

47

Rapport 218

januari 1973

Leistungsmessungen an Siloobenafräsen in Wageningen (die Niederlande)  
und Weihenstephan (Bundes Republik Deutschland)

A.H. Bosma, Dr. A. Weidinger und Ing. agr. L. Maier

Capaciteitsmetingen aan bovenlossers voor torensilos

*INSTITUUT  
VOOR LANDBOUWTECHNIEK EN RATIONALISATIE*



## INHALTSVERZEICHNIS

### Conclusies

1. Beschreibung der in die Niederlande eingesetzten Fräsen	3
1.1. Doppelschneckenfräse	3
1.2. Kettenfräsen	3
2. Ergebnisse der Messungen in die Niederlande	5
2.1. Doppelschneckenfräse	5
2.2. Kettenfräsen	6
2.3. Kettenfräse mit Absaugvorrichtung	7
2.4. Obenfräse mit peripher gelegenem Innenschacht	7
3. Vergleichmessungen in Weihenstephan	9
4. Messungen an die Gebläse	13
5. Schlussfolgerungen	15

Übernahme dieses Berichtes nur gestattet in Einverständnis mit den Autoren.

## CONCLUSIES

In de jaren 1970/1971 en 1972 zijn door het Instituut voor Landbouwtechniek en Rationalisatie te Wageningen en door de Bayerische Landesanstalt für Landtechnik te Weihenstephan metingen aan bovenlossers uitgevoerd. Het doel van het gemeenschappelijk onderzoek was het vaststellen van de capaciteit en de bedrijfszekerheid van enkele verschillende systemen bovenlossers, waarbij de nadruk lag op het verwerken van grassilage.

Uit de meetresultaten kan men de volgende conclusies trekken:

- Torensilo's met gehakseld gras kan men mechanisch met bovenlossers lossen. Grofstengelig materiaal, zoals maïs en luzerne is gemakkelijker te verwerken dan bladrijke grassilage. Om de bovenlosser ook in silage van blijvend grasland goed te laten functioneren moet men reeds bij het vullen van de silo de nodige voorzorgen treffen. Het gras moet kort gehakseld (theoretisch  $< 10$  mm) en regelmatig in de silo verdeeld worden.
- Bij veel bovenlossers is de werpblazer het zwakste punt. Om grassilage stovingvrij te kunnen verwerken heeft men een machine nodig met een groot blazerhuis en een ruime doorgang van de sleepcontacten ( $> 180$  mm).
- De werpblazer veroorzaakt hoge pieken in de stroomopname. Door het gebruik van een blazer met een zware rotor kan men deze pieken enigszins afvlakken.
- De stroomopname bij machines met werpblazer is hoger en onregelmatiger naarmate het ds-gehalte van het voer lager is ( $< 30$  %).
- Bij machines zonder werpblazer is de stroomopname regelmatig en wordt bepaald door de glijweerstand van de kettingen. Bij grassilage met 40 - 60 % ds was dit het hoogste omdat dit voer erg kleefde.
- Uit de proeven is niet exact vast te stellen welke factoren bepalend zijn voor de capaciteit en de bedrijfszekerheid van de bovenlossers. Wel kon men vaststellen dat de lengte van het materiaal het ds-gehalte, grofstengeligheid (r.c.-gehalte),  $m^3$ -gewicht, cohesie en verdeling van invloed zijn, waarbij er tussen de diverse factoren veel wisselwerking optreedt. De indruk is verkregen dat de bovenlosser het best functioneert als:
  - het voer grofstengelig is (r.c.geh.  $> 25$  % v.d.ds);
  - het ds-gehalte van het voer hoog is ( $> 40$  %). Bij bovenlossers met ketting zonder blazer is een laag ds ( $< 40$  %) beter;
  - het voer kort gehakseld en regelmatig in de silo verdeeld is;
  - het  $m^3$ -gewicht hoog is ( $> 160$  kg ds/ $m^3$ ).

Isn: 2280313

LEISTUNGSMESSUNGEN AN SILOOBFÄSEN IN WAGENINGEN (DIE NIEDERLANDE)  
UND WEIHENSTEPHAN (BUNDES REPUBLIK DEUTSCHLAND).

A.H. Bosma, Institut für Landmaschinenforschung und Rationalisierung in Wageningen, Dr. A. Weidinger und Ing. agr. L. Maier, Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, Freising-Weihenstephan.

