

Druckverlust bei der Förderung konzentrierter Futtermischungen mit getrockneten Kartoffeln in Rohrleitungen

Dr.-Ing. M. Türk, KDT, Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Potsdam-Bornim der AdL der DDR

1. Problemstellung

Zur Berechnung von Förder- und Verteilrichtungen für die fließfähige Fütterung in Schweinegroßanlagen ist die Kenntnis der Druckverlustanteile in geraden Rohren und örtlichen Widerständen notwendige Voraussetzung, d. h., das Reibungs- oder Fließverhalten des nicht-Newton'schen Mediums muß bekannt sein. Beim Einsatz konzentrierter Hackfruchtfuttermischungen mit Zuckerrüben oder Kartoffeln zeigt sich ein äußerst kompliziertes Verformungsverhalten, das besonders von der Futterzusammensetzung, von den physikalischen Eigenschaften der Komponenten und von der vor der Förderung erfolgten mechanischen Beanspruchung abhängig ist. Mit Hilfe experimentell ermittelter Fließkurven kann man bekannte Fließgesetze anwenden und Durchsatz-Druckverlust-Abhängigkeiten für die laminare Rohrströmung berechnen. Dabei ist die Auswahl einer geeigneten Fließfunktion und die reproduzierbare Bestimmung der Fließkennwerte entscheidend. In diesem Beitrag soll das spezielle Förderproblem beim Einsatz von

Trockenkartoffelschrot und -flocken (Trockensubstanzgehalt TS = 90%), Trockenmischfutter (TS = 89%) und Wasser in der Schweinemast unter Verwendung der Verteilanlage F 989/1 behandelt werden.

Folgende Futterzusammensetzung wird zugrunde gelegt:

$$m_{TMF}:m_{F1}:m_S = 4:1:1.$$

Lediglich die Futterkonzentration m_F/m_W wird schrittweise variiert. Bei den Untersuchungen sind folgende Probleme zu lösen:

- Ermittlung des zulässigen Futter-Wasser-Masseverhältnisses m_F/m_W (TS > 22%) bei konstanter Gesamtförderlänge $l_{ges} = 250$ m, Nenndurchsatz $\dot{V} = 15$ m³/h und max. Förderdruck der Pumpe $p_0 = 61,78 \cdot 10^4$ Pa.
- Ermittlung der Fördereigenschaften der Futtermischung bei Einsatz von Warmwasser ($\vartheta_W = 60^\circ\text{C}$) und bei Abkühlung (Nachquellen der Trockenkartoffeln) nach längerem Stillstand in der Rohrleitung.

2. Ermittlung der Fließeigenschaften

Konzentrierte Hackfruchtfuttermischungen zeigen meist ein pseudoplastisches Fließverhalten, wobei für den realen Bereich der Schergeschwindigkeit bei der Rohrförderung $\tau_0 = 0$ angenommen werden kann [1]. Zur Beschreibung des Fließverhaltens wird für ingenieurmäßige Berechnungen am einfachsten das Potenzgesetz von Ostwald und de Waele verwendet:

$$\tau_w = k \left(\frac{dv}{dr} \right)_w^n \quad (1)$$

Zur experimentellen Ermittlung der Fließkurven sind grundsätzlich Rohr- und Rotationsviskosimeter geeignet, die eine eindimensionale Scherströmung erzeugen [2].

Als Rohrviskosimeter wird eine definierte Rohrstrecke der Nennweite (NW) 100 des Förderversuchsstands im Forschungszentrum für Mechanisierung verwendet, wobei die prozbestimmenden integralen Meßgrößen Druckverlust Δp und Durchsatz \dot{V} ermittelt werden [1].

