

5.2.3.4. Kettenspannräder

In Landmaschinen gibt es eine Vielzahl von Kettentrieben, die je nach den Erfordernissen angeordnet sind. Da es sich im wesentlichen um Triebe mit größeren Achsabständen handelt, sind sie zur Verhinderung von transversalen Schwingungen der Kette und zum Ausgleichen der durch den Gelenkverschleiß auftretenden Längung mit Spanneinrichtungen ausgerüstet. Diese Spanneinrichtungen sind verschiedenartig ausgeführt. So werden ungefederte mechanisch nachstellbare Holzklötze und Kettenräder sowie gefederte Kettenspanner eingesetzt. Die Räder der Kettenspanner bestehen im allgemeinen aus Stahl, wobei die Verzahnung gefräst und der Zahnkranz gehärtet wird. Außerdem verwendet man für die Lagerstelle ein Kugellager. Die Abdichtung erfolgt mit Bleckdeckel und Radial-Wellendichtring.

Auf Grund der Anzahl der Teile, die mechanisch bearbeitet werden müssen, und wegen des einzusetzenden Kugellagers entstehen relativ hohe Kosten für einen Kettenspanner. Um den Anteil der mechanischen Bearbeitung herabzusetzen, den Aufbau des Kettenspanners zu vereinfachen und ein relativ billiges Produkt bei nach Möglichkeit gleicher Nutzungsdauer der Elemente ohne Zusatzschmierung zu erhalten, wurden vom ILT Untersuchungen mit Plast-Kettenspannrädern und Dichtelementen vorgenommen. Die Untersuchungen erstreckten sich auf gleitgelagerte Kettenspanner mit einer Teilung $t = 19,05 \text{ mm}$ und einer Zahnzahl $z = 15$. Alle Plastteile der Versuchsmuster wurden aus Polyamid-6-Rundvollstäben hergestellt. Für die Lagerbolzen wurde allgemeiner Baustahl der Güte St 50 eingesetzt. Die Laufflächen waren für alle Ausführungen mit einer Rautiefe $R_t = 10$ bis $40 \mu\text{m}$ gedreht. Das Anfangslagerspiel lag zwischen $0,13$ und $0,40 \text{ mm}$; das entspricht einem relativen Lagerspiel zwischen $\varphi = 6,5$ und 20% . Als Versuchsobjekte wurden 4 Ausführungen (Bilder 22, 23, 24, 25) auf dem Versuchsstand und in der Praxis untersucht. Alle Ausführungen wurden beim Zusammenbau mit Schmierfett „Certitol T 4“ versehen.

Versuchsplan

Bei den auf dem Versuchsstand untersuchten Ausführungen A, B und C (insgesamt 8 Stück) wurde nach den in Tafel 9 zusammengestellten Versuchsbedingungen verfahren. Die Untersuchungen der Ausführung A dienten zunächst dazu, einen Überblick über die Abnutzungserscheinungen an der Verzahnung und der Lagerstelle zu erhalten. Es fand deshalb je ein Versuch mit und ohne Staubatmosphäre statt. In

* Institut für Landmaschinen und Traktorenbau Leipzig (Direktor Dr.-Ing. H. REICHEL)

¹ Teil I s. H. 7/1966, S. 335; Teil II s. H. 8/1966, S. 385; Teil III s. H. 9/1966, S. 436; Teil IV s. H. 10/1966, S. 471; Teil V s. H. 11/1966, S. 527; Teil VI s. H. 12/1966, S. 570

(Schluß von S. 38)

