

Verregnung von Gülle-Wasser-Gemischen durch Einspeisung der Gülle in eine Wasserdruckleitung

Dr.-Ing. H. Holjewilken, KDT*

Die Ausbringung von Gülle auf landwirtschaftliche Nutzflächen zur Ausnutzung der in der Gülle enthaltenen Inhaltsstoffe als Pflanzennährstoff ist zur Zeit aus ökonomischer und wasserwirtschaftlicher Sicht das günstigste Verfahren zur Lösung des Gülleproblems. Solange in erreichbarer Nähe ausreichend für Gülle aufnahmefähige Nutzflächen zur Verfügung stehen, wird man dieses Verfahren anwenden. Sind die für die Begüllung in Aussicht genommenen Nutzflächen und Kulturen außerdem bewässerungsbedürftig bzw. bewässerungswürdig, so kann man die Gülle vorteilhaft mit Hilfe der Beregnungsanlage ausbringen, indem man Rohgülle nach entsprechender Homogenisierung /1/ direkt oder gemischt mit Beregnungswasser verregnet.

Bei der Gülleverregnung kommt es darauf an, durch Steuerung des Beregnungsbetriebs und Erfassung bestimmter Meßwerte stets über die auf eine bestimmte Fläche ausgebrachte Güllemenge und damit über die Nährstoffmenge informiert zu sein, um die Nährstoffbilanz in der Kombination mit der mineralischen Düngung beeinflussen zu können. Man unterscheidet aus technischer Sicht drei grundsätzliche Verfahren der Verregnung von Gülle-Wassergemischen, die sich im wesentlichen in der Art der Gemischbildung unterscheiden /2/. Bild 1 zeigt die Varianten:

- saugseitige Mischung mit Mischbehälter
- Mischung im Reihenbetrieb mit Zusammenführung von Wasser- und Güllestrom auf der Saugseite einer Gemischpumpstation

* Institut für Düngungsforschung, Leipzig-Potsdam, Bereich Potsdam (Bereichsdirektor: Prof. Dr. habil. Koriath)

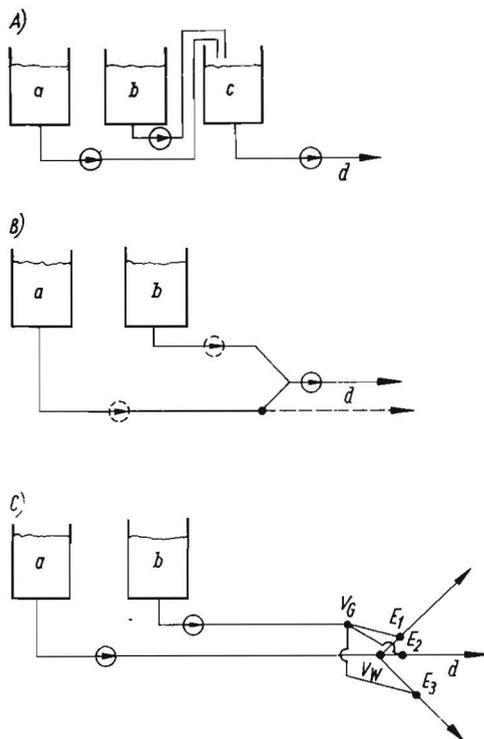


Bild 1. Verfahren der Mischung von Gülle und Wasser zur Verregnung:
 A) saugseitige Mischung
 B) Mischung im Reihenbetrieb
 C) Mischung im Parallelbetrieb (druckseitige Mischung);
 a Wasser, b Gülle, c Gülle-Wasser-Gemisch, d zur Verregnung

- Mischung im Parallelbetrieb mit Zusammenführung von Wasser- und Güllestrom auf den Druckseiten getrennter Wasser- und Güllepumpstationen, das entspricht der Einspeisung eines Stroms in die Druckleitung des anderen Stroms.

Alle Verfahren haben ihre spezifischen Vor- und Nachteile, und man kann eine Entscheidung für eines der Verfahren nur nach komplexer Betrachtung aller lokalen Verhältnisse treffen. Nachfolgend soll auf das zuletzt genannte Verfahren, die Verregnung von Gülle-Wassergemischen mit Einspeisung des Güllestroms in eine Wasserdruckleitung, näher eingegangen werden, ohne hierdurch diesem Verfahren eine größere Bedeutung als den anderen zuzumessen.

