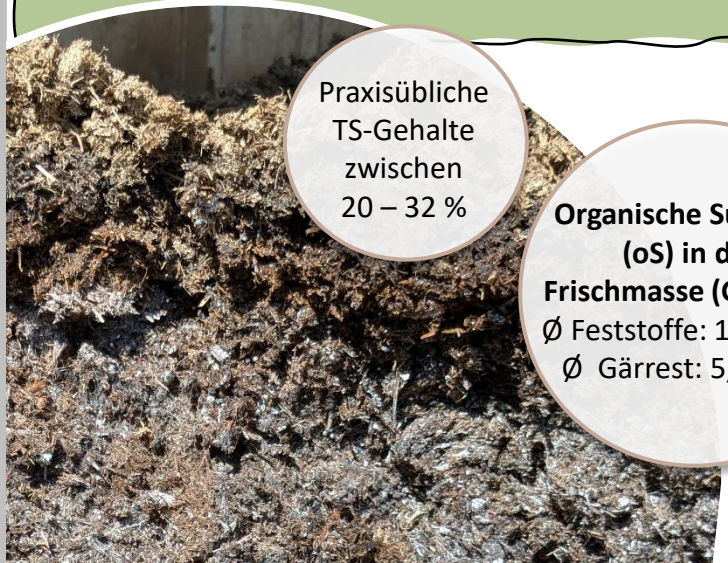
4.1.3 Nutzung der festen Phase

Pflanzenbauliche Aspekte

Der separierte Feststoff kann als organischer **Mehrnährstoffdünger mit Depotwirkung** eingesetzt werden. Das bedeutet, dass die enthaltenen Nährstoffe – insbesondere Stickstoff – nicht sofort, sondern über einen längeren Zeitraum hinweg pflanzenverfügbar werden. Dabei müssen die überwiegend organisch gebundenen Nährstoffe zunächst durch mikrobiell gesteuerte Prozesse freigesetzt werden (**Mineralisation**). Die Geschwindigkeit dieser Umwandlung hängt maßgeblich von der mikrobiellen Aktivität ab, die wiederum durch Faktoren wie Bodentemperatur, Feuchtigkeit, pH-Wert und Sauerstoffgehalt beeinflusst wird.

Aufgrund der verzögerten Stickstofffreisetzung empfiehlt sich der Einsatz in Kulturen mit später **N-Aufnahme**, wie Mais oder Zuckerrübe, wo auch eine direkte Einarbeitung möglich ist.

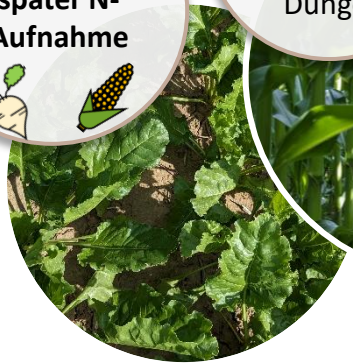
Zudem enthalten die separierten Feststoffe relevante Mengen an **Phosphor & organischer Substanz**, wodurch sie gezielt in Bedarfsregionen zur P- und Humusversorgung genutzt werden können.



Praxisübliche TS-Gehalte zwischen 20 – 32 %

Organische Substanz (oS) in der Frischmasse (Gärrest):
Ø Feststoffe: 19,3 % oS
Ø Gärrest: 5,5 % oS

Düngung: Kulturen mit **später N-Aufnahme**



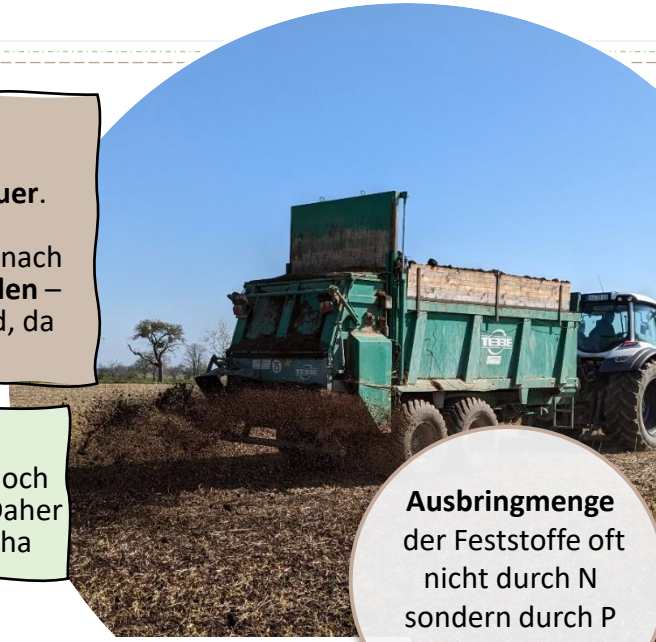
P- und faserreicher organischer Dünger



4.1.3 Nutzung der festen Phase

Ausbringung

Die Ausbringung der Feststoffe erfolgt mit einem **Festmiststreuer**. Für eine optimale Nährstoffverteilung ist eine gleichmäßige Querverteilung wichtig. Da die Dichte und die Partikelgröße je nach Substrat variieren, empfiehlt sich eine Kontrolle mit **Streuschalen** – insbesondere wenn der Streuer auch für Miste verwendet wird, da diese Partikel meist schwerer sind.



Ausbringmenge der Feststoffe oft nicht durch N sondern durch P begrenzt

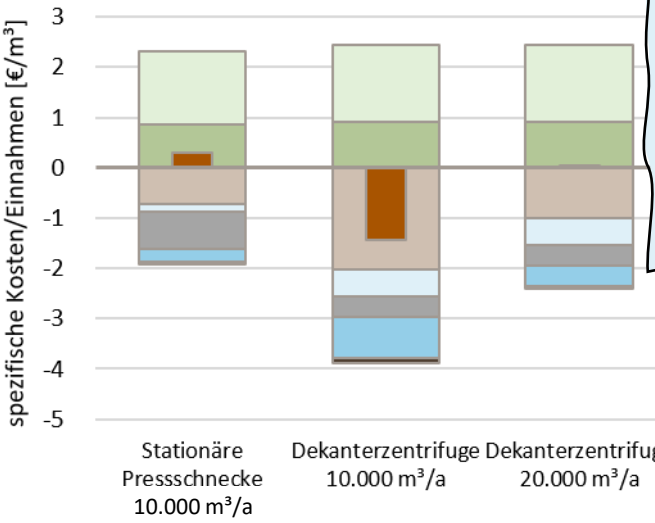
Beispiel Mastschweinegülle

Für 120 kg N/ha wären 20 t Feststoffe nötig gewesen, dabei jedoch 112 kg P_2O_5 ausgebracht worden – deutlich über dem Bedarf. Daher wurden nur ca. 12 t/ha eingesetzt, entsprechend rund 70 kg N/ha

			Nährstoffgehalte			Ausgebrachte Menge		
Variante	**Ausbring-menge**	**TS-Gehalt**	**N-Ges.**	**NH_4-N**	**P_2O_5**	**N-Ges**	**NH_4-N**	**P_2O_5**
Rohgülle	35 m³/ha	4,8 %	3,6 kg/m³	2,2 kg/m³	**2,1 kg/m³**	127 kg/ha	77 kg/ha	**75 kg/ha**
Sep. Gülle (flüssig)	38 m³/ha	3,1 %	3,4 kg/m³	2,1 kg/m³	**1,8 kg/m³**	126 kg/ha	80 kg/ha	**66 kg/ha**
Sep. Gülle (fest)	12 t/ha	25,0 %	6,1 kg/t	2,7 kg/t	**5,7 kg/t**	73 kg/ha	32 kg/ha	**68 kg/ha**

4.1.4 Ökonomie Pressschnecke und Zentrifuge

Wirtschaftlichkeitsberechnung anhand von MuD-Betrieben im Projekt (Einzelbeispiele)

