

Möglichkeiten des rationellen Energieeinsatzes und der Energieeinsparung bei der Beregnung

Dipl.-Ing. H.-J. Kreienbrink, KDT/Ing. E. Zech

Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

Die volkswirtschaftlich notwendige Einsparung von Energie, die auf dem 11. Plenum des ZK der SED eindeutig hervorgehoben wurde, zwingt auch beim Bau und Betrieb von Beregnungsanlagen, auf eine effektive Verwendung des Kraftstoffs und der Elektroenergie zu achten. Alle möglichen Reserven sind auch hier aufzudecken und zu erschließen.

Bei ortsfesten und teilbeweglichen Beregnungsanlagen ist die Elektropumpstation der Hauptenergieverbraucher. Deshalb werden bereits bei der Projektierung und beim Bau die Voraussetzungen zur höchstmöglichen Ausnutzung und Einsparung von Energie geschaffen. Das beinhaltet eine gute Anpassung der Pumpstation an die Betriebsbedingungen durch feinstufig angepaßte Pumpenaggregation in Abstimmung mit den einzeln zu betreibenden Teilflächen der Beregnungsanlage, ausreichende Dimensionierung der Rohrleitung zur Verringerung der Druckverluste, ordnungsgemäße Verlegung der Rohrleitung und Schaffung ausreichender Entlüftungsmöglichkeiten zur Verringerung und Vermeidung von Rohrbrüchen, da bei Rohrbrüchen bis zur Entdeckung und Abstellung der Pumpstation bereits große Wassermengen verloren gehen und die Instandsetzung mit energieaufwendigen Baggerarbeiten verbunden ist. Zur Einhaltung dieser Bedingungen muß die Beregnungsanlage demnach auch projektmäßig bedient und gewartet werden. Das bedeutet Einstellung des optimalen Betriebsdrucks der Regner oder Regnerleitungen mit Hilfe von

Absperrschieber oder Hydrant, regelmäßige Überprüfung der druck- bzw. mengenabhängigen Steuerung der Pumpstation.

Wichtig sind weiterhin die Einhaltung der optimalen Regengaben unter Auswertung und Beachtung der Hinweise der EDV-Beregnungsberatung, weitgehender Einsatz der Beregnungsanlage außerhalb der Energiespitzenzeiten und Ausnutzung des Nachtstromes durch Beregnung während der Nachtstunden.

Kraftstoff wird in der Beregnungstechnik hauptsächlich zum Betreiben der mobilen Dieselpumpenaggregate, der rollbaren Regnerleitungen und der Fahrzeuge der Beregnungswärter verwendet. Einen geringen Kraftstoffverbrauch der Dieselpumpenaggregate erreicht man durch eine regelmäßige Wartung und Pflege. Dazu gehören das Reinigen des Luft- und Kraftstofffilters, das Überprüfen der Motorkühlung, das Beachten der Dichtheit der Saugleitung, um die Entlüftungszeit mit Hilfe des Ejektors zu reduzieren. Eine rechtzeitige Überholung des Dieselpumpenaggregats dient auch der Einhaltung eines geringen spezifischen Kraftstoffverbrauchs.

Die Anpassung an die jeweiligen Betriebsbedingungen des Dieselpumpenaggregats durch Drehzahlverstellung in gewissen Grenzen führt auch zu einer Kraftstoffeinsparung, denn die druckseitige Drosselung des Förderstromes durch teilweises Schließen eines Schiebers bedeutet Energievernichtung.

Auch bei den rollbaren Regnerleitungen sind

regelmäßige Wartung und Pflege und rechtzeitige Instandsetzung speziell des Antriebsteils Voraussetzung für einen geringen Kraftstoffverbrauch. Ein rechtzeitiges Ausrichten der rollbaren Regnerleitung verringert den Rollwiderstand beträchtlich und hat neben der geringeren Bruchgefahr der Rohre auch den Vorteil des sparsamen VK-Verbrauchs.

