

## 1 Allgemeines

Als Ausfallursachen für Landmaschinen während der Kampagne sind oft Verschleißschäden insbesondere an Bauteilen zu nennen, die eine Abnutzung durch ihre Formgebung oder den verwendeten Werkstoff begünstigen.

Zu diesem Komplex gehören auch die Antriebsrollenkettens an Landmaschinen. Sie werden in verschiedenen Abmessungen und bei unterschiedlichen Bedingungen eingesetzt. Für alle freilaufenden Kettentriebe ist aber der relativ hohe Verschleiß in den Gelenkstellen, d. h. zwischen Bolzen und Buchse sowie Rolle und Buchse (Bild 1 und 2), hervorzuheben. Er wird durch hohen Schmutzbesatz wesentlich begünstigt. Als weitere Einflußfaktoren sind noch Belastung, Zahnzahl, Kettengeschwindigkeit und Schmierung zu nennen.

Der Verschleiß entsteht im wesentlichen durch die Drehbewegung des Bolzens in der Hülse. Dabei haben die Flächenpressung in den Gelenken, der Reibwert und die Abwinkelung der einzelnen Kettenglieder beim Überrollen der Kettenräder besonderen Einfluß auf die Größe der Verschleißgeschwindigkeit. Bei der Betrachtung des Verschleißvorgangs an Rollenketten ist zu beachten, daß die Teilung der Außenglieder laufend vergrößert wird, während die Innenglieder den Abstand nicht erweitern.

Durch die Vielzahl der Gelenkstellen wirkt sich schon ein geringer Abrieb an der Oberfläche der genannten Einzelteile ungünstig auf die Funktionsfähigkeit der Rollenkette aus.

Als maximale Teilungsdifferenz der Außenglieder kann  $0,06 \times$  Teilung angenommen werden. Es ergibt sich dann für die gesamte Kette eine maximale zulässige Längung von etwa 3%. Um diese komplizierten und teuren Antriebssteile sinnvoll und ökonomisch vertretbar an Landmaschinen einzusetzen, sollen nachfolgend einige Faktoren, die zum vorzeitigen Ausfall dieser Hülltriebelemente führen, an Hand von praktischen Beispielen und Untersuchungsergebnissen näher erläutert werden.

## 2 Einflußfaktoren auf die Nutzungsdauer

Eine genauere Betrachtung der Einflußgrößen führt dazu, daß für die Vergrößerung der Nutzungsdauer der Antriebsrollenkettens drei Bereiche verantwortlich zeichnen. Dazu gehören der Kettenhersteller, der Verarbeiter, insbesondere der Konstrukteur und der Maschinenbenutzer.

Diese drei Gruppen können jeweils auf ihren speziellen Aufgabengebieten wesentlich zur Verminderung des vorzeitigen Ausfalls von Rollenketten beitragen.

### 2.1 Herstellen der Rollenketten

Schon die Auswahl der Werkstoffe für die einzelnen Kettenteile muß sehr sorgfältig vorgenommen werden. Es kommen dabei legierte und unlegierte Stähle zum Einsatz, deren Eigenschaften durch entsprechende Vergütung oder Härtung zugunsten der Verminderung des Verschleißes geändert werden.

\*) Institut für Landmaschinen- und Traktorenbau Leipzig (Direktor: Ing. H. KRAUSE).

Die weitere Verarbeitung der Einzelteile ist für die Nutzungsdauer einer Rollenkette ebenfalls sehr wichtig. Untersuchungen haben ergeben, daß eine ungenügende Vernietung der Bolzen in den Außenlaschen zur vorzeitigen Funktionsuntüchtigkeit der Kette beiträgt, indem sich die Bolzen sehr bald in den Löchern der Lasche mitdrehen und dadurch eine zusätzliche Teilungsdifferenz hervorrufen. Als gute Lösung hat sich eine Mehrflächennietung bewährt, da sie den besten Bolzensitz in der Lasche garantiert. Es ist hierbei besonders an Zwei- und Vierflächennietung gedacht. Auch der Sitz der Buchsen in den Blocklaschen bei der Montage der Rollenkettenanteile muß sehr fest sein. Ein oberflächliches Arbeiten führt ebenfalls zum vorzeitigen Ausfall der Ketten, da bei ungenügendem Sitz ein Mitdrehen der Buchsen während des Betriebes nicht verhindert werden kann. Werden die Buchsen im Wickelverfahren hergestellt, so darf die axiale Stoßfuge unter keinen Umständen einen Luftspalt aufweisen, da sonst eine Federwirkung der gewickelten Buchsen einen dauerhaften Sitz verhindert. Außerdem sollte der Spalt bei der Montage der Ketteneinzelteile nicht in Zugrichtung der Kette liegen, sondern muß in die unbelastete Zone gelegt werden, da sonst an diesen Stellen ein erhöhter Verschleiß auftritt.

