

Tafel 3. Erreichte Masseströme der Zuführtechnik

Komponente	Gerät	Massestrom t/h
Wasser	2½-Zoll-Leitung, 6 bar	20...25
Mischfutter	Trockenschnecken A200, 5...6 A250 Rohrschnecke C200	16...20
Molke	KRS40/100	40
Eiweiß-Mischsilage	KRDHY 100/250-00-EG	40
aufbereitete Küchenabfälle	KRDHY 100/250-00-EG	40
aufbereitete Hackfrüchte	L481A	16...17

gliedert sich in folgende Baugruppen: L414A10 Verteilanlage im Futterhaus L414A20 Hauptfütterleitung zum Stall L414A30 Fütterleitung im Stall L414A40 Auslaufverschluß.

Die Verteilanlage L414A10 ersetzt die alte Flüssigfütterverteilanlage F989/1. Hauptbestandteil ist das neue Förderorgan, das in [2] ausführlich dargestellt wird. Die Vorteile der Baugruppe L414A10 gegenüber der bisherigen Technik gehen aus Tafel 4 hervor.

Die Baugruppe L414A20 umfaßt die gesamte Fütterleitung ab Pumpenabgang. Sie besteht aus Stahlrohren mit der Nennweite 100 mm. Die exakte Länge ergibt sich aus der jeweiligen Anlagengröße. Empfohlen wird, die Hauptfütterleitung doppelt auszuführen (Vormast/Endmast) und am Strangende über einen Schieber zu verbinden. Dadurch ist es möglich, diese Leitungen als Ringleitung zu nutzen und bei Bedarf durch Umpumpen von Reinigungsmitteln zu säubern. An längeren Hauptfütterleitungen erhöht sich bei geöffnetem Schieber und gleichzeitigem Fördern über beide Leitungen der Volumenstrom an den von der Pumpe am weitesten entfernten

Tafel 4. Vergleich zwischen den Futterverteilanlagen L414 A10 und F989/1

	F989/1	L414 A10
- Fremdkörperabscheidung	separater Abscheider	Bestandteil des Mischers L411 A
- Schieber am Mischerabgang	handbetätigter Schnellschlußschieber bzw. Motorschieber	pneumatisch betätigter Kugelhahn mit Handnotbetätigung
- Zulaufleitung	NW100, ohne Gefälle	NW150, mit Gefälle
- Mischer - Pumpe		
- Trockenlaufschutz	erforderlich	nicht erforderlich (rechnergesteuert)
- Förderorgan	Einspindelpumpe M13	Kreiselpumpenkombination
- Förderstrom	20 m³/h	rd. 20...45 m³/h
- elektr. Anschlußwert	11 kW	2 x 11 kW <sup>1)</sup>
- maximal zulässige Korngröße	10 mm	35 mm (bei 100 mm freiem Korndurchgang)
- Standzeit der Förder-elemente	rd. 180 h	> 2000 h

1) gilt für den Einsatzfall SMA AP12480

Abgängen. Die Futterleitung im Stall L414A30 besteht aus den im Trogbereich angebrachten Abgaberohren (NW100) aus Stahl und den im Abstand von 2 m bzw. 3 m vorhandenen Flanschen für die Anbringung der Auslaufverschlüsse L414A40 bzw. L414A41, die den bisherigen drucklosen Auslaufverschlässen entsprechen.

Am Beginn der Futterleitung im Stall befindet sich ein mit der Hand zu betätigender Keilschnellverschlußschieber, der durch einen Kontaktgeber ergänzt wird. Über diesen Geber werden Informationen zum Betriebszustand des Verteilstranges an den Rechner gegeben.

Durch die Erzeugnisse der elektronischen Masseerfassung und Prozeßsteuerung L412A wird das Zusammenwirken aller Elemente gewährleistet. Über den Wäge- und Steuerrechner L412A22 werden in der Futterhauszentrale der Anlage Hoyerswerda-Kühnicht die gewünschten Rationen programmiert. Nach Anwahl eines der eingegebenen Futterprogramme durch den Futtermeister übernimmt der Wäge- und Steuerrechner selbständig den Anmischprozeß.