- [6] SKALWEIT, H.: Schlepperanbaugeräte und Regelungsfragen. Technik und Landwirtschaft (1962) H. 14, S. 338 bis 344
 - [7] OEHRING, J.: Welches Regelsystem für die Hydraulik? Landtechnik (1962) H. 18, S. 661 bis 662
 - [8] SKALWEIT, H.: Regelnde Kraftheber zwischen Wunsch und Wirklichkeit. Landtechnik (1963) H. 18, S. 574 bis 578
 - [9] MOLLY, H.: Die Schlepperhydraulik und die Wechselbeziehungen zwischen Schlepper und Pflug bei der Regelung der Arbeitstiefe. Grundlagen der Landtechnik (1963) H. 17, S. 28 bis 37
 - [10] REHRL, K.: Gleichmäßige Furchentiefe — Was bringt die Regelhydraulik? Praktische Landtechnik (1963) H. 20, S. 395 bis 397
 - [11] WEPFER, K.: Was bietet uns die Regelhydraulik? Der Traktor (1964) H. 2, S. 75 bis 86
 - [12] SEIFERT, A.: Die Regelsysteme bei hydraulischen Krafthebern für Ackerschlepper aus der Sicht der Regeltechnik. Landtechnische Forschung (1961) H. 4, S. 97 bis 100
 - [13] ZOMBORI, J.: Kenndaten und Probleme der Regelhydraulik von Schleppern. Jarmítvek Mezőgazdasági Gépek (Fahrzeuge und Landmaschinen), Budapest (1964) H. 11, S. 401 bis 412
- (Fortsetzung im nächsten Heft) A 6639

Auswertung der erzielten Ergebnisse wurden je 3 Kettenspanner der Ausführung B und C in Staubatmosphäre erprobt. Die Untersuchungen erstreckten sich auf die Ermittlung der Abnutzung an den Kettenradzähnen und der Lagerstelle. Da beim Einsatz von Plasten, insbesondere Thermoplasten, als Lagermaterial der Betriebstemperaturbereich nicht höher als 60 bis 70°C betragen sollte, erfolgten an der Ausführung B Temperaturmessungen in der Laufbolzenmitte. Nachdem der Versuchsstand positive Ergebnisse, insbesondere mit der Ausführung C erbrachte, führten wir als Breitenversuch noch weitere Erprobungen mit Kettenspannern in der Praxis durch. Zur Ergänzung und Vervollständigung der Ausführung C wurde noch eine vereinfachte Konstruktion entwickelt (Ausführung D), die ebenfalls mit der für die Praxisuntersuchungen vorgesehen war.

Die Kettenspanner für die Praxiserprobungen baute man in Kettentriebe des Mähdeschers E 175 und des Kartoffelsortierers K 711 ein. Keilriemenspanner mit einem Aufbau nach Ausführung C wurden im Saatgutbereiter „Gigant“ eingesetzt. Die Praxisversuche erfolgten mit Unterstützung des Landwirtschaftlichen Versuchswesens beim Landwirtschaftsrat der DDR, Nordhausen (Mähdescher) und des VEB Weimar-Werk (Kartoffelsortierer).

Die in den genannten Maschinengruppen erprobten Spanner waren unterschiedlichen Bedingungen ausgesetzt (Tafel 10). An ihnen wurden analoge Verschleißmessungen wie im Laborbetrieb ausgeführt.

Untersuchungsergebnisse im Laborbetrieb

Die Begutachtung des Verschleißverhaltens der Kettenradzähne ergab eine sehr geringe Abnutzung der Zahnflanken. Sie war zum Teil so gering, daß die durch das Fräsen entstandenen Bearbeitungsriefen nach einer 250stündigen Laufzeit in Staubatmosphäre noch zu sehen waren.