In den Jahren 1970, 71 und 72 sind am Institut für Landtechnik in Wageningen auf dem Versuchsbetrieb "De Vijf Roeden" Messungen an Obenfäsen durchgeführt worden. Zur selben Zeit sind in Süddeutschland and der Bayer. Landesanstalt für Landtechnik in Weiherstephan gleichlaufende Versuche angestellt worden.

Das Ziel dieser gemeinsamen Untersuchungen war die Ermittlung der Entnahmekleistung und Funktionssicherheit einiger derzeit handelsüblicher Obenfäsen, insbesondere bei Grassilagen. Die gleichzeitige Durchführung der Messungen in Wageningen und Weiherstephan wurde im Rahmen eines bereits mehrjährig bestehenden Informationsaustausches zwischen den beiden landtechnischen Institutionen vereinbart. Vor allem die Erkenntnis, dass, bedingt durch standortabhängige Strukturunterschiede des Futters, gleiche Fäsenfabrikate häufig ein völlig verändertes Leistungs- und Funktionsverhalten aufweisen, wird die Versuchsdurchführung an klimatisch und produktionstechnisch unterschiedlichen Standorten als vorteilhaft erachtet.

Durch die Erfassung sowohl der Leistungsdaten als auch verschiedener, die Futterstruktur kennzeichnender Werte soll letzten Endes die Ursache dieses Alternativverhaltens erkannt werden. Das bisher gewonnene Datenmaterial lässt jedoch keine genauen Aussagen zu. Offensichtlich sind die quantifizierbaren Größen: Aufwuchsstufe, Schnittzeitpunkt, pflanzensoziologische Zusammensetzung, Zerkleinerungsgrad, Trockenmassegehalt, Raumgewicht und Rohfasergehalt bei Grassilagen von erheblichem Einfluss auch auf die technologische Struktur ohne dass bisher ihre Einzelwirkung genau erfasst werden konnte. Der vorliegende Beitrag kann also nur schildern, in welchem Masse derzeit verschiedene Fäsen der Forderung nach möglichst hoher Entnahmekleistung bei geringer Störanfälligkeit entsprechen, ohne die Leistungsschwankungen genau begründen zu können.

Die Messungen in die Niederlande wurden an Hochsilos mit einem Durchmesser von 5,10 m und 6,20 m durchgeführt. Die Silos waren mit gut gehäckseltem Gras mit einer Trockensubstanz von 30 - 70 % gefüllt. Hierbei sind folgende Fäsen eingesetzt worden:

- 1 Doppelschneckenfräse (Abb. 1)
- 2 Kettenfräsen mit angebautem Gebläse (Abb. 2)
- 2 Kettenfräsen mit assenliegendem Gebläse
- 1 Kettenfräse mit innenliegendem Abwurfschacht (Abb. 8).

In Deutschland sind die Messungen in Hochsilos mit einem Durchmesser von 5,00 und 5,20 m durchgeführt worden. Neben Gras vom 1. und 2. Schnitt wurden auch Vergleichsmessungen bei Mais- und Luzernesilage an- gestellt. Folgende Fräsen wurden eingesetzt:

- 1 Doppelschneckenfräse (gleiches Fabrikat wie in Abb. 1)
- 1 Kettenfräse neuerer Bauart (Abb. 2)
- 1 Kettenfräse älterer Bauart (Abb. 3)
- 1 Kettenfräse mit Entleerung durch die Befüllöffnung (Abb. 7).

1. BESCHREIBUNG DER IN DIE NIEDERLANDE EINGESETZTEN FRÄSEN.

1.1. Doppelschneckenfräse

Bei diesem Gerät wird das Futter mit einer gezahnten Schnecke losgerissen, mit einer zweiten in die Mitte des Silos gefördert und mit einem Wurfgebläse zum aussenliegenden Abwurfschacht transportiert. Die Frässchnecke weist einen Durchmesser von 22 cm und die Förder-schnecke einen solchen von 18 cm auf. Der Gehäusedurchmesser des Wurf-gebläses beträgt 60 cm. Der Gebläserotor war serienmässig mit 6 Schlegeln ausgerüstet. Bei einigen Messungen ist auch mit 3 Schlegeln gearbeitet worden. Die Rotorzahl lag bei 3000 Umdrehungen pro Minute. Der Antrieb dieser Fräse erfolgte mit einem 9,5 KW-Elektromotor.

