

# Haltbarkeit und Verschleiß von Werkzeug- und Maschinenteilen der Landtechnik

Von Th. Stroppel, Braunschweig-Völkenrode

Die durchschnittliche Höhe der jährlichen Gesamtkosten einer Landmaschine hängt, da die Kapitalkosten (Abschreibung und Zinsen) mit zunehmender Nutzungsdauer sinken, die Reparaturkosten aber steigen, von der Länge der Nutzungsdauer der Maschine ab. Die Grenze der wirtschaftlichen Nutzungsdauer einer Landmaschine wird bei der Gegenläufigkeit dieser beiden Kostenarten in erster Linie durch die mit der Nutzungsdauer steigenden Reparaturkosten bestimmt. Die Reparaturkosten nehmen deshalb in der Kostenrechnung der Landwirtschaft eine zentrale Stellung ein [1].

Reparaturen an Landmaschinen wie auch der Bedarf an Ersatzteilen werden in allererster Linie durch den mit der Zeit meist progressiv ansteigenden Verschleiß einzelner Maschinenteile beim Einsatz der Maschinen verursacht. Da es aus wirtschaftlichen und technischen Gründen schwierig, um nicht zu sagen unmöglich ist, allen Verschleißteilen einer Landmaschine von vornherein die gleiche Lebensdauer wie den übrigen nicht verschleißbelasteten Teilen zu geben, bildet der Konstrukteur die besonderem Verschleiß unterworfenen Teile einer Maschine als austauschbare Ersatzteile aus. Die Ersatzteilfrage der Landwirtschaft ist im Grunde genommen ein Verschleißproblem.

Ein Hauptziel der Verschleißforschung ist deshalb die Steigerung des Verschleißwiderstandes unter möglicher Angleichung der Haltbarkeit aller gleichartigen Verschleißteile einer Maschine. Dies um so mehr, als die heutigen, durch Motor und Schlepper betriebenen Arbeitsmaschinen infolge der größeren Arbeitsgeschwindigkeiten und -leistungen bedeutend höheren Verschleißbeanspruchungen ausgesetzt sind als unter den früheren Bedingungen des Gespannzuges.

Eine weitere Ursache, die zu Reparaturen führen kann, ist die Korrosion freiliegender Oberflächen der Maschinen unter der Einwirkung von Atmosphärenteilchen, von Düngemitteln u. ä., wobei es vor allem während der längeren Einsatzpausen zum Festrost von Gleitpaarungen, Durchrost von tragenden Rahmenteilern u. a. kommen kann. Durch Korrosionsschutz und eine sachgemäße Maschinenpflege kann hier viel Schaden vermieden werden. Reparaturen werden vielfach auch durch Verformungen und Bruch von Maschinenteilen unter dem Einfluß von Stör- bzw. Dauerbeanspruchungen verursacht. Wie die Maschinenkonstruktionen in dieser Hinsicht bereits im Entwurf günstig beeinflusst werden können, haben Kloth und Mitarbeiter in umfangreichen Untersuchungen über festigkeitsgerechtes Konstruieren erarbeitet [2—5].

Von diesen vielfältigen Wechselbeziehungen zwischen der Formgebung, der Werkstoffwahl und -behandlung, den Betriebsbeanspruchungen, der Wartung und Pflege und der Haltbarkeit gegen Verschleiß, Korrosion, Bruch und Verformung soll im folgenden nur das Problem der Verschleißminderung erörtert und ein kurzer Überblick über die Verhältnisse in der Landtechnik gegeben werden.

## Der Verschleißvorgang

Unter „Verschleiß“ versteht man die unerwünschten Veränderungen der Oberfläche von Maschinenteilen bei der Arbeit durch Lostrennen kleiner Teilchen infolge mechanischer Ur-

sachen [6]. Damit ein Verschleiß zustande kommt, muß ein Grundkörper (Verschleißteil) auf einem Gegenstoff in einer Berührungsfläche unter Druck entlanggleiten. Der Grundkörper ist stets ein fester Stoff, während der Gegenstoff in festem, flüssigem oder gasförmigem Zustand vorliegen kann. Zwischen Grundkörper und Gegenstoff, der sogenannten Verschleißpaarung, kann ein Zwischenstoff sich befinden, der gasförmig (Luft) oder flüssig (Schmierstoff) oder fest in Form von Verschleißkörnern (Abrieb, Sand, Staub) vorhanden sein kann.

Diese fünf Größen: Grundkörper, Gegenstoff, Zwischenstoff, die Relativbewegung (gleitend, rollend, stoßartig) zwischen der Verschleißpaarung sowie die Flächenpressung in der Berührungsfläche bedingen den Ablauf jeden Verschleißvorganges und bilden die Grundlage für die Verschleißbekämpfung.