### 2.2 Konstruktion der Kettenantriebe

Für die Auswahl der Antriebsketten genügt nicht allein die Feststellung der zu übertragenden Leistung, auch die nachstehend aufgeführten Faktoren sind wichtig und müssen bei der Auslegung jedes Kettentriebes berücksichtigt werden. Es ist entscheidend, ob ein Kettentrieb stoßartig beansprucht oder gleichmäßiger Belastung ausgesetzt wird. Weiterhin sind die Anordnung des Triebes, die Betriebsdauer, die Einflüsse der Umgebung (Nässe, Staub, Temperaturunterschiede, Einwirkung chemischer Stoffe) und im besonderen Maße die Möglichkeiten einer ausreichenden Schmierung für die Nutzungsdauer der Rollenketten ausschlaggebend.

Die Festlegung der Rollenkettengröße für einen bestimmten Kettentrieb erfolgt durch Auswahl aus den Leistungsdiagrammen oder Berechnung nach DIN 8195.

Für stark belastete Antriebe ist es zweckmäßig, den Mehrfachketten mit kleiner Teilung gegenüber den Einfachketten mit großer Teilung den Vorzug zu geben, da sich die Kettenzugkraft bei Mehrfachketten auf eine größere Anzahl Laschen verteilt und somit auch die Flächenpressung in den Gelenken niedriger bleibt. Als Beispiel für die Anwendung einer Mehrfachkette kann der Zweifachkettentrieb am Mäh-drescher jugoslawischer Produktion (Lizenzbau) angesehen werden.

Da die Rollenkette vom Typ  $1 \times 19,05$  verst. Ausf. am Schneidwerk-Hauptantrieb des DDR-Mäh-dreschers E 175 besonders verschleißanfällig ist, scheint es empfehlenswert, entsprechende Versuche mit Mehrfach-Rollenketten an dieser Maschine durchzuführen.

### 2.2.1 Wellenabstände

Die Wellenabstände zwischen den Kettenrädern sollen, um eine entsprechende Elastizität der Kette zu wahren,  $20 \times$  Kettenteilung nicht unterschreiten.

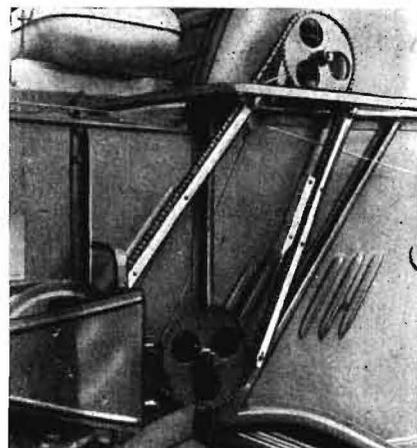
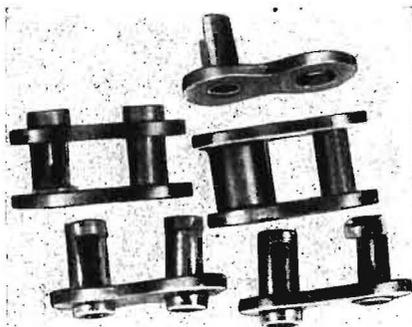
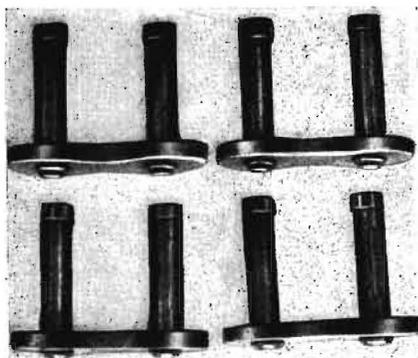


Bild 1 (links). Abnutzungsschäden an den Bolzen einer Rollenkette nach Prüfstandversuch  
Bild 2 (Mitte). Abgenutzte und gelockerte Hülsen einer Rollenkette nach Prüfstandversuch  
Bild 3 (rechts). Holz-Leitschienen an einem Kettentrieb des sowjetischen Mäh-dreschers SKPR-3