Danach erfolgt die rechnerüberwachte Futterverteilung.

Beim Öffnen des Schnellverschlußschiebers am Futterstranganfang registriert der Rechner durch einen Impuls den angewählten Futterstrang und aktiviert eine im Stall zugeordnete Großsichtanzeige L412A50 [3]. Solange Futter durch diesen Schnellverschlußschieber gefördert wird, zeigt die Großsichtanzeige die verteilte Futtermenge an. Beim Schließen des Schiebers wird der Verbrauch im Rechner gespeichert. Nach Abschluß der Fütterung kann der Verbrauch je Futterstrang abgerufen werden.

#### Literatur

- [1] Schremmer, H.: Zwanzigjährige technologische Forschung für die Schweineproduktion der DDR und der weitere Entwicklungstrend. Tagungsberichte der AdL der DDR, Berlin (1986) 247, S. 11.
- [2] Trotz, V., u. a.: Pumpen für die Flüssigfütterung von Schweinen. agrartechnik, Berlin 38 (1988) 8, S. 351-353.
- [3] Scheibe, G.: Erzeugnisentwicklungen zur maschedosierten Fütterung in der Schweineproduktion. agrartechnik, Berlin 38 (1988) 8, S. 345-346. A 5183

## Pumpen für die Flüssigfütterung von Schweinen

Dipl.-Ing. V. Trotz/Dipl.-Ing. E. Dressler, KDT

Forschungszentrum für Mechanisierung und Energieanwendung in der Landwirtschaft Schlieben der AdL der DDR

Ing. W. Nowy, KDT/Dr.-Ing. M. Haidan, KDT, VEB Landtechnische Industrieanlagen Cottbus, Sitz Neupetershain,

Betrieb des VEB Ausrüstungskombinat für Rinder- und Schweineanlagen Nauen

### 1. Problemstellung

Bereits aus den 50er Jahren sind erste Versuche zum Fördern von flüssigen Futtermitteln vom Futterhaus bis in den Futtertrog mit Hilfe von Pumpen und stationären Rohrleitungen bekannt [1]. Die entsprechenden Forschungsarbeiten führten im Jahr 1968 zur Aufnahme der Serienproduktion der Flüssigfütterverteilanlage F989 im damaligen VEB Dämpferbau Lommatzsch [2]. In der Folgezeit wurden vor allem die Angebotsprojekte der 1. Generation von Schweinemastanlagen AP 12480 Tierplätze und AP 25000 Tierplätze, aber auch eine Reihe spezieller Stallanlagen mit 3000 bis 35000 Tierplätzen für diese Technologie projektiert und realisiert.

Sehr bald stellte sich heraus, daß die in die-

ser Futterverteilanlage F989 verwendete Exzentrerschneckenpumpe M13/2 nur im Ausgangszustand einen ausreichenden Förderdruck erzeugt. Verschleißvorgänge am Gummistator der Pumpe M13/2 verringern nach einer durchschnittlichen Laufzeit von weniger als 200 Stunden den Förderdruck so weit, daß die Futterverteilung vor allem in den am weitesten vom Standort der Futterpumpe entfernten Ställen einen unvermeidbar hohen Zeitaufwand erfordert. Zu diesem Zeitpunkt wird der Austausch des Gummistators an der Exzentrerschneckenpumpe unumgänglich.

Diese unbefriedigende Situation führte zu folgenden grundsätzlichen Lösungswegen:

- Optimierung der technischen Gestaltung

von Exzentrerschneckenpumpen für den vorliegenden Einsatzfall

- entscheidende Verbesserungen bei der Fremdkörperabscheidung
- Verwendung anderer Prinziplösungen und deren optimale Auslegung für den vorliegenden Einsatzfall.

Nachfolgend werden Untersuchungsergebnisse zu diesen Lösungswegen dargelegt und Erkenntnisse zur zweckmäßigen Auslegung der künftigen Vorzugslösung vermittelt.