Theoretische Betrachtungen zur Mischung im Parallelbetrieb

Die Funktionsweise der Einspeisung eines Güllestroms in eine Wasserdruckleitung mit automatischer Regelung des Güllestroms ist schematisch im Bild 2 oben dargestellt. In diesem Beispiel wird davon ausgegangen, daß der Güllestrom über die Veränderung der Drehzahl der Güllepumpe, die in diesem Fall zweckmäßigerweise eine Verdrängerpumpe — Schraubpumpe — ist, geregelt wird. Durch Leitung 3 wird von der Wasserpumpe der Wasserstrom \dot{V}_W geliefert. Dieser Wasserstrom teilt sich in den Strom \dot{V}_1 , der über Leitung 1 zur Klarwasserberegnung genutzt wird, und in den Strom \dot{V}_4 auf. In die Leitung 4 wird über die Leitung 5 mit Hilfe der regelbaren Pumpe ein veränderlicher Güllestrom \dot{V}_G eingespeist, so daß in Leitung 2 ein Gemischstrom \dot{V}_2 aus der Summe der Ströme $\dot{V}_4 + \dot{V}_G$ abfließt. In Leitung 4 ist eine Rückschlagklappe eingebaut. Das Mischungsverhältnis zwischen Gülle und Wasser $\beta = \frac{\dot{V}_G}{\dot{V}_4}$ soll nach Möglichkeit

unabhängig von der Schwankung der Gemischabnahme in Leitung 2 oder der Wasserabnahme in Leitung 1 konstant bleiben. Deshalb soll durch Regelung des Güllestromes \dot{V}_G dieser dem Teilwasserstrom \dot{V}_4 jeweils angepaßt werden. Zu diesem Zweck wird die Pumpendrehzahl der Güllepumpe über einen automatischen Regelkreis kontinuierlich verändert. (Eine kontinuierliche Drehzahländerung läßt sich beispielsweise über ein stufenlos verstellbares mechanisches Getriebe oder über eine Thyristorsteuerung des Antriebsmotors erreichen.) Der Regelkreis besteht aus den in Leitung 5 und 2 eingebauten Meßgliedern DM — z. B. induktiven Durchflußmengenmessern — mit den zugehörigen Meßwertverstärkern MV, der Regeleinrichtung RE und dem Stellglied, das in diesem Fall durch die Regelpumpe gebildet wird. Die der jeweiligen Durchflußmenge proportionalen Signale der Meßglieder werden verstärkt an die Regeleinrichtung gegeben und dort verglichen. Weicht das Verhältnis der Durchflußmengen mehr als es den Schaltgrenzen entspricht vom vorgewählten Wert ab, so wird ein entsprechender Stellbefehl an das Stellglied weitergegeben und der Strom \dot{V}_G solange vergrößert oder verringert, bis das gewünschte Mischungsverhältnis wieder erreicht ist.

Da die Drehzahlregelung der Pumpe nur in bestimmten Grenzen möglich ist, kann die automatische Regelung auch nur in einem begrenzten Bereich funktionieren. Es ist für die Projektierung neuer Anlagen oder die Nachrüstung alter Anlagen wichtig, diese objektiven Grenzen der Regelmöglichkeiten größenordnungsmäßig zu ermitteln, um sie zu kennen und um sie, falls sie nicht den Erfordernissen entsprechen, durch geeignete Maßnahmen zu verändern, d. h. die Größe

Tafel 1. Mengenummischungsverhältnis $\beta = \frac{\text{Güllestrom}}{\text{Wasserstrom}} = \frac{\dot{V}_{G1j}}{\dot{V}_{W1j} - \dot{V}_{41j}} = \frac{\dot{V}_{G1j}}{\dot{V}_{21j} \dot{V}_{G1j}} = \frac{\dot{V}_{G1j}}{\dot{V}_{41j}}$
 und Anteil der Gülle am Gemischstrom
 $\alpha = \frac{\dot{V}_{G1j} \cdot 100}{\dot{V}_{21j}}$ bei verschiedenen Drehzahlstufen j der Güllerpumpe und bei verschiedenen Netzbelastungen i