Tabelle 1

Leistungs- bereich	Kettengeschwindigkeit [m/s]	Günstig	Zulässig	Übertragbare Leistung und zulässige Gelenkflächenpressung $p$			
				einwand- freie Schmie- rung (günstig zulässig)	mangelhafte Schmierung ohne   mit Verschmutzung	ohne Schmie- rung <sup>*)</sup>	
I	bis 4	Leichte Tropf- schmierung 4 bis 14 Tropfen je Minute	Fettschmierung Handschmierung	100 %	60 %	30 %	15 %
II	bis 7	Tauchschmierung im Ölbad	Tropfschmierung etwa 20 Tropfen je Minute		30 %	15 %	nicht zulässig
	bis 12	Druckumlauf- schmierung	Ölbad möglichst mit Spritzscheibe <sup>*)</sup>		nicht zulässig		
III	über 12	Sprüh- schmierung (Druckumlauf- schmierung mit Düsen für kleinste Tropfenbildung) Ölkühlung, falls erforderlich, vorsehen	Druckumlauf- schmierung				

Die Schmieröle sollen bei Betriebstemperatur eine Viskosität von 20 bis 40 cSt (3 bis 5 °E) haben.  
<sup>\*)</sup> Die Kette soll nicht in das Ölbad tauchen, Ölnebelbildung fördern, Tropfleisten vorsehen.  
<sup>\*)</sup> Eine Lebensdauer von 10000 Betriebsstunden ist nicht gewährleistet.

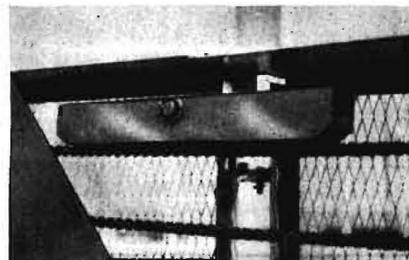
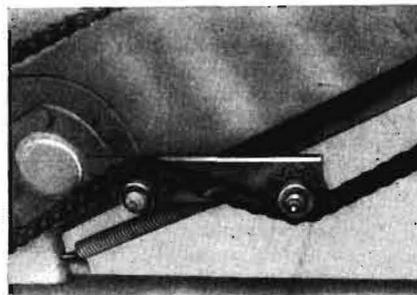


Bild 4. Ungefederte nachstellbare Kettenspannschiene am Anhänger-Ladegerät T 163

Bild 5. Federnde Befestigungslasche mit Spannräderpaar am Mähler E 062/1



Um jedoch den Trieb durch die erhöhte Fliehkraft bei großem Kettengewicht nicht zu belasten, bildet ein Wellenabstand von 80x Kettenteilung die obere Grenze, die nach Möglichkeit nicht überschritten werden soll.

### 2.22 Leit- und Führungsschienen, Stützräder

Obwohl an Landmaschinen sehr oft Kettentriebe mit großen Wellenabständen notwendig sind, finden Leit- oder Führungsschienen sowie Stützräder fast keine Verwendung.

Leitschienen haben die Aufgabe, die Ketten zu tragen und starke Schwingungen zu verhindern. Am sowjetischen Mähdrescher SKPR-3 (Bild 3) sind als Beispiel Leitschienen aus Holz zur Erzielung eines ruhigen Laufes eingebaut worden. Allerdings wird bei Kettentrieben mit Leit- oder Führungsschienen eine staubdichte Abkapselung der Kette nötiger als bei freilaufenden Trieben, da der Staub sich an den Schienen festsetzen kann und somit die Kette an ihnen schleift. Es ist auch zweckmäßig, das Profil der Leitschienen dem der Kette anzupassen, um zu erreichen, daß die Kette auf den Schienen abrollt und nicht mit den Laschen schleift.

### 2.23 Kettenspannvorrichtungen

Um die verschleißbedingte Längenzunahme der Ketten auszugleichen und Trumschwingungen zu vermindern, werden Spannvorrichtungen angebracht. Ungefederte nachstellbare Holzklötze oder Holzschienen (Bild 4) bzw. ungefederte Kettenspannräder erfüllen nur mangelhaft die Funktion eines Kettenspanners, da in diesen Fällen das rechtzeitige Nachspannen von der Umsicht des Bedienungs-personals abhängig ist und außerdem eine derartig gespannte Kette an Elastizität einbüßt.

Am Mähler E 062/1 ist die Kettenspannung federnd gestaltet worden (Bild 5), wodurch harte Stöße im Betrieb abgefangen werden. Allerdings werden bei dieser Konstruktionsform die Trumschwingungen nur wenig gemildert, da die Befestigungslasche mit den Spannrädern pendelnd angeordnet ist.

