

In der Zuchtstation Kerkov erfolgte die Lagerung größerer Partien in Boxen mit Unterflurbelüftung, wobei ein Radiallüfter 3 Boxen versorgt. Kleinere Partien werden in Paletten mit 600 kg Inhalt, vierfach gestapelt überlagert. Zwei Thermallager mit Boxen und Haufen bzw. mit Haufen- und palettiertierter Lagerung konnten wir in der LPG Risnce besichtigen. Täglich wird etwa 1 t Kartoffeln geschält und an die benachbarten Industrie- und landwirtschaftlichen Betriebe abgegeben, auf einer kleinen Anlage werden Chips hergestellt.

In der LPG Mezno konnten wir das 1970 errichtete Palettenlager mit 1,5 bis 1,8 kt Lagerkapazität mit einer 90 m × 15 m großen Grundfläche besichtigen. Die Paletten werden in 3 Längsblöcken über und seitlich der Unterflurzulftkanäle aufgestellt. Das Ein- und Ausstapeln erfolgt mit Hilfe eines über die ganze Gebäudelänge fahrbaren elektrischen Brückenkranses mit 2 t Tragfähigkeit. Durch die lange Fahrstrecke und die geringe Fahrgeschwindigkeit von 4 km/h beträgt die tägliche Ein- und Auslagerkapazität nur 60 t.

#### Zu Besuch auf der SALIMA

Der Besuch der SALIMA war ein Höhepunkt der Besichtigungsfahrt. Sehr ansprechend verpackte Nahrungs- und Ge-

nußmittel von allen Erdteilen, verbunden mit graphischen Darstellungen über die Entwicklung der Produktion und Verarbeitung der einzelnen Früchte in den verschiedenen Ländern, mit farbigen Aufnahmen aus den Produktions- und Verarbeitungsbetrieben und herrlichen Landschaftsaufnahmen, gaben einen Einblick in die Produktionsbedingungen der einzelnen Länder. Besonderes Interesse fand die Halle für Maschinen und Geräte zur Aufbereitung und Verpackung der Früchte, wobei auch mehrere Kartoffelaufbereitungs- und Schälanlagen, insbesondere Dampfschälanlagen für die industrielle Bearbeitung von Kartoffeln, ausgestellt waren.

Insgesamt vermittelte der fünftägige Aufenthalt in der CSSR einen recht umfassenden Überblick über den Stand der Kartoffelproduktion, der Lagerung, Verarbeitung und Versorgung, dabei gaben die gegenüber der DDR anders gelagerten Produktions- und Versorgungsbedingungen viel Anlaß zur lebhaften Diskussion. Den Kolleginnen und Kollegen in den Instituten und Einrichtungen der Kartoffelwirtschaft der CSSR, nicht zuletzt der tschechischen Schwesterorganisation CSVTS ist für ihre Bemühungen recht herzlich zu danken.

Dr. E. Pötke, KDT

A 9554

## Untersuchungen am Hackfruchtzerkleinerer F 120

Dozent Dr.-Ing. K. Plötner, KDT / Dozent Dr. agr. habil. H.-J. Groth, KDT

Dipl.-Ing. J. Goldhahn / Hochschul.-Ing. D. Ehlert / Hochschul.-Ing. F. Pakura, Universität Rostock, Sektion Landtechnik

### 1. Bedeutung der Hackfruchtzerkleinerung

In der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft gehören die Hackfrüchte zu den Produkten, die während der Verarbeitungsphase in jedem Fall zerkleinert werden müssen.

Der Übergang zu industriemäßigen Produktionsmethoden in der Landwirtschaft und die Belange der Tierernährung erfordern u. a. auch, landwirtschaftliche Stoffe mit optimaler Arbeitsproduktivität und mit einem Minimum an Kosten zu zerkleinern. Durch die Zerkleinerung von Hackfrüchten für Futterzwecke bei der Tierernährung werden folgende wesentliche Prozesse und Eigenschaften verbessert oder überhaupt erst ermöglicht:

- Mischbarkeit
- Förder- und Lagereigenschaften
- Ausnutzung von Transportvolumen
- Dosierbarkeit
- Konservierbarkeit
- genießbarkeit und Verdaulichkeit
- Verwendbarkeit im tierischen Organismus.