Um die im Laborbetrieb an den Lagerstellen entstandenen Spielvergrößerungen mit den Abnutzungserscheinungen der in der Praxis gelaufenen Kettenspanner vergleichen zu können, wurde die Spielvergrößerung, auf 100 Stunden Laufzeit bezogen, gegenübergestellt. Es wurde dabei die Annahme getroffen, daß der Verschleiß in der Bohrung und an der Lauffläche des Bolzens linear mit der Betriebsstundenzahl zunimmt. Diese Annahme war erforderlich, da nur Anfangs- und Endmessungen vorgenommen wurden. Bei der Ausführung A wurde in erster Linie die Abnutzung der Kettenradzähne mit und ohne Staubatmosphäre untersucht. Es erfolgte deshalb auch keine Messung an der Lagerstelle. Allgemein ist dazu festzustellen, daß der ohne Staubatmosphäre erprobte Kettenspanner nur geringen Verschleiß in der Radbohrung und an der Bolzenlauffläche aufwies. Das in der Staubatmosphäre gelaufene Rad zeigte dagegen starke Verbrennungserscheinungen in der Bohrung des Radkörpers. Die aufgetretenen Temperaturen waren so hoch, daß ein Aufschmelzen des Polyamids auf den Bolzen erfolgte — analog dem Flammstutzverfahren mit Plasten. Die aufgebrauchte Schicht hatte keine gleichmäßige Dicke, sondern war mit Rillen und Riefe durchsetzt, so daß keine glatte Lauffläche mehr vorhanden war.

Diese Erscheinung wurde bei der Ausführung B nicht festgestellt. Es trat reiner Verschleiß in der Bohrung und am Laufbolzen auf. Die dadurch eintretende Lagerspielvergrößerung der drei Versuchsräder bewegte sich zwischen $0,11$ bis $0,33 \text{ mm}/100 \text{ h}$ (Bild 26). Nach der Demontage der gelaufenen Kettenspanner war noch genügend Schmierfett in den Hohlräumen zwischen Dichtelementen und Radkörper vorhanden; jedoch war festzustellen, daß das Schmiermittel eine starke Dunkelfärbung aufwies, was auf ein Eindringen von Staubteilchen und eine Aufnahme von Abriehteilchen schließen

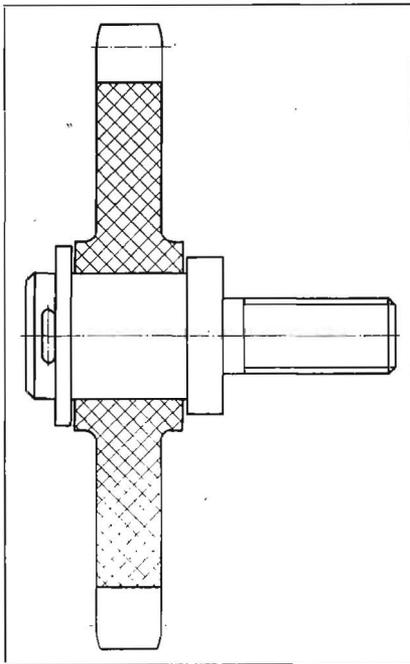
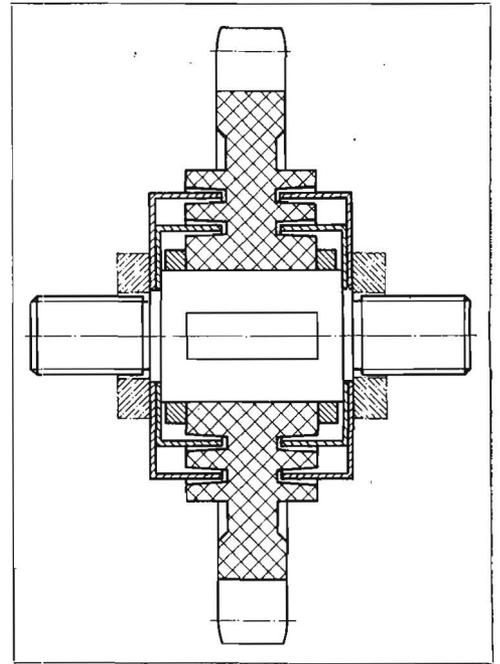


Bild 22
Wartungsarmer Kettenspanner in
Plastausführung - Ausführung A

Bild 23
Wartungsarmer Kettenspanner in
Plastausführung - Ausführung B



läßt. Die Laufflächen der Radbolzen waren einseitig eingelaufen. Trotz dieser sichtbaren Verschleißerscheinung am Bolzen war die Abnutzung in der Bohrung noch größer.

