

Tafel 1. Vergleich der Zielstellung mit dem erreichten Ergebnis

Parameter	Zielstellung	Ergebnis	
Massenstrom (Sammelfutter)	t/h	6	10
Futtermittelverluste	%	1	0,5
Abscheidegrad	%	80	98
Arbeitszeitaufwand in $T_1$	AKmin/t	6	6
in $T_{04}$	AKmin/t	7,5	7,5
elektrischer Anschlußwert	kW	2,2	2,2
Energieverbrauch	kWh/t	0,25	0,175
Stahlaufwand	kg	700...1 200	rd. 1 000
ökonomische Effektivität	keine	erreicht	
Preis	1 000 M	15...20	rd. 18

von rd. 1% ermittelt, so daß insgesamt etwa 22,3 t abgeschieden werden konnten. Der FKA/L1 stellt eine funktionsfähige Lösungsvariante zur Abscheidung von Fremdkörpern aller Art dar und erreicht die angestrebte Universalität. Alle in der Zielstellung aufgeführten Arbeitsergebnisse werden erreicht und teilweise überboten (Tafel 1). Darüber hinaus werden große Futterteile und einige wenige Fremdkörper von der Quetschwalze zerkleinert und durch das Sieb gedrückt. Die positiven Auswirkungen des fremdkörperfreien, relativ homogenen Futterbreies betreffen alle Maschinen, die dem FKA folgen.

Der Handarbeitsaufwand zur Krippenreinigung ist vergleichbar mit Mastanlagen, die kein Sammelfutter verabreichen. Obwohl der FKA nur bei feuchtkrümeliger Fütterungsart erprobt wurde, kann eingeschätzt werden, daß er sich bei pumpfähigem Fütterungsregime erst recht eignen wird. Bei hohem Fremdkörperanteil sollte dann jedoch eine Sedimentationsstrecke oder eine Nachzerkleinerung der Fremdkörper vorgenommen werden, um Pumpenschäden gering zu halten. Einschränkend wird hinzugefügt, daß ein hoher, derzeit noch nicht exakt bestimmter Anteil an langfaserigen Gemüseblättern und -stengeln, Kartoffelschalen (Reibsel) oder auch Netzbeuteln und Schnüren zu Störungen – meist Wickelerscheinungen – in der gesamten Maschinenlinie führt. Der FKA reagiert darauf mit sinkendem Massenstrom und erhöhten Futterverlusten. Solche Chargen, die aus o. g. Futterstoffen bestehen, sollten besser nicht in die Maschinenlinie gelangen oder über die vorgelagerte Weiche vom Dämpfbehälter direkt in den Lagerbehälter geleitet werden, da sie zumeist fremdkörperfrei sind. Die guten Ergebnisse bei der Erprobung des FKA führen zu der Schlußfolgerung, daß die gesamte in der DDR anfallende Sammelfuttermenge mit Hilfe der gefundenen Mechanisierungslösung wirkungsvoll von Fremdkörpern befreit werden kann. Die Einordnung in vorhandene Futterküchen sollte in den meisten Fällen möglich sein.

#### 4. Zusammenfassung

Das gedämpfte Sammelfutter wird einer rotierenden horizontalen Siebtrommel stirnseitig zugeführt, passiert das Sieb und gelangt in einen darunterliegenden Lagerbehälter. Fremdkörper wandern durch die leicht geneigte Siebtrommel an deren unteres Ende und werden dort entnommen. Eine innenliegende, unbefestigte Quetschwalze mit profilierter Oberfläche zerkleinert große Futterpartikel und drückt diese durch das Sieb. Die Reinigung des Siebes von außen erfolgt über einen Abstreifer und bei Bedarf durch Wasserzugabe. Der Fremdkörperabscheider hat eine große Universalität bei der Abscheidung von verschiedenartigen Fremdkörpern und ist sowohl für feuchtkrümelige als auch für pumpfähige Fütterungsarten vorgesehen. Schwierigkeiten entstehen durch langfasrige Pflanzenteile und Fremdkörper. Weitere Ergebnisse sind:

- Abscheidung von 98% aller festen Fremdkörper
- Massenstrom (Sammelfutter) 10 t/h
- Futterverluste 0,5%
- erhebliche Verbesserung der Arbeits- und Lebensbedingungen
- Wegfall der fremdkörperbedingten Störungen an Folgemaschinen
- Verbesserung der Futterqualität und Erhaltung der Tiergesundheit
- geringe ökonomische Effektivität.

