

- Erhöhung der Geschwindigkeit konstant bleibt bzw. unwesentlich kleiner wird
- Werkstoffe, bei denen der Reibwert mit steigender Geschwindigkeit ansteigt
- Werkstoffe, die in einem bestimmten Geschwindigkeitsbereich niedrige Reibwerte haben.

Ähnliche Einteilungen lassen sich auch hinsichtlich des Verhaltens der Werkstoffpaarungen bei unterschiedlichen Anpreßdrücken nachweisen.

Werden diese Abhängigkeiten gegenübergestellt, so sind in bezug auf Anpreßdruck und Gleitgeschwindigkeit optimale Einsatzbereiche der Werkstoffpaarungen abzuleiten.

Eine erste Auswertung aller untersuchten Werkstoffpaarungen läßt erkennen, daß es eine große Anzahl von Paarungen gibt, die wesentlich geringere Reibwerte als die Paarung Stahlgleitfläche—PVC-Gurtband mit Deckschicht haben, von der bei diesen Versuchen ausgegangen wurde. Diese Paarungen müssen aber noch hinsichtlich ihres Verschleißverhaltens näher untersucht werden, so daß an dieser Stelle noch keine allgemeingültigen Aussagen getroffen werden können.

Folgende Maßnahmen zur Verminderung der

Reibung an Gleitbandförderanlagen sollten jedoch beachtet werden:

- Auswahl einer geeigneten Werkstoffpaarung
  - Festlegen einer entsprechenden Oberflächengestaltung
- Im Bild 2 ist deutlich der Einfluß der Bandoberfläche auf den Reibwert zu erkennen. Ähnliche Tendenzen lassen sich auch bei der Oberflächengestaltung der Stützfläche nachweisen. Außerdem kann durch eine entsprechende Oberflächengestaltung der Selbstreinigungseffekt der Reibpaarung verbessert werden.
- Festlegen von Gleitgeschwindigkeit und Anpreßdruck
  - Einsatz von Zwischenmedien zur Verringerung der Reibung (z. B. Luftkissenbandförderanlagen [3]).

### 3. Schlußfolgerungen

Die vorliegenden Untersuchungen haben gezeigt, daß die derzeit in der Tierproduktion verwendeten Gleitbandförderanlagen offensichtlich noch nicht das Optimum in bezug auf

- Gleitgeschwindigkeit ( $\triangleq$  Durchsatz)
- Gurtzugkraft ( $\triangleq$  Antriebsenergiebedarf)

darstellen, so daß weitere Untersuchungen

folgen müssen. Dabei kommt es darauf an, neben den Gleitreibungsvorgängen auch die Übergangsphasen zwischen Haft- und Gleitreibung genauer zu betrachten, da diese entscheidend den Anlaufvorgang bzw. das Anlaufverhalten eines Gleitbands und damit die Auslegung des Antriebs beeinflussen. Diese Untersuchungen sollten, um Nebeneinflüsse weitgehend ausschließen zu können, als Laborversuche durchgeführt werden. Danach ist unbedingt eine Einsatzuntersuchung erforderlich, um den Einfluß der Umweltfaktoren in Tierproduktionsanlagen (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Staub, Alterung der Werkstoffe, Korrosion usw.) auf die gesamten Vorgänge erfassen zu können.

### Literatur

- [1] Fronius, S.: Maschinenelemente — Antriebsselemente. Berlin: VEB Verlag Technik 1971.
- [2] Knoll, K.: Untersuchung der Reibungs- und Verschleißverhältnisse an Gleitbandanlagen. TU Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik, Diplomarbeit 1971.
- [3] Förderband auf Luftkissen. Baumaschinen 7 (1972) H. 10, S. 28—29. A 2074

## Technologische Probleme bei der Produktion von Strohkonzentratpellets

Dr.-Ing. W. Große, KDT/cand. ing. M. Leuschke

Die Produktion von Strohkonzentratpellets wird im Jahr 1980 3,3 Mill. t betragen [1]. Bei der dazu erforderlichen umfassenden Nutzung von Rationalisierung und Rekonstruktion müssen vorhandene Leistungs- und Qualitätsunterschiede in vergleichbaren Pelletieranlagen überwunden werden.

Die erreichten Leistungen ergeben sich aus der Anzahl effektiver Betriebsstunden, aus der Menge und Qualität des erzeugten Produkts sowie aus dem Aufwand an lebendiger und vergegenständlichter Arbeit.

