



# Mit Gärresten richtig Düngen

## Aktuelle Informationen für Berater



# Inhalt

1	Gärreste schließen Nährstoffkreisläufe und stellen wertvolle Düngemittel dar	3
1.1	Die Inhaltsstoffe der Gärreste variieren stark!	4
1.2	Verschiedene Gärsubstrate führen zu Gärresten mit unterschiedlichen Inhaltsstoffen	7
1.3	Die Gärrestaufbereitung beeinflusst die Düngeeigenschaften	9
1.4	Ausreichende Nährstoffversorgung durch Kombination von mineralischer Düngung und Gärrestdüngung sichern	10
1.5	Besonderheiten der Gärrestdüngung auf Öko-Betrieben	11
2	Höchste Nährstoffwirksamkeit der Gärreste bedeutet höchste Kosteneinsparung für den Landwirt	12
2.1	Optimale Ausbringungszeitpunkte	12
2.2	Ammoniakverluste bei der Gärrestausbringung vermeiden!	16
2.3	Sonstige Maßnahmen zur Verminderung von N-Verlusten	19
3	Düngungsempfehlungen für ausgewählte Kulturpflanzen	20
3.1	Nachwirkung aus Vorfrucht und organischer Düngung - Nmin-Gehalte im Frühjahr und Nährstoffvergleiche berücksichtigen!	20
3.2	Gärrestdüngung zu Mais	21
3.3	Gärrestdüngung zu Hackfrüchten (Kartoffeln, Zuckerrüben)	22
3.4	Gärrestdüngung zu Getreide (ohne Mais)	23
3.5	Gärrestdüngung zu Winterraps	24
3.6	Gärrestdüngung zu Sudangras und Hirse	24
3.7	Gärrestdüngung zu Grünland	25
3.8	Erfolgreicher Zwischenfruchtanbau – ein wichtiger Beitrag zur umweltverträglichen Verwertung von Gärresten	29
4	Separierte Feststoffe und Zwischenfruchtanbau verbessern die Humusbilanz	32
5	Anhang	33
5.1	Methoden der N-Bedarfsermittlung	33
5.2	Rechtliche Vorgaben zur guten fachlichen Praxis bei organischer Düngung und Besonderheiten der Gärrestanwendung	34



## Gärreste schließen Nährstoffkreisläufe und stellen wertvolle Düngemittel dar

Bei der Erzeugung von Energie durch die Vergärung von Biomasse in einer Biogasanlage sollen fossile Energien ersetzt und damit Treibhausgasemissionen vermindert werden. Während der Vergärung werden organische Bestandteile abgebaut und in Biogas und Bakterienbiomasse umgewandelt. Dabei entsteht ein wertvoller Dünger, der eine deutlich höhere Düngewirksamkeit aufweist als die ursprünglichen Gärsubstrate. Folgende Vorteile bietet die Gärrestdüngung:

- Beim Vergärungsprozess treten (fast) keine Nährstoffverluste auf, so dass nahezu geschlossene Nährstoffkreisläufe entstehen.
- Dadurch werden insbesondere die Nährstoffe Phosphor und Kalium für die Versorgung der angebauten Kulturpflanzen praktisch vollständig wiederverwertet und tragen so erheblich zur Einsparung von Düngemittelkosten bei. Dies gilt auch für Stickstoff, wenn Maßnahmen zur Vermeidung von gasförmigen N-Verlusten bei Lagerung und Ausbringung ergriffen werden.

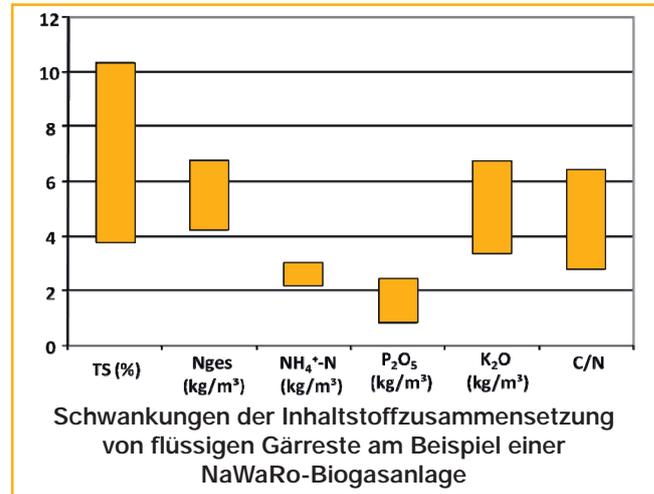
- Eine Biogasanlage kann auch Zwischenfrüchte verwerten. Dadurch werden Nährstoffe über Winter „sicher“ zwischengelagert und im Frühjahr für die Düngung der Hauptfrüchte bereitgestellt.
- Der Zwischenfruchtanbau und die Rückführung von Gärresten verbessern die Humusbilanz.
- Darüber hinaus findet bei der Vergärung eine weitgehende Hygienisierung statt; die Keimfähigkeit der Unkrautsamen sinkt bereits in den ersten Tagen der Vergärung drastisch.
- Mit einer effizienten Gärrestdüngung sollen so weit wie möglich mineralische Düngemittel ersetzt werden. Hierdurch werden gleichzeitig die mit der Herstellung der Mineraldünger verbundenen Treibhausgasemissionen vermieden.

Mit diesem Leitfaden sollen interessierten Landwirten, die Gärreste von Biogasanlagen einsetzen, Hinweise zur möglichst effizienten und umweltfreundlichen Verwendung der Gärreste zur Düngung angeboten werden. Die meisten Empfehlungen gelten prinzipiell auch für Betriebe mit Tierhaltung, d.h. für den Einsatz von Gülle bzw. Stallmist.

## 1.1

### Die Inhaltsstoffe der Gärreste variieren stark!

Die Inhaltsstoffe der Gärreste variieren je nach Substrat, Anlage und Aufbereitung sehr stark. Deshalb sollten aktuelle Nährstoffanalysen für die Düngeplanung und zur Erstellung von Nährstoffbilanzen verwendet werden. Zu einer groben Düngeplanung können auch die Mittelwerte in der unten abgebildeten Tabelle aus einer reinen NaWaRo-Anlage mit hohem Maisanteil herangezogen werden. Die Notwendigkeit aktueller Gärrestanalysen verdeutlicht die Abbildung rechts, in der die Schwankungsbreiten der Inhaltsstoffe flüssiger Gärreste dargestellt sind.



### Durchschnittliche Inhaltsstoffe von Gärresten am Beispiel einer NaWaRo-Biogasanlage mit hohem Maisanteil

	Trocken- masse (%)	Gesamt-N (kg/t)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (% von Gesamt-N)	pH	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/t)	K <sub>2</sub> O (kg/t)	C/N
Vollgärrest	10,1	6,1	46	7,9	2,2	5,1	6,0
Flüssiger Gärrest	6,6	5,1	50	7,8	1,5	4,7	4,8
Feststoffe	21,8	6,5	41	-	4,5	4,4	14,4

## Flüssige Vollgärreste (unseparierte Gärreste) sind „Vollnährstoffdünger“

- Werden in einer Biogasanlage Substrate unterschiedlicher Zusammensetzung verwendet (z.B.: Grünland: N- und K-reich, Getreide: P-reich, Silomais: nährstoffarm), stellen die Nährstoffgehalte der Vollgärreste einen Durchschnitt der Nährstoffgehalte aller verwendeten Gärsubstrate dar.
- Aufgrund der unterschiedlichen Nährstoffkonzentrationen und Nährstoffzusammensetzung in den Gärsubstraten sollten die Nährstoffmengen in den angelieferten Substraten mit den Nährstoffen in den Gärresten jeweils verglichen werden, um eine ausgewogene Düngung zu gewährleisten (siehe auch Kapitel 3.7.1).
- Nach der Separierung der Gärreste weisen die Fugate (= der flüssige Trennrest) und die Feststoffe (= der Stallmist-ähnliche feste Trennrest) unterschiedliche Gehalte an N, P und organischer Substanz auf. Dies ermöglicht die Anpassung der Düngung an verschiedene Kulturen auf unterschiedlichen Standorten. Damit steigt der Ausnutzungsgrad der organischen Düngung.

## Die Fugate (separierte Flüssigphase) sind hoch wirksame N- und K-Dünger für alle Zwecke

- Die Fugate (separierte flüssige Gärreste) von NaWaRo-Biogasanlagen mit hohem Maisanteil enthalten im Mittel ca. 5 kg Stickstoff je Kubikmeter; davon ist etwa die Hälfte Ammonium-N.
- Im Jahr der Anwendung entspricht die N-Wirkung den Ammonium-N-Gehalten, wenn gasförmigen N-Verluste vermieden werden.
- Langfristig ist mit einer N-Nachlieferung von nochmals ca. 20 % des ursprünglichen Gesamt-N-Gehaltes zu rechnen; der Gesamtausnutzungsgrad beträgt ca. 70 %.

## Separierte Feststoffe sind gute Phosphor- und Humusdünger für das Ackerland

- Hohe Gehalte an Phosphor und organischer Substanz in separierten Feststoffen verbessern die Phosphor- und Humusversorgung.
- Die durchschnittlichen Gesamt-N-Gehalte der Feststoffe aus NaWaRo-Biogasanlagen liegen nach der Separierung bei ca. 6,5 kg N je Tonne; davon sind ca. 40% Ammonium-N!
- Separierte Feststoffe sollten möglichst bald nach der Separierung ausgebracht werden, um gasförmige N-Verluste während der Lagerung zu vermindern.
- Die Ammonium-Gehalte nehmen während der Zwischenlagerung durch Verluste und Immobilisierung ab. Deshalb sollte die Lagerung möglichst feucht und kompakt erfolgen. Bei längerer Lagerung ist eine Folienabdeckung zu empfehlen.



- Zur N-Düngewirkung der separierten Feststoffe liegen bisher nur Schätzwerte vor:
  - Im Jahr der Anwendung liegt die N-Düngewirkung bei optimaler Zwischenlagerung bei ca. 30-40% des Gesamt-N-Gehalts. Eine optimale Lagerung bedeutet eine möglichst kurze, abgedeckte und kompakte Lagerung, keine Mietenumsetzung, hoher Feuchtegehalt, etc..
  - Die langfristige N-Nachlieferung beträgt insgesamt noch mal ca. 30-40% mit jährlich knapp 10% der im Boden verbliebenen

Rest-N-Menge, so dass der langfristige Gesamt-Ausnutzungsgrad bei ca. 60% liegt.

- Bei der Ausbringung im Herbst sollten schwerere Standorte bevorzugt werden.
- Ausbringung zur Aussaat von bestimmten Winterungen mit höherem N-Bedarf kann sinnvoll sein (vornehmlich Winterraps, aber auch Wintergerste und Winterroggen).
- Beim Einsatz von separierten Feststoffen sind die gesetzlichen Sperrfristen im Winter zu beachten — anders als z.B. bei Rinder- oder Schweinemist!