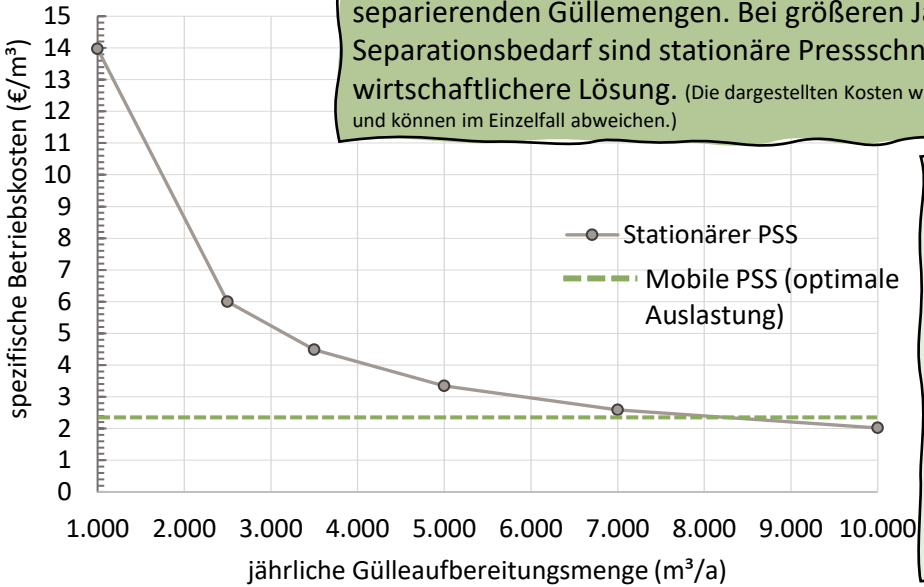


Die **Wirtschaftlichkeit** hängt wesentlich von den Erlösen für die separierten Feststoffe ab, deren Preise Schwankungen unterliegen. In dieser Berechnung wurde angenommen, dass die gesamten Feststoffe an eine BGA für 8 €/t verkauft werden konnten. Auch die jährliche Durchsatzmenge ist entscheidend für die Wirtschaftlichkeit. Positive Düngewirkungen der Dünnphase wurden nicht bewertet. Die Stromkosten variieren je nach Betrieb und können durch die Nutzung von Eigenstrom, z. B. aus einer PV-Anlage, gesenkt werden.

Die Wahl der **Dekanterzentrifuge** erfolgt aufgrund der hohen Entwässerungsleistung zur Verbesserung der Transportwürdigkeit der Feststoffe. Im Beispielbetrieb werden die separierten Feststoffe anschließend z. T. solar getrocknet und als torfähnliches Dünge- bzw. Torfersatzprodukt vermarktet (Erlöse nicht berücksichtigt).

4.1.4 Ökonomie Pressschnecke und Zentrifuge

Wann lohnt sich ein eigener Separator?
Mobile Separationsanlagen eignen sich insbesondere für Betriebe mit geringen zu separierenden Güllemengen. Bei größeren Jahresmengen und kontinuierlichen Separationsbedarf sind stationäre Pressschneckenseparatoren häufig die wirtschaftlichere Lösung. (Die dargestellten Kosten wurden auf Grundlage eines Beispielbetriebs berechnet und können im Einzelfall abweichen.)



Je nach Durchsatzleistung und Kundenbedarf werden bei einem Einsatz des **mobilen Separators** typischerweise 100 bis 1.200 m³ Gülle separiert. Aufgrund der hohen Tagesleistung ist die Anlage auf einem Betrieb in der Regel nur an etwa zwei bis acht Tagen pro Jahr im Einsatz (betriebsindividuell sind jedoch auch mehr Einsatztage möglich).

Stationäre PSS: Anschaffungskosten: Pressschnecke (2,2 kW) + 2 Pumpen und Schneidfilter + Infrastruktur (ohne Festmistplatte) = 61.072 €
Nutzungszeitraum 10 Jahre; Restwert 10 %; Zinsansatz 5 %; Reparaturkostenfaktor 6 %
Strom: 0,29 €/kWh, Arbeit: 15 min/Tag + wöchentliche Beladezeit für Feststofftransport
Mobile PSS: Separationskosten abhängig von Güllemenge u. TS-Gehalt + Anfahrt / Aufbau ca. 1,80 – 3,00€/m³

4.2 Trocknung

Warum Wirtschaftsdünger trocknen?

Durch die Anforderungen im Zuge der novellierten Düngeverordnung ist eine höhere Lagerkapazität erforderlich. Mögliche Lösungswege sind zum einen der Bau eines weiteren Lagerbehälters oder der Bau einer Trocknungsanlage inklusive einer Halle für das Trockengut.

→ **Vorteile der Gärresttrocknung sind:**

Steigerung der Transportwürdigkeit des Düngers

Aufbereitete Produkte mit neuen Eigenschaften

NEW

Reduktion des Masse- und Lagervolumens

Pelletierung erleichtert Lagerung und Ausbringung

4.2.1 Technik Vorstellung – Rührwerkstrocknung

Funktionsweise

Zwei gegenläufig rotierenden **Horizontalrührwerke** durchmischen i. d. R. unseparierte flüssige Wirtschaftsdünger in einer Trocknungswanne.
Über einen Wärmetauscher auf bis zu **100 °C** erhitzte Frischluft wird mit einem Ventilator eingeblasen und trocknet das Substrat auf einen TS-Gehalt zwischen **60 und 90 %.** (1)
Um zu verhindern, dass flüchtiges Ammoniak mit dem entweichenden Dampf verloren geht, wird **Schwefelsäure** eingespritzt.
Ammoniak wird dadurch in Form von Ammoniumsulfat gebunden, in einem **Gewebefilter aufgefangen** und zusammen mit dem Trockengut ausgetragen.
Der gereinigte Dampf wird über den Kamin abgeführt. (3)



Handlungsempfehlungen für die Rührwerkstrocknung

- **TS-Gehalt (**Trockengut): einstellbar über **Kontrollmikrowellensenor am Austrag**
- **Lagerung der Schwefelsäure**: doppelwandige, zylinderförmige Behälter aus säurebeständigem Kunststoff wie Polyethylen (PE-HD) oder Polypropylen (PP) (2)
- **Betreuung und Wartung**: tägliche Kontrolle (ca. 15 Minuten); kleinere Wartungsarbeiten können selbst ausgeführt werden
- **Reinigung**: ca. drei Komplettreinigungen im Jahr (zwei Personen; Zeitbedarf ca. vier Stunden)
  → Beseitigen der Verschmutzungen an Rührwerken und Wannen

4.2.1 Technik Vorstellung – Abgastrocknung

Funktionsweise

Die Trocknung von i. d. R. unseparierten Wirtschaftsdüngern erfolgt entweder direkt oder indirekt über die **Abgase eines Biogas-BHKW**.
Das Substrat wird zunächst mit bereits getrocknetem Material vermengt, bis ein **TS-Gehalt** von etwa **30 %** erreicht ist. Dann wird es über eine **Eintragsschnecke** der Trocknungskammer zugeführt, wo es durch Wurfwellen aufgewirbelt wird und mit einer Mischung aus erwärmter Luft und BHKW-Abgasen **bei 300 °C** rasch auf einen **TS-Gehalt bis zu 90 %** trocknet.
Um zu verhindern, dass flüchtiges Ammoniak mit dem entweichenden Dampf verloren geht, wird dem Substrat **Schwefelsäure** zugeführt.
Dadurch bildet sich Ammoniumsulfat, das zusammen mit Staub in Filtern aufgefangen und dem Trockengut wieder zugeführt wird. In der Regel wird das getrocknete Material danach **pelletiert**.



Handlungsempfehlungen für die Abgastrocknung:

- **TS-Gehalt** (Trockengut): einstellbar über **Trocknungszeit und Temperatur**
- **Lagerung der Schwefelsäure**: doppelwandiger Behälter aus LLDPE Polyethylen mit elektronischer Wiegeeinrichtung, direkt an Anlage angeschlossen
- **Betreuung, Wartung, Reinigung**: tägliche Kontrolle (ca. 45 Minuten); kleinere Wartungsarbeiten können selbst ausgeführt werden, eine ganztägige Reinigung pro Jahr

4.2.1 Technik Vorstellung – Trocknung mit Pelletierung



Funktionsweise und Anwendung

Die Behandlung des Trockenguts erfolgt mit einer **Matrizenpresse**. Durch die dabei entstehenden hohen Temperaturen verschmilzt das gepresste Material und es werden widerstandsfähige **Pellets** mit „verglaster“ Oberfläche produziert.
Der **Trockensubstanzgehalt** der Pellets liegt zwischen **85 und 90 %.**
Der **Strombedarf** für die Presse liegt bei **10 kWh/m³**.