Wird Gl. (1) in die allgemeine Gleichung der laminaren Rohrströmung

$$\left(-\frac{dv}{dr} \right)_N = \frac{4V}{\pi R^3} = \frac{4}{r_w^3} \int_0^R r^2 f(\tau) d\tau \quad (2)$$

eingesetzt, ergibt sich die gesuchte Druckver-

lust-Durchsatz-Abhängigkeit

$$\frac{\Delta p}{\Delta l} = \frac{2k}{R} \left(\frac{3n+1}{4n} \right)^n \left(\frac{4V}{\pi R^3} \right)^n \quad (3)$$

$$\lg \frac{\Delta p}{\Delta l} = \left[\lg \frac{2k}{R} + n \lg \left(\frac{3n+1}{4n} \right) + n \lg \frac{4}{\pi R^3} \right] + n \lg V, \quad (4)$$

so daß man mit

$$k = \frac{A}{2} R^{3n+1} \left(\frac{n\pi}{3n+1} \right)^n \quad (5)$$

die Fließkennwerte des Potenzgesetzes k und n direkt aus der experimentell bestimmten Abhängigkeit

$$\lg \frac{\Delta p}{\Delta l} = \lg A + n \lg V \quad (6)$$

erhält [1][3]. Bei der Bestimmung der Fließkurven sind vor allem die zeitabhängige Veränderung des Fließverhaltens (Quellung der Trockenkartoffeln, Thixotropie), der Temperatureinfluß und das Langzeitverhalten der Futtermischung in der Rohrleitung zu beachten.

Als Rotationsviskosimeter wird ein Rheotest 2 mit glatten Zylindern eingesetzt. Die sich damit ergebenden Fließkennwerte werden mit denen des Rohrviskosimeters verglichen (Tafel 1). Dabei zeigt sich bei den unterschiedlichen, homogenen Kartoffelfuttermischungen eine relativ gute Übereinstimmung, so daß das Rotationsviskosimeter zur Ermittlung von Überschlagswerten verwendbar ist.

3. Ergebnisse der Förderversuche

Die Ergebnisse der Förderversuche sind in den Bildern 1 bis 4 zusammengefaßt. Aus den Bildern 1 und 2 ist die Zeitabhängigkeit des Fließverhaltens zu ersehen, d. h. mit zunehmender mechanischer Belastung (Rühren oder Rohrförderung) wird die Fließfähigkeit verbessert. Man kann hierbei unechte Thixotropie annehmen, also eine bleibende Veränderung des Fließverhaltens im Versuchszeitraum. Dieses Zeitverhalten wurde berücksichtigt, indem die zum Zeitpunkt T_{V1} gemessenen Durchsatz-Druckverlust-Abhängigkeiten (Bild 1) mit Hilfe einer Korrekturzahl δ_z auf den

Verwendete Formelzeichen

| | | |
|---------------------|--------------------------------------|---|
| A | N · h/m ⁿ | Konstante der Funktion $\Delta p/\Delta l = f(\dot{V})$ |
| $(dv/dr)_w$ | 1/s | Newton'sches Schergefälle |
| $(dv/dr)_w$ | 1/s | korrigiertes Schergefälle nicht-Newton'scher Medien |
| d | m | Rohrinnendurchmesser |
| Eu | | Euler-Zahl |
| k | N · s ⁿ /m ² | Konsistenzkoeffizient des Potenzgesetzes |
| l | m | Länge der geraden Rohre |
| l_{ges} | m | Gesamtförderlänge |
| l^* | m | äquivalente Rohrlänge |
| m_F | kg | Masseanteil des Futtermischungs |
| | | ($m_F = m_{TMF} + m_{F1} + m_S$) |
| m_{F1} | kg | Masseanteil von Trockenkartoffelflocken |
| m_S | kg | Masseanteil von Trockenkartoffelschrot |
| m_{TMF} | kg | Masseanteil von Trockenmischfutter |
| m_W | kg | Masseanteil von Wasser |
| n | | Fließexponent des Potenzgesetzes |
| $\Delta p/\Delta l$ | Pa/m | spezifischer Druckverlust, bezogen auf 1 m Rohrlänge |
| p_0 | Pa | max. Förderdruck der Pumpe |
| R | m | Rohrinnenradius |
| r | m | radiale Koordinate |
| Re_n | | verallgemeinerte Reynoldszahl |
| TS | % | Trockensubstanzgehalt |
| T_V | min | Versuchszeit |
| T_{V0} | min | Zeitpunkt des Förderbeginns |
| T_{V1} | min | Zeitpunkt der Fließkurvenmessung |
| \dot{V} | m ³ /h, m ³ /s | Volumenstrom, Durchsatz |
| v | m/s | mittlere Strömungsgeschwindigkeit |
| δ_z | | Korrekturzahl des Zeitverhaltens |
| ζ | | Widerstandszahl |
| ϑ_F | °C | Temperatur der Futtermischung |
| ϑ_W | °C | Wassertemperatur |
| λ | | Rohrreibungszahl |
| ρ | kg/m ³ | Dichte |
| τ_w | Pa | Wandschubspannung |
| τ_0 | Pa | Fließgrenze |