Infolge der Energieumwandlung hat der Elektroantrieb für rollbare Regnerleitungen einen schlechteren Wirkungsgrad gegenüber dem VK-Antrieb. Deshalb sollten rollende Regnerleitungen mit Elektroantrieb hauptsächlich dort eingesetzt werden, wo sie aus arbeitshygienischen Gründen (Gülle- und Abwassererregung) oder aus arbeitstechnologischen Gründen (Wegfall der großen Wegezeit bei rollenden Regnerleitungen mit großer Arbeitsbreite) Vorteile haben.

Ein weiterer Weg zur Kraftstoffeinsparung ist die Verwendung geeigneter energiesparender Transportfahrzeuge für den Beregnungswärter. Beim Betreiben der rollenden Regnerleitungen mit VK-Antrieb kann der Beregnungswärter ein Moped oder Motorrad benutzen, während er beim Regner mit Elektroantrieb einen Traktor oder Multicar als Transportmittel benötigt.

Die Hinweise zur rationellen Energieanwendung sollen erste Anregungen sein. Unter konkreten Einsatzbedingungen müssen entsprechende Untersuchungen über die jeweiligen Möglichkeiten durchgeführt werden.

AK 2711

Energetische Aspekte des Betriebes von Hydraulikanlagen

Dr. sc. techn. E. Hlawitschka, KDT, Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik

Verwendete Formelzeichen

F_z	Schubkraft des Arbeitszylinders
M_{ab}	Abtriebsmoment
M_{an}	Antriebsmoment
n	Drehzahl
p_1	Druck am Eintritt
Δp	Druckdifferenz
Δp_v	Druckverlust
V	Verschleiß
v	Kolbengeschwindigkeit
V_{eff}	effektiver Förderstrom
V_L	Leckverluststrom
V_{theor}	theoretischer Förderstrom
η_{ges}	Gesamtwirkungsgrad
η_{mech}	mechanischer Wirkungsgrad
η_p	Druckwirkungsgrad
η_v	volumetrischer Wirkungsgrad
ν	Viskosität
ω	Winkelgeschwindigkeit

1. Einführung

In der Landtechnik werden heute in zunehmendem Maß zum Energietransport und damit auch zur Energiewandlung Hydraulikanlagen eingesetzt. Die Wandlung der physikalischen

Größen Leistung, Drehmoment und Drehzahl kann nicht verlustlos erfolgen. Vielmehr haftet der Hydraulik der Nachteil an, daß diese Anlagen höhere Wandlungsverluste aufweisen als z. B. mechanische oder elektrische Wandler. Bezüglich der Energieausnutzung, die man im Wirkungsgrad zum Ausdruck bringen kann, sind also Hydraulikanlagen benachteiligt. Damit gehören sie nicht zu jener Gruppe von Anlagen, die den Forderungen nach sparsamster Verwendung von Energie im weitesten Sinne entsprechen. Um dennoch auch in Zukunft die zweifellos vorhandenen großen Vorteile der Hydraulik nutzen zu können, ist es notwendig, technisch und ökonomisch nutzbare Möglichkeiten der Wirkungsgraderhöhung zu nutzen bzw. die möglichen Verlustquellen aufzudecken und zu analysieren. Maßnahmen zur Erhöhung des Wirkungsgrades können nicht nur im Bereich der Konstruktion und Fertigung realisiert werden, sondern sollten auch beim Betreiben von Hydraulikanlagen ebenso Berücksichti-

gung finden wie bei Pflege- und Wartungsarbeiten.

2. Wirkungsgrade der Hydraulikanlage

In einer Hydraulikanlage, bestehend aus Hydraulikpumpe, Hydraulikmotor, Stelleinrichtungen und Leitungen, geht beim Energiefluß vom Antrieb der Hydraulikpumpe bis zum Abtrieb des Hydraulikmotors ein Teil der eingeleiteten Energie durch Reibung in den Lagerstellen und an den Gleitstellen der Dichtungen, durch Reibungs- und Trägheitsverluste in der Hydraulikflüssigkeit und infolge der Leckverluste an den Dichtstellen verloren und ist für die Nutzung nicht verfügbar. Die Verlustenergie führt vielmehr zur Erwärmung der Hydraulikanlage, als deren Folge sich beim Überschreiten der zulässigen Temperatur die Schmierungsverhältnisse in den Hydraulikgeräten so stark verschlechtern, daß eine Schädigung zu erwarten ist und der Wirkungsgrad meist stark abfällt.