A 4539

## Fördern von Flüssigfutter für Mastschweine mit Dickstoff-Kreiselpumpen

Dipl.-Ing. E. Dressler, KDT/Dipl.-Ing. V. Trotz  
 Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR  
 Ing. A. Gradewald, KDT/Ing. K. Badeke, KDT, VEB Kombinat Pumpen und Verdichter Halle, Wissenschaftlich-Technisches Zentrum

### 1. Einleitung und Aufgabenstellung

In den Schweineproduktionsanlagen der DDR, die fließfähiges Futter über eine stationäre Verteilanlage verabreichen, wird seit Jahren ein zuverlässiges Förderaggregat gefordert. Derzeit wird in den stationären Fließfutteranlagen F 989 der DDR überwiegend die Schraubpumpe M 13/2 projektgemäß eingesetzt. Die Schraubpumpe M 13/2 ist stör- und verschleißempfindlich. Daraus resultiert ein hoher Ersatzteilbedarf, der mit Beschaffungsproblemen und unvermeidbar hohen Instandhaltungskosten verbunden ist (Tafel 1). Die mittlere Nutzungsdauer der Gummistatoren beispielsweise beträgt bei der Futterförderung nur etwa 190 h. Dabei sinken die Förderparameter auf ungeeignete Werte ab, während der spezifische Energieverbrauch ansteigt. Der hohe Verschleiß in Schraubpumpen durch abrasive Fördermedien ist ein natürlicher Vorgang, der durch das Wirkprinzip der Fördererlemente und die Materialpaarung bedingt ist [1]. Diese Mängel veranlassen eine größere Anzahl von Betrieben, als Alternativlösung Kreiselpumpen einzusetzen.

Die Förderaufgabe in den stationären Fließfutteranlagen ist durch hohe Ansprüche an das Förderaggregat gekennzeichnet. Das Aggregat in der Futterverteilanlage F 989 muß

bei wechselndem und mit der Förderlänge erheblich ansteigendem Druckbedarf der Rohrleitung den technologisch zulässigen Förderstrombereich von  $\dot{V} = 20 \dots 40 \text{ m}^3/\text{h}$  realisieren (Bild 1). Dabei können entsprechend der unterschiedlichen Zähigkeit der Futtermischungen Druckwerte von 6 bar entstehen. Für die Erfüllung dieser Aufgaben eignen sich am besten Verdrängerpumpen, die unabhängig vom Gegendruck einen relativ konstanten Förderstrom durchsetzen.

Folgende weitere Zielparame-ter sind vorgegeben:

- Förderung aller Futtermischungen, vor allem auch mit hohem Saftfutteranteil, Gas- und Luftanteilen bei geringer geodätischer Zulaufhöhe
- Trockensubstanzgehalt der Futtermischungen  $TS = 20 \dots 28\%$
- abrasiver Fremdstoffanteil  $\leq 0,1\%$
- maximale Korngröße der Fremdstoffanteile  $d_k \leq 35 \text{ mm}$
- Laufzeit ohne Instandsetzung  $t_L \geq 1000 \text{ h}$
- Reduzierung des Instandhaltungsaufwands um 50%
- Reduzierung der Selbstkosten um 10%.

Die Schraubpumpe M 13/2 soll zur Erfüllung dieser Aufgaben durch ein neues Förderaggregat ersetzt werden.

### 2. Lösungsweg

Nach dem in den letzten Jahren erfolgten Abschluß der Entwicklung und Produktionseinführung der vertikalen Dickstoff-Kreiselpumpen zur Förderung von Gülle mit einem TS-Gehalt von  $\leq 12\%$  im VEB Kombinat Pumpen und Verdichter (KPV) [2, 3] wurde im Wissenschaftlich-Technischen Zentrum (WTZ) des KPV mit der Ausarbeitung einer neuen konstruktiven Grundkonzeption für vertikale Dickstoff-Kreiselpumpen zur Förderung von Gülle mit extrem hohem Trockensubstanzgehalt  $TS \geq 12\%$  begonnen [4, 5]. Die Erprobung der Versuchsmuster in verschiedenen Bauausführungen unter Betriebsbedingungen mit Gülle unterschiedlicher Zusammensetzung und mit hohem TS-Gehalt führte im WTZ des KPV u. a. zur Ausarbeitung einer konstruktiven Konzeption für eine spezielle horizontale Dickstoff-Kreiselpumpe zur Förderung von Flüssigfutter. Ein erstes Versuchsmuster (Baugröße KRCH 80/325) wurde mit positiven Ergebnissen in der Schweinemastanlage (SMA) Langenwetzen-dorf, Bezirk Gera, eingesetzt.