### 2. Anforderungen an landtechnische Hackfruchtzerkleinerungsmaschinen

Wegen der großen Vielfalt an zu zerkleinernden landwirtschaftlichen Stoffen und aufgrund der zahlreichen verschiedenen Anforderungen hinsichtlich des Zerkleinerungsergebnisses wurden und werden von der Industrie eine erhebliche Anzahl spezifischer landtechnischer Zerkleinerungsmaschinen produziert.

Zerkleinerungsmaschinen für Hackfrüchte können generell getrennt werden in Maschinen, die als Zerkleinerungs-

- geometrisch bestimmte und
  - geometrisch unbestimmte
- Hackfruchtschnitzel liefern.

Die Zuckerindustrie verwendet für die Aufbereitung von Zuckerrüben verschiedene Maschinentypen, die grundsätzlich mit Arbeitselementen nach TGL 5235 ausgerüstet sind. Diese Arbeitselemente erzeugen geometrisch bestimmte Hackfruchtschnitzel mit großer Oberfläche, die gut für das erforderliche Auslaugen bei der Zuckergewinnung geeignet sind.

Von der Landwirtschaft werden derartige Maschinen mit einer Mindestdurchsatzleistung von 25 t/h in  $T_1$  ebenfalls gefordert. Hier ermöglicht das dachförmige, geometrisch bestimmte Schnitzel bei Zuckerrüben eine gute chemische Konservierbarkeit im Silierungsprozeß und eine hervorragende Verdaulichkeit bei der Verfütterung. Bei der Zerkleinerung von Kartoffeln für Futterzwecke fordert die Landwirtschaft bei gleichen Durchsätzen scheibenförmige Schnitzel mit einer Dicke von 15 bis 20 mm. Solche Schnitzel können mit Seitenschnittmessern nach TGL 5235 auf den gleichen Maschinen hergestellt werden, auf denen auch die dachförmigen Rübenschnitzel produziert werden.

Die Durchsatzleistungen landtechnischer Hackfruchtzerkleinerungsmaschinen liegen im allgemeinen bei maximal 10 t/h oder niedriger. Ein Einbau in automatisierte Futteraufbereitungsanlagen ist wegen des Nichtvorhandenseins erforderlicher Automatisierungseinrichtungen an diesen Maschinen nicht möglich.

Landtechnische Zerkleinerungsmaschinen für Hackfrüchte, die geometrisch bestimmte Schnitzel mit Arbeitselementen nach TGL 5235 liefern, werden in der DDR gegenwärtig nur vom KfL Mihla in Form des Maschinentyps F 120 produziert.

Entsprechend Bild 1 besitzt der F 120 zwei vertikal angeordnete Messerträger für je 12 Arbeitselemente. Diese sind paarweise radial direkt auf den Messerträgern aufgeschraubt, spezielle Messerkästen gibt es nicht. Der Antrieb der Messerträger erfolgt durch einen Getriebemotor mit einer konstanten Drehzahl von 200 U/min. Über einen Einfüllkorb gelangen die Hackfrüchte zwischen Messerträger und Schnitzeltrichter. Die keilförmig ausgebildeten Trichterflächen bewirken in Verbindung mit der Schwerkraft, daß die Hackfrüchte an die rotierenden Messerträger angepreßt werden. Beschickt werden kann der F 120 über Förderband oder durch einen Greifer. Die Schnitzelabführung ist effektiv nur über einen Stetigförderer möglich.

Aus Tafel 1 können die wesentlichsten technischen Daten des F 120 entnommen werden.

