

Bild 3. Trocknungsgrad (Quotient aus momentaner Auswaage und Anfangseinwaage des Trocknungsgutes) in Abhängigkeit von der Trocknungszeit bei Maissilage gleichen TS-Gehalts

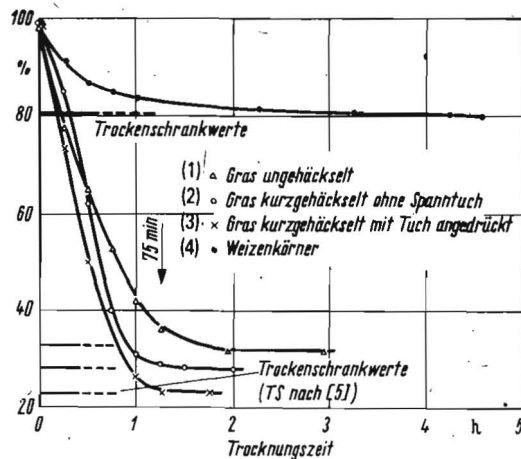


Bild 4. Einfluß der Häcksellänge und eines Spanntuches auf die erforderliche Trocknungszeit sowie Trocknungskurve für Weizen; auf der Ordinate ist der Quotient aus momentaner Auswaage und Anfangseinwaage des Trocknungsgutes dargestellt

als ohne Tuch (Kurve (3) im Bild 4), daß sich die Gesamttrocknungszeit aber nicht wesentlich ändert, so daß wahlweise die Trocknung mit und ohne Spanntuch erfolgen kann.

— Zur TS-Bestimmung an Getreide ist der hier empfohlene Trockner ebenfalls geeignet (Kurve (4) im Bild 4). Es ergeben sich jedoch längere Trocknungszeiten, die auf die Diffusionszeiten des Wassers aus dem Korninneren durch die Schale zurückzuführen sind.

#### 4. Schlußbetrachtungen

Veranlaßt durch die dringenden Belange der landwirtschaftlichen Praxis wurden handelsübliche Photo-Trockenpressen auf ihre Eignung als Trocknerteil eines TS-Schnellbestimmers untersucht, und die grundsätzliche Verwendbarkeit für diesen Zweck nachgewiesen. Sie sind gegenüber den bekannten Eigenbaugeräten billiger im Erwerb und Betrieb (Preis etwa 500 Mark, elektrische Leistung 0,64 kW). Sie besitzen eine lange Grenznutzungsdauer. Die erforderlichen Trocknungszeiten für gehäckselte Proben liegen bei maximal 75 min. Man kann abschätzen, daß je Schicht mit einem solchen Gerät etwa 6 Proben von 300 bis 500

getrocknet werden können. Weitere Einzelheiten können der entsprechenden Dokumentation [8] entnommen werden.

#### Literatur

- [1] Gläser, M.; Zschaage, F.; Lehmann, S.: Möglichkeiten zur Bestimmung der in Rinderanlagen mit stationärer Fütterung geförderten Grundfuttermenge. IfM Potsdam-Bornim, Studie Nov. 1972.
- [2] Gläser, M.; Ernst, H.; Baganz, K.: Untersuchungen zu Fragen der Automatisierung der Meßwertgewinnung bei der Trockenmassebestimmung von Rinderfutter. agrartechnik 25 (1975) H. 12, S. 606—608.
- [3] —: Protokoll der Vergleichsprüfung am 15. Mai 1975 in Paulinenaue.
- [4] Maltry, W.: Persönliche Mitteilung.
- [5] TGL 80—21875/03: Futtermittel, Prüfung von Futtermitteln; Bestimmung der Trockenmasse. Ausg. 11/67.
- [6] D'Ans, J.; Lax, E.: Taschenbuch für Chemiker und Physiker. Berlin: Springer-Verlag 1949.
- [7] Kalisch, H.: Methodenvergleich zur Bestimmung der Trockenmasse bei Kartoffeln, IfM, Bericht 248.
- [8] Gläser, M.; Philipp, K.: Neuerervorschlag 13/1975, IfM Potsdam-Bornim.
- [9] Beer, M.; Heißner, A.; Vogel, G.: Bestimmung des Luftaustausches im geschlossenen Gewächshaus aus Glas oder glasfaserverstärktem Polyester. Dt. Agrartechnik 15 (1965) H. 4, S. 166—170. A 1058

## Zur Zerkleinerung von Halmgut

Dozent Dr.-Ing. K. Plötner, KDT/Dipl.-Ing. R. Schwedler, KDT/Dipl.-Ing. K. Höhn, KDT  
Universität Rostock, Sektion Landtechnik

### 1. Problemstellung

Die komplexe Mechanisierung der sozialistischen Landwirtschaft ist durch die Anwendung immer leistungsfähigerer Maschinensysteme als Grundlage industriemäßiger Produktionsverfahren gekennzeichnet [1]. Für die industriemäßige Produktion und Verarbeitung von Halmgut gewinnen die Zerkleinerungsmaschinen zunehmend an Bedeutung.