## Bedingungen für eine hohe und niedrige Wirksamkeit von separierten Feststoffen (analog zu Stalldung)

**Eine hohe Wirksamkeit des N ergibt sich bei:**

- Möglichst kurzer Zwischenlagerung nach Separierung
- Sofortiger Einarbeitung nach der Ausbringung
- Ausbringung bei kühler Witterung und vor Niederschlägen
- N-Bedarf durch Gabe zu einer Frucht mit langer Wachstumsphase oder einer Zwischenfrucht mit direkt anschließender Nachfrucht

**Eine niedrige Wirksamkeit verbunden mit hoher Umweltbelastung ergibt sich bei:**

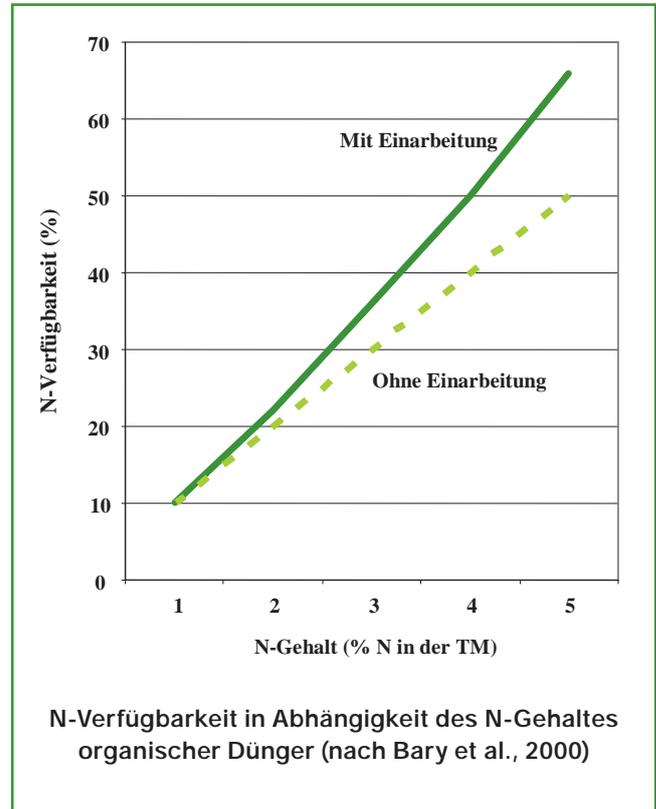
- Verzicht auf eine Einarbeitung
- trockener und warmer Witterung zum Zeitpunkt der Ausbringung
- Herbstausbbringung

## 1.2

# Verschiedene Gärsubstrate führen zu Gärresten mit unterschiedlichen Inhaltsstoffen

Der Nährstoffgehalt der Gärreste ist abhängig von:

- den verwendeten Gärsubstraten und deren Nährstoffgehalten, *Tabelle Seite 11*
- dem Wasser- bzw. Trockenmassegehalt der Gärsubstrate (je höher die TM-Gehalte der Substrate, desto höher die Nährstoffkonzentration in den Gärresten)
- der Abbaubarkeit der organischen Substanz im Fermenter.



Dabei gilt →

- Je höher die N-Gehalte (und die Ammonium-Gehalte) der Gärreste, desto besser die N-Verfügbarkeit und damit die direkte N-Düngewirkung, Abbildung nebenstehend!
- Je höher die Nährstoffgehalte des Gärsubstrats, desto besser eignen sich die Gärreste für eine Frühjahrsdüngung (z.B. Gärreste aus der Vergärung von nährstoffreichen Aufwüchsen aus angewelktem intensivem Grünland, Getreidekörnern, Lieschkolbenschrotsilagen, etc.)!
- Je niedriger die Nährstoffgehalte der Gärsubstrate, desto geeigneter sind sie für eine Sommer- und (wenn unbedingt nötig) Herbstausbringung.
- Je höher der Trockenmassegehalte des Gärsubstrats, desto höher die Nährstoffgehalte je Tonne zugeführten Substrats; zugleich ist der Volumenabbau im Fermenter stärker. Dadurch ist die Nährstoffkonzentration im Gärrest besonders hoch. Und die notwendige Lagerkapazität für Gärreste (geringere Wasserzufuhr und höhere Volumenreduzierung) geringer.
- Je niedriger der Trockenmassegehalt des Gärsubstrats, desto höher ist der Wassergehalt des

Gärrestes (und desto niedriger die Nährstoffgehalte). Solche Gärreste eignen sich besser zur Ausbringung während der Sommer- und (wenn unbedingt nötig) Herbstmonate (geringere N-Verlustgefahr aufgrund der stärkeren Verdünnung).



## Einfluss der Gärsubstratart auf die Gärrestzusammensetzung

Gärreste mit hohen P- und N-Gehalten entstehen aus:	Gärreste mit mittleren P- und N-Gehalten entstehen aus:	Gärreste mit niedrigen P- und N-Gehalten entstehen aus:
Getreidekörnern	Extensiv bewirtschaftetem Grünland (z.B. Zwei und Dreischnitt-Wiesen)	Silomais
Lieschkolbenschrotsilagen	Getreide-GPS	Zuckerrüben
Geflügelmist/Geflügelgülle	Schweinegülle	Sudangras/Zuckerhirse
Intensiv bewirtschaftetem Grünland (z.B. Vierschnitt-Wiesen)		Schweine- und Rindermist/ Rindergülle
Ackergras		Kartoffeln

## Die Gärrestaufbereitung beeinflusst die Düngeigenschaften

- Durch eine Separierung wird eine gezieltere Düngung von Einzelflächen möglich.
- Feststoffe sollten bevorzugt zur Düngung des Ackerlandes genutzt werden (Verbesserung der Humusversorgung, etc.).
- Die hohen P-Gehalte der Feststoffe verbessern die P-Versorgung des Ackerlandes. Das ist wichtig, weil die P-Entzüge von Körnerfrüchten im Vergleich zu anderen Nährstoffen wie z.B. Kalium deutlich höher sind.
- Im Grünland sind die N- und K-Entzüge im Verhältnis zu den P-Entzügen deutlich höher als z.B. bei Getreide. Daher sind für Grünland die N- und K-reichen Fugate besser zur Düngung geeignet.
- *Für Fugate gilt:* Wenn eine Kopfdüngung vorgesehen ist, sind dünnflüssigere Gärreste mit niedrigeren Trockensubstanzgehalten besser geeignet, weil sie besser in den Boden infiltrieren als dickflüssige Gärreste. Trockensubstanzreichere, dickflüssige Gärreste eignen sich dagegen besser zur Ausbringung mit nachfolgender Einarbeitung.



Foto: Brunner

## Eigenschaften aufbereiteter Gärrückstände

Aufbereitungsverfahren	Produkteigenschaften
<p>Separierung (Fest-Flüssig-Trennung)</p>	<p><i>Gärprodukt flüssig (Fugat, Flüssigphase, Presssaft):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Niedrigere TM-Gehalte → gute Bodeninfiltration bei Kopfdüngung</li> <li>- Höhere Gehalte an Ammonium → Schnelle N-Wirkung, aber hohe N-Verlustgefahr durch Ammoniakemission!</li> <li>- Hoher pH-Wert → N-Verlustgefahr steigt (Ammoniakemission!)</li> <li>- optimaler N- und K-Dünger für N-bedürftige Kulturpflanzen (Mais, Getreide, Raps, Grünland)</li> <li>- Niedrigere Phosphorgehalte</li> </ul> <p><i>Gärprodukt fest (Festphase, separierte Feststoffe):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hohe TM-Gehalte (20-30%)</li> <li>- Hohe Gehalte an organischer Trockensubstanz → Humusdünger für das Ackerland</li> <li>- Hohe Phosphorgehalte</li> <li>- Langsame N-Wirkung → Optimaler P- und Humusdünger für das Ackerland (für Zwischenfrüchte und Hauptfrüchte mit langem Wachstumszyklus wie z.B. Mais, Zuckerrüben) → kein angepasster Grünlanddünger (hohe P-Gehalte, hohe N-Verluste nach Ausbringung, keine gute Verwertung der „Humusanteile“)</li> </ul>
<p>Nachrotte fester Gärprodukte</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Starke Volumenreduzierung</li> <li>- Hohe N-Verluste, insbesondere an Ammonium-Stickstoff: → Hohe Belastung der Umwelt → Verringerung der direkten N-Düngewirksamkeit</li> <li>- Kompostierung am besten vermeiden (Miete nicht umsetzen, Abdecken, sehr feucht halten)</li> </ul>

## Ausreichende Nährstoffversorgung durch Kombination von mineralischer Düngung und Gärrestdüngung sichern

- Werden zu einer bestimmten Kulturpflanze während der Vegetationsperiode mineralische und organische Dünger eingesetzt, steigt die N-Düngewirkung beider Dünger.
- Allerdings sollte die Ausbringung von Gärresten und mineralischen N-Düngern nicht gleichzeitig, sondern zeitlich versetzt erfolgen. Bei gleichzeitiger Ausbringung können die mineralischen N-Dünger festgelegt (immobilisiert) und Lachgasemissionen erhöht werden.
- Die N-Zufuhr sollte nicht vollständig durch Gülle bzw. Gärreste abgedeckt werden. Als obere Grenze gilt ein Anteil von 70-80%. Das lässt bei Ertragsschwankungen einen Spielraum für eine ergänzende mineralische N-Düngung.
- Die Ausbringung großer Gülle- bzw. Gärrestmengen zu einzelnen Kulturen oder zu einzelnen Flächen führt zu hohen Verlusten. Besser ist es, die Gülle- bzw. Gärrestmengen auf eine möglichst große Fläche des Betriebes zu verteilen.

- Zu Zeitpunkten hohen N-Bedarfs kann dieser ggf. durch eine ergänzende N-Mineraldüngung sichergestellt werden.
- Die ausschließliche Verwendung von organischen Düngern kann zu starken N-Überschüssen mit stark positiven Nährstoffvergleichen führen, wenn übliche Erträge angestrebt werden.
- Je nach Standort und Kulturarten kann die Gärrest- bzw. die Gölledüngung durch die P-Bilanz begrenzt werden. Dies gilt insbesondere bei der Verwendung von separierten Feststoffen, die hohe P-Gehalte haben.

## Besonderheiten der Gärrestdüngung auf Öko-Betrieben

- Bei der Gärrestrücknahme sind die Bestimmungen der EU-Öko-Verordnung sowie die privatrechtlich verbindlichen Beschlüsse der Anbauverbände zu beachten. Für die Substratmenge, die vom eigenen Betrieb an Gemeinschaftsbiogasanlagen abgeführt wird, kann der Betrieb i.d.R. die entsprechenden Mengen als Gärrest wieder zurücknehmen und ausbringen. Zusätzlich ist die Einfuhr von bis maximal 0,5 Düngeinheiten

(40 kg N/ha) je ha landwirtschaftliche Nutzfläche möglich, solange die zulässige Gesamtdünger-N-Menge nicht ausgeschöpft ist.

- Aufgrund der Beschränkungen bei der Düngung sollten Öko-Betriebe Gärreste vorwiegend auf das Ackerland ausbringen und im Grünland weißkleereiche Bestände anstreben. Dadurch kann es jedoch auf den Grünlandflächen mittel- und langfristig zu einer P- und K-Mangelsituation kommen.
- Ein mineralischer Ausgleich für die P- und K-Abfuhr sollte daher überwiegend auf dem Grünland erfolgen, auch um dort kleereiche Bestände zu fördern. Die intensive Durchwurzelung des Bodens durch Grünlandbestände erhöht den Aufschluss schwerlöslicher Nährstoffe.
- Die Ernte von Kleeerasaufwüchsen zum Zwecke einer Biogasvergärung führt in viehlosen/vieharmen Öko-Betrieben im Vergleich zu einer Mulchnutzung zu einem deutlichen Anstieg der biologischen N<sub>2</sub>-Fixierung. Zugleich entsteht ein vielseitig einsetzbarer organischer Dünger zur gezielten Düngung besonders N-bedürftiger Kulturen (Ertragsplus: 10-20%).
- Als Zwischenfrüchte sollten Leguminosen (z.B. Sommerwicke, Inkarnatklie, etc.) im Reinanbau oder im Gemenge mit Nicht-Leguminosen bevorzugt angebaut werden – insbesondere bei nachfolgender Sommerung bzw. wenn die Zwischenfrucht geerntet und z.B. vergoren werden soll.
- Öko-Betriebe sind besonders stark auf einen effizienten Einsatz der nur begrenzt vorhandenen N-Düngemittel angewiesen (jedes kg Stickstoff entspricht dem Produktionswert von knapp 50 kg Winterweizen).