### 2. Untersuchungsergebnisse an einer veränderten Exzentrerschneckenpumpe

Für die Untersuchung stand die polnische Exzentrerschneckenpumpe H-221/DTS-100 ZP zur Verfügung. Diese relativ große Pumpe

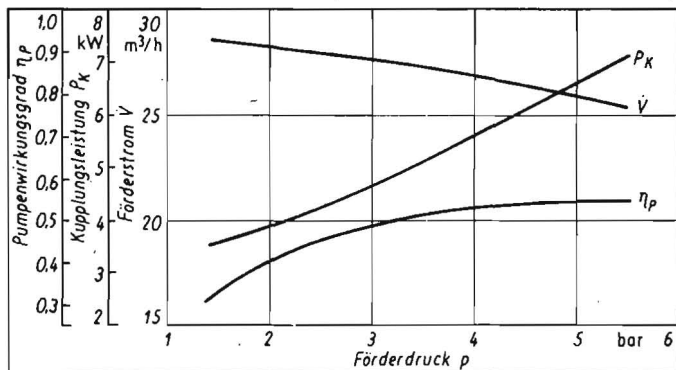


Bild 1. Betriebskennlinien der Exzentrerschneckenpumpe H-221/DTS-100 ZP nach 8,4 Betriebsstunden; mittlere Futterzusammensetzung TMF: Molke: Wasser = 30:12:58 ( $\bar{T}_S = 25,8\%$ )

erreicht bereits bei der Antriebsdrehzahl von 250 U/min einen Nennförderstrom von 25 m³/h. Aufgrund der im Vergleich zur Exzentrerschneckenpumpe M13/2 erheblich niedrigeren Gleitgeschwindigkeit zwischen Stator und Rotor und der radialen Nachstellmöglichkeit für den Stator wurde eine höhere Standzeit erwartet. In einer 12480er-Schweinemastanlage wurden damit folgende Erprobungsergebnisse erzielt:

- Im Neuzustand zeigt die Pumpe ein stabiles Förderverhalten (Bild 1). Der erreichte Förderstrom  $\dot{V}$  zwischen 25,4 m³/h und 28,5 m³/h ermöglicht die Fütterung aller Tiere einer 12480er-Anlage in vertretbaren Fütterzeiten.

- Nach 145 Betriebsstunden sank der Förderstrom als Folge des Verschleißes unter den Wert von 20 m³/h. Daraufhin wurde der Stator so weit nachgestellt, bis wieder ein stabiler Verlauf der  $\dot{V}$ -p-Kennlinie zu verzeichnen war. Nach 182 Betriebsstunden sank der Förderstrom wiederum unter den Wert von 20 m³/h. Die maximal mögliche Statornachstellung erbrachte keine weitere wesentliche Erhöhung des Förderstromes. Nach 187 Betriebsstunden mußte das Pumpenaggregat wegen zu langer Fütterungszeiten aus dem praktischen Anlagenbetrieb genommen werden (Bild 2).

Die deutliche Verminderung der Gleitgeschwindigkeit zwischen Stator und Rotor hat in diesem Praxisversuch nicht zu einer Erhöhung der Laufzeit ohne Instandsetzung geführt. Es bestätigt sich die Erkenntnis, daß der hohe Verschleiß in Exzentrerschneckenpumpen durch abrasive Fördermedien ein auf das Wirkprinzip und die Materialpaarung zurückzuführender und in diesem Fall nicht weiter zu vermindern der Prozeß ist. Exzentrerschneckenpumpen sind daher für die Flüssigfütterung von Schweinen in großen industriemäßigen Produktionsanlagen der DDR nicht geeignet.

### 3. Fremdkörperabscheidung

Der in der Flüssigfütterverteilanlage F989 vor der Pumpe angeordnete Fremdkörperabscheider sollte vorrangig alle die Fremdkörper aus dem Flüssigfutter abscheiden, die zu einer Beschädigung oder zu einem hohen Verschleiß der Exzentrerschneckenpumpe M13/2 führen. Diese Aufgabe kann der eingesetzte Fremdkörperabscheider jedoch nur teilweise erfüllen. Fremdkörper mit hoher Dichte, wie z. B. größere Steine und Stahlteile, werden im Normalfall abgeschieden, während kleinere Steine und Sand nicht abgeschieden werden und daher zu einem hohen Verschleiß der Pumpe beitragen.