## Verschleißarten

In **Tafel 1** sind die in der Landtechnik vorkommenden Verschleißpaarungen und einige kennzeichnende Verschleißteile von Landmaschinen zusammengestellt. Man erkennt, daß der Aufgabenkreis der Verschleißminderung in der Landtechnik sehr groß ist.

Bei dem Verschleiß der Gleitpaarungen Stahl auf Stahl, Stahl auf Metall oder Stahl auf Kunststoff, wie er auch bei den üblichen Lagerungen, Gleitführungen, Getrieben usw. im allgemeinen Maschinenbau vorkommt, interessieren in Landmaschinen vor allem die Notlaufeigenschaften dieser Paarungen bei Trockenlauf und im Beisein von Staub, feinem Sand und Feuchtigkeit.

Ein zweites Gebiet umfaßt den Verschleiß von Stahl durch landwirtschaftliche Stoffe, wie Holz, Faserstoffe und Weichstoffe. Hier sind es vor allem die Maschinenteile, die funktionell sehr innig mit diesen Stoffen in Berührung kommen, wie die Schneiden der verschiedenartigsten Schneidwerkzeuge, die Schlagleisten der Dreschtrommeln, die Drillräder der Sämaschinen usw.

Ein landtechnisch sehr bedeutsamer Fragenkomplex ist der Verschleiß von Stahl durch Boden, wie er bei allen Bodenbearbeitungswerkzeugen, bei Geräten zur Aussaat, bei Pflegegeräten, beim Roden und Aufbereiten von Hackfrüchten und dgl. mehr vorkommt.

Darüber hinaus gewinnen andere Verschleißpaarungen mit Gummi, Kunststoffen und keramischen Stoffen in der Landtechnik immer mehr an Bedeutung.

## Verschleiß in Maschinenlagern und -führungen

Bei Verschleißpaarungen Stahl auf Stahl ist bei Lagern und anderen Berührungsstellen bewegter Maschinenteile die Schmierung der Gleitflächen eines der wirksamsten Mittel zur Verschleißminderung. In gekapselten Getrieben ist ein vollkommener Schmierfilm und damit ein praktisch verschleißfreier Lauf zu erzielen. Muß man aber in der Landtechnik bei weniger hoch beanspruchten, bzw. schwer zugänglichen Lager- und Gleitstellen auf die Verwendung von Schmiermitteln verzichten oder unter den besonderen Einsatzbedingungen auf dem Acker einen zeitweisen Trockenlauf einer Gleitpaarung, u. U. im Beisein von Staub und feinem Sand, in Kauf nehmen, so ist stets mit einem verstärkten Verschleißangriff zu rechnen. Hier kann durch die Härte der aufeinander gleitenden Werkstoffe der Verschleiß weitgehend herabgesetzt werden. Selbstverständlich wird man durch Staubschutz und anderen Maßnahmen ein Eindringen von zusätzlichen Verschleißstoffen in die Gleitstellen zu verhindern versuchen.

*Obering. Theodor Stroppel VDI ist wissenschaftlicher Mitarbeiter des Institutes für landtechnische Grundlagenforschung (Direktor: Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Batel) der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode.*

Kunststoffe, besonders Polyamide, weisen in der Paarung mit Stahl sehr gute Gleiteigenschaften auf und daraus hergestellte Lagerbuchsen, Führungsschienen, Zahnräder u. ä. haben bemerkenswerte Notlaufeigenschaften. Die Abriebfestigkeit der gleitbeanspruchten Teile hängt vom Zustand der Oberflächenschicht ab. Sphärolitisch kristallisierte und daher milchigtrüb aussehende Polyamide sind verschleißfester und härter als solche, die amorph bzw. glasig-durchsichtig sind. Oberflächenverdichtete Teile sind abriebfester als unverformte. Die Stahlteile müssen eine glatte, am besten gehärtete Oberfläche haben. Bei ausgesprochenem Trockenlauf soll mit Rücksicht auf die Erwärmung die Gleitgeschwindigkeit klein sein [7; 8].

Die Verminderung des Gleitweges ist ebenfalls eine Möglichkeit zur Verschleißminderung. In Wälzlagern ist die gleitende Reibung durch die rollende Reibung ersetzt, wodurch der eigentliche Verschleiß fast ganz wegfällt. Kugellager werden heute zudem mit ein- oder beiderseitig eingebauten Abdichtscheiben versehen, die konstruktiv einen ideal einfachen Staubschutz dieser Lager darstellen.