Die verschiedenen Halmgüter, die wichtige Erzeugnisgruppen im Rahmen der landwirtschaftlichen Produktion darstellen, müssen zerkleinert werden, um die Bedingungen für die Ernte, Aufbereitung, Verarbeitung, Verfütterung und Futterverwertung zu verbessern [2]. An die Zerkleinerungsmaschinen, die zum Erreichen dieser Ziele entscheidend beitragen müssen, werden folgende allgemeine Anforderungen gestellt:

- Eignung für die Zerkleinerung der verschiedenen Halmgüter
- Einhaltung des geforderten Zerkleinerungsgrades
- Steigerung des Durchsatzes
- Senkung des Energiebedarfs
- Erhöhung der Verfügbarkeit.

Zur Realisierung dieser allgemeinen Anforderungen sind theoretische und experimentelle Untersuchungen der Wechselwirkungen zwischen Arbeitselementen und deren Anordnung und Halmguthaufwerken in Abhängigkeit von den Konstruktions- und Betriebsparametern der Zerkleinerungsmaschine und den Stoffparametern des Halmgutes erforderlich. Als Ausgangspunkt der Untersuchungen werden im vorliegenden Beitrag der Stand der Erkenntnisse analysiert, systematisiert und bekannte Defekte durch experimentelle Untersuchungen unter Praxisbedingungen

I	Modell					
	mögliche Modellfälle					
	Anzahl der Teilelemente zur Realisierung der Kräfte					
II	Art der Bewegung des Teilelements zur Realisierung der Schnittkraft und Zuordnung zum Gutstrom	mögliche Varianten				
		realisierte Varianten				
III	Prinzip		Scheibenradhäckster	Trammelhäckster	Walzenhäckster	Schlegelhäckster

Bild 1. Systematik der Prinzipien der Zerkleinerungseinrichtungen für Halmgut;  $F_S$  Schnittkraft;  $F'_S$  Kraft, die der Schnittkraft entgegenwirkt;  $F_G$  Kraft am Gegenhalter;  $v_G$  Zuführgeschwindigkeit des Halmgutes