Der Gesamtwirkungsgrad der Hydraulikanlage — der Quotient aus der abgegebenen zu der zugeführten Energie — ist das Produkt aus den einzelnen Gesamtwirkungsgraden von Hydraulikpumpe, Hydraulikmotor und den übrigen Anlagenbauteilen. Er ist ein Maßstab für die Beurteilung der Energieausnutzung und muß daher mehr in das Blickfeld des Interesses auch der Betreiber von Hydraulikanlagen gerückt werden.

Der Gesamtwirkungsgrad eines einzelnen hydraulischen Geräts setzt sich zusammen aus dem volumetrischen, dem mechanischen und dem Druckwirkungsgrad, so daß allgemein gilt:

$$\eta_{ges} = \eta_v \cdot \eta_{mech} \cdot \eta_p \quad (1)$$

Von den drei Faktoren der Gl. (1) beeinflussen η_{mech} und η_p die Höhe der übertragbaren Kräfte, und η_v übt einen Einfluß auf die Übertragungsgeschwindigkeit dieser Kräfte aus.

Bei Hydraulikanlagen sind weder die drei Teilwirkungsgrade konstant, noch ist der Gesamtwirkungsgrad eine konstante Größe. Letzterer wird besonders bestimmt durch die konstruktive Ausführung der Geräte, den jeweiligen Betriebszustand (Druck, Drehzahl, Temperatur) und auch durch den vorhandenen Schädigungszustand. Typisch ist, daß der Gesamtwirkungsgrad nur in einem bestimmten Betriebsbereich ein Optimum aufweist und seine absolute Höhe mit zunehmender Schädigung sinkt. Damit stellt der Gesamtwirkungsgrad nicht nur die Beziehung zu den Gesamtverlusten her, sondern grenzt auch den günstigsten Betriebsbereich der einzelnen Hydraulikgeräte ab. Das Betreiben und das Einschätzen des Zustands von Hydraulikanlagen sollte also nicht ohne Beachtung des jeweiligen Gesamtwirkungsgrades erfolgen, um dem Aspekt der rationalen Energieausnutzung Rechnung zu tragen.

3. Verluste in Hydraulikpumpen

Hydraulikpumpen, die den Energiestrom erzeugen, sind aus energetischer Sicht u. a. dadurch gekennzeichnet, daß vorwiegend volumetrische und mechanische Verluste den Prozeß der Druckstromerzeugung kennzeichnen. In den heute üblichen Hochdruckpumpen sind die Druckverluste vernachlässigbar. Für Pumpen, die auf rotierender Basis arbeiten, kann der Gesamtwirkungsgrad wie folgt angegeben werden:

$$\eta_{ges p} = \frac{\dot{V}_{eff} \Delta p}{M_{abw} \omega} \approx \eta_{vp} \eta_{mch p} \quad (2)$$

Das grundsätzliche Verhalten des Gesamtwirkungsgrades wie auch der Teilwirkungsgrade ist im Bild 1 dargestellt, das den Einfluß des Drucks als besonders markanten Betriebsparameter erkennen läßt. Unterschiedliche Betriebstemperaturen äußern sich in einer Verringerung des Gesamtwirkungsgrades mit zunehmender Erwärmung.

Stellvertretend für andere Hydraulikpumpen, deren Wirkungsgradverhalten aber nicht grundsätzlich anders ist, wird im Bild 2 der Gesamtwirkungsgrad einer Zahnradpumpe für verschiedene Schädigungszustände dargestellt. Es zeigt sich, daß infolge der Spaltvergrößerung in Pumpen durch den Verschleiß der Gesamtwirkungsgrad rapide abnimmt, wodurch die Wirtschaftlichkeit des Pumpenbetriebes in Frage gestellt wird.

Aus grundlegenden Erkenntnissen und aus gewonnenen Untersuchungsergebnissen [1, 2] lassen sich folgende Hinweise ableiten, die vornehmlich den Betreiber zur Senkung der

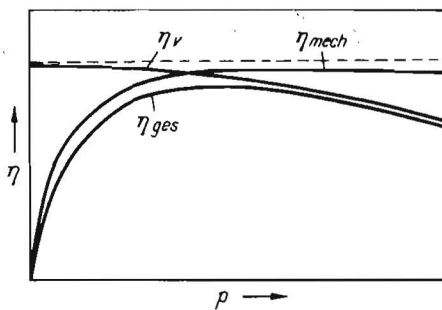


Bild 1. Grundsätzlicher Verlauf der Wirkungsgrade rotierender hydraulischer Geräte

Energieverluste in Hydraulikpumpen anregen sollen:

- Geringe Energieverluste sind nur zu erreichen, wenn Hydraulikpumpen nicht weit außerhalb des günstigsten Betriebsbereichs eingesetzt werden.
- Da sich die inneren Leckverluste in Pumpen mit der dritten Potenz der Dichtspaltweite erhöhen, wird der Gesamtwirkungsgrad infolge der Abnutzung der Dichtflächen sehr stark gesenkt. Das exakte Einhalten der Pflege- und Wartungsvorschriften zur Reduzierung der Abnutzung ist daher die wichtigste Maßnahme zur Erhaltung eines hohen Gesamtwirkungsgrades.
- Es ist notwendig, solche Methoden und Verfahren der technischen Diagnostik zu entwickeln und anzuwenden, die es gestatten, solche Pumpen zu erkennen, deren Gesamtwirkungsgrad zu stark abgefallen ist. Bei Berücksichtigung der aus technologischen Kriterien abgeleiteten Aussonderungsgrenze, die nach [1] für Zahnradpumpen bei 60% des Nennförderstromes liegt, dürfte die Aussonderungsgrenze aus energetischer Sicht dann erreicht sein, wenn der Gesamtwirkungsgrad 50% unterschreitet. Ein niedriger Gesamtwirkungsgrad führt im allgemeinen zu einer starken Wärmeentwicklung.
- Mit der Erhöhung der Betriebstemperatur bzw. der Abnahme der Ölviskosität verringert sich der Gesamtwirkungsgrad. Jede Maßnahme zur Verringerung der Betriebstemperatur senkt die Energieverluste.
- Hoher Unterdruck in der Saugleitung von Pumpen führt zu großen Füllungsverlusten. Daher wirken geringe Saughöhen, saubere Saugfilter, große Querschnitte der Saugleitung usw. verlustsenkend.

Bild 2 Gesamtwirkungsgrad einer Zahnradpumpe TGL 10859 A 25 für verschiedene Verschleißzustände

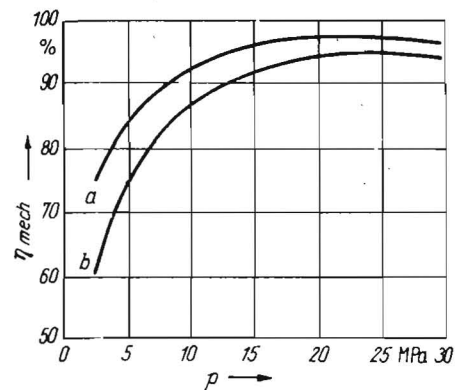
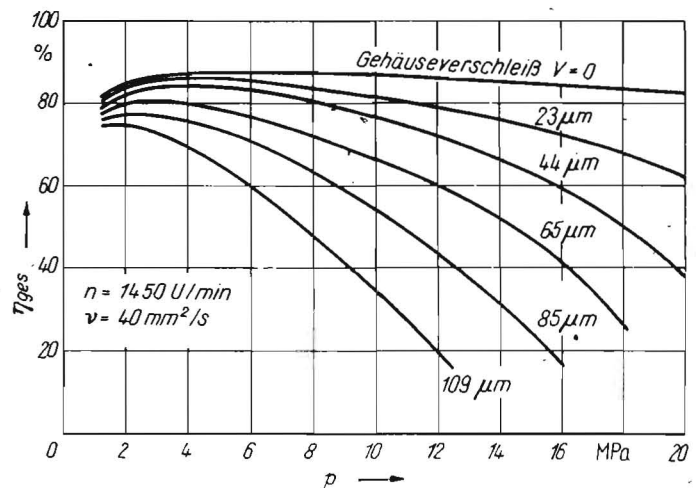