## 2

### Höchste Nährstoffwirksamkeit der Gärreste bedeutet höchste Kosteneinsparung für den Landwirt

#### 2.1

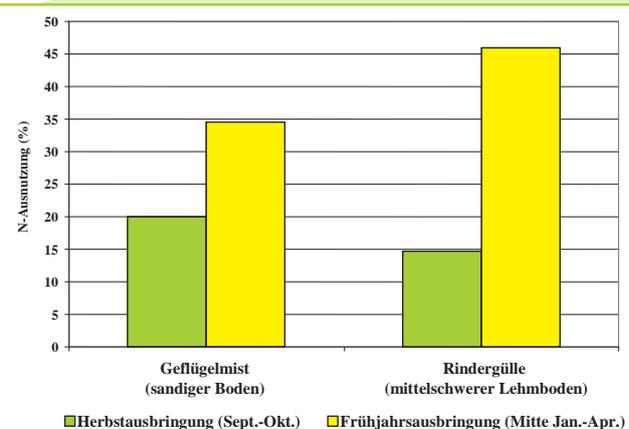
### Optimale Ausbringungszeitpunkte

#### 2.1.1

### Gärreste und Gülle bevorzugt von Spätwinter bis Sommer einsetzen!

- Bei flüssigen Gärresten und Fugaten sollte der Ausbringungstermin zur Vermeidung von N-Verlusten (Nitrat auswaschung, gasförmige N-Verluste) und Steigerung der N-Ausnutzung möglichst nahe am Bedarfszeitpunkt der Kulturpflanzen liegen.
- Optimal sind Termine zu Beginn oder während der Vegetation (bis spätestens Mitte August) bzw. bei Sommerungen unmittelbar vor der Bestellung.
- Separierte Feststoffe sollten einige Wochen vor der N-Aufnahme der Kulturpflanzen unter Berücksichtigung der Sperrfristen ausgebracht werden (z.B. vor einer Winterpflugfurche), damit genügend Zeit für eine N-Mineralisierung besteht.

- Eine effiziente Gärrestausbringung kann auch nach der Ernte von mehrfach-genutzten Kulturpflanzen (z.B. Sudangras, Ackergras, etc.) oder vor Aussaat der Zwischenfrüchte erfolgen.
- Die gesetzlichen Sperrfristen sind zu beachten.
- Die Ausbringung von flüssigen Gärresten zwischen September und Beginn der gesetzlichen Sperrfrist sollte aber möglichst vermieden werden (hohe N-Verluste)!

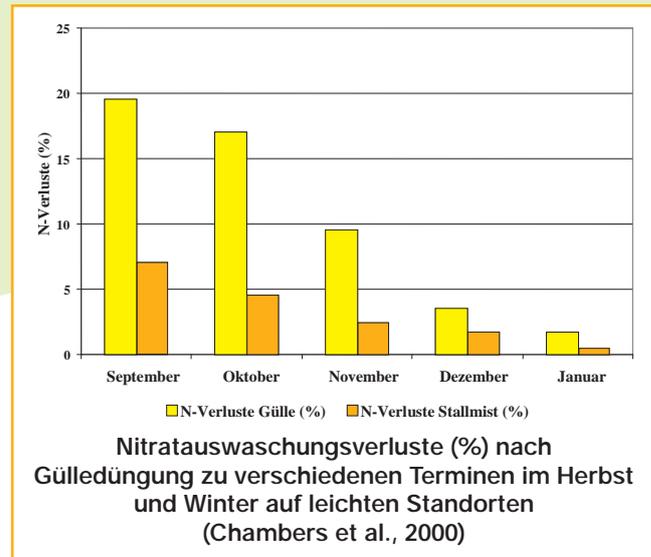


N-Ausnutzung von organischen Düngern bei Ausbringung im Herbst und im Spätwinter/Frühjahr (nach Smith und Chambers, 1993)

## Stickstoffdüngung im Herbst: Bedarfsgerecht düngen!

- *Düngeverordnung*: Ausgebrachte Nährstoffe sollen von den Pflanzen weitestgehend ausgenutzt werden.
- *Dies ist im Herbst häufig nicht der Fall, weil*
  - die Pflanzenbestände im Herbst meist nur einen geringen Nährstoffbedarf haben, und dieser Nährstoffbedarf bereits häufig durch andere Nährstoffquellen wie zum Beispiel die Nachlieferung aus Ernterückständen gedeckt ist.
- Wintergetreide nimmt im Herbst nur einen geringen Teil seines Nährstoffbedarfes auf (z.B. *Wintergerste und Winterroggen: 20 bis 40 kg N/ha; Winterweizen: 5 bis 20 kg N/ha*).
- Auch Grünland ist nicht in der Lage, Gülle- bzw. Gärrestgaben im Zeitraum September bis einschließlich November effizient zu nutzen; der optimale Düngungszeitpunkt für Gülle und flüssige Gärreste ist auch hier das zeitige Frühjahr.

- Raps nimmt dagegen zwischen 25 und 80 kg N/ha auf. Je nach Vorfrucht kann ein geringer N-Bedarf (30-40 kg N/ha) bestehen, der durch Fugat oder flüssigen Gärrest gedeckt werden kann.



## Gärrestmanagement zur optimalen Verwertung des Gärrestes

Gärreste sollten spätestens im August nach dem vorletzten Grünlandschnitt bzw. in Verbindung mit Zwischenfruchtanbau ausgebracht werden. Dies ist allerdings nur möglich, wenn im Zeitraum Mai bis einschließlich August genügend Möglichkeiten für eine Gärrestausbringung bestehen, um das Endlager über Sommer laufend zu leeren. *Zum Beispiel:*

- *Zur Leerung der Gärrestlager Ende Mai:*  
Aufteilung der organischen Düngung zu Mais (Ausbringung Trockenmasse-reicher Gärreste vor der Aussaat; Trockenmasse-arme Fugate als Kopfdünger z.B. mittels Schleppschlauchverfahren in den wachsenden Bestand im 4-6-Blattstadium).
- *Zur Leerung der Gärrestlager im Juli:*  
Gärrestdüngung zu Zwischenfrüchten nach früh-räumenden Winterfrüchten (z.B. Wintergerste), zur Nutzung der Aufwüchse im Herbst und evtl. Frühjahr des Folgejahres als Futter oder als Substrat für die Biogasanlage.
- *Zur Leerung der Gärrestlager im August:*  
Gärrestdüngung zu einer spätsaatverträglichen

Zwischenfrucht (z.B. Senf) nach Ernte von spät-räumenden Hauptfrüchten (z.B. Winterweizen, evtl. Ackerbohnen).

- *Teilweise Ersatz von Silomais durch Sudangras:*  
Sudangras wird im Juni/Juli erstmals geerntet; dadurch besteht eine zusätzliche Möglichkeit zur Gärrestausbringung im Sommer (*hoher N-Bedarf des zweiten Aufwuchses, da der Boden nach der ersten Ernte vollständig entleert ist*).
- *Roggen-GPS kombiniert mit einer Zweitfrucht wie z.B. Hirse:* Gärrestdüngung im Juni.
- *Falls eine Leerung der Gärrestlager im Herbst wegen beschränkter Lagerkapazität erforderlich ist:* Ausbringung zu früher ausgesäten Winterungen wie Winterrraps, Wintergerste oder einer früh ausgesäten Ganzpflanzensilage bzw. zu Grünlandflächen.
- Ergänzend hierzu kann nach Düngeverordnung eine Vorverlegung der Sperrfristen beantragt werden. Dies ist allen Betrieben anzuraten, bei denen erfahrungsgemäß eine Gülle/Gärrestausbringung im Januar technisch eine Alternative zur Gärrestausbringung im Herbst darstellt. Ab Januar bzw. Februar wird eine Gülle- bzw. Fugatdüngung durch Winterroggen, Wintergerste

oder Grünland besser verwertet als im Herbst.

- Gärreste zur Strohdüngung am besten in Kombination mit einem Zwischenfruchtanbau (*Achtung: bei N-Schlagbilanz berücksichtigen!*).

von Nitrifikationshemmstoffen möglichst spät erfolgen, da die Dauer der Hemmwirkung bei tieferen Temperaturen zunimmt.

#### 2.1.4

### Einsatz von Nitrifikationshemmstoffen im Herbst – eine Teillösung!

- Nitrifikationshemmstoffe bzw. Ammonium-Stabilisatoren sind Substanzen, die die Umwandlung von Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) zu Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) durch Bodenbakterien über einen gewissen Zeitraum verzögern.
- Eine gewisse Minderung hoher N-Verluste durch Nitratauswaschung bei einer organischen Düngung im Herbst lässt sich durch den Zusatz von Nitrifikationshemmstoffen erzielen. Allerdings können solche Zusätze die Nachteile einer Herbstausbringung nur zu einem Teil kompensieren.
- Wenn eine Gärrestausbringung im Herbst unvermeidlich ist, sollte die Ausbringung mit Zusatz

## 2.2

### Ammoniakverluste bei der Gärrestausrückführung vermeiden!

Ammoniakverluste vermindern den Stickstoff-Düngerwert erheblich und stellen zugleich eine Umweltbelastung dar. Je nach Ausbringverfahren und Umweltbedingungen können die Verluste an Ammonium-Stickstoff unterschiedlich hoch sein.

#### 2.2.1

### Ammoniumgehalt, Temperatur und Trockenmassegehalt bestimmen die Höhe der gasförmige N-Verluste, wenn keine Einarbeitung erfolgt

*Folgende Faktoren beeinflussen die gasförmigen N-Verluste bei einer Kopfdüngung:*

- *Trockenmasse-Gehalt:* eine Verdünnung ist eine der effektivsten Methoden zur Reduzierung der gasförmigen N-Verluste, weil die Infiltration in den Boden verbessert wird (allerdings nicht bei verschlammten Böden).
- Eine hohe Windgeschwindigkeit erhöht die  $\text{NH}_3$ -Verluste; deshalb Ausbringung bei starkem Wind vermeiden.



- *Das gilt auch für hohe Temperaturen:* die Ausbringung sollte bei bedecktem Himmel oder in den Abendstunden erfolgen, Ausbringung bei Temperaturen über  $15^\circ\text{C}$  vermeiden!
- Eine bodennahe Ausbringung reduziert die gasförmigen N-Verluste. Wenn möglich sollte zusätzlich eine sofortige Einarbeitung erfolgen.
- Verschlammte und verdichtete Böden behindern die Infiltration der Gülle bzw. der Gärreste und erhöhen damit die N-Verlustgefahr. Abhilfe ist hier durch vorheriges Striegeln möglich.