Tafel 1. Vergleich des Wirkungsgrades der Pumpen KRHY 100/250-00-EG und KRCH 80/325 ( $n = 1455$  U/min) bei Wasser und einer TMF-Wasser-Mischung ( $\bar{T}_S = 27\%$ )

m³/h	Wasser			Futter		
	$\eta_{PW1}$	$\eta_{PW2}$	$\frac{\eta_{PW2} - \eta_{PW1}}{\eta_{PW2}}$	$\eta_{PF1}$	$\eta_{PF2}$	$\frac{\eta_{PF2} - \eta_{PF1}}{\eta_{PF2}}$
10	0,071	0,111	36,0	0,056	0,085	34,1
20	0,139	0,203	31,5	0,108	0,148	27,0
30	0,202	0,280	27,9	0,155	0,210	26,2
40	0,259	0,344	24,7	0,197	0,258	23,6
50	0,310	0,396	21,7	0,234	0,298	21,5
60	0,354	0,437	19,0	0,267	0,326	18,1

Index 1: Pumpe KRCH 80/325; Index 2: Pumpe KRHY 100/250

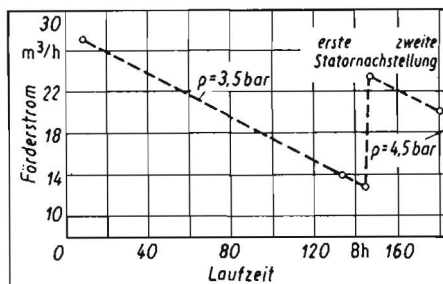


Bild 2. Förderstrom in Abhängigkeit von der Laufzeit der Exzentrerschneckenpumpe H221/DTS-100ZP

Die in den letzten Jahren zum Problem der Fremdkörperabscheidung durchgeführten Untersuchungen und Erprobungen verschiedener Varianten brachten keine zufriedenstellende Lösung. Hinzuweisen ist darauf, daß der hohe Verschleiß bei Exzentrerschneckenpumpen nicht allein auf die Fremdkörper zurückzuführen ist. Abrasive Futterkomponenten, wie z. B. Maisschrot, haben die gleiche Wirkung.

Diese Ergebnisse führen zu der Schlußfolgerung, daß bei der Flüssigfütterung von Schweinen, vor allem beim künftig verstärkten „Allesfütterereinsatz“, Förderorgane Anwendung finden müssen, die Flüssigfutter mit einem gewissen Fremdkörperbesatz ohne Probleme „fördern“. Das vollständige Abscheiden aller möglichen Fremdkörper im Flüssigfutter ist aus heutiger Sicht mit vertretbarem technischen Aufwand nicht realisierbar.

### 4. Untersuchungsergebnisse zum Einsatz von Kolbenpumpen

Kolbenpumpen [3] konnten sich bei der Flüssigfütterung nicht durchsetzen. Im Rahmen der durchgeführten Untersuchung konnte eine Schweinemastanlage mit 3000 Tierplätzen ermittelt werden, die seit 1970 mit Schöpfkolbenpumpen Flüssigfutter fördert. Für den Einsatz der serienmäßigen Schöpfkolbenpumpe des VEB Rationalisierungsmittelbau Erfurt waren umfangreiche individuelle Veränderungen erforderlich.

Schöpfkolbenpumpen lassen sich systembedingt nicht an eine Saugleitung anschließen. Sie müssen hängend in das Fördermedium eintauchen. Gegenwärtig ist keine Kolbenpumpe im Angebot, die technisch und ökonomisch zur Flüssigfütterung in den industriemäßigen Schweineproduktionsanlagen geeignet wäre.

### 5. Untersuchungsergebnisse und Empfehlungen zum Einsatz von Kreiselpumpen

In vielen Schweineproduktionsanlagen der DDR wurden die Exzentrerschneckenpumpen M13/2 bereits individuell durch Kreiselpumpen ersetzt. Mit zweckentsprechend ausgewählten Kreiselpumpen werden Standzeiten von 1000 Stunden und teilweise wesentlich darüber erreicht.