#### 2.1. Versuchspumpe

Die Versuchspumpe für die Futterförderung war eine modifizierte einstufige Dickstoff-Kreiselpumpe der Baugröße KRCH

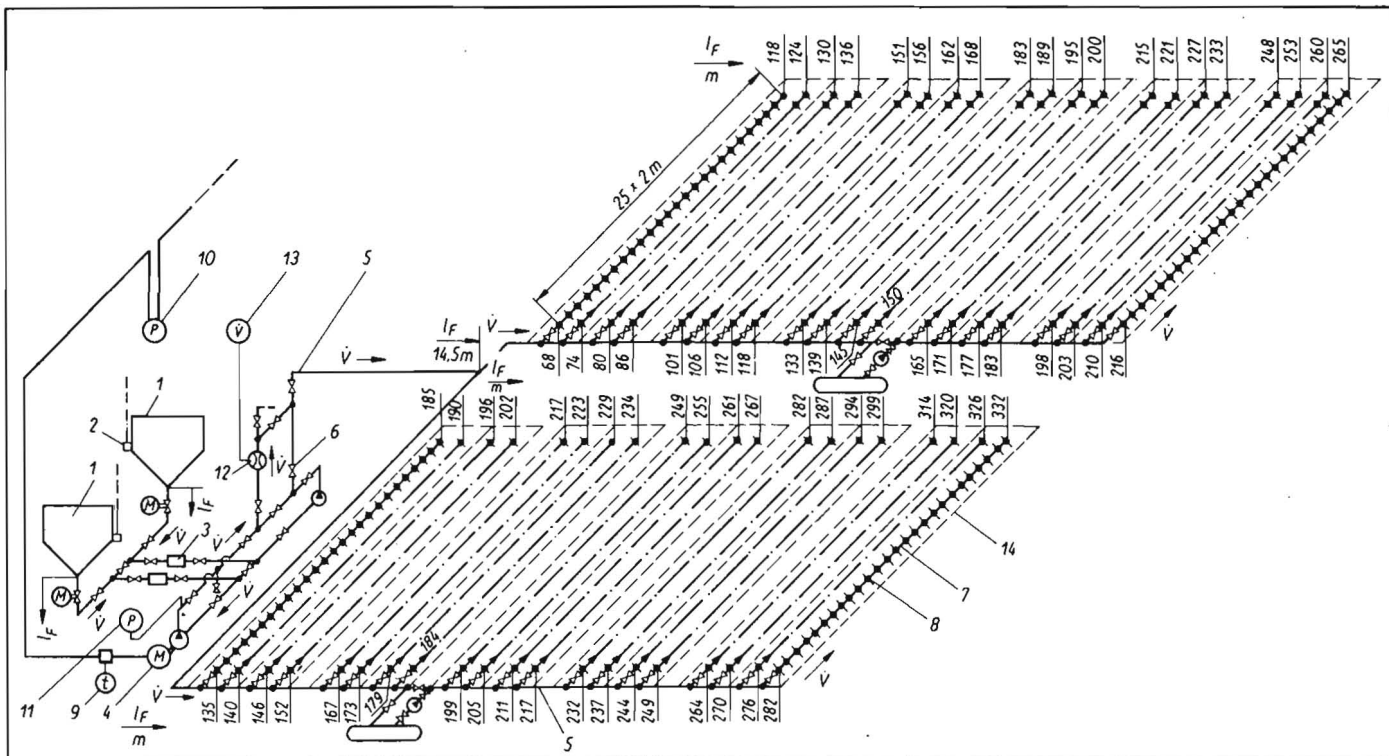


Bild 1. Schema der Experimentalbasis für Pumpversuche, Futterverteilanlage F989 in der 6-kt-Schweinemastanlage (SMA) Gladau, Bezirk Magdeburg, Endmaststufe;

1 Futtermischer F986, 2 Füllstandsmelder, 3 Fremdstoffabscheider in Zulaufleitung NW 100, 4 Versuchspumpenaggregat, 5 Rohrleitung NW 100, Hauptförderstrecke, 6 Absperrschieber, 7 Verteilrohr NW 100 über je zwei Trogreihen, 8 2 Stück Drehschieber bzw. Futtergeber, 9 Betriebsstundenzähler, 10 Wirkleistungsschreiber, 11 Druckschreiber, 12 induktiver Durchflußgeber, 13 Durchflußschreiber, 14 Stalleinheit