In diesem Zusammenhang kommt Untersuchungen zum technologischen Ablauf, insbesondere leistungsbeeinflussenden Faktoren, Bedeutung zu.

Die Anforderungen an das Futterstroh als Ausgangsprodukt bei der Herstellung von Strohkonzentratpellets sind im Standard TGL 8022 festgelegt (Tafel 1). Werden diese Qualitätsanforderungen nicht erfüllt, treten Schwierigkeiten im Pelletierprozeß sowie Qualitätsminderungen am Endprodukt ein. Untersuchungen aus dem Jahr 1977 im VEB Grundfuttermittel Westeregeln sollen diese Zusammenhänge verdeutlichen.

### 1. Strohlagerung und -entnahme

Einen wesentlichen Einfluß auf die Qualität üben neben der Ernte die Bedingungen der Strohlagerung aus. Günstige Lagermöglichkeiten sowie geeignete Mechanisierungsmittel zur Ein- bzw. Auslagerung wurden von anderen Autoren bereits mehrfach beschrieben [2] [3]. Im konkreten Fall erfolgte die Untersuchung bei

der Entnahme von gehäckseltem Weizenstroh aus einem Diemen mit Hilfe des Mobilkrans T 174. Das Strohfrelager war in Ost-West-Richtung angelegt, um die der Hauptwetterseite ausgesetzte Fläche möglichst klein zu halten. Tafel 2 enthält die geometrischen Abmessungen des Diemens. Vertiefungen an der Oberfläche sowie die teilweise fehlende Deckschicht hatten einen ungünstigen Einfluß auf die Lagerung.

Die differenzierte Strohqualität innerhalb dieses Diemens wird in Tafel 3 sichtbar. Die Ergebnisse resultieren aus der Feuchtigkeitsbestimmung sowie aus der organoleptischen Prüfung von 12 Proben. Die Probenahme erfolgte in gleichmäßigen Abständen über den Diemenquerschnitt verteilt. Die organoleptische Prüfung (auch Sinnesprüfung genannt) basiert auf einer subjektiv vorgenommenen Punktbewertung, wobei die Merkmale „Farbe“ (beste Qualität) maximal 5 Punkte, „Geruch“ maximal 9 Punkte und „Schimmelbefall“ maximal 5 Punkte erhalten.

Anhand der Untersuchungen wird deutlich, daß Deckschichten und Einregnungsadern einen erheblichen Umfang der Gesamtstrohmenge einnehmen können (unter sehr ungünstigen Bedingungen bis zu 50% [2]). Gleichzeitig ist es kompliziert, derartige Strohanteile mit unzureichender Qualität im entsprechenden Umfang bei der Auslagerung am Diemen abzutrennen.

Besonders gefährdet sind die Randpartien der relativ flach auslaufenden Diemenoberfläche. Die Proben 1 bis 3 und 12 sind nach den Werten

der organoleptischen Prüfung als Futterstroh ungeeignet. An den Stellen der größten Diemenhöhe wurden die höchsten Werte des Trockensubstanzgehalts und der organoleptischen Prüfung ermittelt (vgl. Proben 5 bis 8). Beachtenswert erscheint, daß trotz des hohen

Tafel 1. Qualitätsanforderungen an Futterstroh (Auszug aus TGL 8022)

Farbe	arteigen, nicht durch atmosphärische oder mikrobielle Einflüsse deutlich sichtbar verändert
Geruch	frisch, nicht muffig oder fremdartig
Trockenmassegehalt	$\geq 84\%$
organischer Besatz	Bindegarn, giftige Pflanzenbestandteile nicht zulässig
anorganischer Besatz	nicht zulässig
Rohaschegehalt	
je kg Trockenmasse	$\leq 100$ g

Tafel 2. Charakteristische Abmessungen des untersuchten Strohdemens

	Ostseite	Südseite	Westseite	Nordseite
Hangneigung	° 37	37	40	38
Hanglänge	m 7,0	7,0	6,6	6,8
Grundfläche	40 m × 12 m			
Firstbreite	4,2 m			
mittl. Höhe	4,2 m			