Tafel 1. Förderversuche mit Futtermischungen aus getrockneten Kartoffeln, Trockenmischfutter und Wasser

| m_F/m_W | TS | ϑ_F | Fließkennwerte nach $T_V = 1300$ min | | | | rel. Fehler des Druckverlustes in % ($d = 100$ mm, $V = 15$ m ³ /h, k, n vom Rheotest) | |
|-----------|------|---------------|--------------------------------------|--------|------------------------------------|--------|---|--|
| | | | Stahlrohr NW 100 | | Rheotest mit glatten Zylindern | | | |
| | | | k | n | k | n | | |
| | | | N · s ⁿ /m ² | | N · s ⁿ /m ² | | | |
| 1:2,8 | 23,1 | 46 | 12,29 | 0,3406 | 12,50 | 0,3212 | 5,2 | |
| 1:2,6 | 24,7 | bis | 20,30 | 0,3072 | 16,22 | 0,3215 | 15,8 | |
| 1:2,4 | 25,8 | 47 | 25,75 | 0,2746 | 18,96 | 0,3215 | 10,5 | |
| 1:2,2 | 26,7 | | 28,53 | 0,2738 | 25,31 | 0,3150 | 3,3 | |
| 1:2,0 | 28,7 | | 46,78 | 0,2392 | 32,97 | 0,3075 | 9,2 | |

Ausgangszustand (T_{V0}) korrigiert wurden (Bild 3).

Durch den Einsatz von Warmwasser ($\vartheta_w = 60^\circ\text{C}$) werden eine erhebliche Beschleunigung des Quellvorgangs der Trockenkartoffeln und eine Verbesserung der Fließfähigkeit der Futtermischungen gegenüber der Verwendung von Kaltwasser ($\vartheta_w = 17^\circ\text{C}$) erreicht (Bild 3), was auch bei Rührversuchen nachgewiesen werden konnte. Daraus folgt, daß sich bereits bei der Futterbereitung im Mischer F 986 stabile Fließeigenschaften einstellen können. Dadurch ist ein Nachquellen der Trockenkartoffeln in der Rohrleitung nicht zu befürchten, so daß auch nach längerem Stillstand (12 h) und vollständiger Abkühlung der Futtermischung keine Verstopfungen der Rohrleitung oder „Anfahrprobleme“ zu erwarten sind.

Allgemein können die untersuchten Futtermischungen als homogen angesehen werden, da keinerlei Sedimentation erfolgt, so daß die mit dem Rotationsviskosimeter bestimmten Fließkennwerte auf die Rohrströmung übertragbar sind.