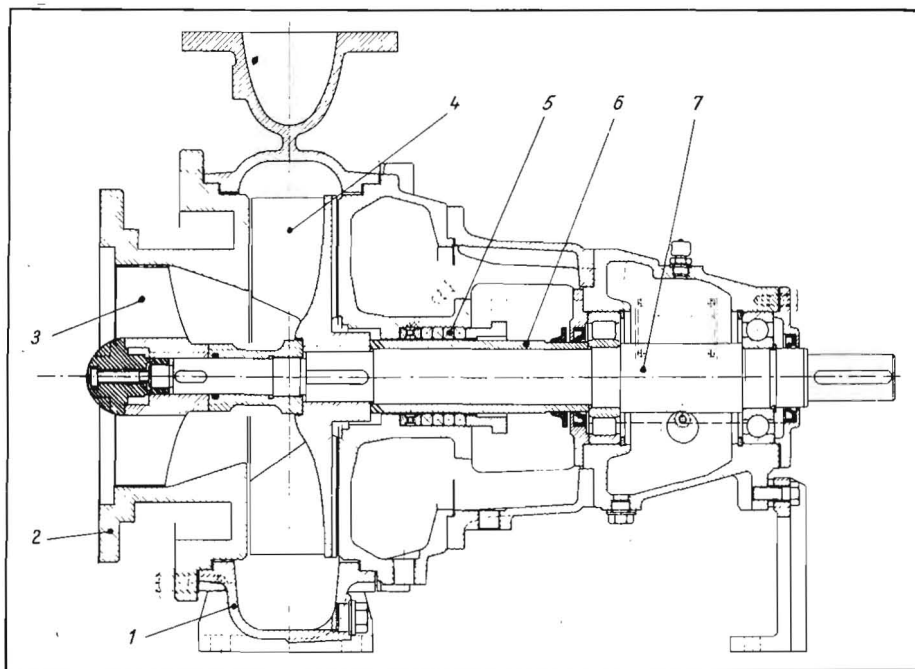


Bild 2. Modifizierte einstufige Dickstoff-Kreiselpumpe KRCH 80/325 mod.:

1 Pumpengehäuse, 2 Saugdeckel, 3 Zuförderschnecke, 4 Laufrad, 5 Weichstoffpackung, 6 Welschutzhülse, 7 Welle

80/325 mod. – ausgeführt in Kompakt-Bauform mit Lagerträger – mit einem offenen, zweischauligen breiten „Stoff“-Laufrad und mit einer  $\varnothing$ mm Laufrad vorgeschalteten zweigängigen Zuförderschnecke (Bild 2).

Die strömungstechnisch und in Abhängigkeit vom Förderstrom der Pumpe leistungsparameterseitig besonders ausgeführte Zuförderschnecke hat die Aufgabe, das Saugverhalten von Dickstoff-Kreiselpumpen bei der Förderung von fließfähigen Stoffen mit hohem Trockensubstanzgehalt sowie in Verbindung

mit einem speziell ausgelegten „Stoff“-Laufrad bei relativ hohen Gas- bzw. Luftanteilen und/oder bei relativ geringen geodätischen Zulaufhöhen zu verbessern. Weiterhin gewährleistet die Zuförderschnecke bei kritischen Einsatz- und Betriebsbedingungen einen ruhigen Lauf. Durch eine im Saugstutzen der Pumpe der Zuförderschnecke vorschaltbare Schneideinrichtung können auch scherzbare, z. B. langfaserige Bestandteile bei entsprechender Werkstoffausführung zerkleinert werden.

## 2.2. Versuchsdurchführung

Aufgrund der positiven Aussagen zum Fördern von Flüssigfutter auf Getreidebasis aus der SMA Langenwetzendorf ergab sich folgender Ablauf der Untersuchungen zu Saftfutmischungen:

- Messungen unter den Produktionsbedingungen in der SMA Gladau, Bezirk Magdeburg, bei Nenndrehzahl  $n_N = 1450$  U/min und Neuzustand der Pumpe; Variation der Futterzusammensetzung und des TS-Gehalts
- anschließende Dauernerprobung in der SMA Gladau zum Fördern fremdstoffhaltiger Saftfutmischungen mit den Hauptkomponenten Wasser, Trockenmischfutter (TMF), grobe Zuckerrübenschnitzel (ZR) und Kartoffeln
- labormäßige Kennlinienmessungen zur Anpassung des Förderverhaltens an die Anforderungen des Futterverteilsystems durch Änderung der Pumpendrehzahl.

Folgende Basisgrößen für die Ermittlung der Pumpen- und Rohrkenlinien wurden gemessen:

- Förderstrom
- Förderdruck
- Motorleistungsaufnahme
- Pumpendrehzahl
- TS-Gehalt der Futtermischungen
- Länge der Förderstrecke
- Fließkennwerte
- Dichte der Futtermischungen.

## 3. Ergebnisse

### 3.1. Förderverhalten und Energiebedarf

Durch statistische Approximation der Kurvenverläufe zu den Meßwerten und über die zugeordneten weiteren mathematischen Beziehungen sind die folgenden Betriebskennlinien in Abhängigkeit vom Förderstrom ermittelt worden (Bilder 3 bis 6):

- Förderdruck
  - Kupplungsleistung der Pumpe
  - Pumpenwirkungsgrad
  - trockenmassebezogener spezifischer Energiebedarf der Pumpe
  - Druckverlust über konstante Förderrohr-längen in Nennweite 100 (Rohrkennlinien).
- Aus der Versuchsdurchführung und den gewonnenen Kennlinien lassen sich folgende Aussagen ableiten:

- Kreiselpumpen in geeigneter konstruktiver Ausführung (Bild 2) sind für das Fördern von Flüssigfutter mit  $TS \leq 30\%$  (abhängig vom Saftfutteranteil) und mit hohem Fremdstoffanteil einsetzbar.
- Ein wesentlicher Nachteil der hydrodynamischen Verdrängung ist die stark druckabhängige Veränderlichkeit des Förderstroms bei konstanter Drehzahl. Dies bedeutet einerseits, daß bei kurzer Förderrohrlänge  $l_f$  bzw. allgemein bei geringem Druckverlust der Förderstrom über den zulässigen oberen Wert  $\dot{V} = 40 \text{ m}^3/\text{h}$  ansteigt. Andererseits sinkt der Förderstrom bei langer Förderstrecke bzw. hohem Gegendruck unter den zulässigen Kleinstwert  $\dot{V} = 20 \text{ m}^3/\text{h}$ . Der Druckverlust wird vor allem auch durch die Futterzusammensetzung und den TS-Gehalt beeinflusst (Bilder 3 und 4).

- Bei Anwendung von Dickstoff-Kreiselpumpen in Futterverteilanlagen ergibt sich ein höherer Energieverbrauch durch den Betrieb der Pumpe im vorderen Teillastgebiet bei höherem Förderdruck.
- Eine energiesparende Anpassung des Förderdrucks kann zweckmäßigerweise durch eine stufenlose Drehzahlregelung gelöst werden. Dagegen ist eine Anpassung durch Bypass-Schaltung bzw. durch technische Drosselung aus energetischen Gründen auszuschließen. Eine Änderung der Druckverluste durch Variieren des TS-Gehalts ist aus Gründen der rationellen Futterverteilung für den Normalfall abzulehnen.

- Die energiesparende Anpassung des Förderdrucks über eine stufenweise Änderung der Pumpendrehzahl ist ein zweckmäßiger und kostengünstiger Lösungsweg. Sie ergibt allerdings bei den Drehzahlstufen eines polumschaltbaren Motors noch keine ausreichend engen Druckstufen für die Realisierung des Förderstrombereichs (Bilder 5 und 6).

**3.2. Dauererprobung**

Während der Versuchszeit in der SMA Gladau von 500 h sind die Safttermischungen mit Luftanteilen störungsfrei durch die Versuchspumpe bei Nenndrehzahl gefördert worden. Durch die dem Laufrad der Pumpe vorgeschaltete Zuförderschnecke wurde ein ruhiger, vibrationsfreier Lauf erzielt. Tritt aus anlagenseitigen Gründen bei entleertem Mischbehälter Luft in die in Betrieb befindliche Pumpe ein, entstehen starke Vibrationen. Diese führen zu Schäden am Pumpenaggregat. Der Mindestflüssigkeitsstand im Mischbehälter ist daher durch rechtzeitiges Ausschalten der Pumpe über den „Lärmelder“ am Futtermischer BMSR-seitig zu gewährleisten.

Der Abrieb an funktionswichtigen Bauteilen durch abrasiven Fremdbesatz liegt noch relativ hoch. Daraus resultiert das Absinken des Maximaldrucks im Versuchszeitraum um etwa 1 bar (vgl. Bilder 4 und 5). Diese gewonnenen Erkenntnisse zum Verschleißver-

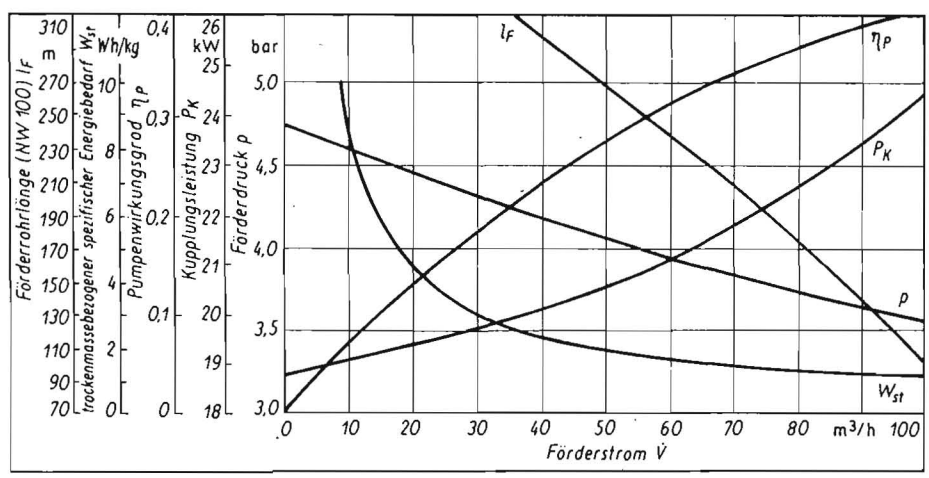


Bild 3. Betriebskennlinien der einstufigen Dickstoff-Kreiselpumpe KRCH 80/325 mod. mit breitem offenem Laufrad und Zuförderschnecke; Futterförderung; TS = 20,6 %; Wasser:TMF:ZR:Melasse: Schlempe = 57:17:17:7:2