### 3. Experimentelle Untersuchungen am F 120

#### 3.1. Präzisierung der Aufgabenstellung

Unter Punkt 2 wurden die Anforderungen der Landwirtschaft an einen Hackfruchtzerkleinerer erläutert. Da eine derartige Maschine für landtechnische Zwecke weder in der DDR noch im RGW produziert wird, erfolgte im Rahmen einer Forschungsarbeit an der Sektion Landtechnik der Universität Rostock die Untersuchung der vorhandenen Zerkleinerungsmaschine F 120 mit folgender Zielstellung:

- Erhöhung der Durchsatzleistung ohne wesentliche Umkonstruktion
- systematische Untersuchung der Wechselbeziehungen zwischen landwirtschaftlichem Stoff und gegebenem Arbeitselement
- umfassende Ermittlung der Betriebsparameter für Arbeitselemente nach TGL 5235 und Ableitung von Konstruktionsrichtlinien für Hackfruchtzerkleinerungsmaschinen mit derartigen Arbeitselementen.

Die folgenden Ausführungen beschränken sich im wesentlichen auf die Durchsatzsteigerung beim F 120.

#### 3.2. Versuchsprogramm

Um die geforderte Durchsatzsteigerung beim F 120 zu erreichen, wurden folgende Möglichkeiten untersucht:

- Erhöhung der Drehzahl des Messerträgers
- Variation der Arbeitselemente
- Veränderung des Abstands zwischen Arbeitselement und Messerträger

Bei den durchzuführenden Versuchen war es erforderlich, — die jeweils erreichte Durchsatzleistung  
— die auftretende spezifische Energieaufnahme  
— den jeweils erreichten Zerkleinerungsgrad  
meßtechnisch zu erfassen.

Die Antriebsdrehzahl des F 120 beträgt im Leerlauf 200 U/min. Unter Last tritt ein Drehzahlabfall von rd. 5 Prozent ein. Die Untersuchungen am F 120 erfolgten mit den Drehzahlen

- $n_1 = 184$  U/min
  - $n_2 = 283$  U/min
  - $n_3 = 330$  U/min
- } unter Belastung

Aufgrund der radialen Anordnung der Arbeitselemente auf den Messerträgern entsteht im Betrieb ein Schnittgeschwindigkeitsspektrum, das sich in folgenden Grenzen bewegt:

- bei  $n_1$  in den Grenzen von 2,30 m/s bis 4,00 m/s
- bei  $n_2$  in den Grenzen von 5,05 m/s bis 8,85 m/s
- bei  $n_3$  in den Grenzen von 7,75 m/s bis 13,6 m/s

Hinsichtlich der Arbeitselemente gelangten bei den Untersuchungen

- Schnitzmesser nach TGL 5235 mit 8 mm und 9 mm Teilung und
- Seitenschnittmesser nach TGL 5235 mit 15,5 mm und 23,5 mm Teilung zum Einsatz.

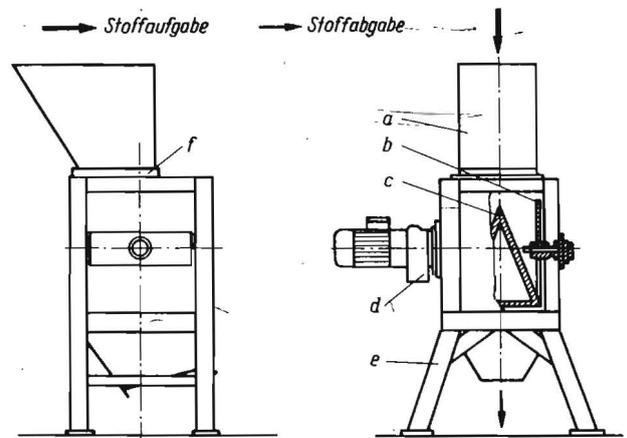


Bild 1. Rübenschnitzelmaschine F 120;  
a Einfüllkorb, b Schnitzelscheibe, c Schnitzeltrichter, d Getriebemotor, e Gestell, f Absperrschieber