Auf Grund der konstruktiven Auslegung der Ausführung C wurden mit diesen Versuchsstücken bessere Ergebnisse erzielt. Die Lagerspielvergrößerungen betragen 0,04 bis 0,14 mm/100 h (Bild 27). Der Verschleiß war etwa gleichmäßig auf beide Reibpartner (Bolzen - Radkörper) verteilt. Das in die Hohlräume eingebrachte Schmierfett hatte sich teilweise dunkel verfärbt, besonders auf der Radseite, wo die Dichtungsteile angebracht waren. Der Verbrauch war gering. Es war noch ein großer Schmiermittelvorrat vorhanden, der einen weiteren Einsatz gestattet hätte. Während der Versuche lockerte sich der eingerastete Verschlussdeckel, allerdings nicht so stark, daß er aus der Ringnut herausfiel. Es war auch nicht festzustellen, daß dadurch Staub eindringen konnte. Das Lockerwerden ist eine Folge der ungenügenden Dimensionsstabilität des verwendeten Polyamids bei der Einwirkung von Feuchtigkeit und veränderlichen Temperaturen. Bei einer Serienfertigung wird für dieses Teil Polyäthylen-N eingesetzt, das bessere Maßstabilität hat. Die ausgeführten Temperaturmessungen ergaben für die untersuchten Kettenspanner einen Temperaturbereich zwischen 32 und 79 °C. Anhand aufgestellter Temperaturkurven ist festzustellen, daß die Maximalwerte großen Schwankungen unterliegen. Sie betragen aber in wesentlichen weniger als 70 °C, d. h. der

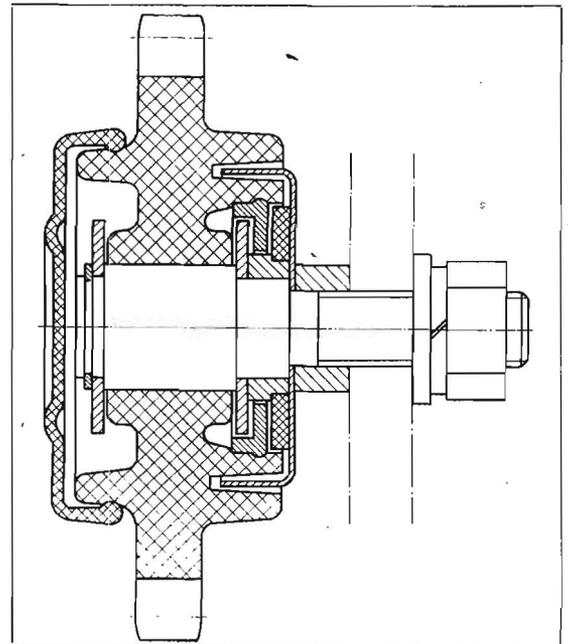
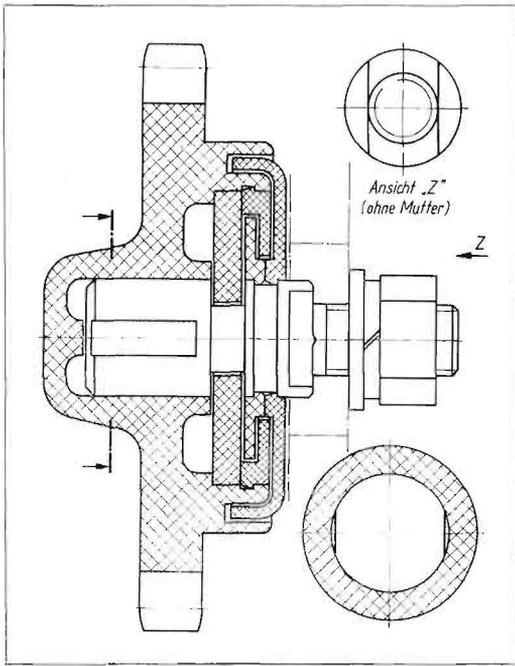