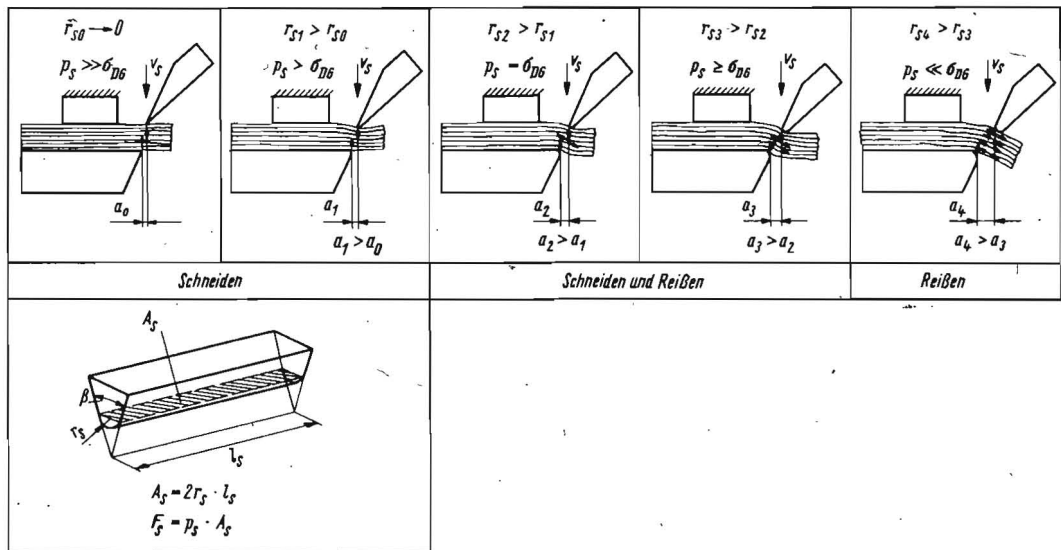


Bild 2. Schematische Darstellung des Übergangs vom Schneiden zum Reißen durch Abnutzung der Arbeitselemente;  $p_s$  Schnittdruck,  $\sigma_{DG}$  Druckfestigkeit des Halmguthaufwerkes,  $r_s$  Schneidenradius,  $a$  Abstand Schneide — Gegenhalter,  $v_s$  Schnittgeschwindigkeit,  $\downarrow$  Trennen durch Überschreiten der Druckfestigkeit,  $\leftrightarrow$  Trennen durch Überschreiten der Zugfestigkeit

präzisiert sowie Schlussfolgerungen für weitere Forschungsarbeiten gezogen.

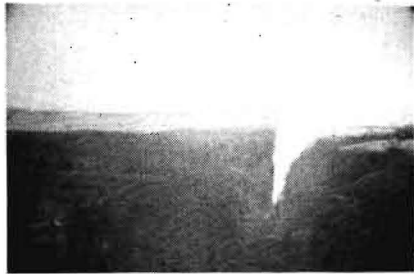
## 2. Stand der Erkenntnisse

Bei der Analyse des Erkenntnisstandes zur Zerkleinerung von Halmgut wurden nur die Zerkleinerungsmaschinen untersucht, die die Teilfunktion Schneiden realisieren [3]. Als Schneiden von Halmgut wird definiert: „Schneiden ist das Trennen von Halmgut durch Eindringen eines keilförmigen Arbeitselements“. Auf Abweichungen von diesem definierten Schneidvorgang, die bei den verschiedenen Prinzipien der Zerkleinerungsmaschinen

vorrangig auf die Abnutzung der Arbeitselemente zurückzuführen sind, wird nach der Systematisierung der Prinzipien der Zerkleinerungsmaschinen näher eingegangen.

### 2.1. Systematik der Prinzipien der Zerkleinerungsmaschinen

Die zur Zerkleinerung von Halmgut bekannten Maschinen sind durch wenige unterschiedliche Prinzipien gekennzeichnet (Bild 1). Betrachtet man nur die Zerkleinerungseinrichtungen dieser Maschinen, dann können nach Bild 1 den Modellen der für den Schnittvorgang erforderlichen Kraftwirkungen (Abstraktionsstufe I), der Anzahl der Teilelemente zur Realisierung der Kräfte



**Bild 3.** Abnutzungserscheinungen an Häckselmessern eines Feldhäckslers beim Häckseln von Weidelgras mit einem TM-Gehalt von 35,8%;  
 a) neues Häckselmesser, Schneidenradius  $r_s = 40 \mu\text{m}$ ,  
 b) abgenutztes Häckselmesser nach einem Durchsatz von  $m = 71 \text{ t}$ , Schneidenradius  $r_s = 400 \mu\text{m}$  ▶

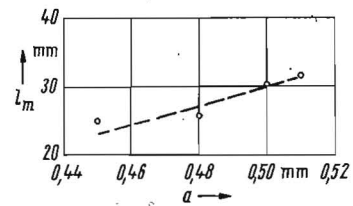


und der Art der Bewegung des Teilelements zur Realisierung der Schnittkraft mit Zuordnung zum Gutstrom (Abstraktionsstufe II) die Prinzipien Scheibenrad-, Trommel-, Walzen- und Schlegelhäcksler (Abstraktionsstufe III) systematisch zugeordnet werden. Diesen vier Prinzipien für Zerkleinerungseinrichtungen mit Arbeitselementen zum Schneiden von Halmgut entsprechen alle bisher bekannten Prinzipien. Von ihnen haben die Scheibenrad- und Trommelhäcksler aufgrund des möglichen Exaktschnittes die größte Bedeutung erreicht. Durch Zwangsvorschub, Gutvorpressung und „scharfe“ Arbeitselemente wird der Exaktschnitt realisiert, der die geforderten Zerkleinerungsgrade garantiert. Aufgrund der bekannten Vorteile des Trommelhäckslers, auf die nicht näher eingegangen werden soll, geht der internationale Trend bei der Entwicklung von Zerkleinerungsmaschinen für Halmgut eindeutig zum Trommelhäcksler [4]. Charakteristisch bei diesem Entwicklungstrend ist, daß in zunehmendem Maße die Arbeitselemente der Zerkleinerungseinrichtung nur noch die Teilfunktion Schneiden realisieren und für alle weiteren erforderlichen Teilfunktionen zusätzliche Arbeitselemente vorgesehen werden [4]. Diese Entscheidung liegt darin begründet, daß die Arbeitselemente zur Realisierung nur noch einer Teilfunktion besser nach dieser optimiert werden können. Aber auch die Trommelhäcksler erfüllen nach diesen Entwicklungstendenzen nur die gestellten Anforderungen, wenn die Abnutzung der Arbeitselemente bestimmte Grenzen nicht überschreitet. Deshalb sollen dazu noch grundsätzliche Betrachtungen und ausgewählte Versuchsergebnisse behandelt werden.