Handlungsempfehlungen zur Pelletierung:

- **Einstellung der Presse:** Pressdruck und Pelletlängen beeinflussen das Auflösen im Feld (je lockerer und kürzer desto schneller, ggf. cracken)
- **Kontrollgang** inkl. Leeren der Anlage ca. 45 Minuten/Tag
- Durch Pelletieren **reduziert** sich das Lagervolumen deutlich und die Gefahr der **Selbsterhitzung** des getrockneten Materials wird **vermieden**

4.2.1 Technik Vorstellung – Rührwerks- vs. Abgastrocknung

	Rührwerkstrockner	Abgastrockner
FUNKTIONS-WEISE	Trocknung mit zwei gegenläufig rotierenden **Horizontalrührwerken**; angesaugte, über einen Wärmetauscher erwärmte Frischluft trocknet das Material mit bis zu **100 °C** im Flexbetrieb kommt die Wärme aus dem Pufferspeicher	Indirekte oder direkte Trocknung von Gärresten über **Abgase des BHKW** einer Biogasanlage bei **300°C**, kein Wärmetauscher erforderlich; geringe Trocknungszeiten durch hohe Temperaturen, dadurch aber auch **erhöhte Brandgefahr**
WARTUNGS-AUFWAND	• **Betreuung und Wartung:** tägliche Kontrolle ca. 15 Minuten; kleinere Arbeiten können selbst ausgeführt werden • **Reinigung:** ca. drei Komplettreinigungen im Jahr (zwei Personen; Dauer ca. vier Stunden)	• **Betreuung und Wartung**: täglicher Kontrollgang ca. 45 Minuten, tägliche Leerung erforderlich, kleinere Wartungsarbeiten können selbst ausgeführt werden • **Reinigung**: 1x im Jahr einen ganzen Tag; alle Teile müssen einzeln gereinigt werden

4.2.1 Technik Vorstellung – Rührwerks- vs. Abgastrocknung

Technische Kennzahlen

Rührwerkstrocknung (Betrieb 1)
- **Wärmeverbrauch**:701 kWh/m³
- **Stromverbrauch**: 33 kWh/m³
- **Durchsatz:** 9,5 m³/Tag
- **Gärrest** (Putenmist + NawaRo) als Ausgangsmaterial

Rührwerkstrocknung (Betrieb 2)
- **Wärmeverbrauch:** 616 kWh/m³
- **Stromverbrauch**: 32 kWh/m³
- **Durchsatz:** 11,1 m³/Tag
- **Gärrest** (Rindergülle + NawaRo) als Ausgangsmaterial

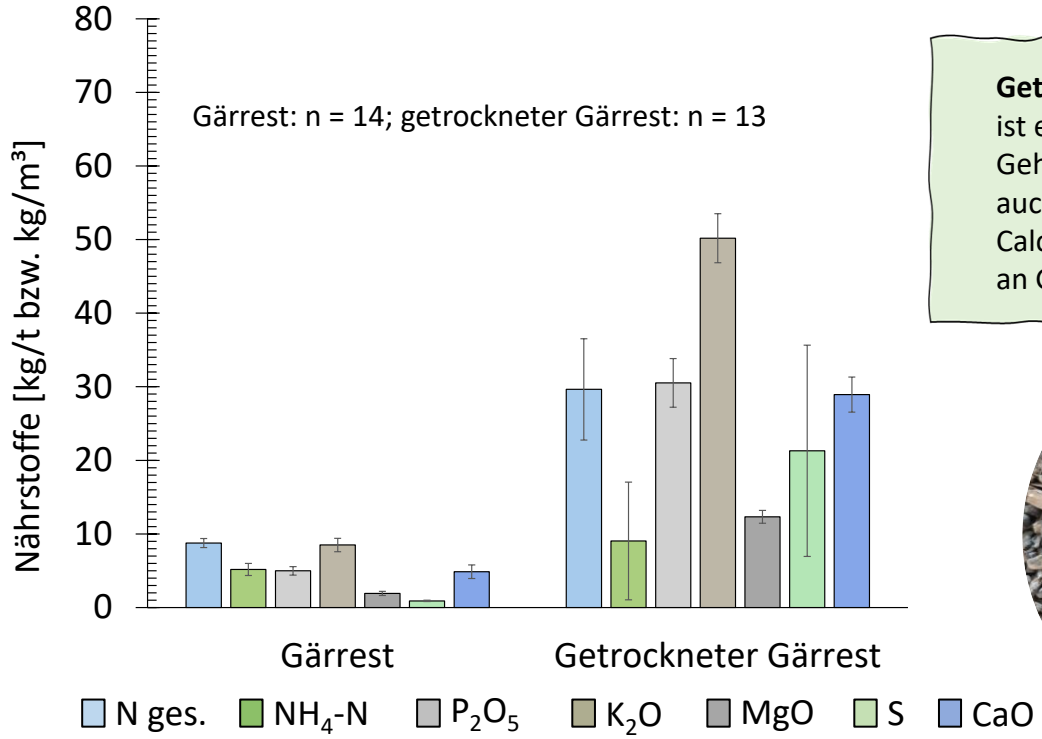
Abgastrocknung
- **Wärmeverbrauch**: 755 kWh/m³
- **Durchsatz:** 3,5 t/Tag
- **Gärrest** aus NawaRo-Anlage als Ausgangsmaterial

- Je höher die **Ausgangstemperaturen** der zu behandelnden Wirtschaftsdünger, desto geringer ist der Verbrauch von **thermischer Energie**.
- Mit **steigendem Durchsatz sinken** die spezifischen thermischen und elektrischen **Energieverbräuche** deutlich.
- In allen Anlagen wird Schwefelsäure eingesetzt, um Ammoniak zu binden; täglicher Schwefelsäureverbrauch (20 % ig) von **Betrieb 1:** 166 Liter

4.2.2 NÄHRSTOFFGEHALT – GETROCKNETER GÄRREST

RÜHRWERKSTROCKNUNG

Ø TS Gärrest: 13,7 % Ø TS getrockneter Gärrest: 86,7 %



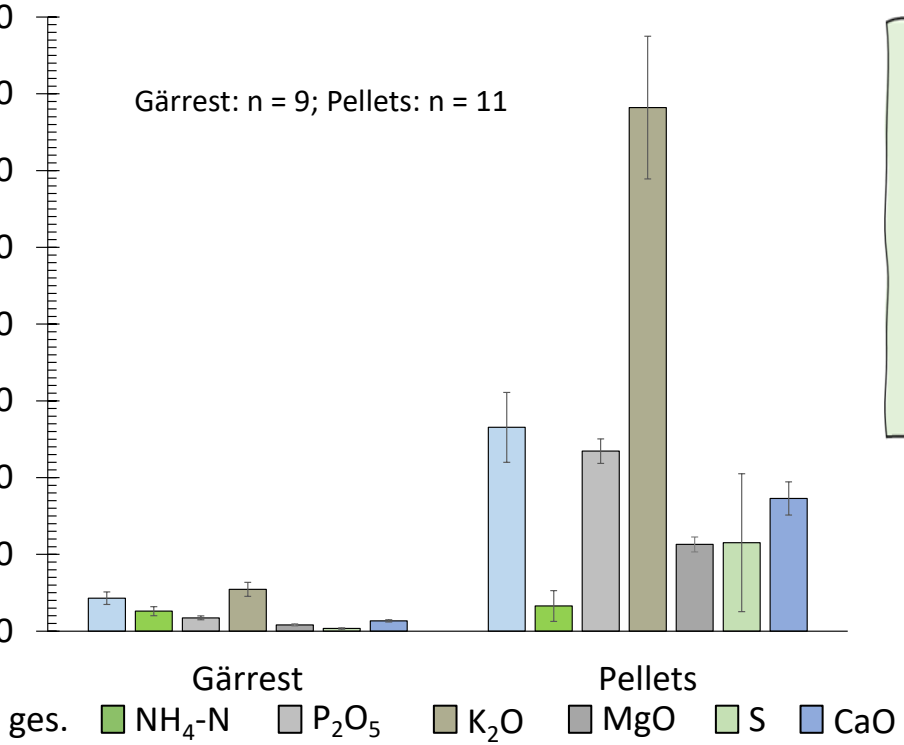
Getrockneter Gärrest
ist ein Depotdünger mit hohen Gehalten an **Kaliumoxid**, aber auch Stickstoff, Phosphat und Calciumoxid. Der Anteil NH_4-N an Gesamt-N liegt bei **25 %.**



4.2.2 NÄHRSTOFFGEHALT – GÄRRESTPELLETS

RÜHRWERKSTROCKNUNG

Ø TS Gärrest: 6,2 % Ø TS Gärrestpellets: 82,3 %



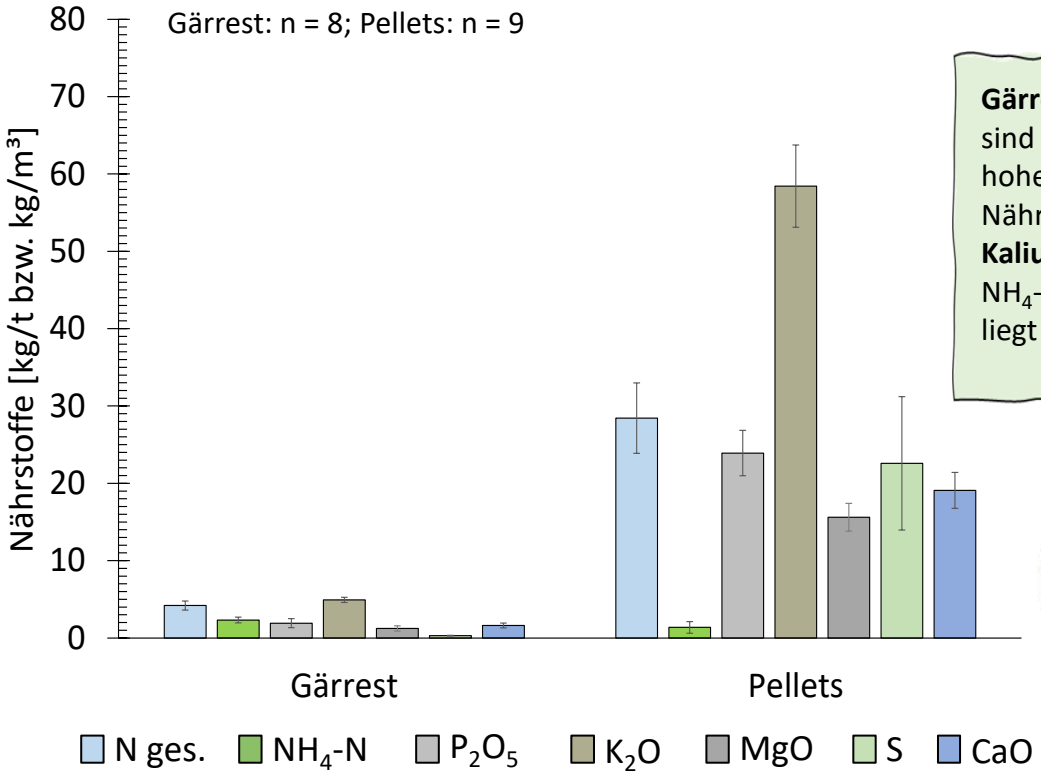
Gärrestpellets
sind ein **Depotdünger** mit sehr hohen Gehalten an **Kaliumoxid**. Sie enthalten ähnlich hohe Nährstoffgehalte wie getrockneter Gärrest. Der Anteil NH_4-N an Gesamt-N liegt im Mittel bei rund **14 %**.



4.2.2 NÄHRSTOFFGEHALT – GÄRRESTPELLETS

ABGASTROCKNUNG

Ø TS Gärrest: 6,8 % Ø TS Pellets: 86,9 %



Gärrestpellets
sind ein **Depotdünger** mit hohen Gehalten an Nährstoffen, v.a. an **Kaliumoxid.** Der Anteil an NH_4-N an Gesamtstickstoff liegt bei **4 %**.



4.2.3 Lagerung und Düngung mit Getrocknetem Gärrest

Lagerung

Der getrocknete Gärrest sollte **trocken gelagert** werden. Vorzugsweise in einer extra zu diesem Zweck errichteten Halle. Wird das Material feucht, neigt es zur **Selbstentzündung**. Beim Verladen kann es zu großen **Staubentwicklungen** kommen. Hier sind die **üblichen Maßnahmen** zur Verhinderung von **Staubexplosionen** zu treffen.



Ausbringung

Die Ausbringung erfolgt **vor der Aussaat** mit einem **Festmiststreuer** . Anschließend wird das Material mit der Scheibenegge **in den Boden eingearbeitet**, wodurch Stickstoffverluste reduziert werden können.
Da das Material stark zur **Verwehung neigt**, wird empfohlen an **windstillen Tagen auszubringen.** Ansonsten wird die Verteilgenauigkeit stark beeinträchtigt.



4.2.3 Nutzung von Getrocknetem Gärrest

Pflanzenbauliche Aspekte

Der getrocknete Gärrest ist als **Depotdünger** einzustufen und eignet sich daher vor allem für **Kulturen mit langen Wachstumszyklen**.

Als **kaliumbetonter** organischer Dünger empfiehlt sich außerdem die Anwendung bei Kulturpflanzen mit **hohem K-Bedarf**.

Er ist deshalb besonders gut zur Nährstoffversorgung von z. B. Mais, Kartoffeln oder auch Zuckerrüben geeignet.





4.2.3 Lagerung und Düngung mit Pellets

Lagerung

Da die **Schüttdichte** durch die Pelletierung des getrockneten Gärrests von 250 bis 350 kg/m³ auf 700 bis 750 kg/m³ ansteigt, ist der **Lagerplatzbedarf gering**. Die aufgrund der harten, „verglasten“ Oberfläche ohnehin geringen Nährstoffverluste sind bei **wettergeschützter, trockener und kühler** Lagerung minimal. Bei feuchter Lagerung quellen die Pellets auf.



Ausbringung

Die Ausbringung der Pellets kann mit einem **Mineraldüngerstreuer** erfolgen. Aufgrund der niedrigeren Nährstoffdichte der Pellets gegenüber Mineraldüngern müssen an dieser Stelle aber **sehr niedrige Fahrgeschwindigkeiten** in Kauf genommen werden.
Besser ist die Verwendung eines **Großflächenstreuers**. Dieser hat ein deutlich höheres Fassungsvermögen und bringt auch bei **höherer Fahrgeschwindigkeit** genügend Pellets auf die Fläche, ohne dass die Verteilgenauigkeit beeinträchtigt wird. Im Vergleich zu getrocknetem Gärrest weisen Pellets eine **höhere Verteilgenauigkeit** und damit eine gleichmäßigere Nährstoffverteilung auf.
Die Ausbringung im **Frühjahr** sollte so **früh wie möglich** erfolgen, da die Pellets ausreichend Feuchtigkeit benötigen, um sich aufzulösen. Zudem empfiehlt sich die **Einarbeitung mit Striegel oder Hacke**.



4.2.3 Nutzung von Pellets

Pflanzenbauliche Aspekte

Pellets haben eine **Depotwirkung.** Sie verfügen über hohe Gehalte an Gesamtstickstoff und Kalium und eignen sich somit für Kulturen mit **langen Wachstumszyklen** und hohem **K-Bedarf** (z. B. Mais, Sorghum). Eine Düngung von **Getreide** mit Pellets kann hingegen **nicht empfohlen** werden.

Steht nach der Ausbringung nicht genügend Wasser zur Verfügung, lösen sie sich zu langsam auf und die enthaltenen Nährstoffe stehen den Kulturpflanzen nicht zur Verfügung. Deshalb: **so früh wie möglich ausbringen**.