1.2. Kettenfräsen

Die verwendeten Kettenfräsen unterscheiden sich im Aufbau von den Schneckenfräsen dadurch, dass an Stelle der Schnecken als Losreisswerkzeuge Fräseketten verwendet werden. Bei diesen Maschinen wird das Futter mit zahnbesetzten Ketten losgerissen und zur Silomitte gefördert. Von hier wird es mit einem Wurfgebläse aus dem Silo transportiert. Die Geschwindigkeit der Fräsekette beträgt 0,75 m bis 1 m/sek. Diese Fräsen werden mit Motoren von 5,5 - 9,5 KW angetrieben. Die Kettenfräse mit Absaugvorrichtung ist umgebaut worden aus einer normalen Kettenfräse. Das Wurfgebläse wurde ausgebaut.

Das Material wird mit einem Luftgebläse, das ausserhalb des Silos steht, mit Hilfe eines langen Saugrohres aus dem Silo abgesaugt.

Das Rohr ist teleskopartig mit der Fräse verbunden. Anfangs wurden die ursprünglich vorhandenen Schleifringkontakte noch zur Stromübertragung verwendet. Später wurde der Fräskettenantrieb so gelöst, dass auf diese verzichtet werden konnte. Der Saugrohrdurchmesser betrug 31 cm. Der engste Durchgang war am Anfang 15 cm, wurde jedoch auf 29 cm erweitert. Das benutzte Sauggebläse (normales Heufördergebläse mit hoher Luftförderrate und 31 cm Rohrweite) wurde von einem 12 KW-Elektromotor angetrieben. Die berechnete Luftgeschwindigkeit im Rohr betrug ca. 18 m/sek. Der Antriebsmotor der Fräse von 5,5 KW konnte gegen einen solchen von 1,5 KW ausgetauscht werden.

Die Kettenfräse mit peripher gelegenen Innenschacht arbeitet mit Gleitfräskette und ohne Wurfgebläse. Das Futter wird mit einer horizontal-drehenden Fräskette losgerissen und zur Mitte des Silos gebracht. Von

hier wird das Futter mit einer zweiten Kette durch einen Graben im Futterstock zum Abwurfschacht an die Aussenwand gefördert. Dieser Schacht wird an der Siloinnenwand durch dachförmig gegeneinander geklappte, abnehmbare Blechklappen gebildet. Unter dem Abwurfschacht ist eine Öffnung in der Silowand nach aussen. Dieser Durchgang kann mit einer Luke verschlossen werden. Die Fräse wird mit einem 7,5 KW Elektromotor angetrieben.

## 2. ERGEBNISSE DER MESSUNGEN IN DIE NIEDERLANDE

Bei den Messungen wurden die Voraussetzungen für alle Fräsen durch gezielte Silobeschickung weitgehend gleichgehalten. Zur Beurteilung der Futterstruktur wurden der Trockensubstanzgehalt, der Rohfasergehalt und die Schnittlängenverteilung festgestellt. Die Ergebnisse von den holländischen und deutschen Messungen sind getrennt wiedergegeben, da grössere Unterschiede im verwendeten Futter nur eine bedingte Vergleichsmöglichkeit zulassen.

### 2.1. Doppelschneckenfräse

Die Messungen an dieser Maschine wurden in der Stallperiode 1969/1970 und 1970/1971 in einem Holzsilos mit einem Durchmesser von 5,10 m gemacht. Im Jahr 1969/1970 wurde die beschriebene Ausführung der Fräse verwendet. Nach diesem Winter wurde die Maschine in einigen Details geändert. Die Messungen in der Stallperiode 1970/1971 wurden mit der geänderten Ausführung angestellt. Hierbei wurden während der Messungen noch Änderungen vorgenommen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 wiedergegeben.

Die Messungen 1-5 wurden in der Winterperiode 1969/1970 durchgeführt. Die hohe Leistung bei Messung 2 war von günstigen Umständen abhängig: Zum Umsetzen der Maschine war einige Tage kein Futter aus dem Silo entnommen worden. Die obere Schicht war daher trockenes, locker liegendes Material und ganz bequem zu verarbeiten.

Bei Messung 6 wurde verhältnismässig nasses Material gefräst. Dieses Material hat regelmässig Störungen verursacht, die hauptsächlich durch Verstopfung des Gebläses auftraten. Die Störungen sind auch auf die schlechte Häckselung zurückzuführen. Die Messungen 7 und 8 stammen aus der Winterperiode 1970/1971 und sind mit der abgeänderten Fräse durchgeführt worden. Während dieser Messungen sind weitere Änderungen an der Maschine vorgenommen worden, z.B. wurden eine kleinere Schnecke zum Losreissen der Silage und ein Wurfgebläse mit 3 bzw. 6 Schlegeln eingebaut. Das Gebläse wurde um ca. 20 mm höher gestellt. Diese Änderungen haben keinen deutlichen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit der Maschine gebracht. Die Störanfälligkeit wurde jedoch nachteilig beeinflusst. Die kleinere Schnecke neigt eher zum Verstopfen.