## 2.2. Abnutzung der Arbeitselemente zum Schneiden von Halmgut

Als Maßstab für die Abnutzung der Arbeitselemente zum Schneiden von Halmgut kann der Schneidenradius verwendet werden. Mit der Abnutzung der Schneide der Arbeitselemente, die durch zunehmenden Schneidenradius deutlich sichtbar wird, geht die Abnutzung der Gegenschneide konform.

Als weiterer Maßstab für die Abnutzung kann deshalb der Abstand zwischen Schneide und Gegenschneide verwendet werden. Nach Bild 2 wird bei unverändertem Prinzip der Zerkleinerungseinrichtung durch Abnutzung der Arbeitselemente nicht mehr die vorgesehene Teilfunktion Schneiden, sondern die Teilfunktion Reißen realisiert. Das exakte Schneiden, das einer definierten Trennung des Halmguthaufwerkes entspricht, ist nur gewährleistet, wenn der Schnittdruck unmittelbar an der Stelle der Energieeinleitung größer als die Druckfestigkeit des Halmguthaufwerkes ist. Das erfordert eine konzentrierte Energieeinleitung, die nur bis zu einem bestimmten Abnutzungszustand möglich ist. Ist der Schnittdruck infolge des sich vergrößernden Schneidenradius und des Abstands Schneide — Gegenschneide gleich der Druckfestigkeit des Halmguthaufwerkes, dann werden nur noch die äußeren Schichten des Halmguthaufwerkes an der Stelle der Energieeinleitung getrennt. In den mittleren Schichten reicht der vorhandene Druck für eine Trennung nicht mehr aus. Aufgrund der Zwangführung der Arbeitselemente wird das Halmgut zwischen Schneide und Gegenschneide beim Schnittvorgang eingespannt, und durch das Vorbeiführen der Schneide an der Gegenschneide wird die Zugfestigkeit des Halmgutes überschritten. Durch weitere Abnutzung werden der Schneidenradius und der Abstand Schneide — Gegenschneide so groß, daß nur noch die Teilfunktion Reißen realisiert werden kann.



**Bild 4.** Abhängigkeit der mittleren Häcksellänge  $l_m$  vom Abstand a zwischen Schneide und Gegenschneide; (Versuchsbedingungen: Weidelgras mit einem TM-Gehalt von 23,6%; Drehzahl der Häckseltrommel  $n_T = 914 \text{ min}^{-1}$ )

Experimentelle Untersuchungen an einem Feldhäcksler unter Praxisbedingungen haben bestätigt, daß in Abhängigkeit vom Durchsatz und von den Stoffparametern des Halmgutes der Schneidenradius und damit der Abstand Schneide — Gegenschneide zunehmen (Bild 3) [5]. Derartige Abnutzungserscheinungen haben erhöhten Energiebedarf und eine Verschlechterung des Zerkleinerungsgrades, im Bild 4 durch die mittlere Häcksellänge dargestellt, zur Folge [3]. Durch Zusatzeinrichtungen zum Schärfen der Arbeitselemente und durch Nachstellen der Gegenschneide werden die negativen Auswirkungen der Abnutzung laufend kompensiert. Dadurch wird beim derzeitigen Stand der Erkenntnisse garantiert, daß die gestellten Anforderungen an Zerkleinerungsmaschinen für Halmgut in bestimmten Toleranzbereichen erfüllt werden.

## 3. Schlußfolgerungen für weitere Forschungsarbeiten

Der ökonomische Einsatz von leistungsfähigen Zerkleinerungsmaschinen für Halmgut, der nur bei Verwirklichung einer hohen Verfügbarkeit gewährleistet ist, erfordert die Erhöhung der Zuverlässigkeit der auf das Halmgut einwirkenden Arbeitselemente. Zur Reduzierung der aus dem Stand der Erkenntnisse folgenden Defekte der Zerkleinerungseinrichtungen für Halmgut sind weitere Forschungsarbeiten erforderlich.