Pellets können sehr widerstandsfähig sein, deshalb wird empfohlen den **Pressdruck der Matrize** und die **Länge der Pellets** zu reduzieren. Gegebenenfalls sollten sie vor der Ausbringung **gecrackt** werden. Diese Maßnahmen **erleichtern den Auflösevorgang** und steigern die Pflanzenverfügbarkeit der enthaltenen Nährstoffe.



4.3 VAKUUMVERDAMPFUNG



WARUM EINE VAKUUMVERDAMPFUNG?

Durch die Anforderungen im Zuge der novellierten Düngeverordnung ist eine höhere Lagerkapazität ggf. auch ein Nährstoffexport erforderlich. Ein Lösungsweg ist der Bau eines weiteren Lagerbehälters oder eine überbetriebliche Abgabe von Wirtschaftsdüngern, die jedoch nur gering transportwürdig sind. Eine mögliche Alternative ist die Aufbereitung des Gärrests in einer Vakuumverdampfungsanlage.

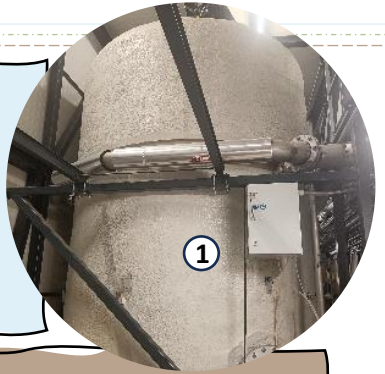
→ **Vorteile der Vakuumverdampfung:**

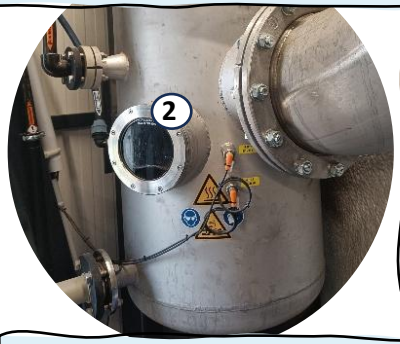
- Steigerung der Transportwürdigkeit des Düngers
- Reduktion des Masse- und Lagervolumens
- Aufbereitete Produkte mit neuen Eigenschaften (NEW)
- ASL kann als Mineraldünger eingestuft werden

4.3.1 Technik Vorstellung – Vakuumverdampfung

Funktionsweise (zweistufiges Verfahren)

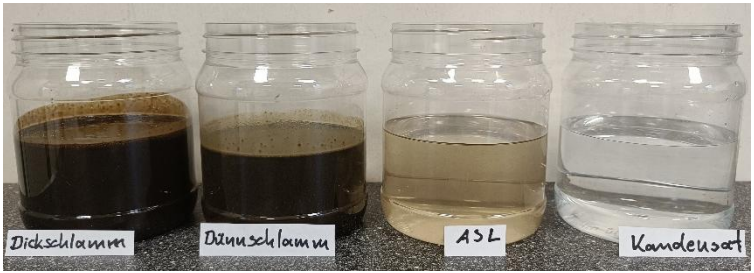
Die **flüssige Phase**, die nach der Separierung anfällt, wird im **Unterdruck** destilliert, da dadurch der Siedepunkt niedriger liegt. Im ersten Verdampfer (1) des zweistufigen Verfahrens verdampft ein Teil der Flüssigkeit bereits bei **80 °C**. Im nachgeschalteten zweiten Verdampfer wird die **Kondensationswärme** genutzt, um den Energiebedarf niedrig zu halten. Der aufkonzentrierte, eingedampfte Gärrest (Dickschlamm) sammelt sich im unteren Bereich der Verdampfer.





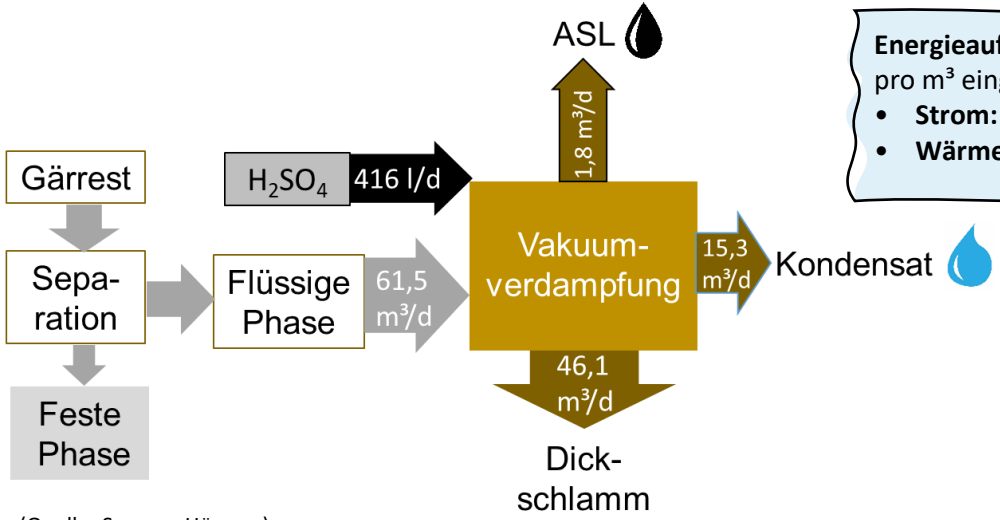
Die bei dem Vorgang entweichenden, mit Ammonium (NH_4) angereicherten Brüden, werden einer **sauren Wäsche** zugeführt. Diese besteht aus einem Wäscher (2) in den **pH-Wert-gesteuert Schwefelsäure** eingebracht wird. Die Säure bindet den ausgetriebenen Ammoniumstickstoff (Ammoniak), sodass eine **Ammoniumsulfatlösung (ASL)** entsteht, die vom Wasserdampf getrennt und in separaten Tanks gelagert wird.

Der verbleibende **Dickschlamm** wird dem **Gärrestlager** zugeführt. Das entstandene **Kondensat** kann über einen Nasskühlturm **verdunstet**, als **Prozesswasser** in der Biogasanlage genutzt oder z. B. zur **Christbaumbewässerung** verwendet werden. Für eine **Einleitung** in den Vorfluter bedarf es einer Genehmigung.



4.3.1 Technik Vorstellung – Vakuumverdampfung

Fließschema der im SlurryUpgrade betreuten zweistufigen Vakuumverdampfung



(Quelle: Susanne Höcherl)

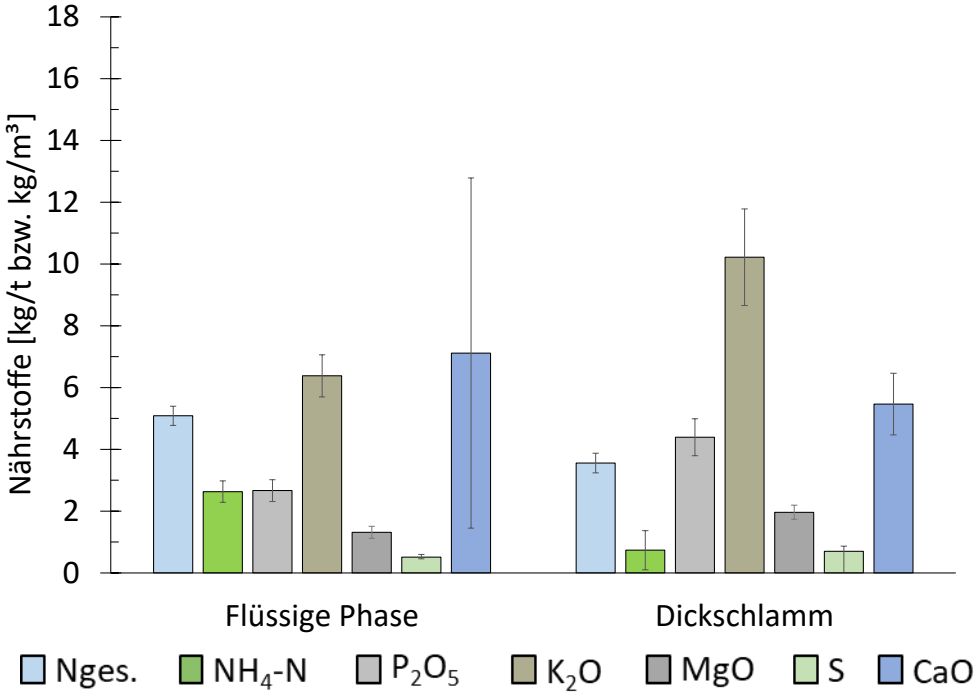
Energieaufwand
pro m³ eingetragener flüssige Phase:
- **Strom:** 4,8 kWh
- **Wärme:** 95,8 kWh