Das Wurfgebläse mit 3 Schlegeln hatte im Leerlauf einen geringeren Leistungsbedarf, unter Last war aber kein Vorteil mehr festzustellen. Belastet zeigt das 6 flügelige Gebläse eine gleichmässigeren Stromaufnahme als das mit 3 Flügeln.

## 2.2. Kettenfräsen

Die Messungen an den deutschen Kettenfräsen sind in einem Hochsilo mit einem Durchmesser von 5 m und einer Höhe von 10 m durchgeführt worden. Die Maschinen waren dabei mit einer Elektrowinde aufgehängt, wobei mit Drucktasten das Aufheben und Absenken manuell gesteuert wurde. Ursprünglich wurde die Originalfräse eingesetzt. Später sind über der Fräskette Gleitstücke angebracht worden. Hierdurch wurde die Fräskette fest auf das Futter gedrückt, so dass diese exakter geführt wurde und härteren Futterstellen nicht ausweichen konnte.

Die Messergebnisse mit diesen Fräsen sind in Tabelle 2 wiedergegeben. Die Messungen 1-3 sind mit dem Originalgerät durchgeführt worden. Die Fräskette konnte dabei seitlich ausweichen. Dies bedeutete, dass das Futter ganz ungleichmässig abgefräst wurde. Dabei wurde die Förderleistung durch grosse Batzen begrenzt. Diese ungleichmässige Beschickung des Fördergebläses verursachte hohe Leistungsspitzen beim Antriebsmotor, so dass die thermische Sicherung häufig ansprach. Bei einer höheren Einstellung des Schutzschalters nahm der Anteil an Stromspitzen weiter zu, so dass der Schutzschalter trotzdem regelmässig ausgelöst wurde.

Bei einer Begrenzung der Fräsleistung unter das Auslösemoment des Motorschutzschalters war die Fräse nicht mehr völlig ausgelastet. Die mittlere Stromaufnahme betrug 6 KW. Bei Messung 4 und 5 war die Fräskette durch die bereits erwähnten Gleitsstücke geführt. Das Futter wurde jetzt gleichmässig abgefräst.

Die Messungen 6-11 sind mit einer zweiten Kettenfräse durchgeführt worden. Bei dieser Fräse sind kaum Störungen aufgetreten. Die mittlere Stromaufnahme war 9 Amp. ( $\pm$  4,5 KW).

### 2.3. Kettenfräse mit Absaugvorrichtung

Dieses Versuchsgerät wurde in der Stalperiode 1969/1970 und 1970/1971 erprobt. Die Ergebnisse im ersten Jahr waren nicht befriedigend. Vermutlich liegt die Ursache an einem falsch verlegten Absaugrohr. Unmittelbar über der Fräse war eine Verlängerung angebracht, wobei am Übergang vom Rohr zum Gebläse sich ein horizontal geführtes Rohrstück mit einem Durchmesser von 60 cm befand. In diesem Teil war die Luftgeschwindigkeit zu gering, so dass das Futter nicht mitgenommen wurde. Im zweiten Jahr wurde das Saugrohr etwas geändert. Auf die Verlängerung konnte verzichtet werden und der kleinste Rohrdurchmesser betrug jetzt 29 cm und der grösste 31 cm. Nach diesen Änderungen haben sich keine Schwierigkeiten mehr ergeben. Die Förderleistung bei Grassilage mit einem Wassergehalt von 40-60 % betrug etwa 1800 kg Trockensubstanz in der Stunde. Das Abfräsvermögen der Kette begrenzte das Leistungsvermögen.

### 2.4. Oberfräse mit peripher gelegenen Innenschacht

Diese Messungen wurden in den Jahren 1970/1971 und 1972 in einem runden Hochsilo mit einem Durchmesser von 6,30 m und einer Höhe von 12 m durchgeführt. Die Maschine war dabei an einer elektrischen Winde aufgehängt. Sowohl die Fräsenlaufzeit als auch das Absenken wurden von einer Zeitschaltuhr gesteuert. Während der Messungen wurde versucht, die Maschine auf eine Stromaufnahme von  $6\frac{1}{2}$  -  $7\frac{1}{2}$  KW einzustellen. Die Messergebnisse sind in Tabelle 3 wiedergegeben.

Die Förderleistung lag in der Winterfütterungsperiode 1970/1971 allgemein an der unteren Grenze (Messungen 1-5). Dafür sind folgende Ursachen anzugeben:

- Die Einlagerung der Silage im Behälter war sehr ungleichmässig. Der Grund dafür ist in der exzentrisch gelegenen Befüllöffnung am Silo und im Verzicht auf einen mechanischen Verteiler zu suchen.
- Während der Versuchszeit waren die Fräsketten zu stark gespannt. Dies verursachte bereits einen zu hohen Leerlaufleistungsbedarf. Auch war das äussere Fräsräd zu hoch eingestellt, so dass die höchste Förderleistung nicht erzielt werden konnte.
- Während der Entnahmezeit waren sehr grosse Unterschiede im Trockensubstanzgehalt der Silage aufgetreten. Bei diesem recht unterschiedlichen Futter musste ein sehr häufiges Anlegen an den Umlenkrollen der

Ketten festgestellt werden, wodurch die Funktionssicherheit der Maschine begrenzt war. Bei nicht so stark schwankender Futterstruktur ist zu vermuten, dass diese Störungen nur in geringerem Masse auftreten. Aus den vorher beschriebenen Punkten kann abgeleitet werden, dass die Messbedingungen bei der letzten Fräse in vielen Dingen nicht vergleichbar waren und daher die Ergebnisse mit Vorsicht beurteilt werden müssen.

- Die Messungen 6-11 sind im Jahre 1971 durchgeführt worden. Die Silage war im Behälter gleichmässig eingelagert und hatte einen niedrigen, aber relativ gleichmässigen Trockenmassegehalt. Auch das Raumgewicht des Materials war höher. Die hierbei gemessenen Kapazität scheint für diese Maschine normal zu sein.

### 3. VERGLEICHSMESSUNGEN IN WEIHENSTEPHAN

Teilergebnisse der Messungen in Weihenstephan sind in den nachfolgenden Darstellungen wiedergegeben. Bei Versuchsbeginn bestand die Absicht, eine in Süddeutschland stärker verbreitete Doppelschneckenfräse gleichzeitig in Wageningen und in Weihenstephan zum Einsatz zu bringen und die Ergebnisse gegenüberzustellen. Um aber die jeweiligen Messungen sofort auf eine breitere Basis stellen zu können, wurden in Wageningen und in Weihenstephan parallel zu den Messungen mit der Doppelschneckenfräse noch Messungen mit Kettenfräsen durchgeführt. Leider konnten an beiden Institutionen hierzu nicht Kettenfräsen gleicher Fabrikate verwendet werden, so dass eine Vergleichbarkeit nur bei der Doppelschneckenfräse möglich wäre. Die standortbedingten Unterschiede in der Struktur der verwendeten Silage sind aber auch bei Wiesengras zwischen die Niederlande und Süddeutschland so erheblich, dass ein quantitativer Vergleich der Messergebnisse nur ganz bedingte Aussagen zulassen würde. So ist zum Beispiel die Futterstruktur eines zweiten Schnittes aus Süddeutschland mit der eines ersten Schnittes aus die Niederlande noch am ehesten vergleichbar. Aus diesem Grunde werden die bis jetzt in Wageningen und Weihenstephan gewonnenen Ergebnisse getrennt dargestellt.

In den Tabellen 4 und 5 sind Leistungsergebnisse der verwendeten Oberfräsen bei Gras-, Mais- und Luzernesilagen zusammengestellt. Um bei den Messungen wenigstens für Weihenstephan zu vergleichbaren Werten zu kommen, wurde versucht, für alle Fräsen möglichst gleiche Einsatzbedingungen zu schaffen. Dies konnte dadurch erreicht werden, dass bei den Messungen die einzelnen Fräsen im selben Silo bei gleichem Futter nacheinander eingesetzt wurden. Bei den Messungen wurden die Fräsen nahe an die Leistungsgrenze herangeführt, bei der sie noch ohne Störungen liefen. Die Aufzeichnung des Leistungsbedarfes erfolgte durch einen Wattschreiber. Die Auswurfleistung wurde mit einer Überfahrwaage festgestellt. Zur besseren Vergleichbarkeit erfolgen die Feststellungen des Trockenmassegehaltes und der Errechnung der Auswurfleistung in kg TM/min.

Während der Messungen blieben die Fräsen fast unverändert. