

Gülle- und Gärresttransport (Teil 1)

– Grundüberlegungen und Empfehlungen zur Lagerkapazität und Ausbringung

Kulturrüchle	Empfohlene max. Menge ¹⁾ m ³ /ha u. Jahr	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni
Silomais, Körnermais	60												
Futterrüben	50											30-60	20-30 ¹⁾
Kartoffeln	30									20-50			
Wintererbsen	50			20						20-30			
Wl-Weizen, Triticale, Wl-Fraggen	60									20-40			
Wintergerste	50									20-60 ²⁾			
Sommerweizen	50		20							20-40			
So-Gerste (Futter), Hafer	25									20-50 ²⁾			
Kleegras	60									20-25			
Früchte n. GPS (einmalige Ernte)	50	15-20 ³⁾	15-20							15-25			
Früchte n. GPS (mehrere Ernten)	60	15-20 ⁴⁾	15-20							15-25		15-25	
Zwischenfrucht säubierend	20	15-20 ⁴⁾										40-50	
Zwischenfrucht überwinternd	40	15-25										25-30	
Schneedeckung	20	20											
Agrod	80	15-25 ⁵⁾	15-25 ⁵⁾						15-20	15-25 ⁵⁾			15-25 ⁵⁾

Sperrfrist
nach § 4, Abs. 4 der Düngeverordnung:

Ackerland:
01. November bis 31. Januar

Grünland:
15. November bis 31. Januar

Nr. II – 12/2011

Zusammengestellt für die Arbeitsgruppe II (Substratbereitstellung) im „Biogas Forum Bayern“ von:



Reinhold Böhner
Volker Loch

Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Bayreuth

Roland Schleicher

Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Schwandorf

Inhaltsverzeichnis

1. Grundriss für Logistikkonzepte	2
1.1 Lagerkapazitäten und Ausbringfristen	2
1.2 Gülle- bzw. Gärrestkalender	4
1.3 Berechnung des Gärrestanfalls	5
1.4 Straßenrecht und Verkehrs-Infrastruktur	6
1.5 Tipps zum bodenschonenden Fahrzeugeinsatz	7
1.6 Wert und Transportwürdigkeit von flüssigen Gärresten	8
2. Gärrestformen	9
3. Anlagenperipherie.....	11
3.1 Homogenisierverfahren	11
3.2 Gestaltung des Gärrestabfüllplatzes	12

1. Grundriss für Logistikkonzepte

1.1 Lagerkapazitäten und Ausbringfristen

Bei der Vergärung von verschiedenen Substraten in einer Biogasanlage sollte es das Ziel sein, die in den Substraten enthaltenen Pflanzennährstoffe (N, P₂O₅, K₂O, CaO, MgO usw.) beinahe verlustfrei mit dem Gärrest wieder in den Nährstoffkreislauf zurück zu führen.

Verluste treten nur bei Stickstoff während der Lagerung und bei der Ausbringung durch Ammoniakabgasung auf. Zudem besteht das Risiko der Auswaschung von Nährstoffen, wenn im Herbst große Mengen ausgebracht werden. Die Auswaschungsverluste können minimiert werden, wenn ausreichend Grubenraum vorhanden ist, denn damit ist sichergestellt, dass der Termin für Gärrestausrückung nicht vom Füllstand des Gärrest-Endlagers bestimmt wird, sondern vom Pflanzenbedarf, von der Witterung und vom Bodenzustand.

Rechenmodell für eine reine NawaRo-Biogasanlage:

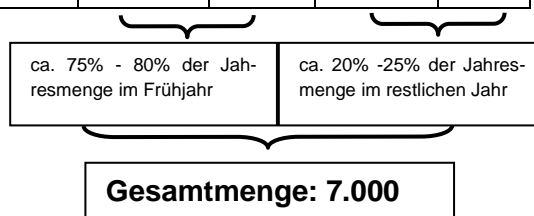
Der für den einzelnen Betrieb notwendige Lagerraum kann anhand eines „Gärrestverteilplanes“ (Tabelle 1 und 2) ermittelt werden. In diesem Plan wird festgelegt, wann welche Kultur wie viel Gärrest in m³/ha bekommt. An Hand der Fruchtfolge eines Modellbetriebes mit 230 ha Ackerfläche und einer Biogasanlage mit rund 360 kW_{el} (= 0,6 ha/kW_{el}), wird in Tabelle 1 beispielhaft dargestellt, wie der im Betrieb anfallende Gärrest von ca. 7000 m³ (= 20 m³/kW_{el}) verteilt werden kann. Bei einem durchschnittlichen Nährstoffgehalt je m³ Gärrest von 3,5 kg NH₄-N, 2,5 kg P₂O₅ und 5,4 kg K₂O beträgt der Gesamtwert des Gärrestes (bei unterstellten Verlusten von 20% des NH₄-Stickstoffs bei Lagerung und Ausbringung) 64.932,- € und der Wert für Stickstoff allein 19.796.-- € bei folgenden Preisen (netto, Quelle: LfL, Mai 2011) je kg Reinnährstoff: 1,01 €/kg N, 1,24 €/kg P₂O₅ und 0,62 €/kg K₂O.

	Jan. / Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt. Nov. Dez.
Anteil an der Gesamtmenge	Keine Düngung mit Gärrest auf Acker- und Grünland wegen DüVO und Witterung	ca. 20% - 30%	ca. 40% - 50 %	ca. 10% - 20 %	Kein Bedarf	ca. 10%	ca. 10%	ca. 5%	Keine Düngung mit Gärrest ab Anfang Oktober auf Ackerland, ab 15. Nov. auf Grünland
Kultur/ Frucht		Raps und Getreide	Mais	Mais nach Wi-Zwischenfrucht		Zweitfrucht nach GPS	Zu Raps nach Ge-	Nur im Ausnahmefall: Zur Wi-Gerste	
		Im Zeitraum ab Ende Februar bis Mitte Mai sollten ca. 70% bis 80% des anfallenden Gärrestes im Ackerbaubetrieb ausgebracht werden				Nur max. 20 – 30% des anfallenden Gärrestes sollen aus fachlicher, ökonomischer und ökologischer Sicht im Zeitraum Juli - September auf Ackerland ausgebracht werden			

Tabelle 1: Grobplanung der Gärrestverteilung im Biogasbetrieb

Frucht	Fläche in ha	m ³ Gärrest je ha				Gesamtmenge in m ³ je Kultur			
		Feb/März	April	Juni / Juli	Aug.	Feb/März	April	Juni / Juli	Aug.
Raps	58				11				638
Wi-Gerste (für GPS)	42	20				840			
Zweitfrucht nach GPS	42			21				882	
Triticale (Korn)	28	20				560			
Silomais	102		40				4.080		
Summe	230					1.400	4.080	882	638

Tabelle 2: Detaillierte Planung der Gärrestverteilung



Damit der Gärrest nach dieser Planung ausgebracht werden kann, müssen zum geplanten Zeitpunkt ausreichende Mengen an Gärrest zur Verfügung stehen. Diese notwendigen Mengen stehen nur dann zur Verfügung, wenn der Gärrest, der in ca. 8,2 Monaten anfällt, gelagert werden kann, d.h. es muss eine Lagerkapazität für mind. 8,2 Monate vorhanden sein. In der Tabelle 3 wird anhand vom monatlichen Zufluss und Abfluss der Füllstand einer Grube mit einer Lagerkapazität für den Gärrest, der in sechs Monaten bzw. in 8,2 Monaten anfällt, dargestellt. Diese Darstellung zeigt ganz deutlich, dass bei einer Lagerkapazität von 8,2 Monaten noch eine Reserve von 25 Tagen vorhanden ist. Dies ist auch notwendig, da anfangs März witterungsbedingt nicht immer eine Gärrestdüngung möglich ist. Außerdem wird noch Lagerraum für das in den Siloanlagen anfallende Niederschlagswasser benötigt.

	Sept / Okt. Nov. / Dez.	Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni / Juli	Aug.
Zufluss in m ³	2340	594	539	594	575	594	1170	594
Abfluss in m ³	0	0	0	1428	4080	0	882	638
Saldo in m ³	3178	3.772 ²⁾	4.311 ²⁾	3.504	0 ¹⁾	594	882	838
Füllstand in % bei einer Lager- kapazität von 3.500 m³ (= 6 Monate)	91%	108%	123%	100%	0%	17%	25%	24%
Bei einer Lagerkapazität von 6 Monaten reicht der Lagerraum für eine optimale Verteilung des Gärrestes nach dem Verteilplan nicht aus.								
Füllstand in % bei einer Lager- kapazität von 4.800 m³ (= 68,5 % des anfallen- den Gärrestes (= 8,2 Monate)	66%	79%	90%	73%	0 %	12%	18%	17%
Bei einer Lagerkapazität von ca. 8,2 Monaten kann der Gärrest wie geplant ausgebracht werden. Es gibt Ende Februar eine Reserve von 12% der Lagerkapazität (= 588 m³ bzw. 30 Tage). Da kein Lagerraum für unvorhergesehene Witterungsprobleme, verunreinigtes Oberflächenwasser und Sonstiges eingeplant ist, ist eine Reserve in dieser Größe notwendig!								

1) Einmal pro Jahr muss der Füllstand des Endlagers bei annähernd 0 m³ (= +/- 20 m³) sein!

2) Bei einer Lagerkapazität von sechs Monaten würde bei diesem Gärrestmanagement der Lagerbehälter nicht ausreichen!

Tabelle 3: Die Auslastung des Lagervolumens in Abhängigkeit von der Größe des Lagers und von der im Beispiel geplanten Ausbringung

Die modellhafte Darstellung in Tabelle 1 entspricht praxisüblichen Gärrestgaben, die je nach Fruchtfolge bzw. nach angebauten Futterpflanzen abgeändert werden können. Grundsätzlich sollte aus fachlicher, ökonomischer und ökologischer Sicht die Düngung mit flüssigem Gärrest spätestens ab etwa Mitte bis maximal Ende September beendet sein!

Je KW installierter Leistung fallen ca. 20 m³ Gärrest an; wenn 68,5% davon gelagert werden sollen, sind je KW ca. 14 m³ Lagerraum notwendig – vor allem, wenn der Gärrest überwiegend auf Ackerland verwertet wird! Die Forderung für diese Lagerraumgröße lässt sich mit folgenden Argumenten rechtfertigen:

1. Eine Nitratverlagerung als Folge einer Gärrestausrückung zum falschen Zeitpunkt kann sich die Landwirtschaft aus umweltpolitischen und ökonomischen Gründen nicht leisten.
2. Aufgrund der hohen Transport- und Ausbringungskosten sollte der Gärrest nur dann ausgebracht werden, wenn die bestmögliche Wirkung der im Gärrest enthaltenen Nährstoffe – vor allem des Stickstoffs – zu erwarten ist und wenn es der Bodenzustand zulässt.

3. Die hohen Kosten für Mineraldünger relativieren die Investitionskosten für den Lagerraum.
4. Der Zeitpunkt für die Ausbringung von Gärrest darf nicht durch das Lagervolumen bestimmt werden.
5. Für unvorhergesehene Ereignisse und für anfallendes, verunreinigtes Oberflächenwasser sollte auch Lagerkapazität vorgesehen werden.

1.2 Gülle- bzw. Gärrestkalender

Der Zeitpunkt der Ausbringung von Gülle bzw. Gärrest wird von verschiedenen Faktoren begrenzt. Diese begrenzenden Faktoren sind unter anderem: die gesetzlichen Vorgaben (Düngeverordnung), die Witterung (Befahrbarkeit der Flächen, zu große Hitze bzw. Trockenheit) und der aktuelle Bedarf der einzelnen Kultur an Stickstoff. Die optimalen bzw. möglichen Termine für die Ausbringung von Gülle bzw. Gärrest werden im „Gülle- bzw. Gärrestkalender“ schematisch dargestellt. Dieser Kalender entbindet den Betriebsleiter allerdings nicht davon, die individuellen Bedingungen des Standortes bzw. die aktuellen Witterungsbedingungen und die Ansprüche der einzelnen Kulturen zu beachten! Nur so ist ein wirtschaftlicher und umweltgerechter Einsatz des flüssigen Wirtschaftsdüngers gewährleistet.

Bei allen Düngemaßnahmen sind außerdem die Vorgaben der jeweils aktuellen Düngeverordnung zu beachten! Empfohlene Ausbringzeiten und -mengen an flüssigen organischen Düngern sind in nachfolgender Grafik in m³/ha dargestellt:

Früchte	Empfohlene max. Menge* m ³ /ha u. Jahr	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni
Silomais, Körnermais	60										30-60	20-30 ¹⁾	
Futterrüben	50									20-50			
Kartoffeln	30									20-30			
Winterraps	50		20							20-40			
Wi-Weizen, Triticale, Wi-Roggen	60									20-60 ²⁾			
Wintergerste	50		20							20-40			
Sommerweizen	50									20-50 ²⁾			
So-Gerste (Futter), Hafer	25									20-25			
Kleegras	60	15-20 ³⁾	15-20							15-25		15-25	
Früchte n. GPS (einmalige Ernte)	50											40-50	
Früchte n. GPS (mehrere Ernten)	60	15-20	15-20									25-30	
Zwischenfrucht abfrierend	20	15-20 ⁴⁾											
Zwischenfrucht überwinternd	40	15-25							15-20				
Getreidestroh	20	20											
Grünland	80	15-25 ⁵⁾	15-25 ⁵⁾							15-25 ⁵⁾		15-25 ⁵⁾	

*) Die empfohlene Aufwandmenge pro ha und Jahr gilt für ein Ertragsniveau von z. B. 80 dt/ha Weizen.

1) bis 6): Nebenstehende Hinweise zur Ausbringung **b e a c h t e n :**

- 1) Zwischen die Reihen einarbeiten
- 2) Zweimalige Gabe sinnvoll
- 3) Nur bei überwinternden Pflanzenbeständen
- 4) Zwi-frucht erst im Frühjahr vor der Saat der Hauptfrucht flach einarbeiten
- 5) Einzelgabe von 25 m³/ha und max. Gesamtgüllemenge nur bei intensiver Bewirtschaftung

- = geringe oder keine N-Ausnutzung ⇒ keine Ausbringung !
- = mittlere N-Ausnutzung
- 15-25 = gute N-Ausnutzung (Empfohlene Menge in m³/ha an flüssigen. org. Düngern mit 3,4 kg Ges.-N/m³)
- = Sperrfrist ⇒ Ausbringverbot !

Übersicht 1: Gülle- bzw. Gärrestkalender

1.3 Berechnung des Gärrestanfalls

Der Anteil an Kofermenten und Gülle/Festmist im Biogasfermenter bestimmt das Volumen des Gärrestlagers. Für jeden Einsatzstoff kann der Abbauprozess abgeschätzt und der Anfall von Gärresten mit den darin enthaltenen Nährstoffen berechnet werden. Ausgangspunkt der Berechnung sind folgende Annahmen:

- Der Biogas-/Methanertrag eines Substrats wird durch den Gehalt an Proteinen, Fetten und Kohlenhydraten sowie der Verdaulichkeit dieser Stoffgruppen bestimmt.
- Die Umsetzungen in einem Gärbehälter verlaufen ähnlich wie im Rindermagen.

Somit können für "Futtermittel", die in einer Biogasanlage eingesetzt werden sollen, Rohnährstoffgehalte und Verdauungsquotienten (VQ) aus Futterwerttabellen näherungsweise angesetzt und die zu erwartenden Gasausbeuten berechnet werden. Unterstellt man die von Baserga veröffentlichten Gasausbeuten für die Stoffgruppen Kohlenhydrate, Fette und Proteine, lässt sich der Anfall von Biogas und der Anfall von Gärresten berechnen. Die Lieferanten von Biomasse verlangen inzwischen auch die Rücklieferung der Gärreste nicht nur nach m³ gelieferter Biomasse, sondern nach Hauptnährstoffen (N-P-K) aufgrund der gelieferten Biomasse-Nährstoffmengen.

Der im Internet angebotene Gärrestrechner der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft berechnet auf einfache Weise die benötigten Größen: <http://www.lfl.bayern.de/iab/duengung/39709>.

Berechnung Biogasgärrest

Substratmenge/Jahr	Substrate	TM-Gehalt in %	oTM-Gehalt der TM in %	I _N /kg oTM	m _N ³ /t FM	Methan-Gehalt in %	N kg/t, m ³ FM	P2O5 kg/t, m ³ FM	K2O kg/t, m ³ FM	MgO kg/t, m ³ FM
200 t	Grassilage	35,0	89,2	583,8	182,3	54,3	8,8	3,0	12,6	1,3
200 t	GPS Getreide mittl. Körnerant.	40,0	94,2	515,0	194,1	52,3	6,0	2,3	5,8	0,7
1000 t	Maissilage	35,0	96,2	588,8	198,2	52,2	4,4	1,7	4,6	0,8
500 m ³	Milchviehgülle (Acker)	7,5	85,0	350,0	22,3	55,0	3,5	1,4	5,0	1,0
Neues Substrat: (wird nur übernommen, wenn alle Felder ausgefüllt wurden und die Substratmenge >0 ist)										
0 m ³	Wassereinleitung in Fermenter	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1900 Substratmenge gesamt										
Durchschnittlicher TM-Gehalt (Input Fermenter)		28,3 %								
Abbaugrad der oTM (näherungsweise)		74,0 %								
Durchschnittlicher TM-Gehalt (Output Fermenter)		10,7 %								
Durchschnittliche hydraulische Verweilzeit		0 Tage								
Fermenterraum (Nutzvolumen aller Fermenter u. Nachgärer)		0 m ³								
Raumbelastung (kg oTM/m ³ Fermenter und Tag)		0,0 kg								
Biogasertrag ändern		0 % (nur zwischen -10 und +20 veränderbar)								
Biogasertrag je Jahr ca.		284660 m ³ _N								
Durchschnittlicher Methangehalt ca.		52,6 %								
Gärrestvolumen		1525 m³								
Wassereinleitung ins Gärrestlager		0 m ³								
Gärrestvolumen inkl. Wasser		1525 m³								
Lagerdauer		180 Tage								
Bedarf Gärrestlager		752 m³								
Nährstofffracht	Gärrest									
N in kg	9110	Menge je Jahr in m ³	1525							
P2O5 in kg	3460	TM %	10,7							
K2O in kg	10780	N kg/m ³ FM	6,0							
MgO in kg	1700	P2O5 kg/m ³ FM	2,3							
		K2O kg/m ³ FM	7,1							
		MgO kg/m ³ FM	1,1							
Bei Separation		Annahme: 1t=1m ³								
Flüssige Phase TM-Gehalt %		6								
Verbleibende flüssige Phase m ³		1150								
Feste Phase TM-Gehalt %		25								
Verbleibende feste Phase t		375								
Bedarf Gärrestlager flüssige Phase m³		567								

Übersicht 2: Auszug Biogas-Gärrest Berechnungsprogramm

1.4 Straßenrecht und Verkehrs-Infrastruktur

- **Verkehrsrecht und StVZO**

Bei großvolumigen Gärresttransportfahrzeugen sind Nutzlasten, Gesamtgewichte und Fahrzeugbreiten einzuhalten. Ergänzend hierfür gilt das AID-Broschüre „Landwirtschaftliche Fahrzeuge im Straßenverkehr“ (ISBN 3-89661-896-5). Das Führerscheinrecht unterscheidet landwirtschaftliche und gewerbliche Transporte.

- **Fahrzeuggrößen**

Den größten Einfluss auf Ausbringleistung und -kosten haben die Fahrzeuginhalte und die Maschinenauslastung. Den Fahrzeuggrößen werden allgemein Grenzen gesetzt durch Schlagformen, Feldlängen, Feldentfernung, Geländeneigung, Tonnageeinschränkungen an Brücken, öffentlichen Straßen und Feldwegen. Wird in Abhängigkeit von den strukturellen Besonderheiten zu große Technik eingesetzt, so kann die geplante Leistung nicht erreicht werden.

- **Routengestaltung**

Häufig sind die anzufahrenden Flächen nur über Dörfer und größere Siedlungen an Ortsrändern zu erreichen. Von großem Einfluss bei der Routenplanung sind Ampeln, Bahnübergänge, Kreuzungen, enge Ortsstraßen und Gegenverkehr. Routen sollten so angelegt werden, dass sich die Fahrzeuge nicht begegnen, sondern in eine Richtung (Ringverkehr) fahren. Die Akzeptanz der Bevölkerung darf nicht leichtfertig verspielt werden.

- **Benimmregeln**

Die Einhaltung von positiv wirkenden Spielregeln aller beteiligten Fahrer sollte oberstes Gebot sein (siehe auch Veröffentlichung des Biogas Forum Bayern: [„Fahrerknigge“ Verhaltensweisen und Benimmregeln bei Biomassetransporten](#)). Straßenverschmutzungen sind zu vermeiden, bzw. zu beseitigen. In der Veröffentlichung des Biogas Forum Bayern [„Verkehrskonzepte Biomasse/Gülle und Gärrest aus Sicht der Bevölkerung“](#) werden alle wichtigen konflikterzeugenden/konfliktmindernden Gesichtspunkte näher bewertet und wertvolle Empfehlungen gegeben. Sowohl für den Transport von Erntegütern als auch für den Gärresttransport gelten die gleichen „Spielregeln“

- **Geländeform und Hof-Feld-Entfernung**

Feldlänge, Feldbreite und Hangneigung beeinflussen das Volumen von Ausbringfahrzeugen. Das erneute Einfahren in eine „nasse Spur“ sollte vermieden werden. Die Ausbringmenge wird dann häufig der Schlaglänge angepasst, was zu einer Abweichung der geplanten m³/ha-Gabe führt. Flächen mit extremen Steigungen oder Seitenhang sollten zur Vermeidung von Bodenstrukturen und tiefen Fahrspuren in ausreichend trockenem Zustand im Frühjahr befahren werden. Sehr gut geeignet sind hier Selbstfahrerlösungen mit Hundegang. In Frage kommen dann mehrphasige Verfahren. Den größten Einfluss auf die Gestaltung der Ausbringverfahrens hat die Hof-Feld-Entfernung. Bei nahe gelegenen Flächen (bis ca. 5 km) sind derzeit schleppergezogene Fässer mit angebauten Spezialverteiltern bis 25 m³ Inhalt möglich (einphasige Verfahren), während bei weiteren Entfernungen mehrphasige Verfahren (Entkoppelung von Feld und Straße) an Bedeutung gewinnen.

1.5 Tipps zum bodenschonenden Fahrzeugeinsatz

Bereifung

- Möglichst hohe und breite Reifen wählen, weil die Last vom vorhandenen Luftvolumen und nicht nur von der Reifenkonstruktion getragen wird. Der Reifeninnendruck moderner Schlepper- und Fahrzeugreifen sollte im Acker 0,8 bar oder weniger sein.
- Ein einheitlicher Reifendruck von z.B. 1,6 bar auf Acker und Straße verursacht Druckschäden im Acker und kann zu erhöhtem Stollenverschleiß auf der Straße führen.
- Das Risiko ertragsmindernder Verdichtungen nimmt mit wachsenden Fahrzeuggewichten zu. Bei Innendrüken unter 0,8 bar und abgetrockneten Flächen, ist das Verdichtungsrisiko sehr gering. Das Befahren sollte bei möglichst trockenem, tragfähigem Bodenzustand stattfinden.
- Reifendruckregelanlagen sollten bei hohen Fahrzeuggewichten und ständigem Wechsel zwischen Feld und Straße zum Standard werden. Sie senken den Reifenverschleiß, reduzieren den Kraftstoffverbrauch und erhöhen den Fahrkomfort bei wechselndem Einsatz zwischen Feld und Straße
- Die Spurtiefe auf feuchter und weicher Fläche halbiert sich bei Reduzierung des Reifendrucks von 1,6 auf 0,8 bar. 1 cm Spurtiefe entspricht einer Steigung (Bergauffahrt) von 1 %. 10 cm Spurtiefe entsprechen einer Steigung von 10 % (Größerer Kraftstoffverbrauch und höhere Motorbelastung).
- Durch große Aufstandsflächen und geringe Spurtiefen lässt sich Radschlupf mit pflanzenschädigender horizontaler Scherwirkung in der oberen Bodenzone deutlich reduzieren.
- Bodenschonendes Befahren in Abhängigkeit von Bodenart und –bewuchs, Verdichtungsempfindlichkeit, Abtrocknungsgrad, Regenereignissen und verfügbaren Feldarbeitstagen.

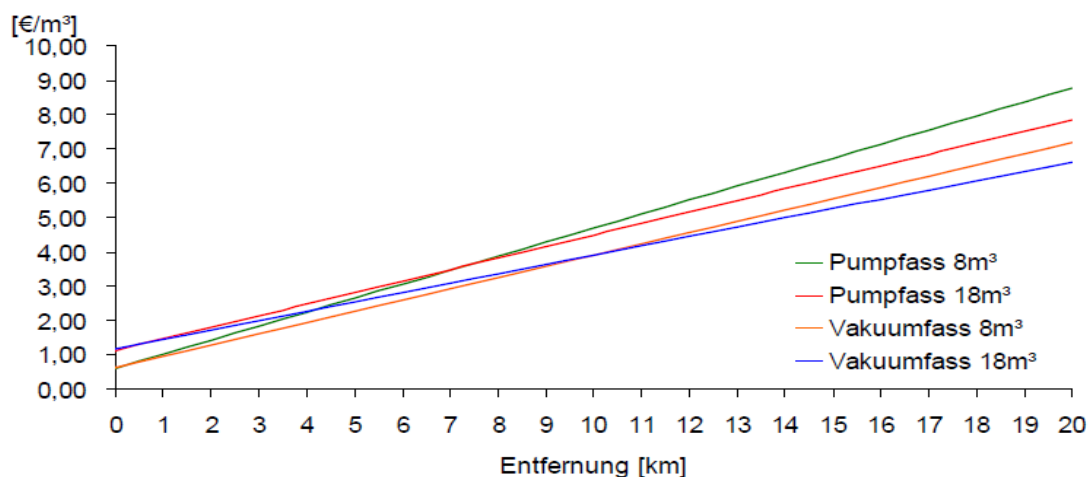
Fahrwerk

- Das Optimum stellen Selbstfahrer-Fahrwerke mit Hundeganglenkung und Allradlenkung dar. Der Hundegangbetrieb ermöglicht das nur einmalige Überfahren des Bodens oder des Bestands. Beim Wenden mit Allradlenkung können Rangiervorgänge am Vorgewende auf knapper Fläche vermieden werden.
- Einachsfahrwerke sind die kostengünstigste Fahrwerksvariante und kommen nur für Fassinhalte bis 9 m³ in Frage.
- Mehrachsige Fahrwerke kommen in gefederter Ausführung, meist mit einer aktiv gelenkten oder mit einer sperrbaren hinteren Achse zum Einsatz. Diese Tandemfahrwerke für Fassinhalte 9 bis 16 m³ passen sich gut an Boden an und haben auch ein gutes Straßenfahrverhalten.
- Tridem- oder Vierfachachsen mit sehr aufwendiger Luftfederung können bei Leerfahrt mit einer Liftachse ausgestattet werden. Es gibt bereits Konstruktionen, bei denen der Gülletank zur besseren Schlepperballastierung während der Feldfahrt horizontal verschoben werden kann. Diese Fahrzeuge sind eher für ebene Lagen, weniger für Hänge geeignet und beanspruchen große Wenderadien.

Weitere Informationen sind im DLG-Merkblatt Nr. 344 „Bodenschonender Einsatz von Landmaschinen zu finden (download: http://www.dlg.org/fileadmin/downloads/merkblaetter/dlg-merkblatt_344.pdf).

1.6 Wert und Transportwürdigkeit von flüssigen Gärresten

Durch den derzeitigen Trend zur Errichtung weiterer Biogasanlagen in Regionen mit guten Voraussetzungen für Viehhaltung und Futterbau kommt es zwangsläufig zu größeren Transportwegen zwischen den Anbauflächen (= Gülle- und Gärrestverwertungsflächen) und den Anlagenstandorten. Zu lange Transportwege können die Wirtschaftlichkeit der Biogasanlage erheblich verschlechtern.



Grafik 1: Kosten der Gärrestausbringung (Quelle: BOKU Wien)

Bei einem derzeitigen Mineraldüngerwert von ca. 10 €/m³ liegt die max. Transportwürdigkeit bei klassischer Mechanisierung (Schlepper mit Güllefass) für flüssigen Biogasgärrest bei 20 – 25 km. Beim Einsatz kostengünstigerer Fahrzeuge, z .B. Spezial-LKW, LKW-Glieder- oder Sattelzug, unter guten Straßen- und Wegebedingungen lassen sich die Transportkosten deutlich senken.

Düngerwert des Gärrestes

Substrat	Trocken- masse	Nährstoffgehalt			Gärrest- anfall	Düngerwert Gärrest	
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O		t/t _{Substrat}	€/t _{Substrat}
Rindergülle	8	4,6	1,6	5,9	0,98	9,34	9,53
Schweinegülle	5	5,1	2,5	2,4	0,97	8,74	9,01
Maissilage	33	4,3	1,8	7,3	0,72	10,26	14,25
Grassilage	35	8,6	3	12,6	0,74	18,49	24,99
GPS-Getreide	38	5,8	2,6	6,5	0,73	12,04	16,49
Getreidekörner	87	15,7	6,8	6,3	0,15	24,96	166,41

Tabelle 4: Nährstoffgehalte und Gärrestanfall ausgewählter Substrate (nach Zifo)

Nährstoff	Rein- nährstoffpreise (netto) ¹⁾	Mittelfristig pflan- zenverfügbarer Anteil
	€/kg	%
N	1,01	80
P ₂ O ₅	1,24	100
K ₂ O	0,62	100

Tabelle 5: Reinnährstoffpreise und Pflanzenverfügbarkeit

Substrat	Düngerwert (zzgl. Um- satzsteuer)	Kosten bodennaher Ausbringung	Kosten Transport	max. Transport- entfernung
	€/t _{Gärrest}	€/t _{Gärrest}	€/(km*t _{Gärrest})	km
Rindergülle	9,53	2,50	0,40	18
Schweinegülle	9,01			16
Maissilage	14,25			29
Grassilage	24,99			56
GPS-Getreide	16,49			35
Getreidekörner	166,41			410

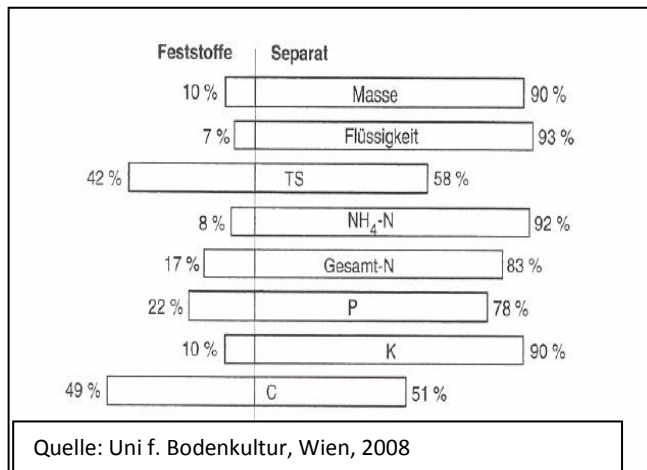
Tabelle 6: Düngerwert und Transportwürdigkeit

2. Gärrestformen

Bei einem Silomaisertrag von 50 t/ha Frischmasse bleiben nach der Vergärung etwa 43 m³ flüssiger Gärrest übrig. Durch Separation (i.d.R. Pressschneckenseparator) wird das Volumen des in flüssiger Form zu lagernden Gärrestes um 15-20% reduziert. Das Abpressen kann zur Verminderung von störender Schwimmschichtbildung im Gärrestlager oder zum Nährstoffexport genutzt werden. Der Einsatz von flüssigen Gärresten aus NaWaRo-Anlagen zur Düngung ist unproblematisch. Das dünnflüssigere und geruchsärmere Substrat hat pflanzenbauliche Vorteile. Stand der Technik sind heute verlustmindernde Ausbringgeräte, wie z. B. bodennahe Verteilsysteme, Injektionsverfahren oder Güllegrubber (siehe www.biogas-forum-bayern.de, „[Verteiltechnik zur Gärrestausringung – wirtschaftliche und umweltgerechte Lösungen](#)“).

Die Feststoffanteile sind aufgrund höherer Trockensubstanz etwas transportwürdiger und kostengünstiger zu lagern. Die Feststoffausbringtechnik entspricht den heute bekannten Stallmist- und Kompostausbringverfahren.

¹ Quelle: LfL (Stand: Mai 2011)



Übersicht 3: links: Abscheidegrad eines Pressschneckenseparators bei der Separierung von Rindergülle (nach Boxberger et al. 1992); rechts: montierter Separator an einem Gärrestbehälter

Flüssiger Anteil	Fester Anteil
Gezielte Düngewirkung	
<ul style="list-style-type: none"> • Schnell wirksamer Dünger durch hohen Anteil an leicht verfügbarem Ammonium • Verringerte Phosphatkonzentration 	<ul style="list-style-type: none"> • Idealer Langzeitdünger durch hohen Anteil an organischem Stickstoff • Höhere Phosphatkonzentration • Verbesserung der Humusbilanz
Leichtere Handhabung	
<ul style="list-style-type: none"> • Erhöhung der Endlagerkapazität um bis zu 20% • Geringere Schwimmschichtenbildung im Endlager, • weniger Rühraufwand 	<ul style="list-style-type: none"> • Einfache Lagerung (wie stapelbarer Festmist) • Zwischenlagerung im leeren Fahrsilo • Weiterverarbeitung durch Kompostierung oder Trocknung möglich
Einfachere Ausbringung	
<ul style="list-style-type: none"> • Geringeres Transportaufkommen • Bessere Verteilgenauigkeit, leichtere Bodeninfiltration • Reduzierte Stickstoffverluste und geringere Geruchsbelästigung 	<ul style="list-style-type: none"> • Problemloser Transport und einfache Verteiltechnik mit Kompoststreuern • Feine Struktur und dadurch auch für Grünland nach jedem Schnitt

Übersicht 4: Bewertung des Separationsverfahrens nach den Angaben von agriKomp

3. Anlagenperipherie

3.1 Homogenisierverfahren

Flüssige Biogasgärreste neigen wie Gülle während der Lagerung zur Schwimmdeckenbildung. Daher ist es notwendig, den Gärrest vor der Ausbringung zu homogenisieren, um eine vollständige Entleerung der Behälter zu ermöglichen und eine gleichmäßige Nährstoffverteilung im Behälter und später auf der Fläche zu erreichen.

Das Aufrühren erfolgt mit heute üblichen elektrischen Rührwerken (Großflügel-, Paddel-, Haspel- oder Propellervarianten, siehe Bilder), die herstellerabhängig in Tauchmotorversion oder mit außenliegenden Getriebemotoren ausgestattet sind. Zur Leistungserhöhung oder bei Stromausfall sind einige Rührwerksvarianten mit Schlepperzapfwellenantrieb kombinierbar. Je nach Größe der Behälter sind bis zu drei Rührwerke je Behälter eingebaut. Das Auflösen von Schwimmdecken kann bis mehrere Stunden dauern. Bei intervallbetriebenen Rührwerken in geschlossenen Lagerbehältern ist das Risiko von Schwimmdeckenbildung eher gering.

Bei der Entnahme größerer Gärrestmengen kann es durchaus sinnvoll sein, unmittelbar vor bzw. während der Entnahme verstärkt zu rühren, um im Gärrest gelöstes Biogas verstärkt auszutreiben und so einen teilweisen Volumenausgleich zu erzielen.

Die gründliche Homogenisierung sollte als Standardmaßnahme stets vor der Ausbringung bzw. vor der Entnahme einer Gülleprobe zur Nährstoffbestimmung stattfinden.

Gasdichte und ans Gaserfassungssystem angeschlossene Gärrestlagerbehälter verfügen immer über fest installierte Rührwerke verschiedenster Bauart, die in festgelegten Intervallen arbeiten und die Ausnutzung des Restgaspotentials ermöglichen.



Übersicht 5: verschiedene Rührsysteme; Quelle: Hersteller

3.2 Gestaltung des Gärrestabfüllplatzes

Die Anordnung und Größe des Abfüllplatzes wird von der Art des Verfahrens, z. B. schleppergezogene Tankwägen, Solo-LKW, LKW-Sattelaufleger oder LKW-Gliederzug bestimmt. Die Ein- und Ausfahrtradien sind so zu gestalten, dass der Beladevorgang zügig und ohne zusätzliche Rangierbewegungen erfolgen kann. Eine Fuhrwerkswaage sollte integrierbar sein.

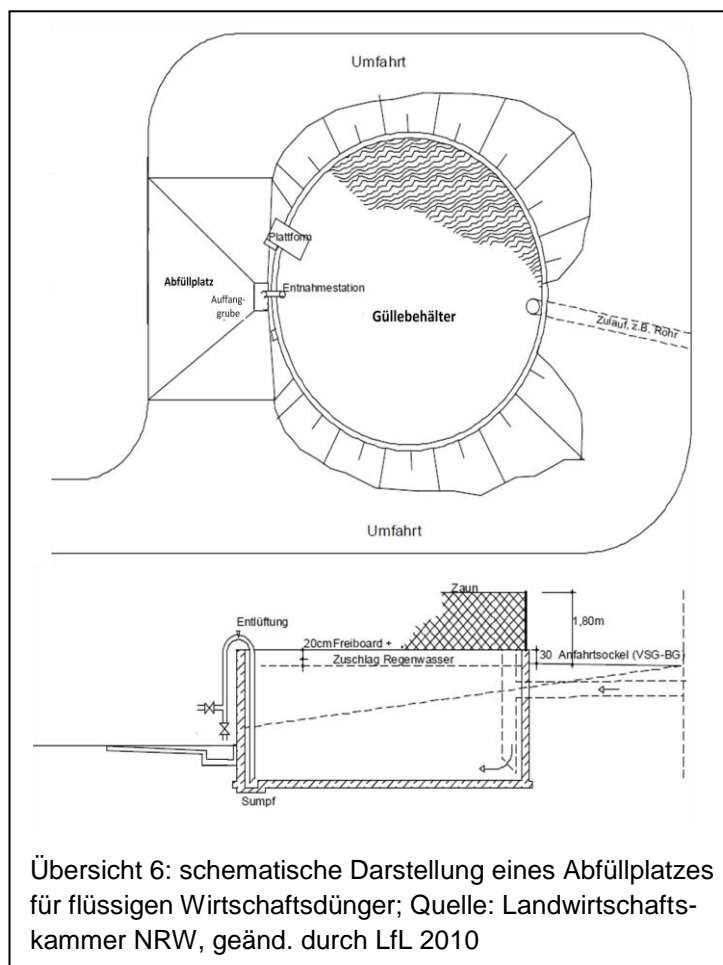
Der Abfüllplatz (Tankwagenstellfläche zuzüglich der Fläche zwischen Tankwagen und Befüllstutzen des Lagerbehälters) ist flüssigkeitsdicht und beständig zu befestigen. Die Art des Befüllsystems (stationäre Pumpe, Güllefahrzeuge mit eigener Pumpe oder schleppergezogene, mobile Pumpstation) ist bei der Planung des Abfüllplatzes zu berücksichtigen.

Schmutzwasser von diesen Flächen ist in die Vorgrube, das Gärrestlager oder in die Pumpstation der Abfülleinrichtung einzuleiten. Das Rückhaltevermögen kann durch muldenförmige Ausbildung des Abfüllplatzes mit Wasserscheiden (Betonaufrichtung) gegen Eindringen von Niederschlagswasser von angrenzenden Flächen hergestellt werden.

Sauberes Niederschlagswasser kann außerhalb des Füllbetriebs (z.B. über spezielle Schieber, bzw. Abläufe) vom Behältersystem weggeleitet werden und frei abfließen.

Die Stromversorgung der Förderpumpe sollte jederzeit schnell und sicher unterbrechbar sein, (z. B. durch einen Not-Aus-Schalter von ungefährdeter Stelle aus oder einer Totmannschaltung).

Die Befüllung und Entnahme von Gärrest soll möglichst von oben über den Behälterrand erfolgen. Bei seitlichem Behälteranschluss (Ablassstutzen) muss eine Absperrmöglichkeit innen oder außen unmittelbar an der Behälterwand vorgesehen werden. Anschlüsse im Behälterboden (Bodenablauf für Sedimente) sind mit einer Absperrmöglichkeit auszurüsten. Die Funktionsfähigkeit aller Schieber ist regelmäßig zu überprüfen. Alle mit Gülle oder Gärrest gefüllten Leitungen, die zu einem unbeabsichtigten Auslaufen des Behälterinhaltes führen können, müssen mit doppelten Schiebereinrichtungen versehen sein. Mindestens eine dieser Einrichtungen ist gegen Betätigung durch Unbefugte zu sichern. Behälter, Leitungen und Schieber müssen gegen Anfahren durch Fahrzeuge geschützt sein. Durchführungen durch die Behälterwand sollten von außen einsehbar sein. Die Gärrestabfüllplätze sind grundsätzlich sauber zu halten, um damit Ammoniakabgasung und eine Verunreinigung der Fahrwege durch Traktoren- und Fassreifen zu unterbinden.



Übersicht 6: schematische Darstellung eines Abfüllplatzes für flüssigen Wirtschaftsdünger; Quelle: Landwirtschaftskammer NRW, geänd. durch LfL 2010

Das „Biogas Forum Bayern“ ist eine Informationsplattform zum Wissenstransfer für die landwirtschaftliche Biogasproduktion in Bayern

Arbeitsgruppe II (Substratbereitstellung)

hier erarbeiten Experten Publikationen zu folgenden Themen:

- Logistik der Ernte
- Gärrestausbringung
- Konservierung und Silagequalität

Mitglieder der Arbeitsgruppe II (Substratbereitstellung)

- **Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Pfaffenhofen, Bayreuth und Nördlingen**
- **Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e.V.**
- **Aufwind Neue Energien GmbH**
- **BAG Budissa Agroservice GmbH**
- **Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten**
- **Bayerisches Landesamt für Umwelt**
- **Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft**
 - Institut für Landtechnik und Tierhaltung
 - Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft
 - Institut für Ländliche Strukturentwicklung, Betriebswirtschaft und Agrarinformatik
- **Biogasanlagenbetreiber**
- **EBA-Zentrum Triesdorf**
- **Fachverband Biogas e.V.**
- **Firma Claas**
- **Fliegl Agrartechnik GmbH**
- **Hochschule Weihenstephan-Triesdorf**
- **Kuratorium Bayerischer Maschinen- und Betriebshilfsringe e.V.**
- **KWS Saat AG**
- **Landeskuratorium für pflanzliche Erzeugung**
- **Landwirtschaftliche Lehranstalten des Bezirkes Oberfranken**
- **Regens Wagner Stiftung**



Herausgeber:

Arbeitsgemeinschaft Landtechnik
und landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e.V.
Vöttinger Straße 36
85354 Freising
Telefon: 08161/71-3460
Telefax: 08161/71-5307
Internet: <http://www.biogas-forum-bayern.de>
E-Mail: info@biogas-forum-bayern.de