Durch verfahrenstechnische, konstruktive und instandhaltungstechnische Untersuchungen sind die Konstruktions- und Betriebsparameter der Zerkleinerungseinrichtungen weiter zu optimieren. Das Ziel der Untersuchungen ist die Erhöhung des Gebrauchswertes der Zerkleinerungsmaschinen entsprechend den Anforderungen industriemäßiger Produktionsverfahren in der sozialistischen Landwirtschaft.

## 4. Zusammenfassung

Ausgehend von der Bedeutung der Zerkleinerungsmaschinen für die industriemäßige Produktion und Verarbeitung von Halmgut werden allgemeine Anforderungen an derartige Zerkleinerungsmaschinen abgeleitet. Zum Stand der Erkenntnisse werden die Prinzipien der Zerkleinerungsmaschinen für Halmgut systematisiert und Fragen der Abnutzung der Arbeitselemente zum Schneiden von Halmgut behandelt. Daraus werden Schlußfolgerungen für weitere Forschungsarbeiten gezogen.

Fortsetzung auf Seite 613

# Untersuchungen über das Verhalten von Plastwerkstoffen im Kontakt mit Boden

Dr.-Ing. H. Jünke, KDT, Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg

## 1. Einleitung

Plaste haben in vielen Bereichen der Technik teure oder knappe Metalle vorteilhaft ersetzt. Bei richtiger Ausnutzung der speziellen Werkstoffeigenschaften der Plaste resultieren daraus nicht nur ökonomische, sondern häufig auch funktionelle Verbesserungen. Zu den besonders günstigen Eigenschaften zählen neben anderen die Korrosionsbeständigkeit und das antiadhäsive Verhalten, die die Plastwerkstoffe für die Anwendung in landtechnischen Maschinen interessant erscheinen lassen. Das antiadhäsive Verhalten läßt erwarten, daß die zu Bodenbearbeitungswerkzeugen eingesetzten Plaste den Zugkraftbedarf bei gleichzeitiger Verbesserung der Bearbeitungsqualität des Bodens verringern könnten. Eine technisch-ökonomisch sinnvolle Anwendung ist aber nur dann gegeben, wenn die Standzeit der Plastwerkzeuge der Standzeit der Metallwerkzeuge entspricht bzw. der ökonomische Aufwand für beide etwa gleich ist. Wesentlich beeinflusst wird die Standzeit durch das Verschleißverhalten. In der Vergangenheit erfolgten daher in verschiedenen Ländern Untersuchungen über das Verhalten von Plastwerkzeugen im Boden [1] [2]. Hinsichtlich der zu erwartenden Vorteile stimmten die Ergebnisse qualitativ überein. Starke Abweichungen traten jedoch beim Verschleißverhalten auf. Das ist erstens darauf zurückzuführen, daß bei den Feldversuchen naturgemäß auf verschiedenen Bodenarten unter anderen klimatischen Bedingungen gearbeitet wurde und zweitens unterschiedliche Plaste zum Einsatz kamen. Bei den hier beschriebenen Untersuchungen wurde daher versucht, weitestgehend konstante Bedingungen zu schaffen. Ziel der Untersuchungen war es, das Verschleiß- und das antiadhäsive Verhalten der in der DDR verfügbaren Plaste im Kontakt mit Boden zu untersuchen. Tafel 1 enthält die Werkstoffe, die durch Vorversuche aus einer größeren Anzahl für die Untersuchungen ausgewählt wurden. Nicht zur Verfügung stand Polyurethan. Um konstante Versuchsbedingungen zu schaffen, wurden möglichst praxisnahe Laborversuche vorgesehen.

## 2. Versuchsdurchführung

### 2.1. Verschleißuntersuchungen

Für die Verschleißuntersuchungen wurde ein karussellartiger Versuchsstand von 2 m Durchmesser gebaut, der mit verschiedenen Bodenarten gefüllt werden konnte. An der vierarmigen

Werkzeughohröffnung konnten gleichzeitig zwei Plastproben und Bodenlockerungs- und -glättungswerkzeuge laufen.