Im Vergleich zu Verdrängerpumpen sind bei Kreiselpumpen, bedingt durch das Funktionsprinzip, der Wirkungsgrad niedriger und der Förderstrom stärker vom Gegendruck abhängig. Dieses gegendruckabhängige Förderverhalten führt dazu, daß eine Einzelpumpe, die leistungsmäßig für den Druckbedarf der letzten Ställe ( $\cong$  langer Förderstrecke) ausgelegt ist, bei Förderung in die ersten Ställe einen viel zu hohen Förderstrom bringt. Die Drosselung des Förderstromes durch einen Schieber in der Druckleitung kann für die Futterförderung nicht empfohlen werden, weil grobstückige Futterbestandteile die Drosselstelle verstopfen können.

Der Einsatz einer Kombination von 2 separat einschaltbaren Kreiselpumpen in Reihenschaltung ermöglicht eine Druckanpassung entsprechend der Länge der Förderstrecke. Erste diesbezügliche Untersuchungsergebnisse mit der modifizierten Dickstoffkreiselpumpe KRCH80/325 (Hersteller: VEB Feuerlöschgerätekwerk Jöhstadt) wurden in [4] dargestellt. Durch den Hersteller wurde inzwischen der Maximaldruck für die Pumpe, die jetzt mit der Typenbezeichnung KRCHZ80/325.3/1 angeboten wird, auf 0,4 MPa festgelegt. Dadurch ist eine unmittelbare Reihenschaltung dieser Pumpen nicht möglich.

Aufgrund weiterer Untersuchungen und Praxiserprobungen durch den VEB Landtechnische Industrieanlagen Cottbus in Zusammenarbeit mit dem Forschungszentrum für Mechanisierung und Energieanwendung in der Landwirtschaft Schlieben kann für Anlagen mit Förderstrecken bis maximal 250 m die Kombination von zwei Dickstoffkreiselpumpen KRHY 100/250-00-EG empfohlen werden (Bild 3). Diese neuentwickelte Pumpe (Hersteller: VEB Pumpenwerk Bad Salzungen) sichert eine hervorragende Verstopfungsfreiheit und Zuverlässigkeit, auch bei der Förderung von Dickstoffen mit festen und faserigen Bestandteilen. Mit dem geschlossenen Einschaufelrad (EG) beträgt der freie Korndurchgang 100 mm und die zulässige Faserlänge bis etwa 450 mm. Damit sind

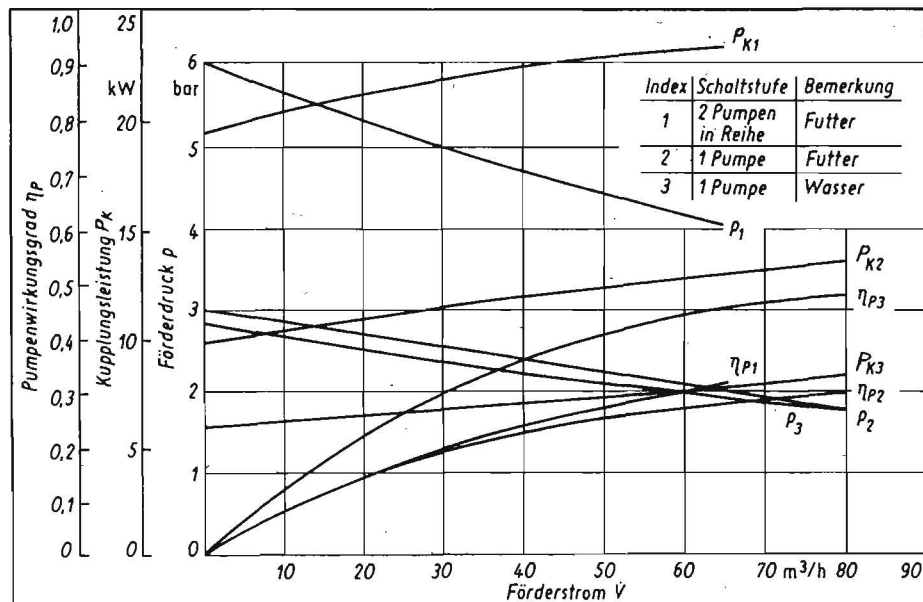


Bild 3. Betriebskennlinien der Dickstoffkreiselpumpen KR DHY 100/250-00-EG (Futterförderung und Wasserförderung) nach 354 Betriebsstunden; mittlere Futterzusammensetzung: TMF:EMS:Milke:Kartoffeln, siliert:Wasser = 27:4:9:13:47 ( $\overline{TS} = 26,5\%$ )

Verstopfungen oder Beschädigungen der Pumpe bei Fremdkörpern oder Futterbestandteilen < 100 mm ausgeschlossen. Das Pumpenaggregat wird mit den Antriebsdrehzahlen 1440 U/min bzw. 960 U/min angeboten. Zusätzlich kann zwischen den Laufraddurchmessern 274, 250 und 230 mm gewählt werden. Daraus ergeben sich für jede Pumpe 6 Leistungsvarianten, die eine gute Anpassung an unterschiedliche Einsatzbedingungen sowohl bei der Futterförderung als auch bei der Komponentenzuführung zum Mischer ermöglichen.

Während der Fütterung in den ersten Ställen mit einer Pumpe wird durch die zweite, nicht eingeschaltete Pumpe problemlos hindurchgefördert.

Ein Vergleich des Wirkungsgrades  $\eta_p$  der Pumpe KR DHY 100/250-00-EG mit dem der modifizierten Pumpe KRCH 80/325 zeigt, daß die erstgenannte Pumpe in dem für die Flüssigfütterung relevanten Förderstrombereich Vorteile aufweist (Tafel 1).

Der Praxiseinsatz in einer 12480er-Schweinemastanlage läuft seit November 1985 erfolgreich. Seither traten keine Verstopfungen an den Pumpen auf. Ein Wechsel der Fördererlemente war bisher nicht erforderlich. Der Förderstrom liegt in Abhängigkeit von der Förderstrecke und den Fließeigenschaften der Futtermischung (TS-Gehalt bis 30%) im wesentlichen zwischen 45 m³/h und 20 m³/h.

Für Anlagen mit maximalen Förderstrecken zwischen 180 m und 250 m wird im Normalfall für beide Pumpen die Antriebsdrehzahl von 1440 U/min und der Laufraddurchmesser von 274 mm empfohlen. Die konkreten Bestellangaben (Lieferer: VEB Pumpenwerk Bad Salzungen, Rhönstraße 23, Bad Salzungen, 6200) lauten dafür:

Kreiselpumpe KR DHY-100/250-00-EG  
Laufraddurchmesser 274 mm  
mit Motor KMR 132 M 4  
11 kW, 1440 U/min, 380/660 V, 50 Hz, IP44.

Im Rahmen der Weiterentwicklung wird dieses Aggregat auch als Monoblockpumpe (Motor und Pumpe auf gemeinsamer Welle) unter der Typenbezeichnung KR DQY-100/250-00-EG angeboten.

Vor allem für Anlagen mit sehr kurzen und längeren Förderstrecken wird zur zweckentsprechenden Auswahl der Pumpenkombination hinsichtlich Laufraddurchmesser, Antriebsdrehzahl und Motorleistung die Vereinbarung einer Konsultation mit dem VEB Landtechnische Industrieanlagen Cottbus empfohlen. Beim Einsatz der Kreiselpumpenkombination für die Flüssigfütterungsverteilung sollten folgende allgemeingültige Hinweise beachtet werden:

Die Zulaufleitung zwischen Mischer und Pumpe muß mit der Nennweite  $\geq 150$  mm ausgeführt und mit Gefälle vom Mischer zur Pumpe verlegt werden. Außerdem sollte sie flexibel an die Pumpe herangeführt werden (Saugschlauch), weil Verspannungen das Fluchten der Wellen an der elastischen Bolzenkupplung zwischen Motor und Pumpe erschweren.

Nach jeder Pumpe muß eine Entlüftungsmöglichkeit angeordnet werden, weil durch die Gasbildung des quellenden Futters im Normalfall vor jeder Inbetriebnahme das Entlüften der Pumpe erforderlich ist.