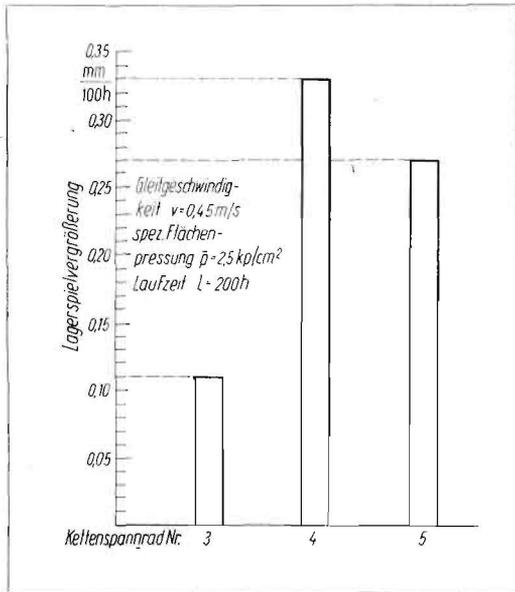
Bild 24. Wartungsarmer Kettenspanner in Plastausführung
- Ausführung C

Ausführung	Anzahl d. Versuchsstücke	Staub-ein-wirkg.	Schmie-rung	Zäh-ne-zahl Z	Anpreß-kraft P [kp]	Drehzahl n [min ⁻¹]		Gleit-geschw. v d. Spann-r i. d. Bohr. [m/s]	Spez. Flächen-pressung p [kp/cm ²]	Lauf-zeit L [h]	Bemer-kungen
						Antr.-rad	Spann-rad				
A	1	nein	Anfangs-schmierg.	14	10	300	428	0,45	2,5	250	
A	1	ja	Anfangs-schmierg.	14	10	300	428	0,45	2,5	250	
B	3	ja	Anfangs-schmierg.	14	10	300	428	0,45	2,5	250	Lagertem-peratur-messungen
C	3	ja	Anfangs-schmierg.	15	10	320	426	0,45	2,5	250	Die Zäh-ne-zahl wurde auf Grund d. Über-arbeit, d. TGL-Blattes erhöht

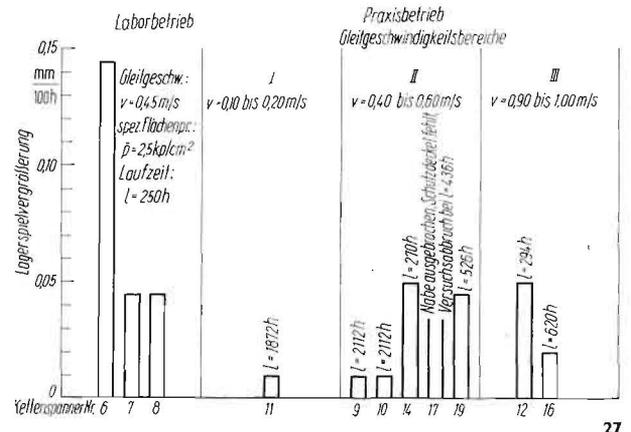
Tafel 9
Versuchsbedingungen
im Laborbetrieb