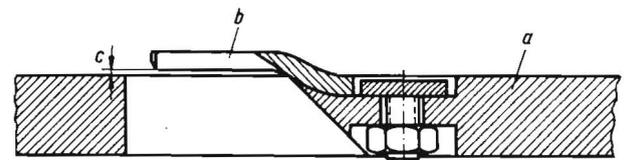


Bild 2. Anordnung des Messers auf dem Messerträger nach TGL 5235:  
a Messerträger, b Schnitzmesser, c Messerabstand

Tafel 1. Technische Daten des Hackfruchtzerkleinerers F 120 nach /1/

Antrieb	Getriebemotor Z 5 KR 132.3./4
Anschlußwert	7,5 kW
Abtriebsdrehzahl und Drehzahl der Messerträger	200 U/min
Durchmesser der Messerträger	870 mm
Werkzeuge	12 Messer KA 137×8, TGL 5235 12 Messer KB 137×8, TGL 5235
Schnitzelquerschnitt	4 bis 8 mm <sup>2</sup>
Messerabstand vom Messerträger	1 mm
Durchsatzleistung	8 t/h

Tafel 2. Charakteristik des Einsatzgutes

		Zuckerrüben	Kartoffeln
Durchschnittsmasse	kg	0,573	0,182
Durchschnittslänge	mm	159	
durchschnittlicher maximaler Durchmesser	mm	93	65
durchschnittlicher minimaler Durchmesser	mm	—	52
Trockenmassegehalt	%	22,3	19,2

Vom Hersteller werden die Arbeitselemente entsprechend Bild 2 mit 1 mm Abstand eingebaut. Im Versuchsprogramm wurde zusätzlich ein Abstand von 2 mm berücksichtigt.

An Einsatzgut standen Zuckerrüben und Kartoffeln zur Verfügung. Die Charakteristik des Einsatzgutes kann aus Tafel 2 entnommen werden.

Der Aufbau der Versuchseinrichtung ist aus Bild 3 ersichtlich.

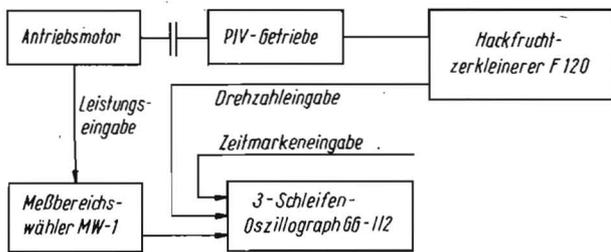


Bild 3. Schematische Darstellung des Antriebs und der Zuordnung der Meßeinrichtungen

Tafel 3. Aufbau der Versuchsreihen (Auszug)

Versuchsnummer	Einsatzmasse kg	Messerabstand mm	Drehzahl U/min	Messerart	Teilung mm
2/1	60 Z	2	184	SM	8
2/2	60 Z	2	283	SM	8
2/3	60 Z	2	330	SM	8
3/1	60 Z	1	184	SM	9
3/2	60 Z	1	283	SM	9
3/3	60 Z	1	330	SM	9
4/1	60 Z	2	184	SM	9
4/2	60 Z	2	283	SM	9
4/3	60 Z	2	330	SM	9
9/1	100 K	1	184	SSM	15,5
9/2	100 K	1	283	SSM	15,5
9/3	100 K	1	330	SSM	15,5
10/1	100 K	1	184	SSM	23,5
10/2	100 K	1	283	SSM	23,5
10/3	100 K	1	330	SSM	23,5

### 3.3. Versuchsdurchführung, Versuchsreihen und Ergebnisaufbereitung

Vor Beginn der Versuchsdurchführung erfolgte eine Eichung der Meßeinrichtung und eine Aufnahme der Leerlaufverlustleistung nach Verursachern. Bei den einzelnen Versuchen gelangten jeweils 60 kg Zuckerrüben oder 100 kg Kartoffeln zum Einsatz. Nach Erreichen der Nenn Drehzahl des F 120

wurde mit dem Öffnen des Absperrschiebers gleichzeitig die Meßeinrichtung zugeschaltet.