**Ammoniakverluste in % des gedüngten  $\text{NH}_4^+$ -N nach der Ausbringung von Rindergülle mit Prallteller und Schleppschlauch in Abhängigkeit der Temperatur (ohne Einarbeitung) (nach KTBL, zitiert nach Albert und Schliephake, 2005)**

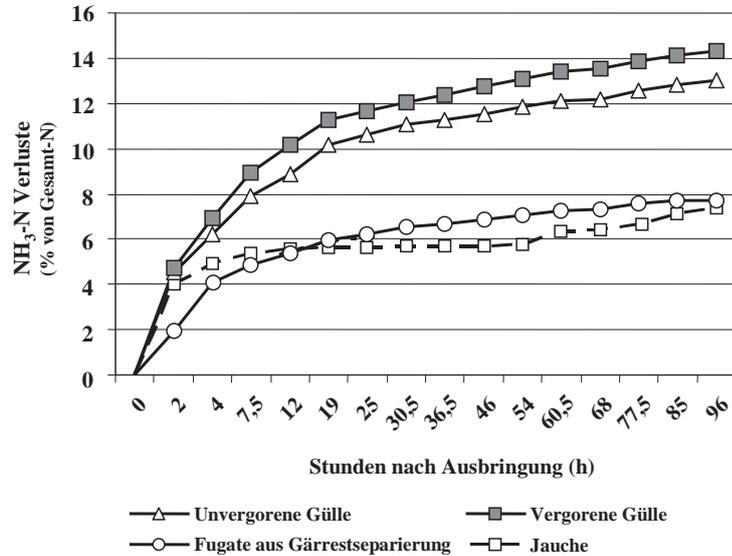
Stunden	Prallteller				Schleppschlauch			
	5°C	10°C	15°C	25°C auf Stroh	5°C	10°C	15°C	25°C auf Stroh
1	3	6	10	20	1	3	4	10
2	5	10	15	43	3	6	8	20
4	10	18	26	65	6	10	15	35
6	14	25	35	78	9	14	20	47
12	22	32	43	85	15	22	30	70
24	26	36	46	90	22	31	39	80
48	30	40	50	90	26	36	46	90

## Maßnahmen zur Verringerung der gasförmigen Ammoniakverluste

- Direkte Einarbeitung durch Gülledrill-, Gülleinjektions- bzw. Güllegrubber-Verfahren.
- Bandablage durch eine Ausbringung mit Schleppschlauch- oder Schleppschuhverfahren.
- Bodenverschlammung und Verdichtung durch eine flache Bodenbearbeitung beseitigen.
- Regen oder Beregnung nach der Kopfdüngung bewirkt das Abwaschen der Gärreste von den Blättern und eine Einwaschung von Ammonium in den Boden.

## Bei der Gülle- bzw. Gärrest-einarbeitung kommt es (fast) auf jede Minute nach der Ausbringung an!

- Innerhalb der ersten vier Stunden können bis zu 50% der  $\text{NH}_4^+$ -N-Verluste auftreten.
- Nach 24 Stunden bereits 70-80%.
- Je schneller die Einarbeitung, desto geringer die gasförmigen N-Verluste!
- N-Verluste lassen sich in der Praxis durch eine Kombination aus Ausbringung und Einarbeitung nahezu vollständig verhindern, z.B. durch den Einsatz eines sog. Gülletracs oder durch Gülleinjektion.

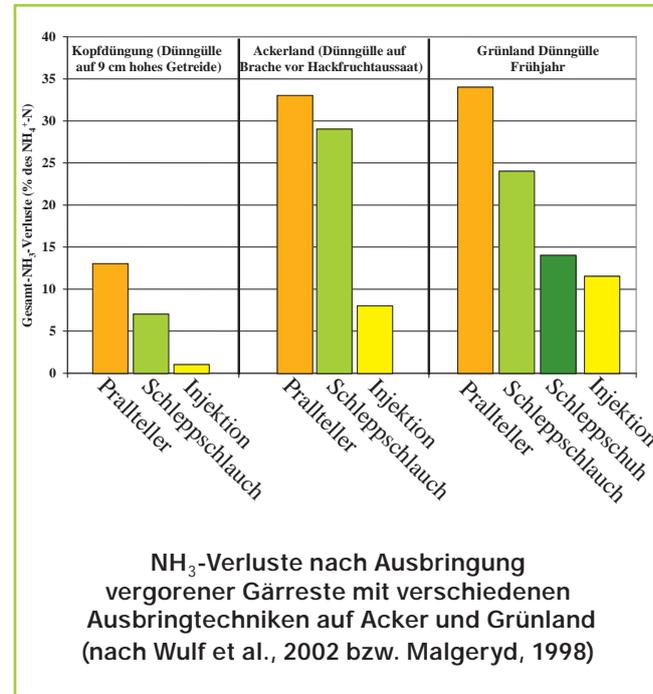


Kumulierte  $\text{NH}_3$ -Verluste nach einer Kopfdüngung verschiedener organischer Dünger (eigene Daten)



Je höher die N-Verlustgefahr (z.B. Kopfdüngung im Vergleich zur Gärrestearbeitung), desto wirksamer ist die Verdünnung der Gärreste mit Wasser.

- *Aber:* Kein Nutzen einer Wasserzugabe bei direkter Einarbeitung (z.B. direkt vor der Maisaussaat) oder bei Ausbringung mit Schlitzverfahren; daher „dünne“ Gärreste für die Kopfdüngung, „dicke“ Gärreste für eine Einarbeitung vorsehen!
- *Verwendung von Additiven (z.B. Gips -  $\text{CaSO}_4$ ):* Die Zugabe von gemahlenem Gips ( $20\text{-}25 \text{ kg/m}^3$ ) verringert die  $\text{NH}_3\text{-N}$ -Verluste und stellt zugleich eine zusätzliche Schwefelquelle dar → besonders geeignet zur Düngung S-bedürftiger Kulturen. Dabei können etwa 300 - max. 500 kg Gips pro ha und Jahr eingemischt werden.



## Gärrestausbringungstechniken und Art der Gärrest- bzw. Gülleablage

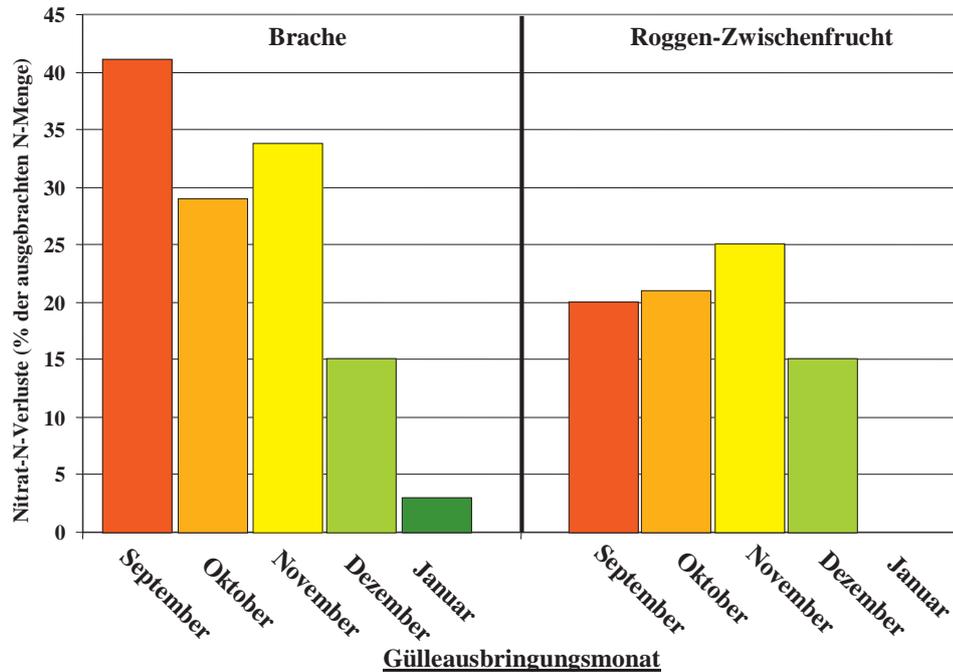
Ausbringungstechnik	Art der Ablage
Breitverteiler/Prallteller	Verteilen die flüssigen organischen Dünger breitflächig auf der Fläche, hohe spezifische Oberfläche
Schleppschlauchtechnik	Legen die flüssigen organischen Dünger streifenförmig auf der Bodenoberfläche ab, dadurch Reduzierung der spezifischen Oberfläche
Schleppkufen (Schleppschuh)	Legen die flüssigen organischen Dünger in den obersten Krumbereich des Bodens ab, weitere Reduzierung der spezifischen Oberfläche und beschleunigte Infiltration
Schleppscheiben	Legen die flüssigen organischen Dünger in den oberen Krumbereich des Bodens ab, weitere Reduzierung der spezifischen Oberfläche und beschleunigte Infiltration
Gülleinjektoren	Legen die flüssigen organischen Dünger noch tiefer im Boden ab, weitere Reduzierung der spezifischen Oberfläche, ggf. vollständige Abdeckung

## Sonstige Maßnahmen zur Verminderung von N-Verlusten

- Gärrestausbringung zur Strohdüngung am besten in Kombination mit einem Zwischenfruchtanbau (*Achtung: Diese N-Düngung muss nach Düngeverordnung bei der N-Schlagbilanz berücksichtigen werden!*).
  - Stattdessen bietet sich der Anbau von Leguminosen als Zwischenfrucht an, insbesondere wenn als Folgekultur eine Sommerung vorgesehen ist.
  - Bodenruhe nach der Ernte von Raps (N-reiche Ernterückstände) und Silomais (wenig Ernterückstände), um die Mineralisation von N nicht zusätzlich anzuregen. Erst zur Saatbettbereitung einer nachfolgenden Winterung ist eine Bodenbearbeitung sinnvoll. Allerdings stellt die Stoppelbearbeitung ggf. eine wichtige Maßnahme gegen Wurzelunkräuter und zur Beseitigung von Bodenverdichtungen dar.
  - Anbau von Marktfrüchten entzieht Nährstoffe und beugt einer Anreicherung von Nährstoffen bei einseitigen Energiefruchtfolgen für die Biogasvergärung vor.
- Konsequenter Zwischenfruchtanbau ermöglicht evtl. auch die Nutzung des Aufwuchses zur Vergärung.
  - Ganzjährige Bodenbedeckung, z.B. durch Etablierung von Zweikultur-Nutzungssystemen, dadurch fast ganzjährige Nährstoffaufnahme.
  - Zeitlich mindestens eine Woche Abstand zwischen einer mineralischen und einer organischen N-Düngung.



Foto: J. Brunner



Einfluss von Gülle-Ausbringungstermin und Zwischenfruchtanbau auf die prozentualen N-Verluste durch Nitratauswaschung auf einem flachgründigen Lehmboden (nach Smith und Chambers, 1993)

## Düngungsempfehlungen für ausgewählte Kulturpflanzen

### Nachwirkung aus Vorfrucht und organischer Düngung — $N_{\min}$ -Gehalte im Frühjahr und Nährstoffvergleiche berücksichtigen!

Bei der Bemessung der organischen und mineralischen N-Düngung müssen der  $N_{\min}$ -Vorrat im Frühjahr berücksichtigt werden (entweder selbst ermittelte Werte oder regionale, fruchtspezifische Durchschnittswerte von der zuständigen Landwirtschaftsverwaltung). Hinzu kommen Zu- und Abschläge für bestimmte standort- bzw. bewirtschaftungsspezifische Merkmale (z.B. in Abhängigkeit von der Vorfrucht, des Zwischenfruchtanbaus, etc.). Bei einer langjährigen organischen Düngung können zudem zusätzlich 30-60 kg N/ha aus der Mineralisation angerechnet werden. Beispiele bieten Leitfäden (<http://www.lfl.bayern.de/iab/duengung/10330/index.php>) oder Programme zur Berechnung der N-Düngebedarfs und zur Durchführung von Nährstoffvergleichen

([http://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/menu/1034631\\_11/index1215773518694.html](http://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/menu/1034631_11/index1215773518694.html))

bzw. (<http://www.tll.de/ainfo/fbndx71.htm>).