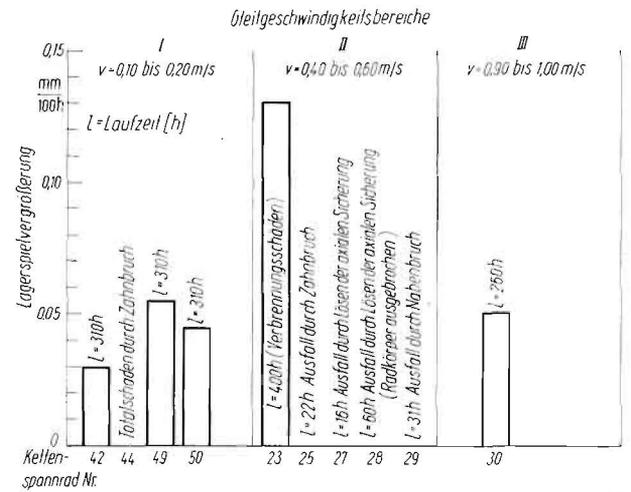
25



26



27



28

Bild 25. Wartungsarmer Kettenspanner in Plastausführung — Ausführung D

Bild 26. Lagerspielvergrößerung — Ausführung B (Laborbetrieb)

Bild 27. Lagerspielvergrößerung — Ausführung C

Bild 28. Lagerspielvergrößerung — Ausführung D

Tafel 10
Versuchsbedingungen
im Praxisbetrieb¹

Einsatzmaschine	Ausführung	Anzahl der Versuchsstücke	Triebbezeichnung	Drehzahl des Spannrades n [min^{-1}]	Gleitgeschw. v d. Spannrades i. d. Bohrung [m/s]	spezifische Flächenpressung p [kp/cm^2]
Mährescher E 175	C	3	obere Schachtwelle — Taumelwelle	506	0,53	unbekannt
	C	2	Motor-Leitrommel	895	0,94	unbekannt
	D	5	Leitrommel-Druckgebläse-Reinigung-Bunkereintrichtung	595	0,62	unbekannt
	D	1	Motor-Leitrommel	895	0,94	unbekannt
Kartoffelsortierer K 711	D	2	Zubringerelevator	108	0,11	unbekannt
	D	1	Querfördereinrichtung, hint.	93	0,10	unbekannt
Saatgutreiniger „Gigant“ K 531	C	2	Triebantrieb	440	0,44	≈ 2
	C	1	Bürstenwagenantrieb	142	0,16	≈ 2

¹ Alle Kettenspanner arbeiten unter Staubwirkung und mit Anfangsschmierung

Grenzdauertemperaturbereich für den eingesetzten Plastwerkstoff wird nur geringfügig überschritten. Diese kurzzeitige Überschreitung wird vom Werkstoff ohne Schädigung aufgenommen.

Untersuchungsergebnisse im Praxisbetrieb

Bei der Ermittlung der Lagerspielvergrößerungen der einzelnen Ausführungen wurde zunächst eine Einteilung in Gleitgeschwindigkeitsbereiche wie folgt vorgenommen:

$$v = 0,10 \text{ bis } 0,20 \text{ m/s}$$

$$v = 0,40 \text{ bis } 0,60 \text{ m/s}$$

$$v = 0,90 \text{ bis } 1,00 \text{ m/s}$$

Alle in der Praxis erprobten Spanner liefen in einer Staubatmosphäre.

Mit der Ausführung C wurden in den einzelnen Gleitgeschwindigkeitsbereichen zum Teil sehr gute Ergebnisse erzielt (Bild 27). Die Abnutzung an der Lagerstelle trat besonders in der Bohrung auf. Auch einige Bolzen waren an der Lauffläche einseitig eingelaufen. Die Lagerspielvergrößerungen bewegten sich zwischen 0,01 bis 0,05 mm/100 h, wobei die maximale Laufzeit 2112 h betrug.

Im allgemeinen war festzustellen, daß die Verzahnung nur ganz geringer Abnutzung der Zahnflanken unterlag, um so mehr jedoch wurde die Zahnbreite verringert. Diese Erscheinung ist auf ein mangelhaftes Fluchten der Kettenräder zurückzuführen. Durch exakten Einbau läßt sich dieser Verschleiß vermeiden. An nahezu allen Kettenspannern der Ausführung C war ebenfalls festzustellen, daß der aufgepreßte Verschlußdeckel sich etwas lockerte, so daß er zwar nicht aus der Nut im Radbolzen herausrang, sich aber um seine eigene Achse drehte. Trotz des Lockerwerdens war bei allen Spannern keine Verschmutzung des Schmierfettes festzustellen; es war lediglich eine Dunkelfärbung in der Umgebung der in den Spanner eingebauten Metallteile zu sehen. Der Fettvorrat war bei allen Kettenspannern nach der Laufzeit noch so groß, daß sie weiter hätten im Einsatz bleiben können.