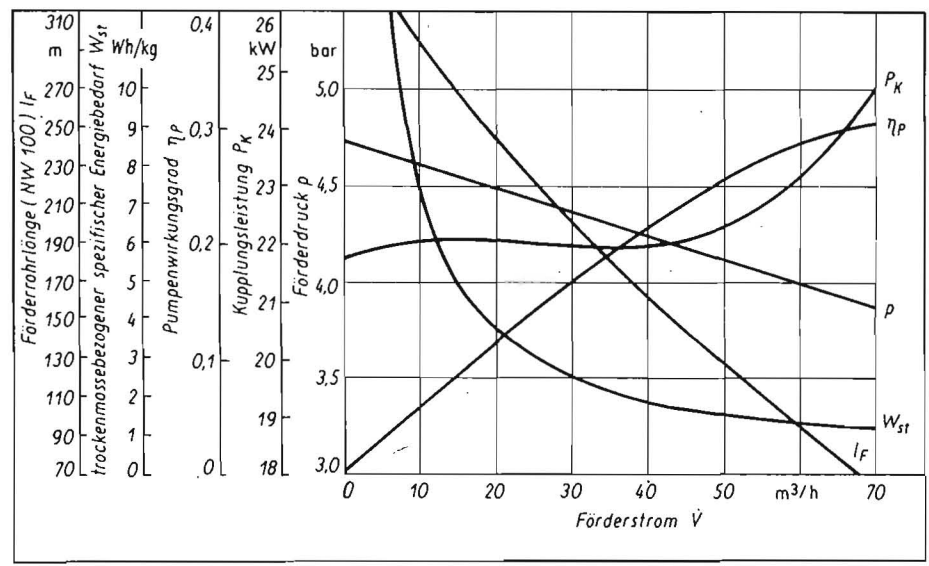
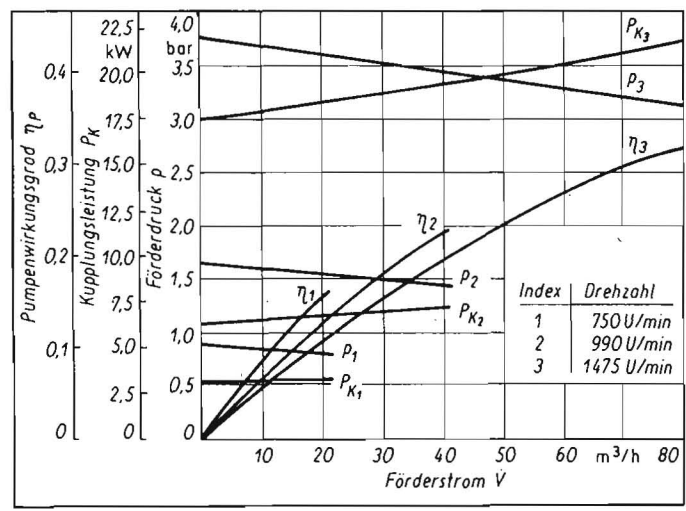


Bild 4. Betriebskennlinien der einstufigen Dickstoff-Kreiselpumpe KRCH 80/325 mod. mit breitem offenem Laufrad und Zuförderschnecke; Futterförderung; TS = 26,4%; Wasser:TMF:Schlempe = 66:31:3

Bild 5 Betriebskennlinien der einstufigen Dickstoff-Kreiselpumpe KRCH 80/325 mod. mit breitem offenem Laufrad und Zuförderschnecke; Futterförderung (Wasser, TMF); TS = 27,1%;  $\rho = 1,079 \text{ kg/dm}^3$



halten sind bei der Werkstoffauswahl für die abriebbelasteten Stellen zu berücksichtigen.

**3.3. Lösungsvorschlag**

Der Zielwert für den Förderdruck wird mit nur einer Pumpe KRCH 80/325 mod. nicht erreicht (Bilder 3 bis 5). Durch eine Hintereinanderschaltung von zwei Pumpen werden

deren Drücke addiert und  $p \geq 6 \text{ bar}$  realisiert. Dafür ist die in der Futterverteilanlage F989 installierte Havariesicherheitspumpe grundsätzlich im Fütterungsablauf mitzubenutzen. Im Havariefall reicht eine Pumpe für die Förderung aus (Bild 3). Dann ist innerhalb der kurzen Instandsetzungszeit der Förderstrom teilweise über den TS-Gehalt der Futtermischungen zu drosseln (vgl. Bilder 3 und