Handlungsempfehlungen:
- **Wartungs- und Betreuungsarbeiten:** tägliche Kontrolle ca. 30 Minuten
- **Kalibrieren** der pH-Sonden mit Kalibrierflüssigkeit alle vier Wochen
- **Reinigung der Kessel:** alle vier Jahre
- **Lagerung von Schwefelsäure**: in einem doppelwandigen PE-Behälter

4.3.2 NÄHRSTOFFGEHALTE – DICKSCHLAMM

VAKUUMVERDAMPFUNG

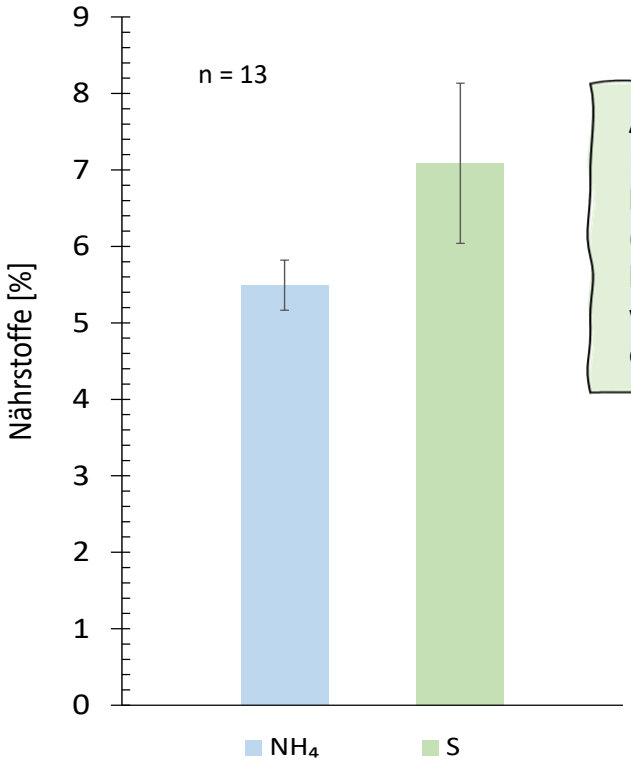
Ø TS Flüssige Phase: 7,8 % - Ø TS Dickschlamm: 9,9 %



Der **Dickschlamm** (eingedampfter Gärrest) enthält praktisch keine Fasern mehr und weist einen vergleichsweise **hohen TS-Gehalt** auf. Er verfügt infolge der gezielten Austreibung von Stickstoff über deutlich **geringere Ammoniumstickstoffgehalte** als das Ausgangsmaterial. Diese zeigen jedoch eine hohe Variabilität.

4.3.2 Nährstoffgehalte – ASL aus der Vakuumverdampfung

ASL - Ammoniumsulfatlösung



ASL (Ammoniumsulfatlösung) ist ein schnell wirksamer Dünger und enthält außer Ammonium und Schwefel keinerlei Nährstoffe. Sie hat eine höhere Dichte als Wasser (1,26 kg/L), ist aber von der Viskosität ähnlich. Die ASL kann bei einem Gehalt von 5 % Ammoniumstickstoff und 6 % wasserlöslichen Schwefel nach DüMV als Mineraldünger eingestuft werden.

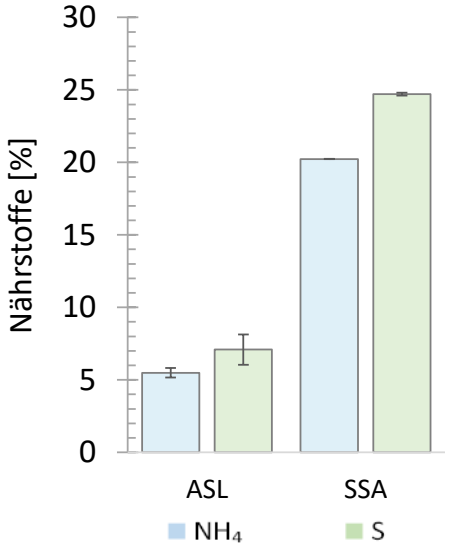


4.3.2 Exkurs: Schwefelsaures Ammoniak (SSA)

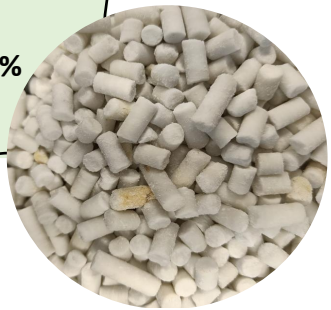
Funktionsweise:
Optional kann die Ammoniumsulfat-Lösung (ASL ①) aus der Vakuumverdampfung in Schwefelsaures Ammoniak (SSA ②) weiterverarbeitet und damit weiter aufkonzentriert werden:

1. **Schritt:** Herstellung von kristallinem SSA mit Hilfe einer Saline
2. **Schritt:** Herstellung von Düngerpellets ③ mit einer Pelletieranlage





- Weitere Aufkonzentrierung der Nährstoffe Ammoniumstickstoff und Schwefel
- Einstufung als **Mineraldünger** mit **21 % Stickstoff** und **24 % Schwefel**



4.3.3 Dickschlamm - Lagerung und Düngung

Lagerung

Dickschlamm wird als **flüssiger Wirtschaftsdünger** eingestuft und in einer **Jauche-Gülle-Sickersaft (JGS)-Anlage** gelagert.

Ausbringung

Der Dickschlamm kann als Wirtschaftsdünger mit **Depotwirkung** bei allen Kulturen genutzt werden. Eine bodennahe und streifenförmige Ausbringung bzw. eine unverzügliche Einarbeitung in den Boden wird empfohlen, um **Stickstoffverluste** zu vermindern.



4.3.3 Lagerung und Düngung mit Ammoniumsulfatlösung (ASL)

Lagerung

Für die Lagerung werden **doppelwandige Tanks** aus Edelstahl oder PE-Kunststoffen sowie Stahlbehälter mit PE-Auskleidung empfohlen. Ungeeignet sind hingegen Behälter aus Kupfer, Messing oder Zink, da diese Materialien **korrosiv reagieren**. Die ASL ist **nicht kennzeichnungspflichtig** als Gefahrstoff nach Gefahrstoffverordnung.



Handlungsempfehlungen zur Lagerung:

- Bei **Beimengung von ASL** zu flüssigen Wirtschaftsdüngern verliert sie den Mineraldüngerstatus und fällt unter die 170 kg N/ha Regelung
- Bei der Beimengung zu Wirtschaftsdüngern kann **Schwefelwasserstoff** in **lebensgefährlichen** Konzentrationen entstehen! **Äußerste Vorsicht!**



Ausbringung

ASL wird in erster Linie als **schnell wirksamer** Dünger ausgebracht. Sie kann auf einen pH-Wert 3 - 7 (je nach Verwendungszweck) eingestellt werden. Für eine Blattdüngung sollten die **pH-Werte zwischen 5,5 und 6,0** liegen, um Ätzschäden zu vermeiden. Für die Ausbringung eignet sich das **Cultanverfahren** oder die **Pflanzenschutzspritze**.

4.3.3 Lagerung und Düngung mit schwefelsaurem Ammoniak (SSA)

Lagerung

Empfohlen wird die Lagerung in **gut abgedeckten Bigbags,** möglichst kühl auf einem befestigten Boden. Die Pellets sollten nicht feucht werden, da sie sonst „verkleben“ können, was später bei der Nutzung Schwierigkeiten bereitet.