Bild 3. Mechanischer Wirkungsgrad eines Arbeitszylinders TGL 10906; a Ausfahren, b Einfahren

4. Verluste in Hydraulikmotoren

Am Abtrieb der Hydraulikmotoren steht zur Überwindung des Arbeitswiderstands nur ein Teil der Gesamtenergie als Nutzenergie zur Verfügung. Volumetrische und mechanische Verluste beeinflussen den Gesamtwirkungsgrad dieser Geräte. Für rotierende Hydraulikmotoren ermittelt man den Gesamtwirkungsgrad aus:

$$\eta_{ges M} = M_{abw} / \dot{V}_{eff} \Delta p \approx \eta_v M \eta_{mech} M \quad (3)$$

Für Schubkolbentriebe ist er:

$$\eta_{ges Z} = F_Z v_Z / \dot{V}_{eff} \Delta p \approx \eta_v Z \eta_{mech} Z \quad (4)$$

Für rotierende Hydraulikmotoren gelten bezüglich der Einschränkung der Energieverluste sinngemäß die für Pumpen genannten Grundsätze. Beim Betrieb von Arbeitszylindern reduzieren vorwiegend die Reibungsverluste die theoretisch mögliche Leistung. Der Reibungswiderstand ist nach [3] für einen gegebenen Dichtungswerkstoff und die gewählte Dichtungskonstruktion in erster Linie vom Betriebsdruck und von der Kolbengeschwindigkeit abhängig. Während die Reibkraft linear mit dem Betriebsdruck zunimmt, bildet sich für eine bestimmte Kolbengeschwindigkeit ein Reibkraftminimum aus. Dieser als kritische Kolbengeschwindigkeit bezeichnete Wert wächst mit dem Betriebsdruck und liegt für übliche Arbeitszylinder etwa zwischen 1 cm/s und 5 cm/s.

Sollen die Verluste in Arbeitszylindern möglichst niedrig gehalten werden, sind folgende Hinweise zu beachten:

- Bei der Auslegung der Arbeitszylinder dürfen energetische Aspekte nicht unberücksichtigt bleiben. Da der volumetrische Wirkungsgrad im Normalfall nahe 1 ist und der mechanische Wirkungsgrad mit

- zunehmendem Betriebsdruck ansteigt (Bild 3), sollten Arbeitszylinder so ausgewählt werden, daß der Betriebsdruck wenig unterhalb des Nenndrucks liegt.
- Im Schadensfall reduzieren die inneren Leckverluste, die aber oft nicht wahrnehmbar sind, den Gesamtwirkungsgrad erheblich. Ursache für die Dichtungsschäden [4] können Überbeanspruchung, Spaltextrusion, freie Luft (Gasbläschen), Dieseleffekt (Mikroverbrennungen), Fremdkörper, raue Oberfläche des Gleitpartners usw. sein. Entsprechende Gegenmaßnahmen wirken der Wirkungsgradverschlechterung entgegen.
 - Die innere Dichtheit ist mit Verfahren der technischen Diagnostik in bestimmten Intervallen zu überprüfen, damit längerer Betrieb mit geschädigten Dichtungen vermieden werden kann.
 - Hohe Betriebstemperaturen steigern die Reibkräfte. Diese Erscheinung beruht einerseits darauf, daß durch die Dichtungselemente bei niedriger Viskosität des Hydrauliköls die Schmierschicht leichter aufgerissen wird und örtliche Haftsichten- oder Mischreibung auftreten kann und andererseits die Alterung zur Verhärtung der elastischen Dichtungen führt.

5. Verluste in Einbauteilen

Ventile, Filter und andere Einbauteile stellen u. U. eine erhebliche Quelle von Energieverlusten in Hydraulikanlagen dar. Je nach Art der Geräte wird der Anteil der einzelnen Verluste, die im Druckwirkungsgrad

$$\eta_p v = 1 - \Delta p_v v / p_1 \quad (5)$$

und im volumetrischen Wirkungsgrad

$$\eta_v v = 1 - \dot{V}_L / \dot{V}_{\text{theor}} \quad (6)$$

zum Ausdruck gebracht werden, unterschiedlich sein. Im besonderen Maß interessiert bei dieser Kategorie von Hydraulikgeräten der Druckwirkungsgrad, weil durch die Druckverluste in den verschiedenen Geräten die Leistungsfähigkeit von Hydraulikanlagen erheblich gemindert wird. Die den volumetrischen Wirkungsgrad beeinflussenden Leckverluste sind im Normalfall gering, können aber mit zunehmender Abnutzung der Geräte (z. B. bei Wegeventilen) beträchtlich ansteigen. Obwohl der Maschinenkonstrukteur durch die Bauart und die Wahl der Baugröße bzw. der Nennweite der Geräte die Höhe der Druckverluste festlegt, kann der Nutzer auf eine mögliche Druckverlustzunahme Einfluß neh-

men. Im Sinn der Senkung der Energieverluste wirken folgende Maßnahmen:

- Die Einstellung der Ventile, z. B. der Druckbegrenzungsventile, der Drosselventile usw., muß den Angaben der Maschinenhersteller entsprechen.
- Die Dichtheit der Ventile ist mit Hilfe von Diagnosegeräten zu überprüfen.
- Die Stelleinheit bzw. das Betätigungsorgan müssen das völlige Öffnen bzw. völlige Schließen der Ventile garantieren. Im Verhinderungsfall führt die Drosselung des zu steuernden Ölstromes zur starken Erwärmung.
- Es ist zu vermeiden, daß das Druckbegrenzungsventil während des Betriebes funktionsbedingt häufig anspricht, weil dann die Energie des über das Ventil strömenden Ölstromes in Wärme, die Verlustenergie darstellt, umgewandelt wird.
- Verschmutzte Filter rufen erhöhte Druckverluste im System hervor, weshalb eine häufige Kontrolle des Zustands der Ölfilter notwendig ist.
- Die Verwendung von Drosselventilen in Hydrauliksystemen schafft Voraussetzungen für hohe Energieverluste bzw. niedrige Wirkungsgrade. Bei der Projektierung von Hydraulikanlagen sind deshalb wirkungsgradsteigernde Schaltvarianten [5] zu berücksichtigen.

6. Verluste in Rohr- und Schlauchleitungen

Charakteristisch für ein betriebsfähiges Rohrleitungssystem ist dessen absolute Dichtheit. Damit ist der volumetrische Wirkungsgrad von Rohr- und Schlauchleitungen $\eta_{vR} = 1$. Die den Gesamtwirkungsgrad von Rohrleitungen bestimmenden Verluste sind solche, die durch die Rohrreibung, durch Umlenkungen, Verengungen usw. entstehen. Die Energie zur Überwindung dieser Widerstände wird dem Flüssigkeitsstrom als Druckanteil entnommen, so daß der am Ende der Rohrleitung vorhandene Druck um den Betrag Δp_{vL} kleiner ist als am Anfang der Leitung. Damit läßt sich der Gesamtwirkungsgrad von Rohrleitungen wie folgt darstellen:

$$\eta_{\text{ges}L} = 1 - \Delta p_{vL} / p_1 \quad (7)$$

Wenn auch die Verluste im reinen Rohrleitungssystem in landtechnischen Anlagen kleiner sind als andere, so wird doch durch Beachtung folgender Hinweise ein Beitrag zur Erhöhung des Gesamtwirkungsgrades von Hydraulikanlagen geleistet:

- Entsprechend bemessene Rohrleitungen, so daß die Strömungsgeschwindigkeit $v \leq 4 \text{ m/s}$ beim Betriebsdruck $p = 16 \text{ MPa}$ und $v \leq 5 \text{ m/s}$ bei $p = 32 \text{ MPa}$ ist, sichern vertretbare Verluste.
- Plötzliche örtliche Störungen der Flüssigkeitsströmung, wie z. B. Krümmungen, Umlenkungen, plötzliche Querschnittsveränderungen, Leitungsverengungen, reduzieren den Wirkungsgrad ebenso wie sehr raue Rohrwandinnenwände. Bezüglich der Rohrkrümmung ergibt sich beim Verhältnis Krümmungsradius zu Rohrwanddurchmesser von 3 bis 4 ein Verlustminimum.

7. Zusammenfassung

Volumetrische, mechanische und Druckverluste beeinflussen den Wirkungsgrad von Hydraulikanlagen. Der Gesamtwirkungsgrad wie auch die Teilwirkungsgrade sind nicht konstant, sondern werden von der konstruktiven Ausführung der Geräte, vom jeweiligen Betriebszustand und auch vom vorhandenen Schädigungszustand bestimmt. Für die verschiedenen Elemente einer Hydraulikanlage werden die Verlustquellen gezeigt und Hinweise zur Verlustreduzierung während des Betriebes gegeben.

Literatur

- [1] Hlawitschka, E.: Beitrag zur Strategie und zur Quantifizierung von Schädigungsgrenzen für hydrostatische Baugruppen — dargestellt am Beispiel der Zahnradpumpen. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Dissertation B 1979.
- [2] Wosniak, R.: Experimentelle und theoretische Leckverlustanalyse in Zahnradpumpen und Bestimmung von Aussonderungsgrenzen. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Teilabschlußbericht 1980 (unveröffentlicht).
- [3] Tippmann, G.; Rohowski, B.: Reibungsanalyse und kritische Geschwindigkeit bei standardisierten hydraulischen Arbeitszylindern. Maschinenbautechnik 25 (1976) H. 5, S. 229—233.
- [4] Schrader, K.: Schäden und Berechnungen an gummielastischen Dichtungen. Vorträge, Teil 2, 3. Fachtagung Hydraulik und Pneumatik Dresden 1979.
- [5] Hydraulik und Pneumatik. Aufbau, Wirkungsweise, Kennwerte. Herausg.: VEB Kombinat ORSTA-Hydraulik Leipzig 1975.

A 2801

Mechanisierung der Ein- und Auslagerung bei unbefestigten Großmieten

Ing. F. Linke, KDT, Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

1. Einleitung

Der Übergang zur industriemäßigen Produktion in der Landwirtschaft hatte zur Folge, daß sich auf dem Gebiet der Lagerhaltung bei Kartoffeln in den Jahren 1975/76 einkanalige unbefestigte Großmieten durchsetzten. Die Notwendigkeit, den Arbeitskräfteaufwand weiter zu reduzieren und den Stroh- und Folienaufwand ein-

zuschränken, führte zur Einführung mehrkanaliger Großmieten [1].

In Kooperation mit Praxisbetrieben wurden in den letzten Jahren mehrere Varianten von Großmieten untersucht. Die Forschungsergebnisse haben gezeigt, daß der zweikanaligen unbefestigten Großmiete mit Seitenbegrenzungen aus Abluftkanälen vor allem aus der Sicht geringer Investitionen, der besseren Belüf-

barkeit und der höheren Sicherheit bei der Bewirtschaftung der Vorzug zu geben ist.

Für die Mechanisierung der Ein- und Auslagerung bei zweikanaligen Großmieten sind neue Einrichtungen erforderlich, da gegenüber den einkanaligen Großmieten ein verändertes Mietenprofil vorliegt und höhere Durchsatzforderungen bestehen.

Für die Erarbeitung geeigneter Baugruppen und