Der Einfluß der Flächenpressung und Gleitgeschwindigkeit ist bei trockener Reibung sehr unterschiedlich. So kann eine Erhöhung der Flächenpressung zu einer Verfestigung der gleitenden Oberflächen und damit zur Verschleißminderung führen, bei einer anderen Paarung kann jedoch in demselben Fall der ursprünglich oxydische Abrieb unter Freierscheinungen in einen metallischen übergehen. Andererseits kann bei Trockenlauf und gewissen Werkstoffpaarungen bei Überschreiten einer bestimmten Grenzgeschwindigkeit ein Übergang zum oxydischen Abrieb stattfinden, wobei der Verschleiß nur einen Bruchteil des bei kleinen Gleitgeschwindigkeiten beträgt [9]. Andere Einflußfaktoren auf den Verschleiß, die hier nur angedeutet werden können, sind die in den Gleitflächen herrschende Temperatur, die Relation der physikalischen Eigenschaften der Paarung und die Oberflächenstruktur.

**Verschleiß von Schneidwerkzeugen, Schlagleisten u. dgl.**

Eine ganz anders geartete Verschleißpaarung liegt bei Werkzeugen und Maschinenteilen vor, die beim Trennen und Verarbeiten von landwirtschaftlichen Stoffen mit diesen in innige Berührung kommen.

Bei den Schneidwerkzeugen, wie z. B. den Mäh-, Häcksel- und Rübenmessern, verändert sich bei der Arbeit durch mechanischen Abrieb die Form des vordersten Teiles des Schneidenkeiles. Die Schneidkante wird durch Abrundung „stumpf“, die Schneide dringt immer schwerer in das Schnittgut ein, wobei die Schnittkraft steigt. Der Schneidvorgang geht durch das erschwerte Eindringen des Schneidenkeiles in einen mehr oder weniger undefinierbaren Trennvorgang des Quetschens, Zerschlagens und Zerreißen über, sofern das Schnittgut nicht, wie beim freien Schnitt ohne Gegenschneide (Sense, Rasenmäher), einfach ausweicht [10; 11].

Aufgabe der Verschleißminderung ist hier, die Standzeit (Lebensdauer) des jeweiligen Schneidwerkzeuges, bis es wegen Abstumpfung erneuert bzw. nachgeschliffen werden muß, durch Änderung der Schnittbedingungen (Geschwindigkeit usw.), der Werkzeugform und -führung, der Werkstoffwahl und -vergütung im Rahmen eines wirtschaftlich gegebenen Rahmens zu erhöhen.

**Verschleiß von Bodenbearbeitungswerkzeugen**

Der Verschleiß zwischen Stahl und Boden unterscheidet sich von dem Vorstehenden im wesentlichen dadurch, daß die Aggressivität der mineralischen Stoffe im Ackerboden größer ist als die der landwirtschaftlichen Stoffe (Gras, Stroh, Rüben). Man kann zwischen einem Verschleiß an den Schneiden der Schare, Hack-, Fräsmesser usw. und einem Verschleiß von Arbeitsflächen z. B. der Streichbleche und Schleifsohlen unterscheiden.

Erfahrungsgemäß wird der weitaus größte Teil dieser Werkzeuge durch Verschleiß unbrauchbar; auf steinigem Böden müssen sie gelegentlich auch infolge Bruch und Verbiegung durch neue ersetzt werden. Man verlangt deshalb von diesen Teilen im allgemeinen eine hohe Verschleißfestigkeit und hohe Bruchfestigkeit. Die hohe Verschleißfestigkeit sucht man bei härtbarem Stahl durch eine hohe Martensithärte, bei gegossenen Teilen durch Einlegen von Abschreckplatten in die Gußform zu erreichen. Andere Wege sind die Auftragung von verschleißfesten Stellungen oder die Einsatzhärtung. Beim härtbaren Stahl erreicht man die verlangte Zähigkeit gegen Bruch durch Anlassen, wobei Härte und damit Verschleißfestigkeit verlorengeht. Durch sachgemäße Wärmebehandlung kann jedoch ohne

Tafel 1. Verschleißpaarungen und Verschleißteile in der Landtechnik.