Mit Hilfe der im Bild 4 dargestellten Abhängigkeit $m_F/m_W = f(\Delta p/\Delta l)$ bei $\dot{V} = 15 \text{ m}^3/\text{h} \approx \text{konst.}$ für eine Rohrleitung NW 100 kann die Konzentration der mit einer Exzentrerschneckenpumpe AM 13/2 über die geforderte Gesamtförderlänge $l_{\text{ges}} = 250 \text{ m}$ förderbaren Futtermischung ermittelt werden. Dabei wird ein maximaler Förderdruck der Pumpe von $p_0 = 61,78 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ ($6,3 \text{ kp/cm}^2$) zugrunde gelegt, es wird also

$$\left(\frac{\Delta p}{\Delta l}\right)_{\text{max}} = \frac{61,78}{250} \cdot 10^4 \text{ Pa/m} = 2,472 \text{ kPa/m}$$

Damit ergibt sich ein Futter-Wasser-Verhältnis $m_F/m_W = 0,36$, so daß eine Futtermischung $m_F/m_W = 1:2,8$ (TS = 23,1%) eingesetzt werden kann.

Zur Erhöhung der Betriebssicherheit wird eine Futterkonzentration von $m_F/m_W = 1:3$ (TS = 22,0...22,5%) für den praktischen Einsatz empfohlen. Mit Hilfe der im Bild 3 angegebenen Fließkennwerte k und n und Gl. (3) kann somit der Druckverlust für beliebige Rohrdurchmesser ($d = 50 \dots 125 \text{ mm}$) und Durchsätze \dot{V} berechnet werden. Eine verallgemeinerungsfähige, dimensionslose Darstellung und Berechnung des Widerstandsverhaltens bei der laminaren Rohrströmung ist auch möglich mit Hilfe der Rohrreibungszahl

$$\lambda = \frac{2 E_w d}{\Delta l} \frac{2 \Delta p d}{\rho \Delta l v^2} \quad (7)$$

und der verallgemeinerten Reynoldszahl

$$Re_n = \frac{d^n v^{2-n} \rho}{k} \quad (8)$$

bei Anwendung von

$$\lambda = \frac{8 \left(\frac{6n+2}{n}\right)^n}{d^n v^{2-n} \rho} \quad (9)$$

Für die Rohrleitungsberechnung sind weiterhin die Druckverlustanteile in örtlichen Widerständen von Interesse. Der relative Strömungswiderstand in Formstücken und Armaturen ist bei konzentrierten Futtermischungen allgemein erheblich geringer als bei turbulenter Wasserströmung. Ein gerades Rohr mit der äquivalenten Rohrlänge l^* verursacht den gleichen Druckverlust wie die entsprechende Armatur

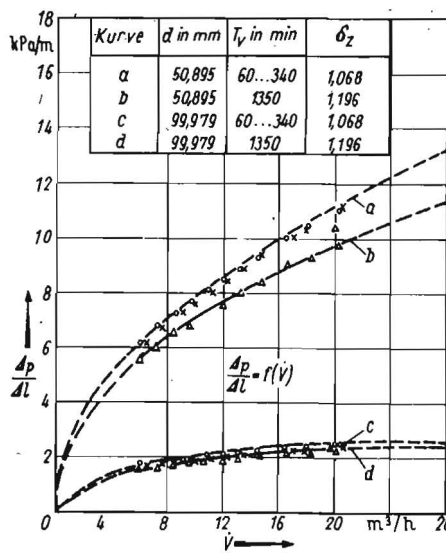


Bild 1. Spezifischer Druckverlust $\Delta p/\Delta l$ in Abhängigkeit von Durchsatz \dot{V} und Versuchszeit T_V ; $m_F/m_W = 1:2,8$, TS = 23,1%, $\vartheta_F = 36 \dots 34,6^\circ\text{C}$

Bild 2.