ij	\dot{V}_{G1j} m ³ /h	\dot{V}_{W1j} m ³ /h	\dot{V}_{41j} m ³ /h	\dot{V}_{21j} m ³ /h	\dot{V}_{31j} m ³ /h	\dot{V}_{41j} m ³ /h	β_{1j} $\frac{\dot{V}_{G1j}}{\dot{V}_{41j}}$	β_{1j} 1 : $\frac{\dot{V}_{41j}}{\dot{V}_{G1j}}$	α_{1j} $\frac{\dot{V}_{G1j} \cdot 100}{\dot{V}_{21j}}$ %
00	300	880	730	450	1180	150	2,00	1 : 0,50	66,6
01	245	885	705	425	1130	180	1,36	1 : 0,74	57,7
02	190	900	680	410	1090	220	0,87	1 : 1,16	46,4
03	145	905	660	390	1050	245	0,59	1 : 1,70	37,2
04	110	920	650	380	1030	270	0,41	1 : 2,45	29,0
10	290	840	810	320	1130	30	9,67	1 : 0,10	90,6
11	240	850	780	310	1090	70	3,45	1 : 0,29	77,4
12	190	860	760	290	1050	100	1,90	1 : 0,53	65,5
13	145	870	740	275	1015	130	1,12	1 : 0,90	52,8
14	100	885	720	265	985	165	0,61	1 : 1,65	37,8
20	290	790	495	585	1080	295	0,98	1 : 1,02	49,5
21	235	805	470	570	1040	335	0,70	1 : 1,43	41,2
22	185	820	450	550	1005	365	0,51	1 : 1,97	33,7
23	140	830	440	530	970	390	0,36	1 : 2,79	26,4
24	95	840	425	510	935	415	0,23	1 : 1,36	18,6
30	295	840	725	410	1135	115	2,57	1 : 0,39	72,0
31	240	850	705	385	1090	145	1,65	1 : 0,60	62,4
32	185	865	675	375	1050	190	0,97	1 : 1,03	49,4
33	145	870	660	355	1015	210	0,69	1 : 1,45	40,9
34	95	885	640	340	980	245	0,39	1 : 2,58	28,0
40	280	720	575	425	1000	145	1,93	1 : 0,52	66,0
41	225	740	550	415	965	190	1,18	1 : 0,84	54,3
42	180	755	540	395	935	215	0,95	1 : 1,06	45,6
43	135	770	520	385	905	250	0,54	1 : 1,85	36,0
44	90	780	500	370	870	280	0,32	1 : 3,11	24,3

untere Grenze des Mischungsverhältnisses sind für jeden Betriebsfall unterschiedlich. Dies ist aus Tafel 1 und aus Bild 3 ersichtlich, wo die 5 genannten Betriebsfälle numerisch ausgewertet und dargestellt sind. Man sieht daraus, daß die Betriebsfälle 1 und 2 die beiden Extremfälle darstellen. Für das hier gewählte Beispiel ergibt sich, daß für die automatische Regelung des Mengenummischungsverhältnisses nur Werte zwischen $\beta = 1 : 1$ bis $1 : 2$ ($\alpha = 0,33 \dots 0,5$) gewählt werden dürfen. Ein in diesem Bereich gewähltes Mischungsverhältnis wird aber bei allen beliebigen zulässigen Betriebsbedingungen automatisch konstant gehalten. Die Grenzen der möglichen Mischungsverhältnisse hängen wesentlich von

der Fördermenge der Güllerpumpe bei Nenndrehzahl und ihrem Regelbereich ab. Durch Wahl einer größeren oder kleineren Pumpe und eines größeren oder kleineren Regelbereichs der Drehzahl kann man sich in weiten Grenzen den gewünschten Mischungsverhältnissen anpassen.

Im Bild 2 ist die durch Leitung 4 fließende Menge \dot{V}_4 , die den Wasseranteil des Gemisches \dot{V}_2 ausmacht, nicht direkt ablesbar, sondern nur aus der Differenzbildung zu gewinnen. Im Bild 4 ist daher eine etwas andere Darstellung gewählt worden, die ein direktes Ablesen von \dot{V}_4 und damit das schnellere Ermitteln von