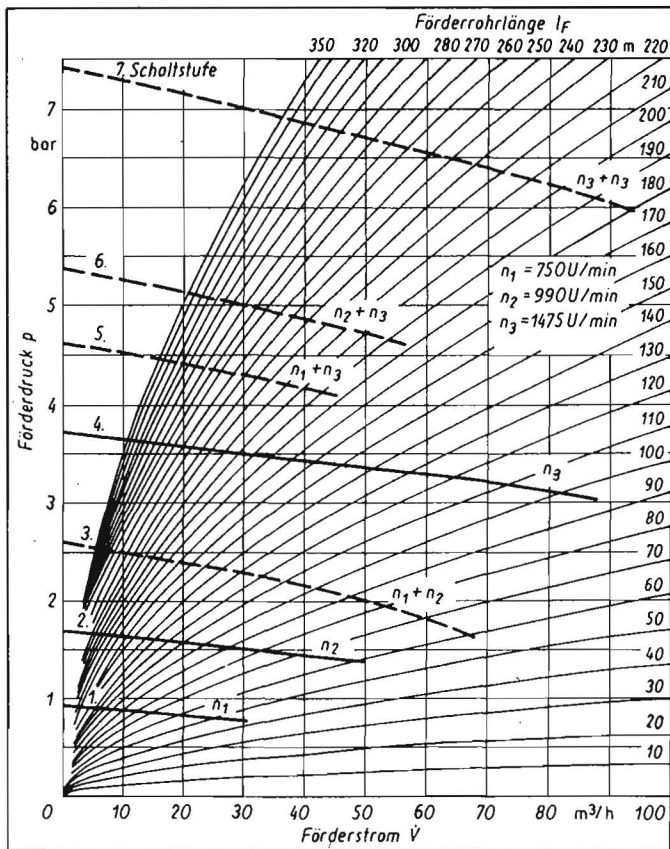


Bild 6. Überlagerung der Pumpenkennlinien mit den Rohrkenlinien; Futterförderung (Wasser, TMF); TS = 27,1%;  $\rho = 1,079 \text{ kg/dm}^3$ ; Hintereinanderschaltung von zwei KRCH 80/325 mod.; Pumpe 1:  $n = 1475/990 \text{ U/min}$ ; Pumpe 2:  $n = 1475/750 \text{ U/min}$

4). Bei einer Hintereinanderschaltung von zwei Pumpen mit jeweils 2 Drehzahlstufen (Bild 7) wird der Förderdruck über sieben Drehzahlkombinationen in ausreichend engen Stufen an den Bedarf der Förderleitung für  $\dot{V} = 20 \dots 40 \text{ m}^3/\text{h}$  angepaßt (Bild 6). Im Elektroteil sind für die bedarfsgemäße Wahl der Druckstufen dieses Förderaggregats die Anschlüsse von zwei polumschaltbaren E-Motoren mit 25 kW oberem Anschlußwert in geeigneter Weise zu verschalten.

#### 4. Ökonomischer Vergleich und Schlußfolgerungen

Die vorgeschlagene Kreiselpumpenkombination (Bild 7) ist eine instandhaltungs- und kostengünstige Lösung für ein zuverlässiges Förderaggregat in den Fließfütteranlagen der DDR. In 5 Jahren Nutzungsdauer werden 60% der Instandhaltungskosten (Hauptparameter der Aufgabenstellung) und 21% der Selbstkosten eingespart (Tafel 1). Die Zielstellung wird damit überboten. Der höhere Energiebedarf sollte nicht überbewertet werden, da die Instandhaltungskosten der Schraubenpumpe einen erheblichen, nicht ausgewiesenen Energieanteil enthalten. Durch das neue Förderaggregat werden in 5 Jahren je Futterverteilanlage F989 etwa 400 kg Gummi eingespart.

Der vorgelegte Beitrag enthält auszugsweise erste Forschungsergebnisse des Forschungszentrums für Mechanisierung (FZM) Schlieben/Bornim zum Fördern von Flüssigfutter für Schweine mit Dickstoff-Kreiselpumpen. Weitere Untersuchungen zu anderen Bauarten, Kombinationen sowie zur baugrößenmäßigen Anpassung bei geringeren Förderdruckanforderungen werden gegenwärtig in Zusammenarbeit des FZM Schlieben/Bornim

mit dem VEB Ausrüstungskombinat für Rinder- und Schweineanlagen Nauen zur Überführung optimaler Lösungen durchgeführt.