Spezifischer Druckverlust $\Delta p/\Delta l$ in Abhängigkeit von der Versuchszeit T_V ; Stahlrohr NW 50, $\vartheta_F = 47^\circ\text{C}$, $\dot{V} = 15 \text{ m}^3/\text{h}$

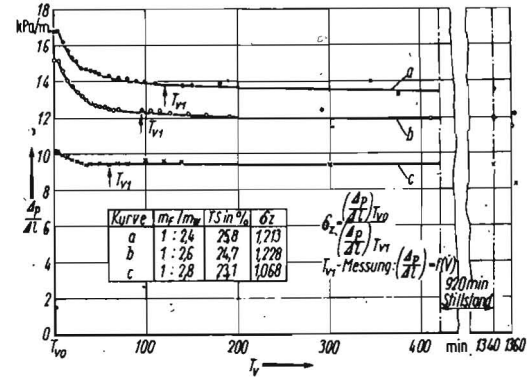
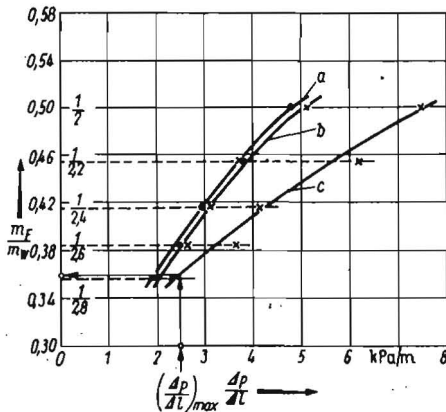


Bild 4.

Futterkonzentration m_F/m_W in Abhängigkeit vom spezifischen Druckverlust $\Delta p/\Delta l$; a Meßwerte mit Rotationsviskosimeter bestimmt, b Meßwerte mit Rohrviskosimeter bestimmt, c auf T_{V0} korrigierte Meßwerte



bzw. das Formstück:

$$l^* = \frac{\zeta}{\lambda} d \quad (10)$$

Folgende Werte können als Berechnungsgrundlagen dienen:

- Keilovalschieber ND 10 $l^* = 0,40 \text{ m}$
- Schnellschlußschieber ND 6 $l^* = 0,20 \text{ m}$
- 90°-Krümmer ($R_k = 1,5 d$) $l^* = 0,40 \text{ m}$
- T-Stück (gerade durchströmt) $l^* = 0,40 \text{ m}$
- T-Stück (im Winkel von 90° durchströmt) $l^* = 0,40 \text{ m}$
- Verteilschieber mit T-Umlenkung $l^* = 0,40 \text{ m}$

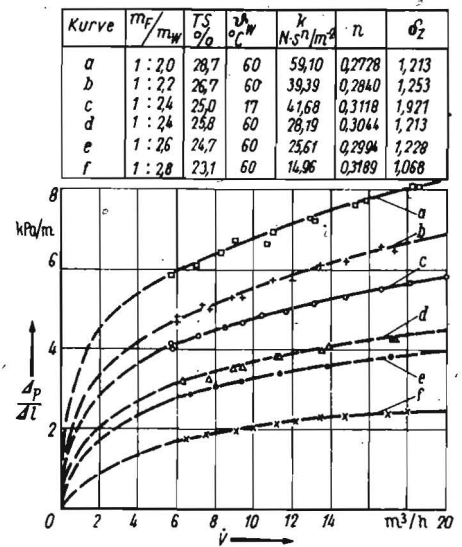


Bild 3. Auf T_{V0} korrigierter spezifischer Druckverlust $\Delta p/\Delta l$ in Abhängigkeit vom Durchsatz \dot{V} ; Stahlrohr NW 100, $\vartheta_F = 45 \dots 47^\circ\text{C}$

Damit setzt sich die Gesamtförderlänge wie folgt zusammen:

$$l_{\text{ges}} = \Sigma l + \Sigma l^* \quad (11)$$

4. Zusammenfassung

Mit konzentrierten Futtermischungen aus Trockenkartoffeln, Trockenmischfutter und Wasser wurden Förderversuche durchgeführt, die folgende Schlußfolgerungen und Empfehlungen für die Praxis ergaben:

- Zur Sicherung der Übertragbarkeit eignet sich zur Ermittlung von Fließkurven am besten ein Rohrviskosimeter [1] [3].
- Die Ermittlung von Fließkurven ist auch mit Rotationsviskosimetern möglich, eine Praxisüberprüfung ist jedoch notwendig.
- Auf der Grundlage der Gleichungen (3) bzw. (7), (8) und (9) kann der Druckverlust in geraden Rohren für beliebige Rohrdurchmesser d und Durchsätze \dot{V} berechnet werden.
- Beim Einsatz der Verteilanlage F 989/1 mit Exzentrerschneckenpumpen AM 13/2 (max. Förderdruck $p_0 = 61,78 \cdot 10^4 \text{ Pa}$), einer Gesamtförderlänge $l_{\text{ges}} = 250 \text{ m}$ und $\dot{V} = 15 \text{ m}^3/\text{h}$ kann eine Futterkonzentration $m_F/m_W = 1:3$ (TS = 22,3%) empfohlen werden.
- Der Einsatz von Warmwasser ($\vartheta_w = 60^\circ\text{C}$) bewirkt eine Beschleunigung der Quellung der Trockenkartoffeln und ist unbedingte Voraussetzung für den Einsatz dieser Futtermischungen.
- Ein Nachquellen der Futtermischung und

Fortsetzung auf Seite 117

Industriemäßige Organisation der Instandhaltung — wichtige Voraussetzung für industriemäßige Pflanzenproduktion¹⁾

Dipl.-Ing. G. Giese, KDT, VEB Kreisbetrieb für Landtechnik Görlitz-Niesky

1. Was ist industriemäßige Instandhaltung?

Die Instandhaltung industriemäßig zu organisieren bedeutet, bei allen Entscheidungen zur Leitung, Planung und Organisation des Hilfsprozesses Instandhaltung vom Hauptprozeß der Pflanzenproduktion auszugehen.

Die industriemäßig organisierte Instandhaltung beinhaltet als ein sehr wichtiges Merkmal ein hohes Niveau der Wartung und Pflege, um Schädigungen jeder Art weitgehend entgegenzuwirken. Dieses Niveau wird auf die Dauer für die immer komplizierter werdende Landtechnik nur dort gesichert werden können, wo die Organisationsform III durchgesetzt wird. Dazu ist die maximale Auslastung der Kapazitäten erforderlich. In den Kreisen Görlitz und Niesky (45 000 ha LN) soll mit Hilfe von sechs Pflegestationen, von denen bis jetzt zwei arbeiten, das Niveau der Organisationsform III in allen Betrieben der Land-, Forst- und Nahrungsgüterwirtschaft gesichert werden. Dabei wird der Grundsatz durchgesetzt, daß keine Pflegestation betriebsgebunden arbeitet, sondern daß sie unabhängig vom Nutzer die gesamte mobile Technik für ein bestimmtes Territorium erfaßt. In dieses System paßt lediglich noch nicht die für Düngung und Pflanzenschutz eingesetzte mobile Technik des Agrochemischen Zentrums (ACZ). Die industriemäßig organisierte Instandhaltung beinhaltet ein festes System von Überprüfungen für die gesamte Technik. Diese Überprüfungen stellen einerseits eine echte Kontrolle für den richtigen Umgang, die ordnungsgemäße Wartung und Pflege, die qualitätsgerechte Instandsetzung, andererseits aber auch eine gute Grundlage für das immer exaktere Ermitteln der Restnutzungsdauer dar.