In Tafel 3 sind auszugsweise die durchgeführten Versuche charakterisiert. Die Aufbereitung der Meßergebnisse geschah nach folgenden Gesichtspunkten: Aus der für den Zerkleinerungsprozeß erforderlichen Zeit für eine definierte Menge Einsatzgut konnte die spezifische Durchsatzleistung errechnet werden. In analoger Weise wurde aus den aufgenommenen Leistungskenngrößen die jeweils benötigte spezifische Energie bestimmt. Der bei den einzelnen Versuchen erzielte Zerkleinerungsgrad wurde durch das Ausmessen von jeweils 100 Schnitzeln und durch Absieben von jeweils 0,1 kg Schnitzel mit einem Flüssigkeitssieb ermittelt.

### 3.4. Auswertung der Versuchsergebnisse

#### 3.4.1. Durchsatzleistung

Nach Bild 4 steigt mit wachsender Drehzahl die Durchsatzleistung progressiv an. Diese Tendenz hat ihre Ursache in einer — subjektiv festgestellten — drehzahlunabhängigen Turbulenz des Hackfruchthaufwerks zwischen Schnitzeltrichter und Messerträger und in einer Vergrößerung des dynamischen Anpreßdrucks der Hackfrüchte an die Messerträger mit steigender Drehzahl. Bei niedrigen Drehzahlen tritt der optimale Zerkleinerungseffekt unmittelbar an der Gegen-schneide auf. Mit wachsender Drehzahl und somit steigender Schnittgeschwindigkeit wird jedoch aufgrund der Trägheit des Hackfruchthaufwerks das Zerkleinern auf der gesamten Berührungsfläche von Arbeitselementen und Hackfrüchten ermöglicht. Ferner ist aus Bild 4 ersichtlich, daß eine gröbere Teilung des Arbeitselements bei Schnitzelmessern zur Durchsatzsteigerung führt. Weiterhin wirkt sich eine Vergrößerung des Arbeitselementabstands von den Messerträgern durchsatzsteigernd aus.

Wie noch nachzuweisen sein wird, ändert sich der erreichbare Zerkleinerungsgrad bei gegebenem Arbeitselement und konstantem Abstand mit der Schnittgeschwindigkeit. Daraus ergibt sich, daß einer geforderten Schnitzelgröße bei gegebener Schnittgeschwindigkeit ein genau definierter Abstand des Arbeitselements zugeordnet werden muß.

#### 3.4.2. Antriebsleistungsbedarf und spezifische Energie (Bild 5)

Der Kennlinienverlauf für die benötigte elektrische Antriebsleistung ohne Berücksichtigung der Leerlaufverlustleistung entspricht der Abhängigkeit der Durchsatzleistung von der

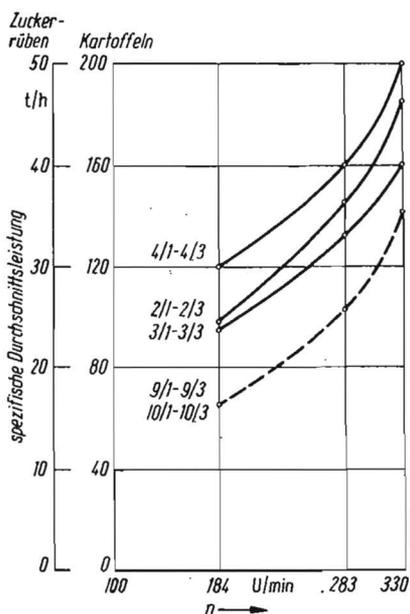


Bild 4. Abhängigkeit der spezifischen Durchsatzleistung von der Schnittgeschwindigkeit, der Messerart und dem Messerabstand