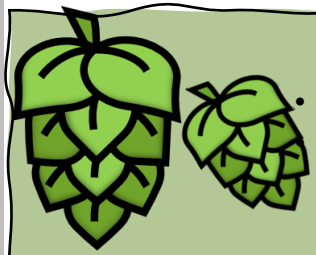


Ausbringung

Das pelletierte SSA wird mithilfe eines **Mineraldüngerstreuers oder Großflächenstreuers** ausgebracht.
Bei Wärmeeinwirkung kann es zu einem **Verklumpen der Pellets** im Düngestreuer kommen, was die Ausbringung und die gleichmäßige Nährstoffverteilung deutlich erschwert.



4.3.3 Exkurs: ASL im Hopfenanbau



Anwendung von ASL im Hopfenanbau

- als **Dünger** für die Hopfenflächen (über die Tropfbewässerung (1))
- Zum **„Hopfenputzen“** (2) - ASL mit einem pH-Wert unter 5 verätzt die Triebe der ersten 40 cm vom Boden, was die Ernte erleichtert, und die Verunkrautung des Damms verhindert.





Düngung über drei Gaben

1. 60 kg im Mai als Grunddüngung
2. 60 kg im Juni zum Hopfenputzen
3. Weitere 60 kg über mehrere Gaben wöchentlich verteilt im Juli als gestaffelte Gaben, über die Bewässerung

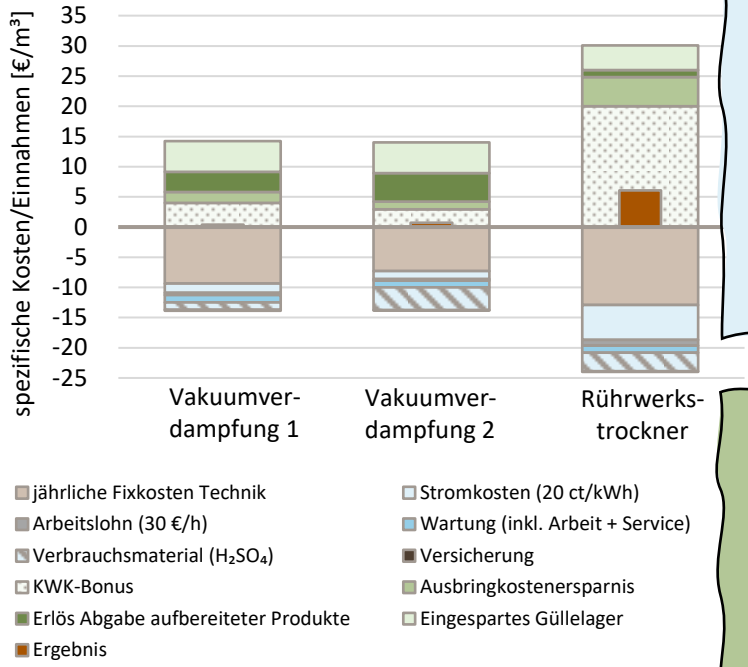


- Einstellen der Düngung im August, um **Alphasäurerückgang** entgegenzuwirken
- **kein Einfluss** auf den Ertrag im Demostreifen im Vergleich zur betriebsüblichen Düngung mit AHL



4.3.4 Ökonomie Trocknung und Verdampfung

Wirtschaftlichkeitsberechnung anhand von drei MuD-Betrieben im Projekt



Bei der **Vakuumverdampfung** hängt die Wirtschaftlichkeit stark davon ab, wie hoch der Erlös für verkauftes ASL ausfällt (für die Graphik sind 146 €/m³* kalkuliert). Dieser Erlös wird noch wichtiger, wenn es keinen KWK Bonus mehr gibt. Eingesparte Ausbringkosten wurden mit 4,80 €/m³ **(LfL ´26) und Investitionskosten für eingesparten Lagerraum mit 100 €/m³ veranschlagt. Die Stromkosten variieren je nach Betrieb und können durch die Nutzung von Eigenstrom, z. B. aus einer PV-Anlage, gesenkt werden.

*LfL-IBA 26 mündl. Mitteilung : ** Deckungsbeitragsrechner `26;

Die hohen spezifischen Einnahmen beim **Rührwerkstrockner** werden eindeutig vom KWK Bonus generiert. Das ist dem Umstand geschuldet, dass für die Trocknung deutlich mehr thermische Energie benötigt wird als bei der Verdampfung. Ohne diese Einnahmen wird der ökonomische Betrieb schwierig.

4.4 KOMPOSTIERUNG



Quelle: WWW.KOMPOSTWERK-SCHÖNAU.DE

DEFINITION: Nach Düngeverordnung (DüV) handelt es sich bei Kompost um einen Bodenhilfsstoff. Wie alle Dünger muss auch Kompost den Vorgaben der Düngemittelverordnung (DüMV) entsprechen.
Der Kompostierungsprozess, auch **Rotte** genannt, ist der Abbau und Umbau der organischen Substanz unter aeroben Bedingungen. Diese Umsetzungsprozesse werden vorwiegend von Mikroorganismen vollzogen.

4.4.1 Rotteprozess und Rottegrade

Rottegrade von Komposten

Komposte werden nach Rottegraden unterschieden. Das ist ein Maß für den **Abbau der organischen Substanz**. Er wird über die **Selbsterhitzungsfähigkeit** bestimmt.



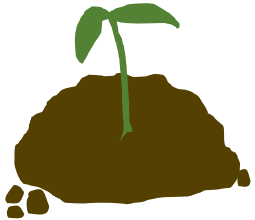
5 Phasen des **Rotteprozesses**:

1. Startphase 15-45 °C
2. Selbsterwärmungsphase 45-65 °C
3. Hochtemperaturphase bis 70 °C
4. Abkühlphase 65-45 °C
5. Reifephase unter 45 °C

Die **hohen Temperaturen hygienisieren** den Kompost und sorgen z. B. dafür, dass Keime und Pflanzensamen abgetötet werden. Mit zunehmendem Rottegrad sinkt die Temperatur des Kompostes dann auf Außentemperaturniveau.

- **Frisch-Kompost**: Reifezeit 6-8 Wochen, Hauptrotte und Hygienisierungsphase sind abgeschlossen, Rottegrade 2 bis 3
- **Fertig-Kompost**: Reifezeit 3-6 Monate, hohe Pflanzenverträglichkeit, hoher Humusanteil, Rottegrade 4 bis 5

Durch Mietentemperaturen **bis 70 °C** werden RAL-zertifizierte Komposte weitgehend **hygienisiert**. Mindesttemperaturen und Einwirkzeiten sind in der **BioAbfV §3 (4) 2 und Anhang 2** festgelegt.



4.4.2 Nährstoffgehalte und Eigenschaften – Kompost

Wichtige Merkmale zur Beurteilung von Kompost sind der Nährstoffgehalt, das Verhältnis der Nährstoffe zueinander, der pH-Wert, die Gehalte an Salz, Wasser humusbildendem Kohlenstoff sowie Fremdstoffen und Schwermetallen.

Es wird in 3 Komposttypen unterschieden:

- **Grünschnitt-Kompost**: enthält ausschließlich Garten- und Parkabfälle und Organik aus Garten- und Landschaftsbau
- **Bioabfall-Kompost**: die Ausgangsmaterialien stammen überwiegend aus Biotonnenabfall
- **Wirtschaftsdünger-Kompost:** Ausgangsstoffe sind Mist, separierte Güllen oder Gärreste

Die Eigenschaften und Inhaltsstoffe eines Kompostes sind in nebenstehender Tabelle beispielhaft anhand eines Auszuges aus einem RAL-Zertifikat dargestellt.