Der Verfasser vertritt den Standpunkt, daß auf das Schädigungsverhalten so viele Faktoren Einfluß haben, daß gegenwärtig aufgrund eines bestimmten Schadzustands keinesfalls eine exakte Restnutzungsdauerprognose aufgestellt werden kann. Zwar wird gemeinsam mit den zuständigen wissenschaftlichen Einrichtungen an der Qualifizierung der Restnutzungsdauerprognose gearbeitet, infierbetrieblich und gegenüber den Landwirtschaftsbetrieben erscheint aber die Konzentration des VEB Kreisbetrieb für Landtechnik (KfL) auf die Kontrollfunktion günstiger. Alle Mängel und Schäden an der Maschine werden im Überprüfungsprotokoll erfaßt und speziell ausgewertet. Für die einzelnen Mängel und Schäden wird eine Zuordnung vorgenommen, durch wen sie verursacht oder wesentlich beeinflußt werden können. Alle festgestellten Mängel müssen mit diesen Kadern ausgewertet werden, um die Ursachen für die Mängel zu erkennen und zu beseitigen[1].

Die technologisch disziplinierte durchgeführte und ordnungsgemäß ausgewertete Hauptüberprüfung läßt eine Reihe von Schlußfolgerungen zu, sowohl für die Einsatzzuverlässigkeit als auch für die Arbeit in den verschiedenen Bereichen. Bei allen erforderlichen Instandhaltungsmaßnahmen ist nach eindeutigen Vorschriften, Technologien und Qualitätskriterien zu arbeiten. Für die Instandhaltung der Landtechnik bilden die von der Erzeugnisgruppe 18 popularisierten Vorschriften eine gute Grundlage. Ebenso können die von der Erzeugnisgruppe 18 empfohlenen Rahmentechnologien für die einzelnen Pflegegruppen und Überprüfungen nach entsprechender örtlicher Angleichung angewendet werden. Das Feld der technologisch nicht beherrschten Instandsetzungen kann immer weiter eingegrenzt werden. Die Kampagnefestinstandsetzung der Landmaschinen erfolgt auf der Grundlage von Technologien und entsprechenden Normen. Bei den Teilinstandsetzungen an LKW und Traktoren kann mit Arbeitsbegleitkarten gearbeitet werden, die die jeweiligen Arbeitsgänge und die für die jeweiligen Bedingungen zutreffende Normzeit enthalten. Wenige Erfahrungen gibt es noch bei der Arbeit mit eindeutigen Qualitätskriterien. Damit alle Instandhaltungsmaßnahmen nach Vorschriften, Technologien und Qualitätskriterien durchgeführt werden können, sind nicht nur ständig die Grundlagen dafür zu sichern, sondern auch die produktionsvorbereitenden Bereiche in den Instandhaltungsbetrieben zu stärken.

Zur industriemäßig organisierten Instandhaltung gehört auch die gesicherte Verfügbarkeit der Landtechnik zu den erforderlichen Einsatzterminen. Die wichtigste Voraussetzung dafür ist die kontinuierliche Instandhaltung der ganzjährig eingesetzten Technik und eine Kampagnefestinstandsetzung der entsprechenden Maschinen vor jeder Kampagne. Da bei der Kampagnefestinstandsetzung einerseits vom Schadzustand der Maschine und andererseits von den zu erwartenden Anforderungen in der nachfolgenden Kampagne auszugehen ist, kann

das jetzt praktizierte Niveau nicht befriedigen. Die schadgruppenbezogene Instandsetzung muß durchgesetzt werden. Die sich daraus ergebenden technologischen Probleme für das Durchlaufverfahren der spezialisierten Instandsetzung können eventuell dadurch gelöst werden, daß das Fließband nur noch Demontage- und Montagetakte enthält. Alle Instandsetzungsarbeiten werden außerhalb des Fließbands durchgeführt. Zur Sicherung der Verfügbarkeit gehört auch eine entsprechende Reservehaltung.