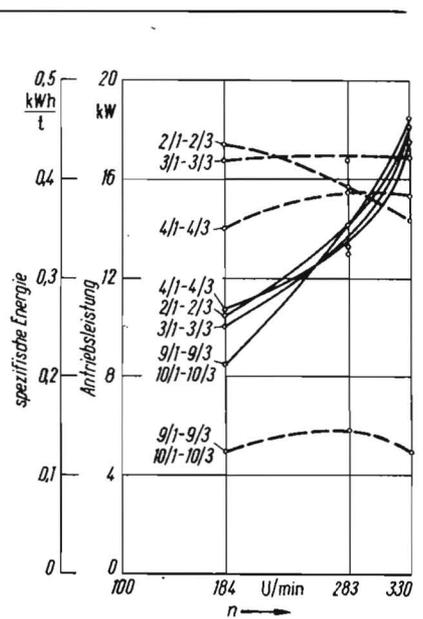


Bild 5. Antriebsleistung und spezifischer Energieaufwand in Abhängigkeit von Schnittgeschwindigkeit, Messerart und Messerabstand

Drehzahl. Ferner sind Arbeitselemente mit geringerer Teilung und kleinere Abstände der Arbeitselemente vom Messerträger aufgrund größerer Zerkleinerungsgrade leistungsintensiver als Arbeitselemente mit größerer Teilung oder größere Abstände. Die Kennlinien zeigen, daß der Antriebsmotor der Standardmaschine bei Dauerbelastung überfordert wird.

Der spezifische Energiebedarf sinkt geringfügig mit steigender Drehzahl. Die Ursache dafür liegt darin, daß die mit steigender Schnittgeschwindigkeit erzeugten feiner werdenden Schnitzel eine geringere Verformungsarbeit beim Abgleiten am Arbeitselement erfordern.

Kartoffeln benötigen aufgrund eines geringeren Schnittwiderstands weniger Energie für die Zerkleinerung als Zuckerrüben.

Die durchgeführten Versuche gestatten noch keine Aussage, bei welcher Schnittgeschwindigkeit ein Minimum an benötigter Energie erreicht wird.

### 3.4.3. Zerkleinerungsgrad (Bild 6)

Der Zerkleinerungsgrad, abgeleitet aus den erzielten Schnittzelquerschnitten, steigt mit wachsender Schnittgeschwindigkeit, feinerer Teilung des Arbeitselements und geringerem Abstand des Arbeitselements vom Messerträger. Die Abhängigkeit von der Schnittgeschwindigkeit resultiert daraus, daß der Anteil der Schnitzel aus dem Bereich des Schneidens ohne Gegenschneide mit wachsender Schnittgeschwindigkeit zunimmt. Da in diesem Bereich keine konstanten Anpreßdrücke vorliegen, werden auch keine gleichmäßigen Schnitzel erzeugt. Diese Tatsache ist allerdings für die von der Landwirtschaft benötigten Schnitzel von untergeordneter Bedeutung.

### 3.5. Zusammenfassung der Versuchsergebnisse

Mit der Standardmaschine können Durchsätze bei Zuckerrüben von rd. 25 t/h in  $T_1$  mit Schnitzelmessern von 9 mm Teilung und 1 mm Abstand erreicht werden.

Im Interesse einer Durchsatzsteigerung kann ohne Einbuße bei der Schnitzelqualität die Drehzahl der Maschine erhöht werden. Dabei ist der Abstand der Arbeitselemente stets so zu wählen, daß noch Schnitzel und keine Schwarten entstehen.

Der spezifische Energiebedarf bewegt sich bei der Zerkleinerung von Zuckerrüben mit Schnitzelmessern etwa im Bereich von 0,4 kWh/t. Der installierte Elektromotor des F 120 ist zu schwach. Er müßte bei Dauerbelastung über mindestens 12,5 kW verfügen.

Von ausschlaggebender Bedeutung für die erzielbare Durchsatzleistung beim F 120 und für den möglichen Zerkleinerungsgrad ist bei gegebener Drehzahl und gegebenem Arbeitselement der eingestellte Abstand des Arbeitselements zum Messerträger.