Foto: J. Brunner

## Beispiele zur Berechnung des N-Düngebedarfs

N-Bedarf organisch + mineralisch =

Berechnung nach N-Sollwerten:

- N-Sollwerte der amtlichen Beratung  
(in der Regel ertragsabhängig ausgewiesen)

ODER

Berechnung nach dem N-Entzug:

- Ertragserwartung (dt/ha)
- x N-Entzugswert (kg je dt Erntegut)
- + Zuschlag für Erntereste  
(Raps / Kartoffeln: 40-50 kg/ha; Getreide: 20-30 kg/ha)

Abzüglich:

- Boden-N<sub>min</sub>-Gehalte zur Saat
- N-Nachwirkung der Vorfrucht (0-50 kg N/ha) <sup>1)</sup>
- N-Nachwirkung langjährige organische Düngung <sup>2)</sup>
- Nachwirkung legumer Zwischenfruchtanbau (0-50 kg N/ha) <sup>1)</sup>

1) siehe Tabellenwerte der örtlich zuständigen amtlichen Beratung

2) bei Festmist und separierten Feststoffen: 35% der in den letzten 10-20 Jahren durchschnittlich verabreichten N-Mengen; bei Gülle und flüssigen Gärresten: 20% der in den letzten 10-20 Jahren durchschnittlich verabreichten N-Mengen

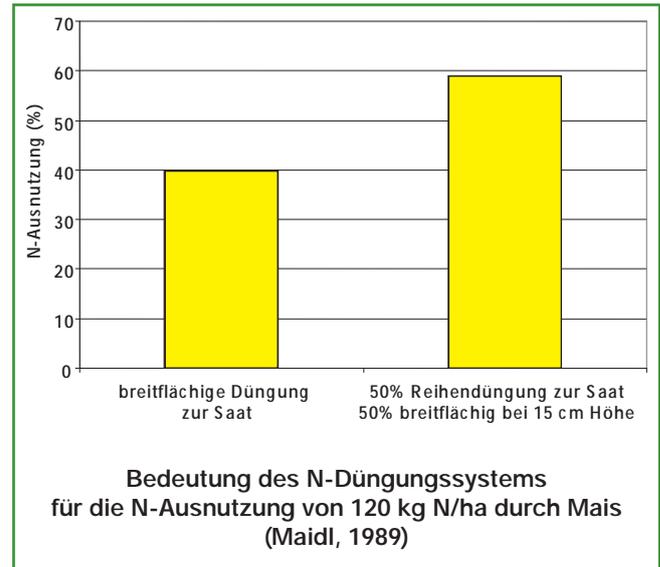
## Gärrestdüngung zu Mais

- Mais hat einen hohen N-Düngebedarf und eine lange Wachstumsperiode und kann deshalb eine organische Düngung gut verwerten.
- Verlustmindernde Ausbringungstechniken (z.B. Gülleinjektionstechniken oder Gülletrac) vor der Maisaussaat verbessern die N-Ausnutzung.
- N-Sollwerte: je nach Ertrag ca. 180-200 kg N/ha.
- Nach Abzug des  $N_{\min}$ -Vorrats im Boden und von anderen Zu- und Abschlägen verbleibt in den meisten Regionen Deutschlands ein N-Düngebedarf von gut 100-120 kg N/ha. Eine N-Unterfußdüngung ist ggf. anzurechnen.

## Vorteile einer Vegetations begleitenden Gärrestdüngung zu Mais:

- Geringere N-Verlustgefahr während der Jugendentwicklung.
- Mais ist sehr gut in der Lage, eine späte organische oder mineralische Düngung im 4 bis 6-Blattstadium effizient zu verwerten.
- *Vorteil:* Leerung der Gärrest- und Güllelager relativ spät im Jahr bei optimaler Nährstoffwirkung → geringere Gärrestausbringung zu ungünstigeren Zeitpunkten.
- *Weiterer Vorteil:* Wird Mais vor der Aussaat nur verhalten gedüngt und die Höhe einer vegetationsbegleitenden Gärrestdüngung von einer späten  $N_{\min}$ -Beprobung abhängig gemacht, können standortangepasst Einsparungen von bis zu 80 kg N/ha erzielt werden.

- Die N-Aufnahme beträgt mit 32% TM (= TM-bereinigter Ertrag) etwa 4 bis 4,5 kg je Tonne; bei einem Ertrag von 50 t werden ca. 200 bis 225 kg N/ha und ca. 90 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> /ha benötigt.
- Wird der N-Bedarf ausschließlich mit organischen Düngern wie Gärresten oder Gülle abgedeckt, so sind erhebliche Nährstoffüberschüsse bei P und K wahrscheinlich!
- Daher sollten maximal ca. 35-45 m<sup>3</sup> an flüssigen organischen Düngern pro ha ausgebracht werden. Der restliche N-Bedarf sollte mit N-Mineraldüngern z.B. durch eine N-Unterfußdüngung zur Aussaat erfolgen.
- Ungünstig auf die N-Ausnutzung bei Mais wirken sich der große Reihenabstand und die späte und häufig sehr unvollständige Erschließung des Reihenzwischenraumes durch die Maiswurzeln aus. Deshalb kann durch eine in Pflanzennähe platzierte Ausbringung die N-Ausnutzung verbessert werden.



## 3.3

# Gärrestdüngung zu Hackfrüchten (Kartoffeln, Zuckerrüben)

## 3.3.1

### Kartoffeln

- Flüssige Gärreste eignen sich hervorragend zur Kartoffeldüngung (hohe N- und K-Gehalte, schnelle N-Freisetzung), allerdings:
  - Für flüssige Gärreste ist nicht bekannt, ob mögliche negative Auswirkungen auf Geschmack und Stärkeumlagerung bei starker Düngung zu befürchten sind.
  - Daher sollte die Gärrestdüngung ähnlich wie bei einer Gülldüngung auf maximal etwa 25 m<sup>3</sup> Fugat je ha beschränkt werden.

- Nur mäßige Mengen an separierten Feststoffen düngen!
  - Kartoffeln benötigen die Nährstoffe vornehmlich während ihrer Jugendentwicklung.
  - Feststoffe weisen langsame N-Freisetzung auf → Gefahr einer Reifeverzögerung.

### Zuckerrüben

- Zuckerrüben eignen sich – ähnlich wie Mais – aufgrund der langen Wachstumsphase bis in den Herbst hinein besser als Kartoffeln für eine Düngung mit Feststoffen.
- Wenn Zuckerrüben gezielt für die Biogas-Verwendung angebaut werden, haben die unerwünschten Melassebildner (Kalium-, Natrium- und Amino-N-Gehalt) keinen negativen Effekt auf die Methanproduktion in Biogasanlagen.

## 3.3.2



- Daher kann die N-Düngung um 20-30 kg N/ha höher angesetzt werden als bei Zuckerrüben für die Zuckerherstellung, um so einen höheren Rübenenertrag zu erzielen.
- Bei Zuckerrüben zur Zuckerproduktion sollten aus Qualitätsgründen als Gülle/Gärreste maximal 75 % des Gesamt N-Bedarfs verabreicht werden.



## Gärrestdüngung zu Getreide (ohne Mais)

- Der N-Bedarf von Winterweizen liegt bei gutem Ertragsniveau bei ca. 220-240 kg N/ha; bei Qualitätsweizen wird ein Zuschlag von 20 bis 40 kg N/ha gegeben. Bei anderen Getreidearten liegen die N-Bedarfswerte deutlich darunter (*siehe entsprechende Beratungsunterlagen*).
- Zu Wintergetreide wird zu Vegetationsbeginn im zeitigen Frühjahr und als Schossergabe jeweils 15 bis 20 t/ha (*entspricht 35-50 kg  $NH_4^+$ -N/ha*) an flüssigen Gärresten, zu Sommergetreide 15 bis 25 t/ha vor der Saat mit Einarbeitung (*entspricht 35 bis 60 kg  $NH_4^+$ -N/ha*) empfohlen. Entsprechend der Bestandesentwicklung sollte mineralisch auf die erste N-Gabe aufgedüngt werden, ggf. mit einem schwefelhaltigen N-Dünger.
- Für die Gärrestdüngung im Getreide sollten standfeste Sorten bevorzugt werden, da die N-Freisetzung in Abhängigkeit von der Witterung sehr ungleichmäßig erfolgen kann  
→ Lagergefahr!
- Da der Gärrest-Stickstoff langsamer wirkt als mineralischer N, kann die erste Gärrestgabe bei günstigen Witterungsbedingungen bereits vor Vegetationsbeginn im Januar (*sofern eine Sperrfristvorverlegung genehmigt wird*) oder besser noch im Februar ausgebracht werden. Besonders Wintergerste und Winterroggen eignen sich für eine sehr frühe organische Düngung aufgrund der frühen Wiederaufnahme des Wachstums im Frühjahr. So kann u.U. eine Gärrestdüngung im Herbst umgangen werden.

## Vorteile einer Gärrestausbringung im Januar/Februar:

- Geringere Notwendigkeit, bereits im Herbst Gärreste auszubringen.
  - Niedrige Temperaturen → geringe gasförmige N-Verluste.
  - Schnelle Bodeninfiltration, da im Januar oder Februar der Boden meistens noch nicht verschlämmt ist.
  - *Mittlere und schwere Böden:* im Vergleich zur Herbstdüngung werden verlagerte Nährstoffe durch das wachsende Getreide in der Regel noch „abgefangen“, nennenswerte Nitratauswaschung ist anders als bei einer Herbstdüngung nicht zu befürchten!
- Besonders geeignete Bedingungen für eine Gülle- bzw. Gärrestausbringung herrschen vor, wenn oberflächlich gefrorener Boden in den Morgenstunden die Tragfähigkeit des Bodens gewährleistet, und milde Tagestemperaturen den Boden auftauen lassen und so das Eindringen flüssiger organischer Dünger in die oberen Bodenschichten ermöglichen.
- Für eine Ausbringung im Januar ist ggf. eine Vorverlegung der Sperrfristen zu beantragen.



## Gärrestdüngung zu Winterraps

- Die N-Sollwerte für Winterraps liegen bei etwa 180-200 kg N/ha.
- Im Frühjahr wird eine Düngung von 20 bis 25 t/ha (*entspricht 45-60 kg  $NH_4^+$ -N/ha*) empfohlen. Wenn der Gärrestanteil an der gesamten N-Düngung hoch ist, sollten stark lageranfällige Sorten gemieden werden.
- Im Gegensatz zu anderen Kulturpflanzen kann Winterraps im Herbst eine begrenzte Gülle- bzw. Gärrestdüngung noch effizient nutzen (*max. 40 kg Ammonium-N oder 10-15 m<sup>3</sup> Gülle oder Gärreste pro ha*).
- Raps weist bereits sehr früh in der Vegetationsperiode seinen Haupt-N-Bedarf auf → eine Gärrest- bzw. Gülle-Düngung ist bei günstigen Witterungs- und Bodenbedingungen schon im Spätwinter möglich (*z.B. nach Nachtfrösten – siehe oben*). Normalerweise verursacht die Ausbringung bei leicht gefrorenen Böden keinen Schaden.
- Eine sehr frühe Ausbringung im Januar (*Achtung: Sperrfristverschiebung muss beantragt werden*)

oder Februar entlastet die Gärrest- bzw. Güllelager → Reduzierung der Gärrestausringung im Herbst!