Tafel 3. Untersuchungsergebnisse zu qualitätsbeeinflussenden Faktoren am Strohdienen

untersuchtes Material		Probennummer											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Diemenhöhe an der Meßstelle	m	1,7	2,4	2,7	3,5	4,1	4,0	4,3	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0
Einregnungstiefe	m	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,3	0,8	0,5	0,3	0,3	0,3	0,2
Länge der Einregnungsader	m	0	1,7	2,0	2,7	2,5	2,3	2,0	2,0	0	0	0	0
Trockensubstanzgehalt der entnommenen Probe	%	80	67	84	85	88	86	89	89	88	87	87	87
organoleptische Prüfung	Punkte	5	0	2	9	19	19	19	19	19	19	13	5

Trockensubstanzgehalts einiger Proben (1, 3, 12) die organoleptische Prüfung gegen eine Verwendung dieser Partien für Futterzwecke spricht. Insgesamt läßt sich feststellen, daß die Einhaltung eines Trockensubstanzgehalts von 80 bis 84 % bei in Diemen lagerndem Futterstroh nur schwer realisierbar ist. Ähnliche Aussagen an anderer Stelle bestätigen diese Problematik [4].

**2. Strohverarbeitung**

Nach dem Transport zur Anlage erfolgte das Abkippen des Strohes in einen Annahmedosierer DoDs 7. Von hier aus gelangte das Stroh über einen Gurtbandförderer zum Stationärhäckler HN 400-1. Zwischenlager oder Weitertransport über Gurtbandförderer und mobile Transporttechnik zur Vorratswanne des Annahmedosierers H 10.2 waren die nachfolgenden Prozeßglieder. Aus dem Häckselstroh, das sich zum Zeitpunkt der Messung in der Anlage befand, wurde mit 5facher Wiederholung je eine Mischprobe zur organoleptischen Prüfung sowie mit 10facher Wiederholung je eine Mischprobe zur Bestimmung des Trockensubstanzgehalts gezogen und entsprechend analysiert. An der Absaugstelle für das dosierte Häckselstroh fand eine visuelle Einschätzung

der Beimengungsanteile statt. Tafel 4 enthält Angaben zur Strohqualität und zum ermittelten Trockensubstanzgehalt (TS). Des weiteren ist in dieser Tafel die Leistung der Hammermühlen 50/63 aufgeführt. Vorbehalte gegenüber den Meßwerten sind insofern berechtigt, da es sich um Kurzzeitemessungen des Massstromes zur Durchsatzermittlung handelt. Durchsatzschwankungen wurden dabei nicht erfaßt. Die dargelegten Ergebnisse können demzufolge nur Tendenzen vermitteln. Deutlich zeigt sich, daß der Durchsatz der Hammermühlen beim Einsatz von Sieben mit einem Bohrungsdurchmesser von 12,5 mm gegenüber Sieben mit 8 mm ansteigt (Bild 1). Das unterstreicht erneut die Notwendigkeit, obere Grenzwerte in Abstimmung mit der Pressenleistung herauszuarbeiten. Zugleich wird sichtbar, daß die Ergebnisse der organoleptischen Prüfung des Strohes zum Durchsatz der Hammermühlen deutlich korrelieren. Ein ähnlicher folgerichtiger Zusammenhang zum Trockensubstanzgehalt ergibt sich aufgrund des geringen Umfangs in der vorliegenden Meßreihe nicht. Interessant ist, daß sich die Differenz des Durchsatzes der Hammermühlen bei den beiden Sieblochvarianten mit steigender Strohqualität vergrößert.

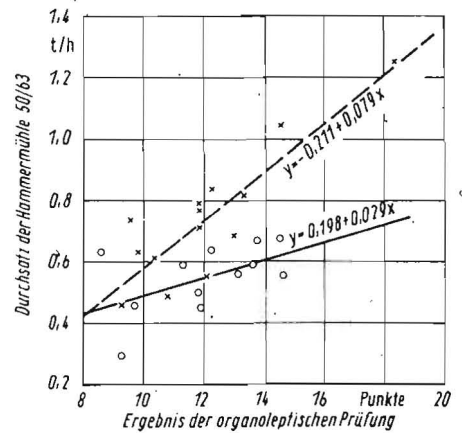


Bild 1. Abhängigkeit des Hammermühlendurchsatzes von der Strohqualität, gemessen mit Hilfe der organoleptischen Prüfung; — o Sieblochdurchmesser 8 mm - - - x Sieblochdurchmesser 12,5 mm

**3. Zur Gestaltung des technologischen Ablaufs**

Mit der planmäßigen Entwicklung der Pelletierkapazität ergeben sich zugleich höhere Anforderungen an die Erschließung von Leistungsreserven. Für die Analyse technologischer Prozesse ist die Aufschlüsselung in Arbeitsarten und technologische Grundverfahren sowie ihre übersichtliche Darstellung anhand eines Fließbildes günstig (Tafel 5). Bei einer ersten Betrachtung ergibt sich zunächst eine Vielzahl von Förderprozessen. Diese Häufung resultiert aus der Funktion des Vorgangs als Bindeglied im technologischen Ablauf zwischen den einzelnen Bearbeitungsstufen. Mehrfach erscheint jedoch das technologische Grundverfahren Schneiden (vgl. lfd. Nr. 1, 11 und 15 in Tafel 5). Dazu zählen sowohl das Zerkleinern im Feldhäckler E 280, das Nachhäckeln in einem stationären Aggregat und der Verarbeitungsvorgang in der Hammermühle. Dabei ergibt sich die Frage, ob der

Tafel 5. Fließdarstellung der Strohverarbeitung im technologischen Prozeß der Produktion von Strohkonzentratpellets (Ausgangspunkt: Strohschwaden auf dem Feld)

Tafel 4. Meßergebnisse zur Untersuchung des Einflusses der Strohqualität auf den Durchsatz der Hammermühlen 50/63

lfd. Nr.	organolept. Prüfung Punkte	TS %	Siebdurchm. der Hammermühle mm	Durchsatz je Hammermühle t/h
1	12,2	72	8	0,64
2	8,6	81	8	0,63
3	9,7	79	8	0,45
4	11,3	72	8	0,59
5	13,6	82	8	0,59
6	14,6	71	8	0,55
7	13,7	70	8	0,67
8	13,2	69	8	0,56
9	11,8	55	12,5/8	0,71/0,45
10	18,2	84	12,5	1,25
11	14,5	80	12,5/8	1,05/0,68
12	9,8	67	12,5	0,63
13	11,8	82	12,5/8	0,77/0,50
14	10,3	69	12,5	0,61
15	9,3	72	12,5/8	0,45/0,29
16	12,0	77	12,5	0,55
17	11,8	73	12,5/8	0,79/0,50
18	12,9	75	12,5	0,68
19	10,8	73	12,5	0,49
20	12,2	66	12,5	0,84
21	13,2	71	12,5	0,82
22	9,5	72	12,5	0,74

lfd. Nr.	Arbeitsart	Arbeitsmittel	bestimmendes technologisches Grundverfahren (TGV)
1	Häckeln	Feldhäckler	Schneiden
2	Transportieren	Transportmittel	Fördern
3	Entladen/Einlagern	Mechanisierungsmittel zur Einlagerung	Fördern
4	Lagern	—	Lagern
5	Auslagern	Mechanisierungsmittel zur Entnahme	Fördern
6	Transportieren	Transportmittel	Fördern
7	Entladen	Annahme-/Abkippvorrichtung	Fördern
8	Zwischenlagern	—	Lagern
9	Transportieren	Transportmittel/Fördergerät	Fördern
10	Dosieren	Annahmedosierer	Dosieren
11	Häckeln	Stationärhäckler	Schneiden
12	Transportieren	Fördergerät	Fördern
13	Dosieren	Vorratsförderer mit Dosiereinrichtung	Dosieren
14	Abscheidung von Beimengungen/pneumat. Fördern	pneumat. Förder-system	Fördern
15	Zerkleinern	Hammermühle	Schneiden
16	pneumat./mech. Transport	pneumat. Förder-system/Zuführschnecke	Fördern
17	Pressen	Pelletierpresse	Formpressen
18	Kühlen	Kühlband/pneumat. Fördersystem	Temperieren
19	Verladen	Fördergerät	Fördern

angestrebte Zerkleinerungsgrad des Futterstrohes in diesem Maß realisiert werden muß. Untersuchungen in der Anlage Westeregeln zeigten, daß die Hammermühlen 50/63 ohne Schwierigkeiten schlecht nachgehäckseltes Stroh verarbeiten können. Die Längenverteilung entsprach derjenigen von nur einmal gehäckseltem Stroh.

Andererseits wurde in Veröffentlichungen zu dieser Thematik bereits darauf hingewiesen, daß die Pelletierung von zweimal gehäckseltem Stroh ohne weitere Zerkleinerung in den Hammermühlen möglich ist. Signifikante Änderungen hinsichtlich Durchsatz und Verschleiß an der Pelletierpresse traten nicht auf [5].

#### 4. Schlußfolgerungen

Ausgehend von der allgemeinen Zielstellung, den Aufwand an lebendiger und vergegenständlichter Arbeit zur Erzeugung eines definierten Endprodukts zu minimieren, lassen sich aus den Untersuchungsergebnissen folgende Schlüsse ableiten:

— Die Effektivität der Produktion von Strohkonzentratpellets wird bereits durch die Bedingungen der Strohlagerung wesentlich beeinflusst. Vollständige Nutzung aller über-

dachten Lagerräume sowie die umfassende Realisierung der vorliegenden Erkenntnisse für eine günstige Lagerung sind Voraussetzung, um das Verhältnis zwischen Aufwand und Nutzen positiv zu gestalten.

— Neben der Bestimmung des Trockensubstanzgehalts liefert insbesondere die organoleptische Prüfung eine wichtige Aussage zur Verwendbarkeit des Futterstrohes. Qualitätsgeminderte Partien bewirken nicht nur eine Verminderung des Futterwertes der Pellets, sondern beeinflussen den technologischen Ablauf der Produktion negativ. Der Verarbeitung von Futterstroh müssen deshalb unbedingt eine Prüfung auf Trockensubstanzgehalt sowie eine organoleptische Prüfung vorausgehen, um die Verwendbarkeit eindeutig bestimmen zu können.

— Anhand zielgerichteter Untersuchungen zur Optimierung der Zerkleinerungsintensität sind unter Beibehaltung derzeitiger technologischer Lösungen fundierte Grenzwerte zu ermitteln.

— Es ist zu prüfen, inwieweit mit der Einsparung eines Arbeitsgangs Schneiden gleichzeitig möglichst viele Förderprozesse abgebaut werden können.

#### 5. Zusammenfassung

Anhand von Untersuchungen des technologischen Ablaufs bei der Produktion von Strohkonzentratpellets werden Möglichkeiten einer Leistungssteigerung gezeigt. Besonders die Qualität des Futterstrohes stellt einen leistungsbeeinflussenden Faktor für die weitere Verarbeitung dar. Daneben deuten sich Lösungen an, um den Zerkleinerungsaufwand bei der Verarbeitung des Strohes zu reduzieren.

#### Literatur

- [1] Direktive des IX. Parteitages der SED zum Fünfjahrplan für die Entwicklung der Volkswirtschaft der DDR in den Jahren 1976—1980. Berlin: Dietz-Verlag 1976, S. 72.
- [2] Bernhardt, H.; Miegel, E.: Empfehlungen zur Strohbereitung einschließlich Transport und Lagerung. Markkleeberg: agra-Buch 1976.
- [3] Brändle, M.; Herrmann, K.: Rationelle Lagerung von Futterstroh zur Pelletierung. Feldwirtschaft 17 (1976) H. 6, S. 267—269.
- [4] Sachse, R.: Initiativen und Erfahrungen bei der ganzjährigen Strohpelletierung im Trocknungswerk Bad Langensalza. Vortrag zur wiss.-techn. Tagung „Intensivierung der Trockenfutterproduktion“ am 8. und 9. Febr. 1978 in Neubrandenburg.
- [5] Küttner, W.; Zedler, R.: Rationalisierungslösungen zur Strohpelletierung. agrartechnik 27 (1977) H. 6, S. 242—245. A 2073