Industriemäßige Instandhaltung erfordert eine hohe Materialökonomie bei allen Instandhaltungsarbeiten. Dazu müssen immer bessere Grundlagen für die Einstufung aller Einzelteile in Wiederverwendungs-, Aufarbeitungs- und Aussonderungsteile geschaffen und die entsprechenden Kader zur objektiven Beurteilung qualifiziert werden. Gute Erfahrungen wurden damit gesammelt, in den Betriebsteilen mit der höchsten Materialintensität erfahrene Meister als Verantwortliche für Materialökonomie einzusetzen. Diese Kader haben die Aufgabe, alle Einzelteile einzustufen und jedes instandsetzungswürdige Teil der Instandsetzung zuzuführen. Die Aufarbeitung soll nicht als eine Notlösung für nicht lieferbare Ersatzteile betrachtet werden.

Zu den Anforderungen industriemäßiger Instandhaltung gehört die hohe Auslastung der vorhandenen Grundfonds. Die Schichtarbeit in der Instandhaltung dient nicht nur dem Ziel, in Schichten eingesetzte Maschinenkomplexe technisch zu betreuen. Durch die mehrschichtige Teilinstandsetzung soll auch erreicht werden, die bei der Teilinstandsetzung entstehende Ausfallzeit zu senken. Infolge der Konzentration der Kräfte in den besten Kapazitäten und der Schichtauslastung dieser Kapazitäten bei besseren Arbeitsbedingungen ist außerdem eine höhere Arbeitsproduktivität möglich.

Die industriemäßig organisierte Instandhaltung der Landtechnik zur Sicherung industriemäßiger Pflanzenproduktion erfordert ein enges Zusammenwirken von Pflanzenproduktionsbetrieb, ACZ und KfL. Dazu gehört nicht nur die koordinierte Organisation der arbeitsteiligen Prozesse. Außerst wichtig sind die ständige Vertiefung des sich immer wieder bewährenden Vertrauensverhältnisses der beteiligten Partner, die Verlagerung arbeitsintensiver Instandsetzungen in die Arbeitstäler der Landwirtschaft, der Austausch von Arbeitskräften auf der Grundlage der Anforderungen aus den Arbeitsspitzen und -tälern der Pflanzenproduktion, eine hohe Disponibilität und operative Beweglichkeit.

Die in der Instandhaltung eingesetzten Arbeitskräfte müssen ein hohes Niveau in ihrer Qualifizierung aufweisen. Dazu gehört, daß neben der allgemeinen Ausbildung auch jeder Werk tätige eine arbeitsplatzbezogene Ausbildung hat und daß die erforderlichen Spezialisten langfristig ausgebildet werden. Da in der Instandhaltung aber nicht nur ständige, sondern auch teilweise Beschäftigte eingesetzt sind, muß der Qualifizierung der Mechanisatoren

Fortsetzung von Seite 116

Sedimentation im Rohr bei längerem Stillstand (max. 12 h) wurde nicht beobachtet, so daß eine Überlastung der Pumpe beim Förderbeginn nicht angenommen wird.

— Der Strömungswiderstand von Armaturen und Formstücken wird zweckmäßig mit Hilfe der äquivalenten Rohrlänge l^* gekennzeichnet; l^* ist allgemein geringer als bei turbulenter Wasserströmung[1].

Literatur

- [1] Türk, M.: Beitrag zum Berechnen horizontaler Rohrleitungssysteme für konzentrierte fließfähige Hackfruchtfuttermischungen unter besonderer Berücksichtigung des Zuckerrübenensatzes. Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Dissertation 1975.
- [2] Reher, E.-O.; Pfannschmidt, D.: Mechanische Verfahrenstechnik. Lehrbriefe für das HS-Fernstudium Nr. F 63/1. Zentralstelle für HS-Fernstudium im Auftrag des Ministeriums für Hoch- und Fachschulwesen der DDR.
- [3] Türk, M.: Berechnung des Druckverlustes bei der Förderung konzentrierter landwirtschaftlicher Suspensionen in Rohrleitungen. agrartechnik 26 (1976) H. 10, S. 486—490. A 1436