### 4. Hinweise für den Einsatz des F 120

Beim Einsatz des F 120 und darüber hinaus bei der Weiterentwicklung dieser Maschine durch den KfL Mihla sollten folgende Erkenntnisse aus den durchgeführten Versuchen berücksichtigt werden:

- Der F 120 neigt stark zur Brückenbildung. Eine entstandene Haufwerkbrücke vermag die Maschine durch Vibration nicht zu zerstören. Aus diesem Grund muß auch der Einsatz in automatisierten Futtermittelberei-tungsanlagen abgelehnt werden. Um diese Brückenbildung sicher zu vermeiden, sollte entweder der Schnitzeltrichter im Betrieb eine schwingende Bewegung ausführen oder der Raum zwischen Schnitzeltrichter und Messerträger ist durch die Verwendung von Messerträgern mit größerem Durchmesser zu erweitern.
- Das zu zerkleinernde Gut sollte vorgereinigt und muß frei von Fremdkörpern sein, da der F 120 über keine Einrichtung für eine automatische Steinabscheidung verfügt.

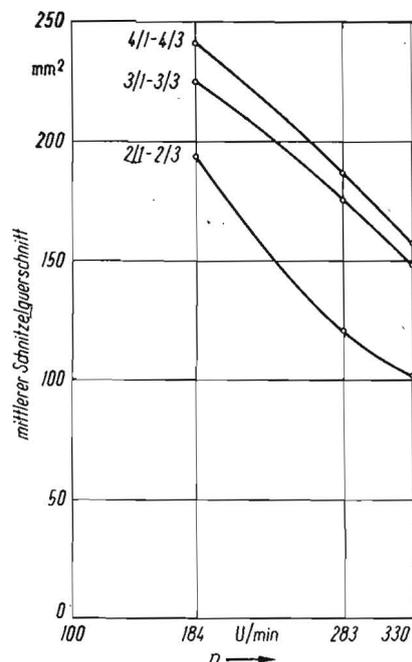


Bild 6. Schnittzelquerschnitt in Abhängigkeit von Schnittgeschwindigkeit, Messerart und Messerabstand

Steine, die sich im Schneidwerk befinden, führen beim Betrieb zum sofortigen Messerverschleiß.

- Beim F 120 wurde auf gesonderte Messerkästen verzichtet. Aus diesem Grund müssen die Arbeitselemente direkt auf den Messerträgern befestigt werden. Diese Arbeit ist zeitraubend und zumindest bei dem antriebsseitig gelegenen Messerträger äußerst umständlich. Vom Hersteller sollten aus diesen Gründen Schnellspanneinrichtungen vorgesehen werden.
- Das Schneidwerk ist in instandhaltungstechnischer Hinsicht verbesserungsbedürftig.
- Der außerordentlich stabile und verwindungsarme Rahmen des F 120 erlaubt ein bedenkenloses Umsetzen der Maschine. Allerdings ist eine Befestigung der Maschine auf einem Fundament erforderlich, da der F 120 im Betrieb aufgrund vorhandener Unwuchten im Schneidwerk zu Eigenschwingungen neigt. Aus dem gleichen Grund ist es auch unzweckmäßig, den F 120 als Stützelement für Fördereinrichtungen zu verwenden.

### 5. Zusammenfassung

Von der Landwirtschaft werden in zunehmenden Maße Hackfruchtzerkleinerungsmaschinen für automatisierte Futtermittelberei-tungsanlagen mit einer Mindestdurchsatzleistung von 25 t/h in  $T_1$  benötigt. Die damit erreichbaren Schnitzel sollen geometrisch bestimmt sein.

Im Rahmen einer Forschungsarbeit an der Sektion Landtechnik der Universität Rostock wurden Möglichkeiten zur Durchsatzsteigerung eines bekannten Hackfruchtzerkleinerers untersucht. Die dabei gefundenen Wechselbeziehungen zwischen Schnittgeschwindigkeit, elektrischer Leistungsaufnahme, Durchsatz, Arbeitselement, Anordnung des Arbeitselements und erzieltm Zerkleinerungsgrad werden erläutert. Auf die Grenzen und Möglichkeiten beim Einsatz des untersuchten Hackfruchtzerkleinerers in der Praxis wird eingegangen.

### Literatur

- /1/ —: Bedienungsanleitung mit Ersatzteilliste für die Rübenschnittmaschine F 120