Weiterhin sollte die Zahnzahl der Kettenspannräder den kleinen Kettenrädern angepaßt sein. Um die Auswirkung des Polygon-effektes bei kleinen Kettenrädern in normalen Grenzen zu halten, dürfen hierfür etwa 13 Zähne nicht unterschritten werden. Außerdem findet beim Überrollen kleiner Räder eine größere Abwinkelung als bei Rädern mit höherer Zahnzahl statt. Demzufolge tritt in den Gelenken der Kette eine größere Reibung bei niedriger Zahnzahl auf und ein Ansteigen des Verschleißes ist zu verzeichnen.

Die konstruktive Gestaltung der Kettenspannvorrichtung an der Rübenvollerntemaschine E 710 entspricht den diesbezüglichen For-derungen der Kettenhersteller. Lediglich für Betriebsverhältnisse, die starke Schwingungen der Kette hervorrufen, könnte die Anbrin-gung einer Rückschlagsicherung für den Spannrädarm erforderlich werden.

### 2.24 Kettenschutzvorrichtungen

Es ist zweifellos nicht möglich, alle Kettentriebe an Landmaschinen mit Staubschutzverkleidungen zu versehen. Und doch sollte ihre

Anwendung an stark belasteten, besonders verschleißanfälligen Kettentrieben erwogen werden, um einen Schutz gegen Schmutz und Nässe zu erhalten.

Ein Beispiel auf diesem Gebiet ist die vorbildliche Kapselung der Kettentriebe am polnischen Siebketten-Kartoffelroder KCE (Bild 6). Auf beiden Seiten der Maschine laufen die Antriebsketten völlig abgeschlossen.

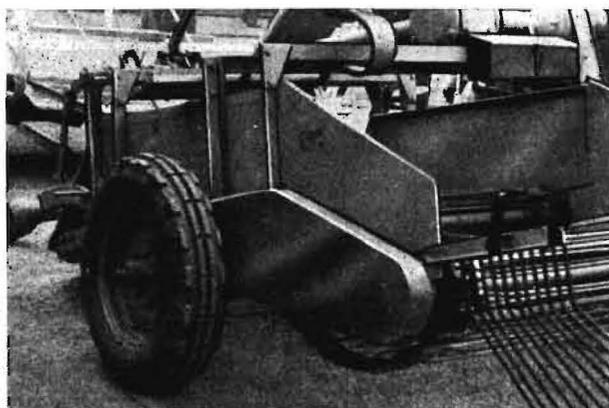
Da es sich an Landmaschinen meist um Kettentriebe mit geringen Umfangsgeschwindigkeiten handelt, sind an ihnen sehr selten Schmiereinrichtungen zu finden. Es sollten jedoch die jeweiligen Betriebsverhältnisse auch an Hand von DIN 8195, Blatt 6, (Tabelle 1), überprüft werden, um zu verhindern, daß die Rollenketten ohne aus-reichende Schmierung laufen und somit überlastet werden.

### 2.3 Montage und Wartung

Das wichtigste Erfordernis für die sachgemäße Montage von Ketten-trieben ist das genaue Ausrichten der Kettenräder. Das Fluchten der Räder sowie die Parallelität der Kettenradwellen sind genaue-stens zu prüfen. Stark versetzte Kettenräder tragen erheblich zum vorzeitigen Ausfall der Ketten bei, da durch das Aufsetzen der Kettenlaschen auf die Zähne eine stoßartige Belastung auftritt und der Querschnitt der Kettenlaschen geschwächt wird. Der Planschlag eines Kettenrades darf 0,1 der inneren Breite der Rollenkette nicht übersteigen, da sonst eine zusätzliche Belastung des Kettentriebes erfolgt.

In der Praxis werden oft neue Rollenketten auf alte Kettenräder aufgelegt, da die Zeit während der Kampagne nicht ausreicht, um

Bild 6. Allseitig gekapselte Antriebsketten am polnischen Siebkettenroder KCE



auch die Kettenräder auszuwechseln. Das alleinige Wechseln der abgenutzten oder zerstörten Kette ist jedoch falsch, da die Nutzungsdauer der neu aufgelegten Kette durch die abgearbeiteten Zähne der Räder herabgesetzt wird.

Beim Auflegen der Ketten ist ferner zu beachten, daß der Durchhang des Leertrums mindestens 1% des Achsabstandes beträgt [1]. Eine Kette ohne Spiel ist wenig elastisch und wird durch die Fliehkräfte zusätzlich belastet.

### 2.31 Schmierung

Das Kernproblem der Kettenwartung ist ohne Zweifel die Schmierung, da sie wesentlich die Nutzungsdauer eines Kettentriebes bestimmt. Von Praktikern wird oft die Ansicht vertreten, daß das Schmieren einer Rollenkette während der Einsatzdauer bei starker Staubeinwirkung unzuweckmäßig sei. Dabei wird darauf hingewiesen, daß aus der Mischung von Schmierstoff und Staub eine Schleifpaste entsteht, die für die Kettengelenke besonders schädlich ist. Es sollte aber auch beachtet werden, daß trockene Schmutzteile noch besser in die Gelenke eindringen können und größere Zerstörungen anrichten. Zudem bewirkt die Schmierung eine Kühlung und dient als Schutz gegen das Eindringen von Staubteilen.

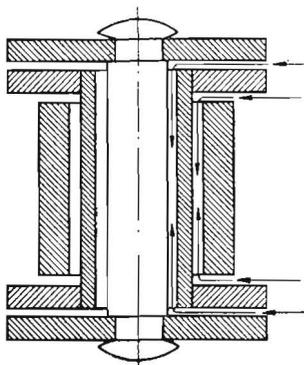


Bild 7 (links). Schematische Darstellung des idealen Schmierstoffflusses bei Ölschmierung

Bild 8 (rechts). Ergebnis der Vergleichsprüfung auf dem Prüfstand

Aufgabe des Schmiermittels ist es, zwischen Bolzen und Buchse, Block- und Stiftlasche sowie Buchse und Rolle einzudringen und so das direkte Aufeinandergleiten dieser Teile zu verhindern. Um dieser Aufgabe gerecht zu werden, muß das Schmiermittel so eindringen, wie es auf Bild 7 schematisch dargestellt ist. Das Vorhandensein eines Schmiermittelfilms zwischen Buchse und Rolle ist, wie die Abnutzungsschäden in Bild 1 und 2 zeigen, ebenso erforderlich wie im Zwischenraum von Buchse und Bolzen.

Da bei den meisten Kettentrieben an Landmaschinen Dauerschmierungseinrichtungen nicht angebracht sind, müssen die Gelenkstellen der Rollenketten vor der Montage gründlich mit Schmiermitteln versehen werden. Zu diesem Zwecke wird die Kette angewärmt und so lange in heißem Maschinenfett bewegt, bis sich alle Hohlräume mit Schmiermitteln gefüllt haben. Nach dem Erkalten wird das außen anhaftende Fettgrob entfernt und die Kette kann montiert werden. Trotz dieser Anfangsschmierung ist es erforderlich, die Kette in regelmäßigen Abständen gründlich zu reinigen und mit neuem Schmiermittel zu versehen (s. a. Tabelle 1):

Ein Vergleich der nach dieser Tabelle durchzuführenden Schmierungsarten mit den Verhältnissen in der Praxis zeigt, daß viele Kettentriebe an Landmaschinen überlastet sind und somit die optimalen Nutzungsdauergrenzen nicht erreichen können.

Bei Vergleichsuntersuchungen von Rollenketten, die auf einem Prüfstand im Institut für Landmaschinen- und Traktorenbau stattfanden, wurden unter anderen Rollenketten im Trockenlauf und unter Handölschmierung geprüft. Es wurden jeweils zwei Ketten als verspannter Kettentrieb unter nachstehenden Bedingungen untersucht:

Zähnezahl des Antriebskettenrades	27
Zähnezahl des Gegenkettenrades	20
Kettenlänge	78 Glieder
Drehzahl des Antriebskettenrades	540 min <sup>-1</sup>
Kettengeschwindigkeit	4,63 m/s
Zugbelastung eines Kettenstranges	200 kp

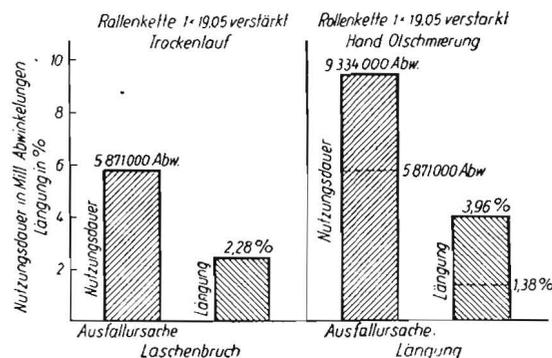
Als Verschleißmedium diente Quarzsand unterschiedlicher Körnung, der nach jeweils acht Betriebsstunden erneuert wurde. Eine Schmierung der Ketten erfolgte ebenfalls nach jeweils acht Betriebsstunden durch Aufstreichen von Motorenöl 08 Mot 15 mit einer Viskosität von 15 °E bei 50 °C.