$$\beta = \frac{\dot{V}_G}{\dot{V}_4}$$

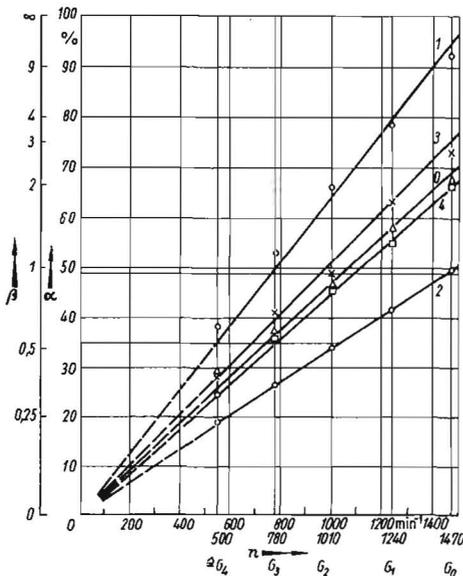
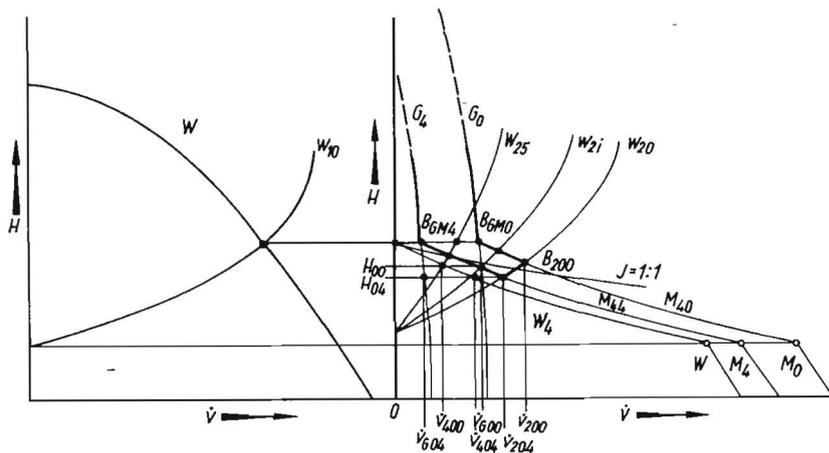


Bild 3. Erreichbare Mischungsverhältnisse β bei den 5 ausgewählten Betriebsfällen G_0 bis G_4 ($n = 1470 \text{ min}^{-1}$ bis $n = 550 \text{ min}^{-1}$)

gestattet. In der linken Diagrammhälfte sind die Wasserpumpenkennlinie W und die Anlagenkennlinie w_{10} der Leitung 1 eingezeichnet. Ihr Schnittpunkt ergibt den Betriebspunkt, bei dem der gesamte Wasserstrom durch Leitung 1 abfließen würde. Nur bei Druckhöhen, die unterhalb der Druckhöhe dieses Betriebspunktes liegen, kann Wasser in die Leitung 4 gelangen. (Bei größeren Druckhöhen würde außerdem Gülle in Leitung 1 gedrückt. Um dies zu verhindern, ist die erwähnte Rückschlagklappe in Leitung 4 eingesetzt worden.) Die Größe des möglichen Wasserstroms in Leitung 4 ergibt sich aus der auf gleichen Druckhöhen gemessenen Differenz der Kennlinien $W - w_{10}$. Diese Differenzen sind im rechten Diagrammteil als Teilstromkennlinie W_4 dargestellt. Zu diesen Teilstrommengen werden die Güllermengen entsprechend den Kennlinien G_0 bis G_4 addiert, wodurch sich die Gemischkennlinien M_{40} bis M_{44} ergeben. Zeichnet man die maximal mögliche Anlagenkennlinie w_{20} der Leitung 2 oder Anlagenkennlinien mit geringerer Abnahme w_{2i} ein, so kann man für die sich ergebenden Betriebspunkte unmittelbar die Gemischmenge \dot{V}_2 und die Teilmengen \dot{V}_G — Gülle — und \dot{V}_4 — Wasser — ablesen und das Mischungsverhältnis β bilden. Diese Darstellung macht auch

Bild 4. Möglicher Bereich der Betriebspunkte bei der Gülle-Wasser-Verregnung mit druckseitiger Einspeisung



deutlich, daß mit Hilfe der Pumpenregelung in dem angenommenen Bereich nur Betriebspunkte innerhalb der stark ausgezogenen Fläche realisiert werden können. Dabei ist eine Mischung nur im Bereich des Vierecks B_{GM4} B_{GM0} B_{200} B_{204} möglich. Oberhalb der Linie B_{GM4} B_{GM0} spricht die Rückschlagklappe in Leitung 4 an und über Leitung 2 wird nur Gülle gefördert. Auf Betriebspunkten längs einer Mischlinie J — es ist beispielsweise die Mischlinie $J = 1 : 1$ für $\beta = 1$ eingezeichnet worden — ist das Mischungsverhältnis konstant. Die im Bild 4 gezeigte Mischfläche gilt für die maximale Wasserabnahme in Leitung 1, gekennzeichnet durch w_{10} . Für geringere Abnahme verändern sich die Mischflächen.

Durch diese theoretischen Betrachtungen sollte gezeigt werden, daß eine Herstellung von Gülle-Wasser-Gemischströmen mittels druckseitiger Einspeisung eines geregelten Güllestromes in eine Wasserdruckleitung prinzipiell möglich ist, und daß es mit Hilfe der Kennliniendarstellung relativ einfach ist, die möglichen Bereiche und Grenzen erreichbarer Mischungsverhältnisse überschlägig größenordnungsmäßig zu bestimmen und daraus Schlußfolgerungen für die Wahl der Güllepumpe und ihres Regelbereiches abzuleiten.

Praktische Möglichkeiten der druckseitigen Einspeisung

Die Mischung im Parallelbetrieb — druckseitige Einspeisung — hat einige bemerkenswerte Vorteile, die je nach den örtlichen Bedingungen mehr oder weniger hervortreten können:

- Für die Klarwasserberegnung und die Erzeugung des Teilwasserstroms für die Gemischbildung werden Klarwasserpumpen mit Wirkungsgraden eingesetzt, die besser sind als die der Gemisch- oder Güllepumpen. Das wirkt sich günstig auf die Betriebskosten aus.
- Wenn wechselnd wahlweise auf den verschiedenen Beregnungsflächen Klarwasser und Gemisch gleichzeitig verregnet werden sollen, lassen sich dann, wenn Güllepumpstation und Wasserpumpstation räumlich weit voneinander getrennt liegen, und wenn die Pumpstationen in größerer Entfernung von den Beregnungsflächen aufgestellt werden müssen, erhebliche Investitionen infolge Fortfall von Doppelleitungen einsparen.
- Wenn das Rohrnetz einer ursprünglich für Klarwasser vorgesehenen Beregnungsanlage in den Rohrdimensionen mit etwas Sicherheit bemessen wurde, läßt sich eine druckseitige Einspeisung zur Nutzung eines Teils oder auch der ganzen erschlossenen Beregnungsfläche für die Gülleverregnung relativ einfach nachrüsten.

Für die praktische Durchführung der Mischung im Parallelbetrieb kommt im allgemeinen nur das hier beschriebene Verfahren der druckseitigen Einspeisung mit drehzahl-

geregelten Schneckenpumpen in Frage. Dazu sind Schneckenpumpen mit Kenndaten im Bereich $H = 90 \dots 120$ m WS und $\dot{V} = 100 \dots 150$ m³/h sowie stufenlos regelbare Antriebe erforderlich. Derartige Pumpen und auch elektrisch ansteuerbare, stufenlos verstellbare Getriebe im erforderlichen Leistungsbereich werden aber zur Zeit in der DDR nicht angeboten. Thyristorsteuerungen zur stufenlosen Drehzahlregelung von Drehstrommotoren sind, allerdings mit langen Lieferzeiten, erhältlich. Aus den genannten Gründen werden daher gegenwärtig Anlagen, die nach dem beschriebenen Verfahren arbeiten, nicht projiziert und gebaut.

Eine Mischung im Parallelbetrieb unter Verwendung von Kreiselpumpen und Drosselregelung des Teilwasserstroms — für dieses Verfahren sind die technischen Einrichtungen aus dem Warenangebot der DDR beschaffbar — ist zwar grundsätzlich möglich [2], doch sind hierbei aus objektiven, naturwissenschaftlichen Gründen die Grenzen der Regelmöglichkeiten der Mengemischungsverhältnisse so eng gezogen, daß dieses Verfahren nur in wenigen Fällen anwendbar sein wird.

Unsere Bemühungen sollten daher dahin gehen, durch Kooperation im sozialistischen Wirtschaftsbereich baldmöglichst Verdrängerpumpen und Regelgetriebe der genannten Größe in der DDR verfügbar zu machen, damit die druckseitige Einspeisung dort für die Gülleverregnung eingesetzt werden kann, wo die Vorteile dieses Verfahrens wegen der örtlichen Gegebenheiten besonders hervortreten.

Zusammenfassung

Anhand von Kennliniendarstellungen wird der Nachweis geführt, daß nach dem Verfahren der Einspeisung eines geregelten Güllestroms in eine Wasserdruckleitung die Verregnung von Gülle-Wassergemischen mit wählbaren Mischungsverhältnissen prinzipiell möglich ist. Es wird eine Methode erläutert, mit der auf einfache Art und Weise die möglichen Mischungsverhältnisse und die Grenzen der Regelbereiche ermittelt werden können. Abschließend wird kurz auf die Vorteile und Realisierungsmöglichkeiten dieses Gülleausbringungsverfahrens eingegangen.

Literatur

- 1/ Bölke, M., W. Reimann, G. Scholz: Homogenisieren von Gülle in Großbehältern unter besonderer Berücksichtigung der Verteilung von Nährstoffen und organischer Substanz. Arch. f. Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde, Berlin 1973
- 2/ Holjewilken, H.: Hydraulische Grundlagen der Verregnung von Wasser-Gülle-Gemischen. Schriftenreihe des VEB Ingenieurbüro für Meliorationen, Bad Freienwalde 1973