- Ist standort- bzw. witterungsbedingt eine frühzeitige Ausbringung von flüssigen Gärresten bzw. von Gülle nicht möglich, kann diese im Raps noch bis zum Knospenstadium (*etwa Kniehöhe*) erfolgen.

## Gärrestdüngung zu Sudangras und Hirse

- Beide Kulturen können aufgrund ihrer langen Wachstumsperiode eine organische Düngung gut verwerten. Allerdings ist bei beiden die Ertragswirkung eines hohen N-Angebots vergleichsweise gering, so dass je nach Standortvoraussetzungen eine Reduzierung der mineralischen N-Düngung in Erwägung gezogen werden kann.
- Der N-Bedarf für beide Kulturpflanzen liegt bei 150 bis 200 kg N/ha. Bei einer zweimaligen Nutzung von Sudangras sollten ca. 2/3 der N-Mengen vor der Aussaat oder vegetationsbegleitend im Jugendstadium, und etwa 1/3 nach Ernte des ersten Aufwuchses erfolgen.

## 3.7

### Gärrestdüngung zu Grünland

#### 3.7.1

### Grünlanddüngung sollte vornehmlich mit Fugaten (flüssige Gärreste) erfolgen!

- Grünlandaufwüchse zeichnen sich durch hohe N- und K-Gehalte, aber im Verhältnis relativ niedrige P-Gehalte aus.
- N- und K-reichen Fugate (*flüssige Anteile nach der Separierung*) sind am besten geeignet, ein ausgewogenes Verhältnis von Nährstoffabfuhr und Nährstoffzufuhr herzustellen!
  - Bei der Verwendung von Fugaten werden die Nährstoffexporte (*P, K*) durch die Rückführung von ca. 1,6 bis 2,1 Tonnen Fugate je Tonne verkaufter Grünlandbiomasse ausgeglichen, auf Seite 38.
  - Vollgärreste enthalten im Verhältnis zu N und K deutlich mehr P als Fugate, so dass bei der Verwendung von Vollgärresten ohne Separierung die P-Abfuhr vom Grünland bereits durch eine Rückführung von ca. 1,1 bis 1,4 Tonnen Vollgärrest je Tonne verkaufter Grünlandbiomasse ausgeglichen werden. Für einen Ausgleich der K-Exporte durch die verkaufte Grünlandbiomasse wäre eigentlich die 1,6 bis 1,9-fache Gärrestmenge notwendig.
    - *Dies gilt insbesondere auch für die P-reichen Feststoffe:* Bei Verwendung separierter Feststoffe werden die P-Exporte schon durch eine Rückführung von 0,5 bis 0,7 Tonnen Gärrest je Tonne geernteter Grünlandbiomasse vollständig ausgeglichen. Für den Ausgleich der K-Exporte wäre dann die 1,9 bis 2,3-fache Menge an separierten Feststoffen notwendig. Zudem stellt die Humuswirkung der Feststoffe auf Grünlandflächen keinen Mehrwert dar!
- Je dünnflüssiger die Gärreste, desto besser können diese in den Boden eindringen.

## Notwendige Gärrestdüngung (t) zum Ausgleich der Nährstoffentzüge (N, P, K) je Tonne geernteter Biomasse am Beispiel einer Biogasanlage mit hohem Maisanteil (berechnet anhand von Durchschnittswerten)

	Vollgärrest			Fugat			Separierte Feststoffe		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Silomais <sup>1)</sup>	0,7	0,8	1,0	0,8	1,2	1,1	0,7	0,4	1,2
LKS	1,3	1,4	0,7	1,5	2,2	0,8	1,2	0,7	0,8
Intensives Grünland <sup>1)</sup>	1,4	1,4	1,9	1,7	2,1	2,1	1,3	0,7	2,3
Extensives Grünland <sup>1)</sup>	1,1	1,0	1,6	1,3	1,6	1,7	1,0	0,5	1,9
Getreide (Roggen)	2,5	3,6	1,2	2,9	5,5	1,3	2,3	1,8	1,4
Getreide-GPS	0,9	1,0	0,9	1,1	1,6	1,0	0,9	0,5	1,1
Zuckerrüben	0,3	0,5	0,5	0,4	0,7	0,5	0,3	0,2	0,6
Kartoffeln	0,6	0,6	1,2	0,7	1,0	1,3	0,5	0,3	1,4

<sup>1)</sup> berechnet auf der Basis 32% TM

## Hohe Gärrestgaben zu Grünland sind nötig, um Nährstoffflüsse zwischen Standort und Biogasanlage auszugleichen

- *Grünlandbiomasse ist im Vergleich z.B. zu Silomais sehr nährstoffreich:* bei Biogasanlagen mit gemeinsamer Vergärung von Grünland und Mais sind bei einem hohen Maisanteil etwa 2 Tonnen Fugat notwendig, um ausgeglichene Nährstoffflüsse für das Grünland zu erzielen!

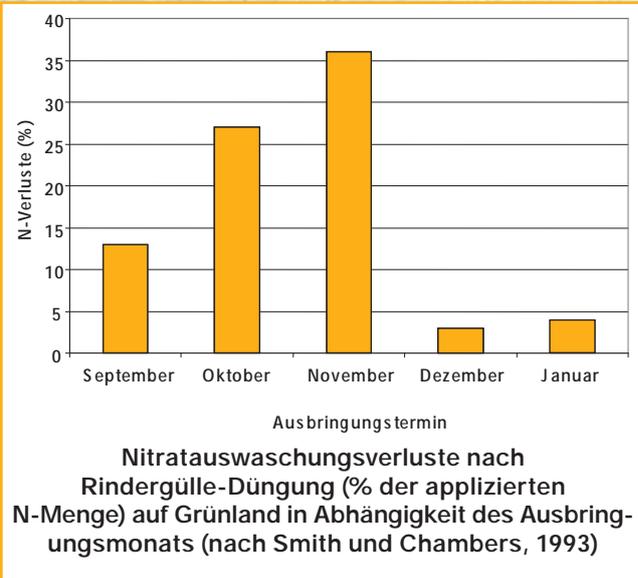
*Ein besonders hoher N-Bedarf besteht vor dem ersten Schnitt im Frühjahr:*

- Zeitige Gärrest-/Güledüngung ist zu empfehlen.
- Bei einer Frühjahrsdüngung sind die N-Verluste aufgrund der niedrigen Temperaturen am niedrigsten.

- Aufgrund des hohen Wärmebedarfs wachsen Grünland-Leguminosen insbesondere in den Sommermonaten → Durch eine N-Düngung im Frühjahr werden die Leguminosen in der Grünlandnarbe geringer beeinträchtigt als bei einer N-Düngung im Sommer.
- Bei einem Jahresertrag von 300 dt/ha Anweilsilage (mit 32% TM) sollte die Gesamt-Gärrestdüngung 50 bis 60 m<sup>3</sup> Fugat/ha (bzw. ca. 45 m<sup>3</sup> Vollgärrest/ha, oder 250 - 300 kg N/ha) nicht überschreiten.
- Mindestens die Hälfte sollte vor oder zu Vegetationsbeginn verabreicht werden.
- Zu den Folgeschnitten ist die Düngung von umgerechnet ca. 30 bis 50 kg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N/ha zu empfehlen (10 bis 15m<sup>3</sup> Fugat, Vollgärrest oder Gülle/ha), ggf. auch in Abwechslung mit einer N-Mineraldüngung.

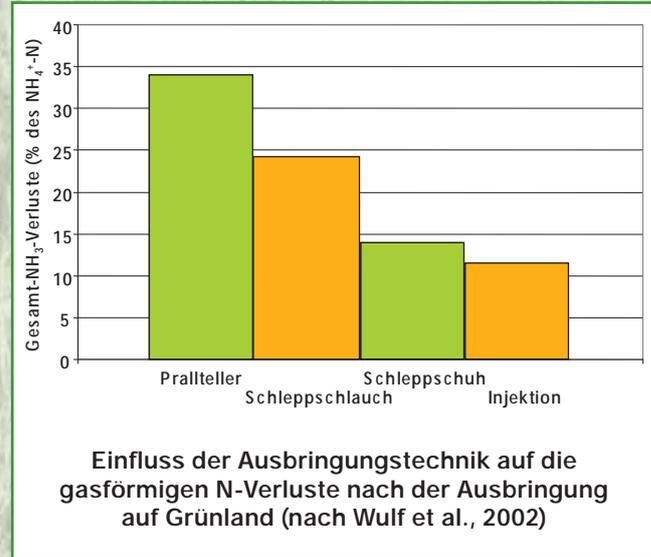
## Auch im Grünland liegt der optimale Ausbringungszeitpunkt für flüssige Gärreste im zeitigen Frühjahr

- Höchste N-Verwertung der Fugate bei einer Ausbringung im zeitigen Frühjahr (fast doppelt so hohe N-Ausnutzung wie bei einer Ausbringung im Herbst).
- Bei Ausbringung während der Sommermonate sind die N-Verluste deutlich höher (*Ammoniak!*).
- Die letzte Gülle- bzw. Gärrestdüngung sollte nach dem vorletzten Grünlandschnitt im August erfolgen. Zur Vermeidung von Ammoniakverlusten sollten hierbei möglichst dünnflüssige Gärreste eingesetzt werden (*bessere Infiltration*).



## Die Ausbringung mit dem Prallteller führt im Grünland zu besonders starken N-Verlusten, ganz besonders während der warmen Sommermonate

- *Besonderheiten von Grünland:*
  - Eine Einarbeitung von organischen Düngern wie auf dem Ackerland ist nicht möglich (*Ausnahme: Gülleinjektion*).
  - Der Grünlandbestand erhöht die Oberfläche → sehr hohe gasförmige N-Verluste insbesondere bei einer Ausbringung mittels Prallteller, v.a. im Sommer bei heißer, trockener Witterung.
- Bodennahe, großtropfige Ausbringung bei bedecktem Himmel oder in den Abendstunden vermindert die Verluste. Günstig ist auch eine Ausbringung vor Niederschlagsereignissen (*bzw. während eines leichten Landregens*).



Gegenüber einer Ausbringung mit Pralltellertechnik steigen in den Sommermonaten die Erträge an:

- Bei Schleppschlauchausbringung: um ca. 5%,
- Bei Schleppschuhtechnik: um ca. 10%.
- Die wirkungsvollste Maßnahme zur Reduktion der N-Verluste ist die Injektion der Gülle direkt in den Boden!
  - Düngungseffizienz von Gülle wird um 50 bis 100% erhöht (*im Vergleich zu Prallteller*).
  - Bedenken wegen der Beschädigung der Grünlandnarbe sind unbegründet.

## Erfolgreicher Zwischenfruchtanbau – ein wichtiger Beitrag zur umweltverträglichen Verwertung von Gärresten

denn

- Die Düngung von flüssigen oder separierten festen Gärresten zu Zwischenfrüchten stellt eine umweltfreundliche und effiziente Verwertung von Gärresten zu einem relativ fortgeschrittenen Zeitpunkt in der Vegetationsperiode dar  
→ Reduzierung der Gärrestdüngung im Herbst.
- Im Sommer besteht eine geringe Gefahr von Lachgasemissionen nach der Düngung (trockener Boden, schnelle Pflanzenaufnahme). Ferner kann eine gut entwickelte Zwischenfrucht über 100 kg N/ha aufnehmen (entspricht der Düngewirkung von ca. 40 m<sup>3</sup> Fugat).
- Zwischenfruchtanbau ermöglicht die Erzeugung von zusätzlicher nährstoffreicher Biomasse, die in einer Biogasanlage nutzbringend eingesetzt werden kann. Dabei werden Gärreste mit hohem Nährstoffgehalt erzeugt, die wiederum optimal für den Einsatz zur Frühjahrsdüngung geeignet sind!