Mit der Ausführung D wurden unterschiedliche Ergebnisse erzielt (Bild 28). Von 10 Kettenspannern fielen 5 vorzeitig durch Zahnbruch und Lösen der axialen Sicherung mit Nabenbruch aus. Diese Ausfallursachen sind auf Überlastungen der Kettenspanner zurückzuführen. Dies trifft besonders auf die Räder zu, die im Mährescher am Antrieb Leitrommel - Druckgebläse - Reinigung - Bunkerentleerungsschnecke (Stiefelkette) eingesetzt waren. Außerdem konnte bei dieser Ausführung beobachtet werden, daß sich durch das Eindringen von Staub zwischen Schutzkappe und Radkörper die Kappe festklemmte und dadurch auf dem Bolzen mitdrehte. Die gewünschte Dichtwirkung ging dabei teilweise verloren. Die Lagerspielvergrößerung lag zwischen 0,03 bis 0,13 mm/100 h. Die maximale Laufzeit betrug 400 h. Die hauptsächlichste Abnutzung lag ebenfalls in der Bohrung. In der Verzahnung waren die gleichen Schäden festzustellen wie bei der Ausführung C. Auch in der Schmiermittelfärbung und im vorhandenen Vorrat treffen die gleichen Aussagen wie für die Ausführung C zu.

Ökonomische Betrachtungen

Die vorgenommenen ökonomischen Überprüfungen für die Plastteile gelten sowohl für die Ausführung C als auch für die Ausführung D, da beide ähnlich gestaltet sind. Die kalkulierten Werte beziehen sich auf die Anfertigung von Spritzgießteilen. Bei der Betrachtung der zu bearbeitenden Metallteile ist festzustellen, daß der Aufwand für die Ausführung D niedriger ist, da nur der Laufbolzen zu den Plastteilen hinzukommt. Insgesamt ist auf Grund der vereinfachten Herstellungstechnologie der Plastteile und des konstruktiven Aufbaues der Spanner mit einem kostenverringenden Richtwert von 80 bis 85 % gegenüber der Stahlausführung zu rechnen. Diese Einsparung hat keine generelle Gültigkeit, da noch die Nutzungsdauer in die Betrachtung mit einbezogen werden muß. Zu beachten ist, daß die derzeitigen Kettenspanner für stark belastete Triebe, wie z. B. Stiefelkette des Mähreschers, etwa 400 bis 500 Betriebsstunden im Einsatz sind. Für derartige Belastungen sind die Plastkettenspanner nicht geeignet und würden somit auch keinen Vorteil bringen. Der beschriebene ökonomische Nutzen der Plastausführung wird in erster Linie an Trieben wirksam, die nur eine geringe spezifische Flächenpressung am Kettenspannrad hervor-

rufen und deren Nutzungsdauer annähernd in der gleichen Größenordnung wie bei der Stahlausführung liegt.

Einschätzung der Untersuchungsergebnisse

Allgemein wird eingeschätzt, daß die Polyamid-Kettenspanner auf Grund der Werkstoffkennwerte für höher belastete Kettentriebe nicht geeignet sind. Die Versuche am Mährescher zeigten, daß eine hohe Gleitgeschwindigkeit (etwa bis $v = 1 \text{ m/s}$) an der Lagerstelle sich nicht so nachteilig auf die gesamte Laufzeit des Kettenspanners auswirkt, wie eine hohe Belastung. Spannräder, die mit einer Kraft von $P = 10 \text{ kp}$ angepreßt werden, laufen ohne übermäßigen Verschleiß. Ferner stellte sich heraus, daß die Kettenspanner in der landwirtschaftlichen Praxis unbedingt mit einer Staubabdichtung versehen werden müssen, damit die Lagerreibung so niedrig wie möglich gehalten und eine erhöhte Wärmeentwicklung, die zu Verbrennungen führt, unterbunden wird. Über die erzielten Ergebnisse auf dem Versuchsstand und im Praxisbetrieb ist zu sagen, daß sie sich in bezug auf die Abnutzung an den Zahnflanken und an der Lagerstelle im wesentlichen decken, so daß beide miteinander bei der Auswertung verglichen werden können. Als ein zu beseitigender Nachteil bei den Praxisversuchen ist das Nichtfluchten der Kettenräder hervorzuheben, wodurch sich die Zahnbreite schneller verringert.

6. Aussichten für den Plasteinsatz

Ausgehend von dem in großen Zügen dargelegten Stand der Anwendung von Plasten in Landmaschinen und Traktoren soll noch das Wichtigste über die Aussichten und Weiterführung des Einsatzes von Plasten an Landmaschinen genannt werden. Die Untersuchungen eines möglichen Plasteinsatzes werden systematisch nach technisch-ökonomischen Gesichtspunkten im Industriezweig weitergeführt, um die gemäß der Direktive zur Ausarbeitung des Perspektivplanes bis 1970 vorgesehene Steigerung des Plasteinsatzes um das 4,5fache zu sichern. Die Erweiterung der Anwendungsmöglichkeiten wird sich dabei besonders auf Neu- und Weiterentwicklungen der Maschinen und Baugruppen erstrecken. Der Standardisierung von Plasteteilen ist in der Perspektive erhöhte Aufmerksamkeit zu widmen, da hierdurch eine rationellere Fertigung möglich ist. Der Anwendungsbereich wird sich auch in größerem Umfang zu Bauteilen erweitern, die nicht nur geringen Beanspruchungen, sondern bestimmten Belastungen ausgesetzt sind. Es sind dazu umfangreiche Untersuchungen erforderlich, da bisher auf diesem Gebiet wenig Erfahrungen vorliegen.

Weiterhin werden sich die Untersuchungen auf großflächige Teile erstrecken, um auch für größer dimensionierte Bauelemente die Vorteile von Plasten wirksam werden zu lassen. Außerdem können derartige Teile auch das Gesamtbild der ganzen Maschine verbessern helfen. In diesem Zusammenhang spielt die Verminderung der Korrosionsanfälligkeit eine wichtige Rolle.

Auf dem Gebiet der Forschung und Entwicklung sind besonders die Anwendungsmöglichkeiten von Thermoplasten, die z. Z. in der DDR noch nicht zur Verfügung stehen, unter den Bedingungen der landwirtschaftlichen Praxis zu untersuchen. Es ist dabei besonders an Polyformaldehyd, Polycarbonat, Polypropylen sowie Polyurethan gedacht. In Verbindung dazu werden Untersuchungen im Hinblick auf den Verschleiß von Plasteteilen unter den verschiedenen Einsatzbedingungen durchgeführt.

Auf dem Gebiet der Werkzeugherstellung ist es unbedingt erforderlich, daß die bisher aufwendige Fertigung, insbesondere der Funktionsmuster, vereinfacht wird. Deshalb wird die Anfertigung und Eignung von Primitivwerkzeugen untersucht.

Abschließend sei bemerkt, daß für den Einsatz von Plasten im Landmaschinenbau ein weites Betätigungsfeld vorhanden ist, das durch eine gute Zusammenarbeit zwischen Erzeuger, Verarbeiter und Verbraucher günstig beeinflusst wird. Es geht dabei darum, die Plaste als vollwertige Werkstoffe einzusetzen und so mit dazu beizutragen, unsere Maschinen qualitativ zu verbessern.

A 6673