Der Sperrwasseranschluß an der Stopfbuchse der Pumpen sollte unbedingt genutzt werden, um den Wartungsaufwand der Stopfbuchse niedrig zu halten. Da an der zweiten Pumpe am Sperrwasseranschluß ein Gegendruck bis 0,6 MPa anliegt, muß der Sperrwasserdruck ständig > 0,6 MPa betragen.

Kreiselpumpen begrenzen ihren Maximaldruck selbsttätig. Daher ist eine druckabhängige Abschaltung, wie z. B. bei der Exzentrerschneckenpumpe M13/2 über das Kontaktmanometer realisiert, nicht erforderlich. Während des kurzen Wechsels von

Stall zu Stall arbeiten die Kreiselpumpen gegen den geschlossenen Schieber. Verschiedene 12480er-Schweinemastanlagen haben am hinteren Ende des Verbinders die beiden Futterhauptleitungen durch eine Querverbindung gekoppelt. Im Zusammenhang mit der Erprobung der Kreiselpumpenkombination wurde der Einfluß dieser Querverbindung geprüft. Die gleichzeitige Förderung durch beide Hauptleitungen wirkt sich vorteilhaft auf den Förderstrom aus. Während der Einfluß bei den ersten Ställen unbedeutend ist, nimmt er in Richtung der letzten Stalleinheiten zu. Am Anfang der letzten Ställe liegt der Förderstrom um 11 bis 15 m³/h höher als bei geschlossener Querverbindung.

## 6. Zusammenfassung

Die projektgemäß in den Fließfütterverteilanlagen F989 eingesetzte Exzentrerschneckenpumpe M13/2 arbeitet mit sehr hohem Verschleiß. Praxisversuche mit einer größeren Exzentrerschneckenpumpe und erheblich niedrigerer Gleitgeschwindigkeit ergaben keine Erhöhung der Standzeit für den Gummistator. Eine wesentliche Verringerung des Verschleißes durch die Erhöhung der Qualität der Fremdkörperabscheidung ist mit vertretbarem technischen Aufwand nicht realisierbar.

Mit zweckentsprechend ausgewählten Kreiselpumpen werden bei der Flüssigfütterförderung hohe Standzeiten erreicht. Aufgrund des gedruckabhängigen Förderverhaltens von Kreiselpumpen wird der Förderstrom relativ stark durch die Veränderung der Förderstrecke beeinflusst. Um diese Toleranz des Förderstromes einzuschränken, wird empfohlen, mit einer Kombination von zwei in Reihenschaltung angeordneten Kreiselpumpen zu arbeiten, die separat einschaltbar sind.

Im Ergebnis einer Analyse der in der DDR produzierten Dickstoffpumpen und der erfolgreichen Praxiserprobung werden für die Pumpenkombination die Typen KR DHY 100/250-00-EG oder KR DQY 100/250-00-EG empfohlen. Zur Kennzeichnung des Förderverhaltens und des Energiebedarfs wurden Betriebskennlinien aufgenommen.

Dieser Pumpentyp wird in der weiterentwickelten Fließfütterverteilanlage L414A vom VEB Landtechnische Industrieanlagen Cottbus, Sitz Neupetershain, eingesetzt.

## Literatur

- [1] Tschierschke, M.; Irmer, H.: Der Einsatz von Anlagen zur Zubereitung und Verteilung fließfähiger Futtermischungen. Die Deutsche Landwirtschaft, Berlin 17 (1966) 8, S. 404-407.
- [2] Pumpfähige Fütterung - Hochgradige Mechanisierung für Großanlagen der Schweinemast. Informationen des Landmaschinen- und Traktorenbaues, Leipzig '9 (1970) 1, S. 11-13; 3, S. 47-50.
- [3] Tschierschke, M.: Untersuchung von Pumpen für fließfähige Futtermischungen. Dt. Agrartechnik, Berlin 13 (1963) 8, S. 373-375.
- [4] Dressler, E.; Troitz, V.; Gradewald, A.; Badecke, K.: Fördern von Flüssigfutter für Mastschweine mit Dickstoff-Kreiselpumpen. agrartechnik, Berlin 35 (1985) 12, S. 547-550.