Verschleißpaarung	Grundkörper	Stahl Grauguß	Metall	Kunststoff (Polyamide)	Stahl normal oder gehärtet	Stahl, normal oder gehärtet Stahlguß Gra-, Temper-, Kokillenguß	Stahl	Gummi	Gummi	Kunststoff		Mineral			
	Gegengestoff	Stahl normal oder vergütet			landwirtschaftliche Stoffe Holz Faserstoffe Halmfrüchte pflanzl. Weichstoffe			Boden			Stahl	Körnerfrüchte Faserstoffe	Flüssigkeiten	Körnerfrüchte	
Zwischengestoff	flüssig: Schmierung gasförmig: Trockenlauf trocken: Staub, Sand				—			flüssig: Wasser gasförmig: Luft			gasförmig: Luft			—	—
Bewegungsart	Gleiten Rollen		Gleiten—Stoßen			Gleiten		Rollen	Rollen Gleiten	Gleiten	Gleiten	Gleiten	Gleiten		
Verschleißteile	Gleitlager Rollenlager Geradföhrungen Getriebe Messerführungen Messerhalter Getriebräder Rollenketten	Gleitlager mit Kunststoffbuchsen Gleitführungen Rollenketten Kettenräder	Holz: Äxte, Sägen, Schneiden von Baumscheren Faserstoffe: Schneidwerkzeuge, Mähmesserklingen, Häckselmesser, Schlagleisten von Dreschmaschinen, Knüpfel von Bindemähern, pneumatische und mechanische Fördereinrichtungen, Drillräder, Förderschnecken, Gebläserohre Weichstoffe: Muser, Rübenschneider, Rübenköpfmesser			Bodenbearbeitungswerkzeuge: Schare, Streichbleche, Pflugsohlen, Eggen-, Pflug- und Sechsscheiben, Grubber und Eggenzinken, Vorschäler, Messerseche, Fräszinken Drainfräsmesser, Planierschilde, Zinken von Ladegeräten— Rodeschare, Rübenrodekörper, Siebketten, Förderketten — Drillshare, Heuwenderzinken, Federzinken, gabeln — Spaten, Hacken, Harken		Räder Radreifen	Luftreifen Schonüberzüge von Fördereinrichtungen bei Kartoffelrodern u. ä. Transportbänder	Keilriemen	pneumat. Fördereinrichtungen Saatgutleitungen Drillräder Schonüberzüge	Hydraulik Leitungen Jauchepumpen Beregner	Mahlsteine von Schrotmühlen		

besondere Schwierigkeiten ein Optimum zwischen Härte und Zähigkeit erreicht werden, wie es im Normblatt DIN 11100 über Werkstoff und Gütevorschriften der Bodenbearbeitungswerkzeuge festgelegt ist [12]. Freilich müssen dann diese Werkzeuge im Anlieferungszustand vom Verbraucher aufgebraucht werden und eine Wärmebehandlung durch den dörflichen Handwerker unterbleiben. Entsprechende Entwicklungen zeichnen

sich z. B. durch die „Einweg“-schare ab, die nach dem Stumpfwerden nicht mehr im Feuer nachgeschärft werden, sondern durch fabrikneue Schare ersetzt werden.

Wenn man die vielen Verschleißpaarungen und -teile in Tafel 1 auf die Möglichkeit einer wirtschaftlichen Verschleißminderung hin durchsieht, so ist auf dem schwierigen Gebiet der Verschleißforschung noch manche Aufgabe zu lösen.

### Schrifttum

- [1] Schäfer-Kehnert, W.: Kosten und Wirtschaftlichkeit des Landmaschineneinsatzes, München-Wolfsrathausen 1957, (Berichte über Landtechn. H. 51).
- [2] Veröffentlichungen von Prof. Dr.-Ing. W. Kloth und seinen Mitarbeitern. Als Manuskript gedruckt 1956.
- [3] Kloth, W.: Die Vorausbestimmung der Haltbarkeit von Landmaschinen. Landtechn. Forschg. **10** (1960) H. 4, S. 94—95.
- [4] Kloth, W.: Festigkeitsgerechtes Konstruieren (In diesem Heft).
- [5] Spangenberg, D.: Die Konstruktion von Maschinen und Fahrzeugen, die auf unebenen Fahrbahnen fahren (In diesem Heft).
- [6] Verschleiß, Begriff, Analyse von Verschleißvorgängen, Gliederung des Verschleißgebietes DIN 50330, (Ausgabe November 1953).
- [7] Finkenzeller, R.: Anwendungsmöglichkeiten von Kunststoffen in der Landtechnik. In: 16/17. Konstrukteurheft. Düsseldorf: VDI-Verlag 1959. S. 101 ff. (Grundlagen d. Landtechnik Heft 11).
- [8] Jacobi, H. R.: Maschinenelemente aus thermoplastischen Kunststoffen. VDI-Z. **98** (1956) Nr. 12, S. 514—525.
- [9] Siebel, E. u. H. Brockstedt: Verschleißminderung. Maschinenbau-Betrieb **20** (1941) H. 11, S. 457—460.
- [10] Stroppel, Th.: Zur Systematik der Technologie des Schneidens. In: 11. Konstrukteurheft. Düsseldorf, VDI-Verlag 1953. S. 120—134. (Grundl. d. Landtechn. H. 5).
- [11] Stroppel, Th.: Studien über den Verschleiß von Schneiden für halmartiges Schnittgut. In: 11. Konstrukteurheft. Düsseldorf, VDI-Verlag 1953. S. 134—144 (Grundl. d. Landtechn. H. 5).
- [12] Stroppel, Th.: Zähnharte Werkzeugstähle für die Bodenbearbeitung. Techn. i. d. Landw. **25** (1944) H. 7, S. 81—90.