Bei der Verschleißuntersuchung wurde erstmals versucht, die Zahl der Variablen, die auf den Verschleißvorgang wirken, so klein wie möglich zu halten. Das betrifft vor allem den Verschleißstoff Boden, dessen Heterogenität eine wissenschaftliche Interpretation der bisher erhaltenen Ergebnisse praktisch unmöglich machte. Auf die Notwendigkeit, die mechanischen Eigenschaften des Bodens in einem möglichst homogenen Zustand zu untersuchen und dann zu variieren, weisen Soucek u. a. [3] hin. Für den Verschleißvorgang wurde deshalb staubtrockener Quarzsand eingesetzt. Zur Untersuchung kamen je Plastwerkstoff 10 Proben, von denen jeweils 5 unter 0° und 45° zur Bewegungsrichtung des Bodens eingesetzt wurden. Dabei wurde gleichzeitig jeweils eine Probe mit einem Anstellwinkel von 0° und 45° verschliffen. Die Bewegungsgeschwindigkeit betrug für alle Proben 7,6 km/h. Zur Auswertung des Verschleißverhaltens wurden der Masseverlust und die Dickenänderung unabhängig voneinander herangezogen.

### 2.2. Adhäsionsuntersuchungen

Die in der Literatur beschriebenen Möglichkeiten zur Messung der Adhäsion [4] sind vor allem auf Einzeluntersuchungen und auf die Messung der Normalkraft ausgerichtet. Auch mit Scherkraftmeßgeräten sind nur Einzelmessungen durchführbar.

Unter Berücksichtigung einer Reihe praktischer Forderungen sowie der nachfolgenden theoretischen Betrachtungen wurde ein neuartiger Adhäsionsprüfstand entwickelt.

Geht man davon aus, daß die Adhäsionskräfte durch Scherkräfte in der Grenzfläche aufgehoben werden, so kann man das Problem auf die Coulombsche Reibung zurückführen. In diesem Fall ist das Reibungsgesetz für die Haftreibung anzuwenden, weil mit Überwindung der Haftreibungskraft die Bindung Boden-Plast gelöst ist. Es ist also notwendig, diese Haftreibung zu messen.

Entsprechend dem Reibungsgesetz für Haftreibung

$$F_r^{(h)} = \mu_h F_N$$

gilt dann

$$F_{AS} = F_r^{(h)}$$

$F_r^{(h)}$  Haftreibungskraft

$F_N$  Normalkraft

$F_{AS}$  Scherkomponente der Adhäsionskraft

$\mu_h$  Haftreibungskoeffizient.

Zur Ermittlung von  $F_r$  bietet sich die Bewegung auf einer schiefen Ebene an, bei der die Hangabtriebskraft im Betrag gleich der Haftreibungskraft im Augenblick des Gleitbeginns ist. Da für den

Schluß von Seite 612

## Literatur

- [1] Grüneberg, G.: Die gegenwärtigen Aufgaben bei der weiteren Verwirklichung der vom VIII. Parteitag beschlossenen Agrarpolitik der SED. Berlin: Dietz Verlag 1974.
- [2] Plötner, K.: Zur Zerkleinerung landtechnischer Stoffe. Wissenschaftliche Zeitschrift der Universität Rostock, mathematisch-naturwissenschaftliche Reihe, 22 (1973) H. 1, S. 67—74.
- [3] Höhn, K.; Schwedler, R.: Untersuchungen zur Zerkleinerung von Halmgut. Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Studie 1975 (unveröffentlicht).
- [4] Jefimow, M. G.: Konstruktive Entwicklung von Zerkleinerungsaggregaten für Erntemaschinen. Traktory i selchosmaschiny 45 (1975) H. 2, S. 46—48.
- [5] Silbermann, J.; Ludwig, H.-U.: Untersuchung des Abnutzungsverhaltens der Schneidelemente der Zerkleinerungseinrichtung eines Feldhäckslers unter Praxisbedingungen. Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Diplomarbeit 1975 (unveröffentlicht). A 1078

Tafel 1. Daten der untersuchten Proben und Verschleißbedingungen

Probe	Werkstoff	Dichte in g/cm <sup>3</sup>
1	Polyester + 30 % Glasmatte	1,875
2	Polyester + 30 % Glasgewebe	1,875
3	Phenolharz + 30 % Glasmatte	1,674 ... 1,737
4	Epoxidharz + 30 % Glasgewebe	1,534
5	Polyamid Miramid H2	1,14
6	Polyamid Miramid H2 ZM (molybdänverstärkt)	1,171
7	Polyamid Miramid H2 ZG (graphitverstärkt)	1,256
8	Polyäthylen — ND	0,95
9	Stahl	7,85