## Der N-Bedarf von Zwischenfrüchten kann stark variieren

- *Früh gesäte (Juli) Gräser:* etwa 100 kg N/ha (entspricht Düngewirkung von ca. 40 m<sup>3</sup> flüssige Gärreste).
- *Gras-Leguminosen-Gemenge:* 0 kg N/ha bei Leguminosen-betonten Gemengen; bis 40 kg N/ha bei grasbetonten Gemengen (entspricht Düngewirkung von 15m<sup>3</sup> flüssige Gärreste oder 250 dt separierte Feststoffe).
- N-Düngung zu spät gesäten Zwischenfrüchten (bei Aussaat ab dem 10. August gelten allerdings in manchen Bundesländern die Grenzen der Höchstmengenregelung, z.B. max. 40 kg Ammonium-N/ha):
  - *Sommerraps, Winterraps und Ölrettich:* ca. 60-80 kg N/ha.
  - *Senf und Phazelia:* ca. 40 kg N/ha.
- *Düngeverordnung:* Es darf nach Pflanzenbedarf gedüngt werden, wenn die Zwischenfrucht noch in der laufenden Vegetationsperiode geerntet wird, da diese dann als letzte Hauptfrucht gezählt wird. Wird nicht geerntet, dürfen nach Ernte der letzten Hauptfrucht 80 kg Gesamt-N/ha bzw. 40 kg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N/ha (etwa 15 m<sup>3</sup> Fugat/ha) ausgebracht werden.
- Separierte Feststoffe eignen sich aufgrund ihrer Mineralstoffgehalte hervorragend zur Düngung von Zwischenfrüchten mit Leguminosenanteil, deren Anbau sich auch zur Förderung der Strohrotte anbietet.
- Zur Vermeidung gasförmiger N-Verluste sollte die Zwischenfruchtdüngung vor oder zur Saat erfolgen (sofortige Einarbeitung in den warmen Sommermonaten besonders wichtig!).

## Rasche Aussaat nach der Ernte der Hauptfrucht – wichtigste Voraussetzungen für einen erfolgreichen Zwischenfruchtanbau

- Der Anbau von Zwischenfrüchten gelingt am besten, je schneller diese nach der Hauptfruchternte ausgesät werden, denn nach Räumung der Hauptfrucht trocknet der Boden bei entsprechender Witterung sehr schnell aus.
- Aus Trockengebieten in Ostdeutschland ist bekannt, dass bei trockenen Bedingungen die Zwischenfrüchte spätestens am Tag nach der Hauptfruchternte ausgesät werden sollten.
- Bei der Aussaat von Gräsern kann das Saatgut den Gärresten zugesetzt werden (*gleichzeitige Ansaugung von Gärrest und Grassamen*), sofern die Gärreste bei der Ausbringung eingearbeitet werden (*z.B. Gülletrac*).
- Diese Art der kombinierten Gärrestausbringung + Zwischenfruchtaussaat gewährleistet eine verlustarme Gärrestausbringung und zugleich einen schnellen Aufgang der Zwischenfrucht.

## Düngung von Grünroggen bzw. Grünschnittroggen und Roggen-Ganzpflanzensilage

- Düngung erst zu Vegetationsbeginn; eine Andüngung im Herbst ist nicht sinnvoll.
- Grünroggen bzw. Roggen-GPS beginnt im Frühjahr deutlich früher zu wachsen als andere Wintergetreidearten → daher eignet sich gerade diese Kulturpflanze (neben Grünland) zu einer sehr frühen Gärrestausbringung.
- Der Düngebedarf von Roggen-GPS (*Erntezeit: Juni*) unterscheidet sich nicht von dem von Winterroggen; bei Grünroggen (*Erntezeit: Anfang-Mitte Mai*) sind gegenüber einer Körnernernte des Roggens Abschläge von etwa 20-25% notwendig; der N-Bedarf beträgt ca. 150 kg N/ha.

## Separierte Feststoffe und Zwischenfruchtanbau verbessern die Humusbilanz

→ Durch den Anbau von humuszehrenden Hackfrüchten oder Silomais kann es zu einer Verminderung der Humusbilanzsalden kommen.

*Möglichkeiten zur Abhilfe:*

- *Ernte des Energiemais als Lieschkolbenschrot-silage:* Wenn ca. alle drei Jahre der Silomais als Lieschkolbenschrotsilage geerntet wird und das Reststroh auf der Fläche verbleibt, können die Humusbilanzen bei fortgesetztem Maisanbau ausgeglichen werden, unter der Voraussetzung, dass im Durchschnitt der Fruchtfolge die entsprechende Gärrestmenge zurückgenommen wird (*80% bezogen auf die an die Biogasanlage angelieferte Substrat-*

*menge, davon mindestens 25% als separierte Feststoffe).*

- *Ersatz von Silomais durch Getreide mit Strohdüngung:* Anbau von Wintergetreide mit Strohdüngung alle drei Jahre, bei anteiliger Gärrestrücknahme (siehe oben).
- Kombination beider Maßnahmen.
- *Wintergetreideanbau + Gründüngung:* Anbau eines Wintergetreides + Stoppelfrucht als Gründüngung alle vier bis sechs Jahre – bei anteiliger Gärrestrücknahme.
- *Stärkere Rückführung separierter Feststoffe:* Nach der Gärresttrennung fallen 20 bis 25% der Gärreste als separierte Feststoffe und 75-80% als Fugate an. Wenn die anteilige Rückführung der Feststoffe auf ca. 35-40% erhöht wird – zu Lasten entsprechender Mengen an Fugaten – können ebenfalls leicht positive Humusbilanzen ausgewiesen werden. Dadurch werden allerdings die P-Bilanzen positiv, da feste Gärreste deutlich höhere P-Gehalte haben als Fugate!

- *Teilweise Ersatz von Silomais durch Klee gras:* Auf manchen Standorten sind mit mehrjährigem Klee gras vergleichbare Erträge wie mit Silomais oder Kulturabfolgen von Erst- und Zweitkultur erzielbar. Der Anbau von Klee gras auf 10 bis 15% der Fläche würde bei anteiliger Rückführung flüssiger und fester Gärreste die Humusbilanzsalden bereits in leicht positive Bereiche bringen.
- *Zwischenfruchtanbau:* Erhebungen auf Betrieben zeigen, dass eine deutliche Ausweitung des Zwischenfruchtanbaus eine wichtige Maßnahme zum Ausgleich der durch stärkeren Maisanbau (oder von vergleichbaren Früchten wie Hirse und Sudangras) verursachten Belastung des Humushaushaltes ist. Die Humusbilanzsalden nach Einführung des Anbaus können durch konsequenten Zwischenfruchtanbau sogar steigen.



## Methoden der N-Bedarfsermittlung

Die Landesbehörden verschiedener Bundesländer bieten meist kostenlos zum Herunterladen aus dem Internet Programme zur Ermittlung des Stickstoffbedarfes an. *Beispiele sind:*

- *SBA (Stickstoff-Bedarfs-Analyse):*  
Dieses Programm liegt mit verschiedenen regionalen Anpassungen zum download vor.
  - Hessen (<http://www.llh-hessen.de/landwirtschaft/pflanzenbau/sbadbe/sbadbe-start.htm>),
  - Thüringen (<http://www.tll.de/ainfo/>),
  - Sachsen-Anhalt (<http://www.sachsen-anhalt.de/LPSA/index.php?id=28125>),
  - Brandenburg,
  - Mecklenburg-Vorpommern.
- *DSN (Düngeberatungssystem Stickstoff):*  
So heißt das von der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Referat Pflanzenbau und Bodenkultur, entwickelte Programm zur N-Bedarfsermittlung (<http://www.lfl.bayern.de/iab/duengung/mineralisch/29170/>), das man als Landwirt kostenlos nutzen kann.
- *N-Bedarf:* Excel-Anwendung zur Ermittlung des Stickstoffbedarfs von Ackerkulturen der Landwirtschaftsverwaltung in Baden Württemberg (*LEL Schwäbisch Gmünd und der LTZ Augusten-berg*) ([http://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/show/1052271\\_L1/N\\_Bedarf\\_%20Vers\\_%206.3\\_oz.xls](http://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/show/1052271_L1/N_Bedarf_%20Vers_%206.3_oz.xls)).
- Neben der Officialberatung wurden auch von Universitätsinstitutionen, Industriefirmen und privaten Beratungseinrichtungen Modelle zur N-Bedarfsprognose entwickelt. Hinzu kommen Programme, die der Düngungsplanung im Rahmen der Fruchtfolge dienen. Hervorzuheben sind DUNGINFO, HydroPlan und DUPSY.

## Rechtliche Vorgaben zur guten fachlichen Praxis bei organischer Düngung und Besonderheiten der Gärrestanwendung

Die Düngung und der Einsatz von Düngemitteln werden vom Gesetzgeber durch das Düngegesetz, die Düngemittelverordnung und die Düngeverordnung rechtlich geregelt. Für die Landwirte sind vor allem die Regelungen der Düngeverordnung von direkter rechtlicher Relevanz. *Nachfolgend werden die wesentlichen Vorgaben erläutert.*

### Grundsätzlich gilt:

- Organische Dünger sind zeitlich und mengenmäßig so auszubringen, dass die Nährstoffe von den Pflanzen weitestgehend ausgenutzt und Nährstoffverluste vermieden werden.
- Vor der Ausbringung ist der Düngebedarf der Kulturen festzustellen (*Anrechnung von N<sub>min</sub> und N-Nachlieferung*).
- Nährstoffüberhänge müssen vermieden werden, um den Boden- und Grundwasserschutz zu gewährleisten.
- Für Phosphat sind i.d.R. dafür mindestens alle 6 Jahre Bodenuntersuchungen durchzuführen.

### Praktische Bedeutung:

- Die Düngung mit Gärresten, Gülle, Jauche, Stallmist und anderen organischen Nährstoffträgern wird durch den Nährstoff begrenzt, dessen Bedarf zuerst abgedeckt ist.
- Da sich die Nährstoffzusammensetzung und das Verhältnis der Nährstoffe zueinander in Abhängigkeit der gelieferten Substrate und der zurückgenommenen Gärreste (Fugat oder separierter Feststoff) erheblich unterscheiden, sind die entsprechenden Nährstoffflüsse im Einzelfall zu berechnen, um daran die langfristige NPK-Ausgleichsdüngung auf Betriebs- und Schlagebene zu bemessen.

- Betriebe mit starker Anlieferung von Feldgras oder Grünland werden z.B. einen höheren Bedarf zum Ausgleich der K-Bilanzen und einen deutlich niedrigeren Bedarf zum Ausgleich der P-Bilanzen aufweisen als z.B. Betriebe, die Mais oder Getreide an die Biogasanlage anliefern.
- Durch eine Kombination von flüssigen und festen Gärresten ist am ehesten eine ausgeglichene Nährstoffversorgung zu erreichen.
- Gärreste aus NaWaRo-Substraten unterliegen derzeit (*noch*) nicht dieser Höchstmengenregelung. Bei Mischungen von Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft mit Gärresten ist der aus der Tierhaltung stammende Wirtschaftsdünger anteilig zu berechnen.
- *Der Einsatz von Gärresten wird deshalb durch die Nährstoffvergleiche begrenzt:*
  - *maximaler N-Bilanz-Überschuss im dreijährigen Durchschnitt des Gesamtbetriebes:* 60 kg N/ha;
  - *maximaler P-Bilanz-Überschuss im sechsjährigen Durchschnitt des Gesamtbetriebes:* 20 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha.
- Eine starke Ausweitung der organischen Düngung kann das N-Verlustpotenzial erhöhen und stellt daher hohe Anforderungen an den Betriebsleiter, um eine effiziente und umweltverträgliche Düngung zu erreichen, insbesondere auf leichten und mittelschweren Standorten.