Als Ergebnis der Vergleichsprüfung (Bild 8) war festzustellen, daß die im Trockenlauf geprüften Rollenketten nur etwa 62% der Nutzungsdauer der ölgeschmierten Ketten erreichten. Die Längung der im Trockenlauf geprüften Ketten war nach der Funktionsuntüchtigkeit 65% höher als an den ölgeschmierten Ketten. Keine der im Trockenlauf erprobten Ketten erreichte die theoretische Nutzungsdauergrenze von etwa 3% Längung, sondern alle fielen vorher infolge von Laschenbrüchen aus.

Um eine Ergänzung der Prüfstandswerte zu erhalten, wurden in der LPG „Florian Geyer“ in Leipzig-Großschocher Rollenketten vom Typ 1 × 15,875 × 9,65 DIN 8187 am Hydraulikantrieb des Mähdreschers E 175 erprobt. Es konnte auch hier festgestellt werden, daß bei fehlender Schmierung der Kettenverschleiß schneller ansteigt als bei regelmäßig geschmierten Ketten

Tabelle 2. Ergebnis des Versuches in der LPG „Florian Geyer“

Nr.	Rollenkette	Betriebsverhältnisse	Leistung [ha]	Längung [%]
I	1 × 15,875 × 9,65	Hand-Ölschmierung	175,75	0,23
II	1 × 15,875 × 9,65	Trockenlauf	155,0	0,42



Unter Berücksichtigung der Tatsache, daß die Rollenkette Nr. II nur 145 ha arbeitete, ist die Längung der ungeschmierten Kette etwa um 100% größer.

Die Ergebnisse dieser Versuche lassen erkennen, daß eine ausreichende und regelmäßige Schmierung aller Kettentriebe auch bei starker Verschmutzung Vorteile bringt und auch notwendig ist.

Sie stellen somit gleichzeitig eine erneute Bestätigung der diesbezüglichen Ausführungen von KLOTH und WOROBJEW dar [2] [3].

### 3 Schlußfolgerungen

Diese kurzen Betrachtungen über die Einflußfaktoren zur Erhöhung der Nutzungsdauer von Rollenketten haben gezeigt, daß eine enge Zusammenarbeit zwischen Hersteller, Verarbeiter und Endverbraucher unbedingt notwendig ist, wenn das Problem erfolgreich gelöst werden soll. Außerdem ist darin zum Ausdruck gebracht, daß Rollenketten auf Grund der ungünstigen Einsatzbedingungen in der Landwirtschaft als freilaufende Triebe nur bedingt geeignet sind. Sie stellen eine große Verlustquelle dar, da sie relativ komplizierte und teure Maschinenelemente sind. Es sollte deshalb bei Konstruktionen darauf geachtet werden, daß nach Möglichkeit flexible Übertragungselemente Anwendung finden, da diese Teile auf Grund ihres Aufbaues nicht so verschleißanfällig sind. Dort wo Rollenkettenriebe Verwendung finden müssen, ist eine staubdichte Kapselung auf jeden Fall anzustreben. Weiterhin ist immer für eine ausreichende Schmierung der Ketten zu sorgen, auch wenn der Rollenkettentrieb starker Verschmutzung unterliegt.

Die Betrachtung der Kettenantriebe an den vorhandenen Landmaschinen läßt erkennen, daß die konstruktiven Grundsätze für die Gestaltung und Auslegung von Rollenkettenrieben vielfach nicht genügend beachtet werden.

### Literatur

- [1] PIETSCH, P.: Taschenbuch Kettengeräte. Vierte, neubearbeitete Auflage. Arnold u. Stolzenberg, Einbeck (Hannover) 1957, Seite 135.
- [2] KLOTH, W.: Haltbarkeitsforschung im Landmaschinenbau. VDI-Zeitschrift Nr. 36 vom 5. Sept. 1931, Seite 1131.
- [3] WOROBJEW, N. W.: Kettengeräte. Zweite verbesserte und ergänzte Auflage des sowjetischen Originals. VEB Verlag Technik Berlin 1953, Seite 54. A 4440