

Zur Bestimmung von Aussonderungsgrenzen bei Zahnradpumpen

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

Bei der Instandhaltung nach Überprüfungen wird davon ausgegangen, daß die Schädigungsgrenzen der Bauelemente oder Baugruppen bekannt sind. Für eine objektive Aussage zu den Schädigungsgrenzen, als deren spezielle Form die Aussonderungsgrenze anzusehen ist [1] [2], müssen Kriterien herangezogen werden, die die Grenze der Betriebstauglichkeit wesentlich bestimmen. Dazu gehören 3 Gruppen [3]:

- Technische Kriterien
- technologische Kriterien
- ökonomische Kriterien.

In einigen Fällen sollte auch das Sicherheitskriterium hinzugezogen werden. Als Hauptbewertungskriterium sollte bei Arbeitsorganen von Landmaschinen nach Kazarzew [4] das technologische Kriterium gelten, während die übrigen zur Kontrolle dienen.

Zur Bestimmung der Aussonderungsgrenzen von Zahnradpumpen werden die technologischen Kriterien deshalb herangezogen, da durch den Förderstrom der Zahnradpumpe die Bewegung vieler Arbeitsorgane von landtechnischen Arbeitsmitteln eingeleitet wird.

Gegenwärtig gehört das Ein- und Ausfahren von hydraulischen Arbeitszylindern zur wesentlichsten Aufgabe der Hydraulikanlage von Landmaschinen und Traktoren. Dazu muß von der Hydraulikpumpe ein bestimmter Förderstrom zur Verfügung gestellt werden. Für das Einhalten von minimalen Aushubwegen bzw. -zeiten ist demnach ein Mindestförderstrom der Pumpe erforderlich, der zudem noch die Lässigkeitsverluste (Verlustförderströme) in allen anderen Bauelementen der Hydraulikanlage decken muß.

Soll das Gesamtvolumen V_{AZ} der während des Hubvorgangs mit Öl zu füllenden Arbeitszylinder in der Hubzeit t_H aufgefüllt werden, dann errechnet sich der dazu erforderliche minimale Förderstrom der Pumpe zu

$$\dot{V}_{min} = \frac{V_{AZ}}{t_H} \quad (1)$$

wobei für n gleichzeitig zu betätigende Arbeitszylinder mit dem Kolbendurchmesser d und dem Hub H

$$V_{AZ} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\pi}{4} d^2 H \right) \quad (2)$$

zu setzen ist.

Ein gangbarer Weg zum Bestimmen des minimalen Förderstroms bietet sich über die Festlegung von Mindesthubzeiten an. Für die minimalen Hubzeiten von Landmaschinen und Traktoren macht Zimmer [5] folgende Angaben:

Traktoren: $t_{H\text{grenz}} = 5 \text{ s}$

selbstfahrende Erntemaschinen: $t_{H\text{grenz}} = 3 \cdot \dots \cdot 4 \text{ s}$.

Um den Mindestförderstrom $\dot{V}_{min P}$ der Hydraulikpumpe zu erhalten, muß \dot{V}_{min} um die Summe der Verlustförderströme \dot{V}_V aller nachfolgenden Baugruppen — es handelt sich besonders um verschiedene Ventile — vergrößert werden. Die Lässigkeitsverluste in den Arbeitszylindern können unberücksichtigt bleiben, da die Aussonderungsgrenze bei diesen Elementen bereits bei sehr kleinen und damit vernachlässigbaren Lässigkeitsverlusten liegt. Demnach erhält man

$$\dot{V}_{min P} = \dot{V}_{min} + \dot{V}_V \quad (3)$$

Die der Pumpe nachgeschalteten Wegeventile weisen bereits im Neuzustand erhebliche Lässigkeitsverluste auf. In der Tafel 1 sind die zulässigen Lässigkeitsverluste (Serienstreuung) von Wegeventilbatterien nach TGL 10917 [6] zusammengestellt, die häufig in landtechnischen Arbeitsmitteln eingesetzt werden. Von Afanusenko [7] wird angegeben, daß ein Lässigkeitsverluststrom

von 5 l/min bei aus drei Steuereinheiten bestehenden Wegeventilbatterien als gerade noch zulässig angesehen werden kann. Thomas [8] bezieht sich auf diese Angaben und schlägt für Wegeventilbatterien die in der Tafel 2 angegebenen Aussonderungsgrenzwerte vor.

Ausgehend von den technischen Daten der Hydraulikanlage verschiedener landtechnischer Arbeitsmittel soll der Mindestförderstrom der Hydraulikpumpe bestimmt werden. In den nachfolgend genannten Traktoren und Landmaschinen sind Zahnradpumpen mit axialem Spielausgleich eingebaut, die trotz unterschiedlicher Hersteller eine ähnliche Konstruktion aufweisen:

- Traktor MTS-50 / MTS-52
- Traktor U 650 / U 651
- Mährescher E 512
- Feldhäcksler E 280
- Schwadmäher E 301
- Rübenrodelader KS-6.

Mit den Abmessungen d und H der Arbeitszylinder dieser Maschinen erhält man aus den o. g. Gleichungen die in der Tafel 3 angegebenen Förderströme. Um unabhängig von den Baugrößen der Zahnradpumpen den zulässigen Rückgang des Förderstroms angeben zu können, wurde der Quotient $\dot{V}_{min P} / \dot{V}_{nenn}$ gebildet, der die prozentuale Mindestfördermenge ausdrückt. Die Werte der Tafel 3 weisen aus, daß mit Ausnahme der Hydraulikpumpe des Mähreschers E 512 der Mindestförderstrom rd. 60% betragen muß.

Tafel 1. Zulässiger Lässigkeitsverluststrom bei Wegeventilen nach TGL 10917 [6]

Anzahl der Steuereinheiten	1	2	3	4	5	6
zul. Lässigkeitsverluststrom in l/min	—	1,8	2,2	2,9	3,6	4,3

Tafel 2. Zur Anwendung empfohlene Aussonderungsgrenzwerte für Wegeventilbatterien [8]

Prüfdruck in MPa	Lässigkeitsverluststrom in l/min						
	10	9	8	7	6	5	4
10	4,5	5,0	7,0	8,0	10,0		
9	3,5	4,5	6,0	7,0	9,0		
8	3,0	4,0	5,5	6,5	8,0		
7	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0		
Anzahl der Steuereinheiten	1 ··· 6	1	2	3	4	5	6
\dot{V}_{nenn} in l/min	<40			≥40			

Tafel 3. Förderströme für Zahnradpumpen verschiedener landtechnischer Arbeitsmittel

Arbeitsmittel	\dot{V}_{min} l/min	$\dot{V}_{min P}$ l/min	\dot{V}_{nenn} l/min	100 $\dot{V}_{min P} / \dot{V}_{nenn}$ %
MTS-50/MTS-52	19,0 ^A	24,0	40,0	60,0
U 650/U 651	17,0	22,0	40,0	55,0
E 512	11,5	14,5	16,0	90,6
E 280	6,5	9,5	16,0	59,4
E 301	6,5	9,5	16,0	59,4
KS-6	23,0	26,0	40,0	65,0

Von Hlawitschka [9] wurde nachgewiesen, daß bei Zahnradpumpen, die in Landmaschinen und Traktoren verwendet werden meist die Größe des Radialspalts den Zeitpunkt des Aussonderns bestimmt. Daher sind die Lässigkeitsverluste, die durch den Radialsalt entstehen und mit dessen Vergrößerung wachsen, für den Schädigungsgrad der Zahnradpumpe maßgebend und stellen somit einen objektiven Maßstab zum Festlegen der Aussonderungsgrenze dar.

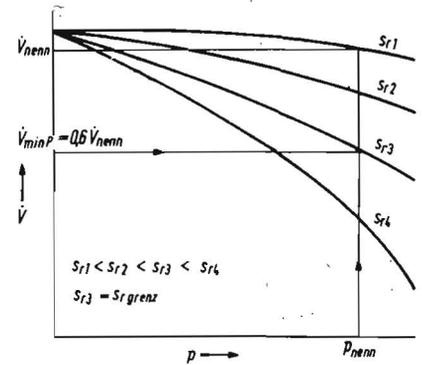
Das Verfahren zum Ermitteln der Aussonderungsgrenze von Zahnradpumpen mit axialem Spielausgleich baut auf den Pumpenkennlinien der Form $\dot{V}_{eff} = f(p)$ auf. Diese müssen für verschiedene Radialsaltweiten bei konstanten anderen Betriebs- und Konstruktionsgrößen bekannt sein. Sie können durch Experiment oder durch Rechnung bestimmt werden, wobei die letztere Methode nach neueren Untersuchungen für Zahnradpumpen mit axialem Spielausgleich durchaus befriedigende und genügend genaue Ergebnisse liefert. In schematischer Form sind die Kennlinien $\dot{V}_{eff} = f(p)$ mit der Radialsaltweite s_r als Parameter im Bild 1 dargestellt. Verwendet man die bereits genannte Aussage, daß die in Landmaschinen und Traktoren eingebauten Zahnradpumpen mit axialem Spielausgleich zur Erfüllung der technologischen Forderungen im Mittel rd. 60% des Nennförderstroms liefern müssen und setzt voraus, daß dabei der Nenndruck p_{nenn} erreicht werden muß, dann kann auf die im Bild 1 angegebene Weise die Grenzspaltweite des Radialsalts, die gleichzeitig die Aussonderungsgrenze darstellt, auf grafischem Wege ermittelt werden.

Für die Zahnradpumpe mit axialem Spielausgleich nach TGL 10859, Baugröße A 25, wurden die in der Tafel 4 zusammengestellten Werte für die Grenzspaltweite $s_{r\text{grenz}}$ gefunden. Es ist festzustellen, daß mit zunehmender Drehzahl höhere Grenzspaltweiten zulässig sind. Andererseits verringert sich die Grenzspaltweite mit wachsender Öltemperatur.

Das dargestellte Verfahren ist auch zur Festlegung der Grenzspaltweite und damit der Aussonderungsgrenze für die Gleitlager der Zahnradpumpe geeignet, wenn die Kennlinien $\dot{V}_{eff} = f(p)$ mit dem Gleitlagerspalt als Parameter vorliegen. Für den Axialsalt kann eine Aussonderungsgrenze mit Hilfe des erläuterten Verfahrens nicht ermittelt werden, da sich infolge des axialen Spielausgleichs der Zahnradpumpe die Axialsaltweite trotz auftretenden Verschleißes nicht ändert. Entsprechende Untersuchungen bestätigen dessen Wirksamkeit bis zu einer Größe von 0,2 mm. Bei schadensanalytischen Untersuchungen war festzustellen, daß neben normalem Verschleiß an den Stirnseiten der Gleitlagerbuchsen häufig eine besonders ausgeprägte Riefenbildung und ein einseitiges Tragbild auftrat. Diese Erscheinungen beeinflussen mit Sicherheit die Höhe der Axialsaltverluste, lassen sich aber wegen der Vielfalt der Erscheinungsformen nicht erfassen. Damit kann festgestellt werden, daß die Aussonderungsgrenze des Axialsaltes vornehmlich durch die Riefenbildung und das Tragbild an den Gleitlagerbuchsen bestimmt wird. Diesbezügliche weiterführende Untersuchungen sind daher erforderlich, um die Auswirkungen dieser Schadenserscheinungen ermitteln zu können. Wird ausgeschlossen, daß sich im Axialsalt abnormale Riefenbildung einstellt bzw. die Parallelität der Stirnseiten der Gleitlagerbuchsen nicht gewährleistet ist, dann bestimmen im wesentlichen die Radialsaltverluste die Aussonderungsgrenze der Zahnradpumpe, zumal Untersuchungsergebnisse bestätigten, daß die zur Gleitlagerschmierung vorhandenen Ölmengen sehr gering sind. Es läßt sich auch nachweisen, daß sich eine Vergrößerung des Gleitlagerspalts sekundär auf die Vergrößerung des Radialsalts auswirkt, so daß die Radialsaltweite als bestimmende Größe für die Festlegung der Aussonderungsgrenzen angesehen wird.

In Landmaschinen werden besonders im Sommer infolge der schwierigen Einsatzbedingungen die Hydraulikanlagen sehr häufig mit Temperaturen nahe 70°C betrieben. Ebenso kann festgestellt werden, daß die Zahnradpumpen häufig Drehzahlen $n \geq 1450$ U/min aufweisen. Die Aussonderungsgrenze für den Radialsalt der Zahnradpumpe vom Typ A 25 kann mit 0,1 mm festgelegt werden. Das geschieht unter Berücksichtigung der o. g. Aspekte, daß nämlich

Bild 1
Schematische Darstellung des Verfahrens zum Ermitteln der Grenzspaltweite



Tafel 4. Grenzspaltweiten $s_{r\text{grenz}}$ für die Zahnradpumpe A 25, TGL 10859 ($p_{nenn} \cong 16$ MPa)

Öltemperatur °C	Drehzahl U/min	\dot{V}_{minP} l/min	$s_{r\text{grenz}}$ mm
50	1000	9,0	0,093
	1450	15,0	0,105
	2000	21,0	0,120
70	1450	14,5	0,081
	2000	20,3	0,084

- der Radialsalt den größten Einfluß auf die Lässigkeitsverluste ausübt
- die Axial- und Lagerspaltverluste sehr klein sind
- mit hohen Öltemperaturen beim Betrieb der Zahnradpumpen in mobilen Landmaschinen gerechnet werden muß
- eine Drehzahlabhängigkeit der Grenzspaltweite $s_{r\text{grenz}}$ ermittelt wurde.

Da die Radialsaltweite einer fabrikneuen Zahnradpumpe dieses Typs etwa 0,05 mm beträgt, kann demnach eine Verdoppelung der Radialsaltweite als noch zulässig bzw. den Grenzzustand kennzeichnend angesehen werden. Daraus ergibt sich, daß das Maximalspiel zwischen Pumpegehäuse und Zahnkopf 0,20 mm nicht überschreiten darf, wenn die an die Zahnradpumpe gestellten technologischen Forderungen erfüllt werden sollen. Bei sinnvoller Anwendung des erläuterten Verfahrens findet man den Grenzwert des Gleitlagerspalts für die genannte Zahnradpumpe mit 0,095 mm, d. h., das Gleitlagerspiel darf 0,190 mm nicht überschreiten. Bei größeren Lagerspielen nehmen nicht nur die Lässigkeitsverluste sehr rasch zu, sondern es tritt dann immer häufiger der Umstand auf, daß der Radialwellendichtring, der das Gehäuse nach außen abdichtet, zerstört wird. Es erscheint deshalb ratsam, das Aussonderungsgrenzwert des Gleitlagers mit 0,160 mm festzulegen.

Zusammenfassung

Die Anwendung der Methode der Instandhaltung nach Überprüfungen setzt die Kenntnis der Aussonderungsgrenzen landtechnischer Arbeitsmittel voraus. Zur Ermittlung der Aussonderungsgrenzen von in Landmaschinen und Traktoren eingebauten Zahnradpumpen mit axialem Spielausgleich wurden technologische Kriterien herangezogen, die es gestatten, den minimalen Pumpenförderstrom zu berechnen. Es wird ein grafisches Verfahren vorgestellt, das es ermöglicht, mit Hilfe der Pumpenkennlinien die Grenzspaltweite des Radial- und Gleitlagerspalts, die zugleich die Aussonderungsgrenze darstellt, festzulegen.

Literatur

- [1] TGL 22278/01 Terminologie der landtechnischen Instandhaltung — Grundbegriffe. Ausg. September 1974.
- [2] Eichler, C.: Über Verfahren der Ermittlung der Grenzen des zulässigen Verschleißes von Maschinenteilen. Dt. Agrartechnik 10 (1960) H. 1, S. 20—24.
- [3] Wedenjamin, G. W.: Veličin iznosov (Verschleißgrenzwerte). Vestnik sel'skochosjaistvennych nauk (1960) H. 8.

Fortsetzung auf Seite 557

Konzentration der Ersatzteillagerung für die landtechnische Instandhaltung im Kreis Artern

Dozent Dr. W. Heun/E. Klinge, Hochschule für Landwirtschaft und Nahrungsgüterwirtschaft Bernburg
Ing. H. Decker/Ing. K. Rothenberg, VEB Kreisbetrieb für Landtechnik Artern

Die Erfüllung der Beschlüsse des VIII. Parteitages der SED, im Interesse einer stabilen Versorgung der Bevölkerung mit Nahrungsmitteln und der Entwicklung der Arbeits- und Lebensbedingungen auf dem Lande die landwirtschaftliche Produktion zu intensivieren und zu industriemäßigen Produktionsmethoden überzugehen, hat höhere Anforderungen an die Organisation der landwirtschaftlichen Produktion gestellt. Folgerichtig und gesetzmäßig gingen deshalb die Genossenschaftsbauern und Arbeiter der LPG und VEG weitere Schritte der Arbeitsteilung zwischen Pflanzen- und Tierproduktion in Form der kooperativen Abteilungen Pflanzenproduktion (KAP), agrochemischen Zentren (ACZ), LPG und VEG Pflanzen- und Tierproduktion. Dieser Prozeß und die ständig wachsenden Anforderungen der zunehmenden industriemäßigen Produktion in der Pflanzenproduktion warfen neue Fragen nach der zweckmäßigsten Form der landtechnischen Instandhaltung auf. Der Hinweis von Marx, daß „in dem Maße, wie die Konzentrierung der Werkzeuge sich entwickelt, ... sich auch die Arbeitsteilung“ verändert, bestätigt sich auch hier [1]. Ein wesentlicher Bestandteil der landtechnischen Instandhaltung ist die Versorgung mit Ersatzteilen und die damit verbundene Lagerung dieses Grundmaterials. In Abhängigkeit von ihrer Organisationsform verursacht sie beträchtliche Aufwendungen an Arbeitszeit und Geld und beeinflusst die Arbeitsbedingungen der Arbeiter und Genossenschaftsbauern.

Um die Ersatzteillagerung und -versorgung effektiver zu organisieren, sind die Genossenschaftsbauern und Arbeiter im Bereich des VEB Kreisbetrieb für Landtechnik (KfL) Artern, Sitz Heldrungen, seit 1974 zur Konzentration übergegangen. Dabei gingen sie schrittweise vor, stets unter Beachtung der Prinzipien des Leninschen Genossenschaftsplanes, d. h. unter politischer Führung der Kreisleitung der SED, auf der Grundlage einer vom Rat des Kreises Artern beschlossenen Konzeption, mit Zustimmung der Genossenschaftsbauern und Arbeiter der betreffenden Betriebe, verbunden mit der notwendigen Qualifizierung der Genossenschaftsbauern, die neue Aufgaben in der Landwirtschaft zu übernehmen hatten. Einige Erfahrungen konnten bereits auf der agra 76 gezeigt werden.

In der *ersten Etappe* wurde im Jahr 1974 mit Unterstützung des VEB KfL Artern die zentrale Lagerung von Ersatzteilen in der KAP Oldisleben durchgeführt und rationeller organisiert. Nach einer körperlichen Inventur wurde gemeinsam über die Verwendung der Bestände nach folgenden Gesichtspunkten entschieden:

- Verbleib im Lager der KAP
- Rücklauf durch den VEB KfL
- Verkauf von Baugruppen an das landtechnische Instandsetzungswerk (LIW) einschließlich ihrer Übernahme in Konsignation in das Kreisversorgungslager des VEB KfL
- Abwertung bzw. Verschrottung zu Lasten der KAP.

Dadurch konnten die Lagerbestände um rd. 200 000 M bzw. von 72 M/ha LN auf 37,70 M/ha LN reduziert werden. Unter Nutzung der Erfahrungen der Arbeiter des VEB KfL wurden Bestandsnormative eingeführt.

Der gleiche Prozeß vollzog sich in den KAP Kalbsrieth, Ringleben und Bad Frankenhausen. In den KAP Kannawurf, Oberheldrungen und Donndorf blieben die Ersatzteillager vorläufig noch bestehen. Allerdings wurden auch sie in Abstimmung mit diesen KAP durch den VEB KfL verstärkt unterstützt, besonders durch die Anleitung der Technischen Leiter und Materialverwalter bzw. durch Kontrolle der Lagerbestände und durch schrittweise Einführung von Bestandsnormativen.

Diese Schritte waren notwendig für die Vorbereitung der *zweiten Etappe* im Jahr 1975.

In dieser Etappe wurde als Beispiel für die Entwicklung im gesamten Kreis das zentrale Ersatzteillager der KAP Oldisleben mit Wirkung vom 1. Mai 1975 dem VEB KfL in Rechtsträgerschaft übergeben. Grundlage dafür war ein Beschluß der damaligen Produktionsleitung für Landwirtschaft und Nahrungsgüterwirtschaft des Rates des Kreises Artern. In Verträgen und Vereinbarungen wurden die rechtlichen Voraussetzungen geschaffen für:

- Materiell-technische Versorgung der KAP
- Nutzung der erforderlichen Gebäude und Anlagen der KAP für das Ersatzteillager
- Kauf und Nutzung notwendiger Produktionsmittel der KAP
- Delegation von Genossenschaftsbauern und Arbeitern des VEG zum VEB KfL.

Dieses Ersatzteillager wurde damit zum Außenlager des VEB KfL Artern, das vorrangig die in der KAP verbliebenen Werkstätten Oldisleben, Reinsdorf, Gursleben und Etzleben sowie die entsprechenden LPG und das VEG Tierproduktion zu versorgen hat. Die Anlieferung erfolgt mit einem Klein-LKW B 1000, den der VEB KfL zu diesem Zweck von der KAP Oldisleben gekauft hat.

Durch diese Maßnahme konnten die Lagerbestände um weitere 56 000 M bzw. auf 26,65 M/ha LN¹⁾ gesenkt werden (Tafel 1). Damit wurden günstige Voraussetzungen für die Übernahme der Werkstätten der KAP durch den VEB KfL am 1. September 1975 geschaffen.

In der *dritten Etappe* konnte aufgrund der Erfahrungen in der KAP Oldisleben nach gründlicher Vorbereitung unter Führung der Kreisleitung der SED, der Grundorganisation der Partei in den Betrieben und unter Leitung des Rates des Kreises Artern in enger Zusammenarbeit zwischen Arbeitern und Genossenschaftsbauern die Lagerwirtschaft bei Ersatzteilen in allen KAP entsprechend den vorhandenen Möglichkeiten bis zum 30. Juni 1976 rationeller organisiert werden. So entstanden in zwei Jahren aus 23 dezentralisierten Ersatzteillagern der sechs KAP und einer LPG des Kreises Artern vier Außenlager des VEB KfL (Oldisleben, Artern, Ringleben, Bad Rankenhausen) und drei Konsignationslager (Kannawurf, Oberheldrungen, Donndorf). Die Konsignationslager sind an das zentrale Ersatzteillager des VEB KfL angeschlossen und werden auch dort abgerechnet. Dadurch ist bereits eine Reihe ökonomischer Vorteile erreicht worden. Neben der Entlastung der KAP und LPG von Lagerhaltungsaufgaben und

Fortsetzung von Seite 556

- [4] Kasarzew, W. I.: Ob osnovnykh kriterijach dlja ustanowlenija dopustimych iznosov detaliej masin (Hauptkriterien zur Bestimmung zulässiger Verschleißgrenzen von Maschinenteilen). Vestnik sel'skoxojsajstvennyh nauk (1959) H. 3.
- [5] Zimmer, E.: Schadensgrenzwert für Hydraulikpumpen an Traktoren, Ladern und Landmaschinen. Arbeitsblätter des Ingenieurbüros für Technische Diagnostik Dresden.
- [6] Prüfvorschrift 2/70 für Wege-Rückschlagventile nach TGL 10917. VEB Hydraulik Tarthun.
- [7] Afanusenko, M.: Demontagelose Überprüfung des hydraulischen Systems. Woronesher Landwirtschaftsinstitut. 1970.
- [8] Thomas: Ermittlung von Grenzwerten für Hydraulikbaugruppen. Ingenieurbüro für Technische Diagnostik Dresden, Abschlußbericht 1973.
- [9] Hlawitschka, E.: Methoden zur Ermittlung von Schädigungsgrenzen für Zahnradschnecken. Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Teilabschlußbericht 1975. A 1364