#### 5. Zusammenfassung

Die Schraubenpumpe M 13/2 in den Fließfütteranlagen F989 der DDR ist stör- und verschleißanfällig. Sie soll wegen des hohen Instandhaltungsaufwands durch ein wesentlich zuverlässigeres Förderaggregat ersetzt werden. Die Probleme beim Einsatz von Schraubenpumpen zur Futterförderung werden angeführt und damit die Zweckmäßigkeit der Ermittlung eines günstigeren Funktionsprinzips begründet. Die Förderaufgabe und die zugeordneten Zielparameiter werden dargelegt. Als kurzfristig realisierbare Ersatzlösung ist eine modifizierte Dickstoff-Kreiselpumpe in einem Praxisversuch und labormäßig untersucht worden. Die Versuchspumpe wird kurz beschrieben, und die ermittelten Meßgrößen werden genannt. Zur Kennzeichnung des Förderverhaltens und des Energiebedarfs sind Betriebskennlinien von Pumpe und Rohrleitung ermittelt worden. Die Vor- und Nachteile der hydrodynamischen Verdrängung in der Fließfütteranlage durch eine Kreiselpumpe und die Möglichkeiten zur Anpassung des Förderdrucks an den Bedarf der Rohrleitung werden dargelegt. Die Versuchspumpe fördert störungsfrei die vorgegebe-

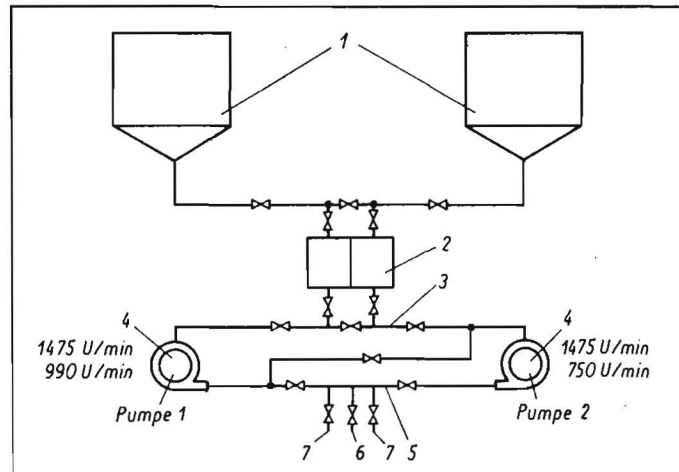


Bild 7. Hydraulisches Schema der Einordnung von zwei hintereinanderschaltbaren Dickstoff-Kreiselpumpen mit Drehzahlabstufung in die Futterverteilanlage F989; 1 Mischer, 2 Fremdkörperabscheider, 3 Saugleitung, 4 Kreiselpumpe, 5 Druckleitung, 6 Abfluß, 7 Leitungsabgang

Tafel 1. Einsatzkosten der Förderaggregate zur Förderung von Flüssigfutter in Futterverteilanlagen F989 in 5 Jahren Nutzungsdauer

Grundlage: Futterverteilanlage F989 der 6-kt-Schweinemastanlage Gladau; mittlerer Ersatzteilbedarf für Einspindelpumpen der Baugröße M13 aus 13 Betrieben mit Futterverteilanlagen F989; Nutzungsdauer von horizontalen Gülle-Kreiselpumpen der Baugröße KRCH 80/325 nach Angaben des VEB LTA Cottbus

Kostenart	zwei Einspindelpumpen Baugröße M13/2 – 115/140/6		Hintereinanderschaltung von zwei modifizierten Dickstoff-Kreiselpumpen Baugröße KRCH 80/325	
	M	%	M	%
Anschaffungspreis	10 600,—	100	8 500,—	80
Versicherung (5 × 0,00285 v. Preis)	151,—	100	121,—	80
Instandsetzung	37 908,—	100	15 304,—	40
Energie	9 410,—	100	22 108,—	235
Gesamtkosten	58 069,—	100	46 033,—	79

nen Futtermischungen, ist jedoch hinsichtlich ihrer Nutzungsdauer und dem Energiebedarf im Sinn des technischen Fortschritts verbesserungswürdig. Durch eine energiesparende Hintereinanderschaltung von zwei Versuchspumpen mit jeweils zwei Drehzahlen werden die Zielvorgaben erfüllt und überboten. Weitere Untersuchungen zur Überführung einer optimalen Lösung werden gegenwärtig durchgeführt.

#### Literatur

- [1] Netzsch-Mohnpumpen. Fa. Netzsch, Mohnpumpen-GmbH, Waldkreiburg (BRD), Prospekt 1984.
- [2] Gradewald, A.; Richter, K.: Gülle-Kreiselpumpen – eine neue konstruktive Lösung für den hydromechanischen Transport in der Landwirtschaft. Dt. Agrartechnik, Berlin 21 (1971) 8, S. 371–375.
- [3] Gradewald, A.; Richter, K.: Gülle-Kreiselpumpen – eine neue konstruktive Lösung für den hydromechanischen Transport in der Landwirtschaft (Teil II). Dt. Agrartechnik, Berlin 21 (1971) 12, S. 555–557.
- [4] Gradewald, A.: Universelles Kreiselpumpen-System, 2. Teilkomplex: Kreiselpumpen-System für hohen TS-Gehalt. VEB Kombinat Pumpen und Verdichter, WTZ, Bericht 1982 (unveröffentlicht).
- [5] Gradewald, A.: Einrichtungen an Dickstoff-Kreiselpumpen. WP 2309288. Anmeldetag: 19. Juni 1981.