## 5.2.2

### Höchstmengenregelung

- Nach der derzeit gültigen Düngeverordnung werden Gärreste aus NaWaRos nicht auf die Höchstmengenregelung beim Einsatz von Wirtschaftsdüngern (*Ackerland ohne Ackergras: 170 kg N/ha und Jahr; Grünland und Ackergras bei mindestens viermaliger Nutzung: 230 kg N/ha und Jahr*) angerechnet, denn diese gilt nur für Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft.

## Mengenbegrenzung bei Ausbringung flüssiger organischer Dünger nach der Ernte der letzten Hauptfrucht

- Nach Ernte der letzten Hauptfrucht dürfen Gärsubstrate bis in Höhe des aktuellen Düngedarfes der Folgekultur ausgebracht werden. Es gilt die Obergrenze von 40 kg Ammonium-N oder 80 kg Gesamt-N je Hektar.
- Diese Mengenbegrenzung gilt nicht für Zwischenfrüchte, die zur Beerntung im Herbst vorgesehen sind, da diese dann als letzte Hauptfrucht gelten. Allerdings besteht in manchen Bundesländern die Einschränkung, dass die Ansaat vor dem 10. August erfolgen muss.

### Praktische Bedeutung:

- Aus fachlicher Sicht reichen bei fast allen Winterungen (*Ausnahme: Winterraps*) die Stickstoffmengen im Boden für eine ausreichende N-Versorgung bis Vegetationsende aus.
- Eine sinnvolle organische Düngung mit Gärresten oder Gülle ist im Sommer zu Zwischenfrüchten und nach dem vorletzten Grünlandschnitt möglich, sofern die Düngung spätestens Mitte bis Ende August erfolgt.
- September bis November sind die Monate mit der niedrigsten N-Ausnutzung einer organischen Düngung, denn weder Grünland noch Winterungen aller Art (*Ausnahme: Winterraps*) sind in der Lage, eine Gärrestdüngung in dieser Jahreszeit effizient zu nutzen.
- Eine „Strohdüngung“ ist bei Einhaltung der o.g. Höchstmengen erlaubt. Allerdings kann bei langjähriger Strohdüngung der Verzicht auf eine N-Düngung zur Strohrotte eine wichtige Maßnahme zur Reduzierung der Nitratauswaschungsgefahr sein. Als Alternative bietet sich der Anbau einer legumenen Zwischenfrucht an, insbesondere wenn als Folgekultur eine Sommerung vorgesehen ist.

## Sperrfristen

- Auf Ackerland darf vom 01. November bis 31. Januar, auf Grünland vom 15. November bis 31. Januar kein Gärrest ausgebracht werden.
- Die Sperrfrist gilt z.B. für Gülle, Gärreste (*inkl. separierte Feststoffe*) und für Geflügelkot.
- Von diesen Sperrzeiten ausgenommen sind Festmiste (*ohne Geflügelkot*).
- Allerdings kann auch eine Verschiebung der Sperrfristen (*z.B. Vorverlegung um einen halben Monat*) beim zuständigen Amt beantragt werden, sofern die vorgesehene Gesamtdauer der Sperrfristen nicht unterschritten wird.

### Praktische Bedeutung:

Auf Antrag ist eine Verschiebung von Sperrfristen zulässig. Da eine Ausbringung von flüssigen organischen Düngern mit hohen  $\text{NH}_4^+$ -N-Anteilen insbesondere im Januar aus fachlicher Sicht einer Ausbringung im Herbst (*September bis November*) vorzuziehen ist (*geringere N-Verluste, höhere N-Ausnutzung*), sollten Landwirte erwägen, von einer Sperrfristverschiebung Gebrauch zu machen. Die Aufnahmefähigkeit des Bodens muss allerdings gewährleistet sein!

## Einarbeitung von Gülle- bzw. Gärresten

- Bei der Ausbringung auf unbestelltes Ackerland sind die Gärreste unverzüglich einzuarbeiten. Die Ausbringung darf nicht erfolgen, wenn der Boden überschwemmt, wassergesättigt, gefroren oder durchgängig mit mehr als fünf Zentimeter mit Schnee bedeckt ist.

### Praktische Bedeutung:

- „Unverzüglich“ bedeutet im rechtlichen Sinne noch am gleichen Tag, spätestens aber am Vormittag des nächsten Tages, sofern die Ausbringung in den Abendstunden erfolgt ist.
- Allerdings treten die höchsten Ammoniakverluste innerhalb der ersten 2 bis 4 Stunden nach der Ausbringung auf. Daher sollte die Einarbeitung möglichst rasch nach der Ausbringung erfolgen (*unmittelbar danach oder wenige Minuten später*).
- Genaue Definitionen der o.g. Begriffe liefern die Verwaltungsvorschriften der Länder zur Umsetzung der Düngeverordnung. So bedeutet z.B. „tief gefroren“ eine Frosttiefe des Bodens von mehr als 15 cm. Eine geschlossene Schneebedeckung tritt laut Vorschrift ab 5 cm auf.

## Schlagbilanzen – reine Hoftorbilanzen erfüllen die Vorgaben zu Aufzeichnungen nach der Düngeverordnung nicht!

- *Bis zum 31. März muss der Betriebsinhaber einen betrieblichen Nährstoffvergleich für Stickstoff und Phosphor für das abgelaufene Düngungsjahr durchführen:*
- Als Flächenbilanz, oder als
  - aggregierte Schlagbilanz auf der Grundlage von Nährstoffvergleichen für jeden Schlag bzw. je Bewirtschaftungseinheit.
- *Gasförmige Ausbringungsverluste:*  
Bei der Berechnung der N-Schlagbilanz für pflanzliche Substrate dürfen gasförmige Lager- und Ausbringverluste in begrenzter Höhe berücksichtigt werden. Für tierische Wirtschaftsdünger gelten die Verluste entsprechend Anlage 6 der Düngeverordnung.
- Die Agrarverwaltungen der Länder bieten in ihren Internetseiten häufig entsprechende Programme zur Auswertung der nach Düngeverordnung geforderten Berechnungen.

## Weitere Regelungen

Darüber hinaus sind viele weitere Regelungen einzuhalten (Mindestabstandsregelung, Bestimmung Nährstoffgehalte, etc.). Informationen darüber erhalten Sie bei den zuständigen Behörden!

## 5.2.6

## Ablaufschema der Nährstoffbilanzierung auf Schlagebene/Bewirtschaftungseinheit

	Menge (t/ha)	Nährstoffgehalte (kg/t)	Nährstoffmenge (kg/ha)
<b>Nährstoffzufuhr:</b> <i>Organische Dünger:</i> Flüssige Gärreste Feste Gärreste Andere (Gülle, etc.) <i>Mineralische Dünger:</i> N-Zufuhr P-Zufuhr K-Zufuhr			
<b>Nährstoffabfuhr:</b> Hauptfrüchte Koppelprodukte Geerntete Zwischenfrüchte			
Schlagbilanz = Nährstoffzufuhr - Nährstoffabfuhr			

## Literatur

Adam, L., M. Benke, M. Dietze, G. Ebel, S. Freydank, M. Fritz, M. Glemnitz, M. Heiermann, C. Herrmann, J. Hufnagel, C. Idler, I. Klostermann, S. Kruse, K. Mastel, A. Nehring, T. Neumann, J. Peters, C. Röhricht, C. Rieckmann, S. Schittenhelm, V. Scholz, C. Strauß, R. Stülpnagel, A. Thiele, T. Toews, C. von Buttlar, B. Widmann, F. Wilken, M. Willms (2008): Standortangepasste Anbausysteme für Energiepflanzen - Erste Ergebnisse des Verbundprojektes „Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands“. In: FNR (Hrsg.). Heruntergeladen von: [http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf\\_335-brosch\\_energiepflanzen\\_eva.pdf](http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_335-brosch_energiepflanzen_eva.pdf), am 25. Februar 2009.

Albert, E., W. Schliephake (2005): Effizienter Wirtschaftsdüngereinsatz - Entwicklung und Erprobung praxistauglicher Einsatzstrategien von Wirtschaftsdüngern zur Verminderung von diffusen Nährstoffausträgen. Abschlussbericht zum Projektvorhaben 041.30 der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft Laufzeit: 05/2003 – 04/2005. Heruntergeladen von: [http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/download/1619\\_1.pdf](http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/download/1619_1.pdf), am 26. Februar 2009.

Bary, A., C. Cogger, D.M. Sullivan (2000): Fertilizing with manure. A Pacific Northwest Extension Publication.

Chambers, B.J.; K.A. Smith; B.F. Pain (2000): Strategies to encourage better use of nitrogen in animal manures. *Soil Use and Management* 16, 157-161.

Kluge, R., W. Wagner, M. Mokry, M. Dederer, J. Messner, N. Haber (2008): Abschlussbericht des Projektes Inhaltsstoffe von Gärprodukten und Möglichkeiten zu ihrer geordneten landwirtschaftlichen Verwertung. Heruntergeladen von: [http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1235603\\_1/ltz\\_Projektbericht:Inhaltsstoffe\\_von\\_Gaerprodukten\\_und\\_Moeglichkeiten\\_zu\\_ihrer\\_geordneten\\_Verwertung.pdf](http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1235603_1/ltz_Projektbericht:Inhaltsstoffe_von_Gaerprodukten_und_Moeglichkeiten_zu_ihrer_geordneten_Verwertung.pdf), am 4. Februar 2009.

Malgeryd, J. (1998): Technical measures to reduce ammonia losses after spreading of animal manure. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 51, 51-57.

Möller, K., W. Stinner (2009): Effects of different manuring systems with and without biogas digestion on soil mineral nitrogen content and on gaseous nitrogen losses (ammonia, nitrous oxides). *European Journal of Agronomy* 30, 1-16.

Smith, K.A., B.J. Chambers (1993): Utilizing the nitrogen content of organic manures on farms-problems and practical solutions. *Soil Use Manage.* 9, 105-112.

Wendland, M., M. Diepolder, P. Capriel (2007): Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) (ed.). LfL-Information. Heruntergeladen von: [http://www.lfl.bayern.de/publikationen/daten/informationen/p\\_24402.pdf](http://www.lfl.bayern.de/publikationen/daten/informationen/p_24402.pdf), am 24. Februar 2009.

Wulf, S., M. Maeting, J. Clemens (2002): Application Technique and Slurry Co-Fermentation Effects on Ammonia, Nitrous Oxide, and Methane Emissions after Spreading: I. Ammonia Volatilization. *J. Environ. Qual.* 31, 1789-1794.



Autoren:  
Kurt Möller, Rudolf Schulz und Torsten Müller  
Institut für Pflanzenernährung, Universität Hohenheim

in Zusammenarbeit mit  
E.ON Bioerdgas GmbH, Ansprechpartner: Hermann Deupmann  
E.ON Ruhrgas AG, Ansprechpartner: Alexander Vogel

September 2009