Beispiel

Eigenschaften und Inhaltsstoffe
(in der Frischmasse)

	kg/t	kg/m³
Stickstoff *gesamt (*N)	5,07	4,70
Stickstoff $CaCl_2$-löslich (N)	0,15	0,14
Stickstoff organisch (N)	4,92	4,56
Phosphat gesamt (P_2O_5)	2,00	1,85
Kaliumoxid gesamt (K_2O)	3,71	3,44
Magnesiumoxid ges. (MgO)	2,36	2,18
Basisch wirks. Stoffe (CaO)	16,42	15,22
pH-Wert	8,69	
Salzgehalt	1,73 g/l	
C/N-Verhältnis	12	
Organische Substanz	103 kg/t	
Humus-C	30 kg/t	

hygienisiert und biologisch stabilisierend behandelt gem. §2 BioAbfV
frei von keimfähigen Samen und austriebfähigen Pflanzenteilen

Quelle: Auszug RAL-Zertifikat



Typische Eigenschaften

Vollwertdünger mit allen Pflanzennährstoffen

- **Kalium** ist zu 100 % pflanzenverfügbar
- **Stickstoff** besitzt im ersten Jahr nur geringe Verfügbarkeit (3 bis 5 %), der überwiegende Teil organisch gebunden (Humusreproduktion)
- **Phosphat** ist bis zu 90 % im ersten Jahr verfügbar

4.4.2 RAL-Zertifizierung von Kompost

RAL-Zertifikat

Die **Bundesgütegemeinschaft Kompost (BGK)** zertifiziert Komposte und schafft damit **mehr Sicherheit** hinsichtlich der **Ausgangsstoffe, Zusammensetzung** und **geringer Fremdstoffanteile**.

RAL (www.ral.de) ist das Deutsche Institut für Güte-sicherung und Kennzeichnung e.V. - Dachverband aller Gütegemeinschaften und Träger des Systems der ´**Gütezeichen´ in Deutschland**.

Die **BGK** ist die von RAL anerkannte Organisation zur **Qualitätssicherung** von Dünge- und Bodenverbesserungsmitteln aus Recyclingprozessen der Kreislaufwirtschaft.

- Hersteller können die **Produktion** ihrer Erzeugnisse der freiwilligen RAL-Gütesicherung unterstellen.
- Die RAL-Gütesicherung gewährleistet einen **hohen Qualitätsstandard**, der mit Institutionen aus Wissenschaft, Fachbehörden und Verbrauchern abgestimmt und vereinbart ist.

RAL- Deutschlandkarte

Auf der Online-Karte sind alle **Kompostierunganlagen in Deutschland** aufgeführt. Mit Klick auf die Anlage, erfährt man dort unter „Produkte“, ob diese auch für den **ökologischen Landbau** zulässig sind.

https://www.kompost.de/service/hersteller-/-produkte/karte-anlagen

Etwa **70 %** aller Komposte aus der RAL-Gütesicherung sind für den **ökologischen Landbau geeignet**.



RAL Prüfzeugnis

RAL-GZ 251 PZ-Nr: 2116-182185-1

Fertigkompost (mittelkörnig)

RAL-Gütesicherung Kompost
Chargenuntersuchung
Seite 1 von 2

Anlage Neubrandenburg
(BGK-Nr.: 2116)
Warliner Str. 25
17034 Neubrandenburg
Probenahme am 14.12.2022

Rechtsbestimmungen:
- ☑ Bioabfallverordnung
- ☑ Düngemittelverordnung
- ☑ EU-Ökoverordnung VO (EU) 2021/1165, Anhang II

Regelwerke:
- ☑ RAL-Gütesicherung (RAL-GZ 251) (Anerkennungsverfahren)
- ☑ Wasserschutzgebiete (geeignet für WSZ II und III)

Die Einhaltung der jeweiligen Norm wird mit einem Häkchen ausgewiesen.

Gütezeichen Kompost
Anerkennungs-verfahren
Zeichengrundlage unter www.gz-kompost.de

Warendeklaration der RAL-Gütesicherung[1)]

Kennzeichnung	Eigenschaften und Inhaltsstoffe	Anwendungszweck
gemäß Düngemittelverordnung	in der Frischmasse	Zur Bodenverbesserung

Quelle: Auszug RAL-Zertifikat

4.4.3 Lagerung und Ausbringung von Kompost

Lagerung

Bioabfall-Kompost

- Dieser fällt unter die **Bioabfallverordnung (BioAbfV)**.
- Die Lagerung von nicht zertifiziertem Bioabfallkompost ist für **max. 14 Tage** vor der Ausbringung auf dem Feld zulässig.
- Die Lagerung darf **nicht in Wasserschutzgebieten Zone I und II, Überschwemmungsbereichen** und auf **Gewässerrandstreifen** erfolgen.

Wirtschaftsdünger-Kompost

- Komposte aus Wirtschaftsdüngern und Gärrückständen **bleiben** düngerechtlich auch nach der Kompostierung **Wirtschaftsdünger (WDüngV).**
- Auch nach einem Kompostierungsprozess muss für diese Erzeugnisse eine sichere **Lagerung von 6 bzw. 9 Monaten** gewährleistet sein.

Ausbringung

- Die einmalige Ausbringung der Stickstoff-Gesamtmenge für 3 Jahre ist möglich, **max. 510 kg/ha**.
- **Sperrfrist** der Ausbringung: 01.12. - 15.01. (mit Nitrat belastete Gebiete: 01.11. - 31.01.)
- Der beste Ausbringzeitpunkt ist direkt **vor der Aussaat** mit einer anschließenden **flachen Einarbeitung**.
- Es sind die **Anwendungs- und Mengenbeschränkungen** aus abfallrechtlichen Vorschriften (BioAbfV, AbfKlärV) zu beachten.

Kompost muss neben den Regelungen der Düngemittelverordnung noch weiteren Rechtsbestimmungen entsprechen, z. B. der Bioabfallverordnung (BioAbfV) und der EU-Ökoverordnung (bei Einsatz im ökologisch wirtschaftenden Betrieb).



4.4.3 Nutzung von Kompost

Pflanzenbauliche Aspekte

- Kompost ist **Nährstofflieferant, Bodenverbesserer** und **verringert die Gefahr von Bodenerosion**.
- Er fördert die **Humusreproduktion** und das **Wasserhaltevermögen** des Bodens.
- Generell gilt für alle Kompost-Typen und alle Rottegrade: Je **weiter das Kohlenstoff-Stickstoff-Verhältnis**, desto höher ist die Gefahr, dass der Kompost eine **Stickstoffsperre** im Boden verursacht.
- **Zeitpunkt und Menge** der Düngung sind so zu wählen, dass verfügbare oder verfügbar werdende Nährstoffe den Pflanzen **zeitnah** und in einer dem **Bedarf der Pflanzen** entsprechenden Menge zur Verfügung stehen.
- Für **ausgewiesene belastete Gebiete** gelten zusätzlich bundesweite und landesspezifische Vorgaben.
- **N-Anrechnung:** Anrechnung von **3 bis 5 %** des Gesamtstickstoffs im Anwendungsjahr und **jährlich 3 %** in den Folgejahren.

Einsatz im Grünland:

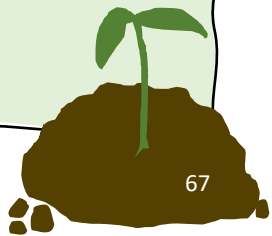
- Aufgrund des Risikos der Futterverschmutzung sollte ein **entsprechender Zeitraum** zwischen Düngung und Nutzung als Futter eingehalten werden.

Handlungsempfehlungen für den Zukauf

Je nach **Ausgangssubstrat** ist die **Verunreinigung** mit Fremdstoffen zu beachten (Mikroplastik u. a. Kunststoffe aus kommunalen und gewerblichen Bioabfällen).

Die Einhaltung der **Grenzwerte für Schwermetallgehalte** ist zu kontrollieren.

Eine **Qualitätssicherung** durch die BGK - e.V. ist empfehlenswert.



Gefördert durch:
Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat
Projektträger
Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



Das Projekt SlurryUpgrade ist ein Leuchtturmprojekt in der Ackerbaustrategie 2035.

Die Förderung erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat (BMLEH) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages, Projektträger ist die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE).

© 2026 #SlurryUpgrade
Alle Rechte vorbehalten
Nachdruck - auch auszugsweise - nur mit Genehmigung des Herausgebers

LfL Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen
HAW Kiel Hochschule für Angewandte Wissenschaften Kiel Kiel University of Applied Sciences
Landwirtschaftskammer Niedersachsen
MV Mecklenburg-Vorpommern Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei