

Kupplungsflansche der z. T. flexiblen, lösbaren Übergabeleitung zusammenspannt.

Das hydraulische Zusammenspannen dieser Kupplungsflansche erfolgt durch direkte Druckspeicherung im Arbeitszylinder der Kupplungsvorrichtung. Dadurch entfällt ein zusätzlicher Druckspeicher, was das wichtigste Merkmal dieser Kupplungsvorrichtung ist. Das einstellbare Volumen des gespeicherten Drucköls ermöglicht die weitgehende Aufrechterhaltung des für den Spannvorgang erforderlichen Öldrucks unter der Annahme, daß kleine Leckölröme auftreten. Bei den meisten hydraulischen Kupplungs- und Spannvorrichtungen

werden deren Arbeitszylinder zum Spannen fortwährend mit dem maximalen Pumpendruck beaufschlagt, wobei der gesamte Pumpenförderstrom über ein als Überströmventil arbeitendes Druckbegrenzungsventil zum Ölbehälter zurückfließt. Die gesamte Pumpenleistung wird dabei in Verlustleistung (Wärme) umgewandelt. Bei der beschriebenen hydraulischen Kupplungsvorrichtung mit Druckspeicherung im Arbeitszylinder wird nur zum Kuppeln und Entkuppeln ein Druckflüssigkeitsstrom benötigt. Die Anwendung dieses Prinzips, das einen großen Gesamtwirkungsgrad hat, gewährleistet gegenüber den meisten

der bisher angewendeten Lösungsvarianten eine Energieeinsparung von mindestens 90 %.

#### Literatur

- [1] Simon, W.; Lindner, H.: Umweltfreundliche Gülleverwertung durch direktes Einarbeiten im Parallelverfahren. Archiv Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde, Berlin 23 (1979) H. 1, S. 49—56.
- [2] Reichel, G.; Simon, W.: Automatische Fang- und Kupplungsvorrichtung für flexible Rohrleitungen. agrartechnik 29 (1979) H. 1, S. 32—34.
- [3] Findeisen, F.; Findeisen, D.: Ölhdraulik in Theorie und Anwendung. Zürich: Schweizer Verlagshaus AG 1968. A 3208

## Zu einigen technologisch-ökonomischen Fragen bei der Schaffung von Güllelagerkapazität als Feldspeicher

Dozent Dr. sc. agr. P. Wissing, Martin-Luther-Universität Halle—Wittenberg, Sektion Pflanzenproduktion

### 1. Einleitung

In den sozialistischen Landwirtschaftsbetrieben, Kreisen und Bezirken der DDR werden auf der Grundlage der vom Minister für Land-, Forst- und Nahrungsgüterwirtschaft bestätigten Konzeption[1] die Vorbereitungen für die Erweiterung des Güllelagerraumes getroffen. Dabei stehen jene Tierproduktionsanlagen und Verwertungsgebiete im Vordergrund, die bei normativgerechtem Gülleanfall nur über eine geringe Lagerkapazität verfügen und/oder bei denen durch hohe Anforderungen des Umweltschutzes, der Hygiene, der Wasserwirtschaft oder ähnlicher Faktoren eine unverzügliche Erweiterung der Lagerkapazität notwendig wird.

Ziel dieser Maßnahme ist die bessere Nutzung der in der Gülle enthaltenen Nährstoffe und organischen Substanz sowie die Ausschaltung von Gülleschadwirkungen. Sie dient damit konsequent der Erfüllung der für die 80er Jahre gestellten Aufgabe, den erforderlichen Leistungsanstieg bei gleichbleibendem bzw. nur geringfügig wachsendem Volumen an Energieträgern, Rohstoffen und Materialien zu sichern[2]. Wenn es in der DDR gelingt, den

überwiegenden Anteil des Gülleaufkommens ackerbaulich effektiv, also termin- und qualitätsgerecht einzusetzen, dann sind Substitutionen an Mineralnährstoffen in Höhe von 70 Mill. bis 80 Mill. M möglich. Die Pflanzenproduktionsbetriebe mit Gülleeinsatz können bei verbesserter Gülleverwertung den Mineraleinsatz absolut senken. Effektivitätssteigerungen in der Pflanzen- und Tierproduktion werden dadurch möglich.

Nur mit der Schaffung zusätzlicher Lagerkapazität ist die Lösung des Gülleproblems jedoch nicht möglich. Die exakt bemessene Lagerkapazität ist zwar mit entscheidend für die Gülleverwertung, wird aber nur im Zusammenhang mit den pflanzenbaulichen Verwertungsmöglichkeiten und einer entsprechend abgestimmten Ausbringe- und Lagerkapazität voll wirksam. Der Ermittlung der erforderlichen Lagerkapazität und der Investitionsvorbereitung sind deshalb grundsätzlich Untersuchungen über die betriebswirtschaftlich effektivste Gülleeinordnung in das gesamte Verwertungsgebiet voranzustellen. Sie ermöglichen die Festlegung komplexer acker- und pflanzenbaulicher, technologischer sowie betriebswirtschaftlicher Maßnahmen und die Auswahl der

für die spezifischen Verwertungsbedingungen effektivsten Variante.

### 2. Einschätzung der verfügbaren Lager- und Ausbringe- und Lagerkapazität

Die Einschätzung der Lager- und Ausbringe- und Lagerkapazität erfordert eine komplexe Analyse besonders folgender Einflußfaktoren:

- tägliches Gülleaufkommen
- territoriale Verteilung der Tierproduktionsanlagen
- Transportentfernungen und Wegeverhältnisse
- acker- und pflanzenbauliche Verwertungsmöglichkeiten (zeitliche Verteilung und Umfang des Gülleeinsatzes)
- technologisch und organisatorisch bedingte Güllemenge, die je Zeitspanne ausgebracht werden kann.

Hierbei erweist es sich als zweckmäßig, zunächst das Gülleaufkommen den acker- und pflanzenbaulichen Verwertungsmöglichkeiten gegenüberzustellen. Dieses Vorgehen schließt Maßnahmen der besseren Fruchtfolgegestaltung, vor allem zur Erweiterung der Gülleverwertung in den kritischen Zeitspannen, ein und zeigt sehr deutlich bestehende Diskrepanzen zur vorhandenen Lagerkapazität. Tafel 1 widerspiegelt ein solches Modell. Infolge der auf 19 000 m<sup>3</sup> begrenzten Lagerkapazität müssen rd. 25 000 m<sup>3</sup> Gülle in den Monaten Dezember bis April acker- und pflanzenbaulich ineffektiv eingesetzt werden. Die ökonomischen Auswirkungen sind erheblich. Bei einem durchschnittlichen N-P-K-Gehalt der Gülle von 0,26, 0,06 bzw. 0,28 % bleiben 65 000 kg Brutto-N sowie 2 500 kg P und 12 000 kg K ungenutzt. Unter Berücksichtigung der Wirksamkeit der Gullenährstoffe (Mineraleinheitsäquivalent MDÄ = 0,4, 1,0 bzw. 0,8) sind die Verluste von 40 100 M.

Das tägliche Gülleaufkommen beträgt im ausgewählten Beispiel 570 m<sup>3</sup>. Demzufolge reicht die vorhandene Lagerkapazität für 33 Tage. Tatsächlich sind jedoch unter den spezifischen Verwertungsbedingungen des Modells Lagerbehälter für 44 000 m<sup>3</sup> (77 Tage) erforderlich (vgl. dazu auch Standard TGL 24198/01). Hinzu kommt, daß die z. Z. verfügbare Transport-

	Zeitraum							Summe
	Dez.— März	April	Mai	Juni	Juli— Sept.	Okt.— Nov.		
Gülleaufkommen ackerbaulich mögliche Verwertung	72 130	17 880	16 320	15 780	48 420	36 360	206 890	
Anforderungen an die Lagerkapazität	33 250	12 750	21 250	14 000	61 200	80 700	223 150	
Güllebe-seitigung <sup>1)</sup>	38 880	44 010	39 080	40 860	28 080	—	44 010	
	19 880	5 130	—	—	—	—	25 010	

Tafel 1  
Acker- und pflanzenbauliche sowie technologische Verwertungsmöglichkeiten von Gülle in ausgewählten Landwirtschaftsbetrieben eines Territoriums (Angaben in m<sup>3</sup>)

1) bei z. Z. 19 000 m<sup>3</sup> Lagerkapazität

kapazität häufig auf die zu geringe Lagerkapazität abgestimmt ist. Fehlende Lagerkapazität zwingt jedoch zur Ausdehnung der Gülleinsatzzeitspannen mit z.T. erheblicher Überschreitung der optimalen Ausbringetermine. Dadurch ist der Fahrzeugbedarf geringer als bei optimaler Lagerhaltung. Dieser Zustand ist z. Z. für viele Betriebe charakteristisch und führt neben der geringen Leistungsfähigkeit bei der Gülleausbringung häufig zu einer unwirtschaftlichen Gülleverwertung. Die optimale Gestaltung der Lagerkapazität ist deshalb nur im Zusammenhang mit einer den acker- und pflanzenbaulichen sowie technologischen Bedingungen angepaßten Ausbringekapazität sinnvoll.

### 3. Schaffung optimaler Lagerkapazität

Entsprechend Tafel 1 fehlt in dem gewählten Beispiel eine Lagerkapazität von 25 000 m<sup>3</sup>, die in enger Zusammenarbeit aller Partner der Tier- und Pflanzenproduktionsbetriebe in den nächsten Jahren schrittweise geschaffen werden muß. Dabei sollte von zwei Überlegungen ausgegangen werden:

- Erweiterung bzw. Neubau der Güllespeicher an den Tierproduktionsanlagen oder
- Bau der fehlenden Lagerkapazität als Feldspeicher.

Der Feldspeicherbau ist besonders dann in die Überlegungen einzubeziehen, wenn die territoriale Lage der Tierproduktionsanlagen zu den Hauptverwertungsgebieten ungünstig ist, wenn z. B. hohe Transportentfernungen die Leistungsfähigkeit der Gülletankfahrzeuge erheblich einschränken.

Der Hauptvorteil von Feldspeichern besteht darin, Gülle in den Nichtanwendungszeitspannen auf festen Fahrbahnen zum Speicher zu transportieren, zwischenzulagern und zum optimalen Termin bei verminderter Transportentfernung in kurzer Zeitspanne auszubringen.

Für die Beispielsbetriebe bedeutet das konkret, daß die in den Monaten Dezember bis April bisher nicht verwertbare Gülle nach Fertigstellung der erforderlichen Lagerkapazität effektiv in der Pflanzenproduktion genutzt werden kann. Der zweite entscheidende Vorteil besteht in der täglichen Entsorgung der Tierproduktionsanlagen ohne Lagerkapazität, auch dann, wenn die Befahrbarkeit der Felder nicht gegeben ist. Ferner erhöht sich die Leistung beim

Tafel 2. Anforderungen an die mobile Ausbringekapazität ohne Güllelagerräumerverweiterung

		Zeitraum						Summe
		Dez.— März	April	Mai	Juni	Juli— Sept.	Okt.— Nov.	
Gülleaufkommen ackerbaulich mögliche Verwertung erforderliche Verwertung bei 19 000 m <sup>3</sup> Lagerraum	m <sup>3</sup>	72 130	17 880	16 320	15 780	48 420	36 360	206 890
Güllelagerbestand	m <sup>3</sup>	33 250	12 750	21 250	14 000	61 200	80 700	223 150
verfügbare Tage zur Gülleausbringung	d	40	17	19	18	54	38	186
erforderliche Leistung je Tag	m <sup>3</sup> /d	1 328	1 051	1 118		1 042 <sup>2)</sup>		
erforderliche Anzahl ZT 300/HTS 100.27 bei 1,5 Schichten/d bzw. 13 h/d		16	12	13		12 <sup>2)</sup>		

- 1) infolge freier Lagerkapazität sind Verschiebungen möglich  
2) für den Zeitraum von Juni bis November

Gülletransport zum Feldspeicher durch die ausschließliche Benutzung befestigter Straßen. Der verfügbare Zeitfonds zur Gülleausfuhr verdoppelt sich durch die Möglichkeit der täglichen Feldspeicherbefüllung in den Monaten Dezember bis April. Regentage werden zur Auffüllung des Feldspeichers genutzt und gehen nicht wie bisher für den Gülletransport verloren. Dadurch erhöht sich die verfügbare Ausbringekapazität entscheidend, und die bisherigen kritischen Zeitspannen verlieren ihren bedarfsbestimmenden Charakter. Es darf daraus aber keineswegs eine Reduzierung der Fahrzeugkapazität abgeleitet werden. Mit einer Vergrößerung der Lagerkapazität verschiebt sich die Gülleausbringung in acker- und pflanzenbaulich sowie technologisch günstigere Zeitspannen (Befahrbarkeit). In diesen sind dann größere Mengen Gülle je Zeiteinheit zu verwerten, und dabei bewährt sich der gebrochene Gülletransport durch Einschaltung eines Feldspeichers infolge der verminderten Transportentfernung bei der Ausbringung der Gülle auf das Feld.

### 4. Ökonomische Begründung des Feldspeicherbaus

Die Schaffung eines Feldspeichersystems erfordert eine klare Untergliederung der Gülleverwertungsgebiete sowie eine technologisch und ökonomisch begründete Standortbestimmung. Dabei ist von folgenden Zielkriterien auszugehen:

- Feldspeicherbau möglichst im Zentrum des größten geschlossenen Gülleverwertungsgebiets
- Energieanschluß zur Sicherung der Speicherbewirtschaftung (Homogenisierung, Gülleentnahme)
- günstige Lage am befestigten Wirtschaftswegenetz.

Ferner bestimmen eventuell Gesichtspunkte eines geplanten Güllepipelinenbaus und die Nutzung vorhandener Beregnungsanlagen zur Gülleverregung die Standortwahl und Kapazität. Da jedoch der Bau von Feldspeicherkapazität vor allem in Verbindung mit mobiler Befüllung und Ausbringung von all-

Tafel 3. Nachweis der ökonomischen Effektivität der Güllefeldspeichereinordnung

Variante	erforderliche Gülle-Tankfahrverwertung zeuge 1 000 m <sup>3</sup>	Anzahl der Tankfahrzeuge	Investitionsmittelbedarf für Lagerung [4]		Ausbringung	Jahresleistung je HTS 100.27	mittlere Leistung	Arbeitszeitbedarf	Verfahrenskosten für Ausbringung		Ausbringung und Lagerung			
			1000 M	M/t					1000 M	M/t	1000 M	M/t		
Basisvariante (19 000 m <sup>3</sup> Speicher-raum)	206,9	16	1045	5,05	384	1,85	1 959	6,6	31 242	0,15	821	3,97	1 100	5,32
Feldspeichersystem (19 000 m <sup>3</sup> Speicher-raum an den Tierproduktionsanlagen plus 25 000 m <sup>3</sup> Feldspeicher)	206,9	14	2 420	11,70	336	1,62	2 306	6,9	31 294 <sup>1)</sup>	0,15	790 <sup>1)</sup>	3,82	1 193 <sup>1)</sup>	5,77

1) unter Berücksichtigung des zweimaligen Befüllens und der erweiterten Lagerkapazität

gemeinem Interesse ist, konzentrieren sich die folgenden Ausführungen besonders auf diese Variante.

Bei den ökonomischen Untersuchungen wird davon ausgegangen, daß in Abhängigkeit vom Gülleaufkommen der einzelnen Tierproduktionsanlagen z. Z. (also ohne Güllefeldspeicher) im Verwertungsgebiet I 159 100 m<sup>3</sup> Gülle mit einer durchschnittlichen Transportentfernung von 9 km und im Verwertungsgebiet II 47 800 m<sup>3</sup> mit einer Transportentfernung von 5 km auszubringen sind. Mit der Einordnung des Güllefeldspeichers in das Verwertungsgebiet I ändern sich die Transportbedingungen wie folgt: mittlere Entfernung Stall — Feldspeicher 4 km und Feldspeicher — Schlag 5 km.

Tafel 2 enthält Informationen zum Bedarf an mobiler AusbringeKapazität ohne Güllelager-raumerweiterung. Dabei erweist sich der Zeitraum von Dezember bis März infolge der ungünstigen Verwertungsbedingungen (geringe Anzahl verfügbarer Tage, schlechte Befahrbarkeit der Felder u.a.) als bedarfsbestimmend. Um die Leistungsanforderungen zu erfüllen, sind 16 Traktoren ZT 300 mit Gülletankanhänger HTS 100.27 erforderlich. Wird das Feldspeichersystem mit einer Lagerkapazität von 25 000 m<sup>3</sup> wirksam, dann kann die in den kritischen Zeitspannen nicht effektiv verwertbare Gülle dort zwischengelagert und in Zeitspannen mit besseren Verwertungsmöglichkeiten ausgebracht werden. Im gewählten Beispiel ist das von Juni bis November möglich. Damit steigen die Leistungsanforderungen in dieser Zeit von 1 042 auf 1 269 m<sup>3</sup>/d an, was mit einer Kapazitätserhöhung von 12 auf 14 ZT 300/HTS 100.27 verbunden ist. Der zusätzliche

Bedarf von HTS 100.27 ist vergleichsweise gering, weil jetzt die Transportvorleistung in den Wintermonaten wirksam wird. Die 25 000 m<sup>3</sup> Gülle im Feldspeicher sind nur noch durchschnittlich 5 km zu transportieren, während die Entfernung Stall — Schlag 9 km beträgt.

Andererseits ist es jetzt möglich, von Dezember bis April die gesamten Arbeitstage für die Gülleabfuhr zum Feld bzw. Feldspeicher zu nutzen. Dadurch vermindern sich die Anforderungen an die Leistung von 1 328 auf 700 m<sup>3</sup>/d und die Kapazitätsansprüche in dieser Zeit von 16 auf 9 HTS 100.27. Gleichzeitig wird die Transportentfernung für mindestens 25 000 m<sup>3</sup> Gülle von 9 auf 5 km reduziert, und die Transportleistung erhöht sich von 6 auf 8,5 m<sup>3</sup>/h (T<sub>08</sub>). Dieser Effekt ist aber nur zeitspannenspezifisch, er ermöglicht die bessere betriebswirtschaftliche und technologische Beherrschung der Gülle, ist jedoch nicht in jedem Fall mit tatsächlichen Einsparungen von Arbeitskräften und Fahrzeugkapazität verbunden. Ursache ist die auch beim gebrochenen Gülletransport durch Einordnung von Güllefeldspeichern unveränderte Gesamttransportentfernung Stall — Feld.

In Tafel 3 sind die ökonomischen Auswirkungen der Güllefeldspeichereinordnung in das gewählte Modellbeispiel dargestellt. Hier ist die Erhöhung der Kapazitätsansprüche im Zeitraum von Juni bis November durch die Veränderung des Zeitregimes der Gülleausbringung kleiner als der Mehrbedarf an Gülletankanhängern HTS 100.27 in der kritischen Zeitspanne vor dem Feldspeicherbau. Insgesamt gelingt es dadurch, 2 HTS 100.27 einzusparen und die Ausnutzung je ZT 300/

HTS 100.27 von 1959 auf 2 306 h/a zu verbessern. Das ist mit einer absoluten Verminderung des Investitionsmittelbedarfs und der Verfahrenskosten für die mobile Ausbringung um 48 000 bzw. 31 000 M verbunden. Infolge der Erweiterung der Lagerkapazität übersteigen jedoch die Gesamtkosten die der Vergleichsvariante um 93 000 M. Wichtig ist, daß der Arbeitszeitbedarf praktisch unverändert bleibt. Demzufolge gleichen die durch den gebrochenen Gülletransport erzielten Einsparungen durch Leistungserhöhungen die Mehraufwendungen, bedingt durch das Bewirtschaften der Zusatzspeicher, annähernd aus. Haupteffekte sind jedoch die durch die Schaffung der Feldlagerkapazität erzielte Verbesserung der Güllerverwertung sowie der effektivere Einsatz der in der Gülle enthaltenen Nährstoffe und organischen Substanz. Das gegenwärtige Verwertungs-niveau von 55 bis 60% [3] rechtfertigt in jedem Fall die vorgeschlagenen Investitionen.

## Literatur

- [1] Konzeption für die Erweiterung des Güllelager-raumes ab 1981. Ministerium für Land-, Forst- und Nahrungsgüterwirtschaft, Berlin, Dezember 1980.
- [2] Mittag, G.: Aus dem Bericht des Politbüros an die 13. Tagung des ZK der SED. Neues Deutschland vom 12. Dezember 1980.
- [3] Wissing, P.: Produktionsorganisatorische und technologische Maßnahmen zur Erhöhung der Effektivität der organischen Düngung. Kooperation 15 (1981) H. 1, S. 12—15.
- [4] Zimmermann, K.-H.: Ökonomische Richtwerte für die Güllewirtschaft unter den Bedingungen der industriemäßigen Tier- und Pflanzenproduktion. AdL der DDR, Dissertation 1976.

A 3076

# Berechnung der Druckverluste beim Fördern von Rinder- und Schweinegülle in Gülledruckrohrleitungen

Dr. sc. techn. G. Hörnig, KDT, Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

## Verwendete Formelzeichen

A	—	modifizierte Hedströmzahl
d	m	Rohrdurchmesser
g	m/s <sup>2</sup>	Erdbeschleunigung
h <sub>geod.</sub>	m	geodätische Förderhöhe
k	Pa · s <sup>n</sup>	Konsistenzfaktor
l	m	Rohrlänge
n	—	Fließindex
p	Pa	Förderdruck
Δp	Pa	Druckverlust
r	—	Korrelationskoeffizient
Re	—	Reynoldszahl
Re <sub>n</sub>	—	verallgemeinerte Reynoldszahl
Re <sub>n,kr</sub>	—	kritische verallgemeinerte Reynoldszahl
TS	%	Trockensubstanzgehalt
v	m/s	Fließgeschwindigkeit
v <sub>min</sub>	m/s	Mindestfließgeschwindigkeit
V	m <sup>3</sup> /h, m <sup>3</sup> /s	Volumenstrom
γ	1/s	Schergradient
η <sub>s</sub>	Pa · s	dynamische Scheinviskosität
λ	—	Widerstandszahl (Rohrreibungszahl)
ρ	kg/m <sup>3</sup>	Dichte
τ <sub>0</sub>	Pa	Fließgrenze
τ	Pa	Scherspannung

## 1. Problemstellung

Zum Transport der Gülle innerhalb der Stall- und Güllelagerkomplexe verwendet man ausschließlich Pumpen- und Rohrleitungssysteme, während der Transport zur Verwertung auf den landwirtschaftlichen Nutzflächen über Rohrleitungen oder Fahrzeuge realisiert wird. Das Fördern der Gülle mit Pumpen in Druckrohren erfordert die Kenntnis der zutreffenden hydro-mechanischen Gesetzmäßigkeiten in Abhängigkeit von natürlichen und technischen Parametern. Gesucht ist der Wert der Wirkpaarungskenngröße „Druckverlust Δp“, die mit Stoffkenngrößen, Betriebs- und Konstruktionsparametern in funktionellem Zusammenhang steht.

Das besondere Verformungsverhalten der Gülle durch unterschiedliche Belastung während des Förderns spielt dabei eine wesentliche Rolle. Diesem Sachverhalt trägt das im Jahr 1971 veröffentlichte Bemessungsverfahren Rechnung, das als Druckverlusttabelle [1, 2] in den Standard TGL 6466/03 [3] eingegangen ist. Für die weitere Anwendung spricht der aus-

reichende Grad der Übereinstimmung der berechneten Werte mit den in der Praxis auftretenden Druckverlusten [4].

Die Druckverlusttabelle ist entsprechend ihrer Auflage nur in begrenztem Umfang in den Projektierungseinrichtungen der DDR verfügbar. Häufige Anfragen von Projektanten zum Inhalt und zur Anwendung des Tabellenwerks sind Veranlassung, das zugrunde liegende mathematische Modell zur Berechnung von Δp, den Vorrat der Fließkennwerte und Hinweise zur Anwendung der kritischen Reynoldszahl Re<sub>n,kr</sub> näher zu erläutern. Auswirkungen der Anwendung der SI-Einheiten werden dabei berücksichtigt. Der Projektant von Gülledruckrohrleitungen soll damit in die Lage versetzt werden, die Druckverluste selbst zu berechnen.

## 2. Berechnung der Druckverluste

Für bestimmte TS-Bereiche der Gülle sind verschiedene Fließfunktionen relevant. Gülle mit einem Trockensubstanzgehalt ab TS ≈ 3% zeigt pseudoplastisches Fließverhalten [5, 6, 7]. Die Fließkurve wird im praktischen Förderbe-