## Diagnosemöglichkeiten bei hydrostatischen Fahrtrieben

Prof. Dr.-Ing. habil. K. Hofmann, KDT

Bei hydrostatischen Fahrtrieben unterliegen die hydrostatischen Einheiten wie andere Baugruppen einem gewissen natürlichen Verschleiß. Dieser Verschleiß wird bei diesen Geräten im wesentlichen durch die Verunreinigungen des Hydrauliköls verursacht. Wie die Praxis zeigt, erreichen die hydrostatischen Einheiten, die in den Fahrtrieben selbstfahrender Landmaschinen verwendet werden, nicht die Lebensdauer der in stationären Maschinen eingesetzten Einheiten. Die Ursache hierfür dürfte in der größeren Verschmutzung des Hydrauliköls und eventuell auch in der dynamischen Beanspruchung zu suchen sein. Durch den Verschleiß nimmt der Wirkungsgrad des hydrostatischen Fahrtriebs ab. Der Wirkungsgradverlust ist vor allem auf die Verschlechterung des volumetrischen Wirkungsgrades durch Ansteigen der Leckölströme zurückzuführen. Durch den Verschleiß steigt besonders der Leckölstrom am Steuerspiegel an, während sich die an den Gleitschuhen und zwischen Kolben und Zylinder auftretenden Leckölströme nur wenig ändern. Die hydro-mechanischen Verluste vergrößern sich dabei kaum. Die Vergrößerung der Leckölströme hat eine Verringerung der maximalen Fahrgeschwindigkeit zur Folge. Da die Leckölströme mit dem Verschleiß ansteigen, kann der Leckölstrom als indirekte Meßgröße zur Diagnose des Schädigungszustands verwendet werden. Die Schadensgrenze eines hydrosta-

tischen Fahrtriebs mit geschlossenem Kreislauf wird erreicht, wenn der Leckölstrom gleich dem Förderstrom der Speisepumpe ist. Diese hat die Aufgabe, die Leckverluste von Hydropumpe und Hydromotor auszugleichen und in der Niederdruckleitung einen bestimmten Zulaufdruck, auch Speisedruck genannt, aufrechtzuerhalten. Durch den Speisedruck sollen der Füllvorgang der Pumpe verbessert und Kavitation in der Pumpe vermieden werden. Da die Speisepumpe mehr Öl über ein Rückschlagventil in die jeweilige Niederdruckleitung fördert, als Lecköl aus dem Kreislauf abfließt, strömt ein Teil des Öls aus der Niederdruckleitung über das zwischen Hoch- und Niederdruckleitung eingebaute, druckgesteuerte Spülventil und das nachgeschaltete Speisedruckbegrenzungsventil ab. Dieses Spülöl wird gemeinsam mit dem Lecköl über einen Kühler und ein Rücklauffilter in den Ölbehälter zurückgeführt. Die Aufgaben des Speisekreislaufs sind also Leckölergänzung und Kühlung.

Wird der Leckölstrom gleich dem Förderstrom der Speisepumpe, so kann sich kein Speisedruck mehr aufbauen, der Füllvorgang der Pumpe verschlechtert sich und es tritt Kavitation in der Pumpe auf. Durch die Kavitation entstehen Anfrassungen in der Pumpe, die zu deren Ausfall führen können. Durch den fehlenden Speisedruck wird das Kräfteverhältnis an den Kolben verändert und es kann zum

Abreißen der Gleitschuhe und damit zum Totalausfall der Hydroelemente kommen. Durch die Beobachtung des Speisedrucks kann folglich die Schadensgrenze erkannt werden. Will man sich ein Bild über den Schädigungszustand der einzelnen Elemente des hydrostatischen Fahrtriebs verschaffen, so ist es notwendig, die Leckölströme der Hydropumpe und der Hydromotoren zu bestimmen. Das ist bei den ausgeführten hydrostatischen Fahrtrieben nicht ohne weiteres möglich. Beim Mährescher E 516, der ersten selbstfahrenden Landmaschine der DDR mit hydrostatischem Fahrtrieb, ist das Spülventil mit dem Speisedruckbegrenzungsventil in einem Ventilblock an einem der Hydromotoren angebaut (Bild 1). Das Spülöl tritt aus dem Ventilblock in das Gehäuse dieses Hydromotors. Dort vermischt es sich mit dem Lecköl und wird über eine Leitung zum zweiten Hydromotor geführt. Von dort gelangen das Spülöl und das Lecköl beider Motoren zur Hydropumpe und dann mit deren Lecköl über den Kühler zurück zum Ölbehälter. Eine Messung der einzelnen Leckölströme ist bei diesem Antrieb deshalb nicht möglich.

Um die Messung der einzelnen Leckölströme zu ermöglichen, müßte der Ventilblock am Hydromotor geändert werden. Durch konstruktive Veränderung dieses Ventilblocks wäre es möglich, den Spülölstrom zur Messung der Leckölströme nach außen abzuleiten, dann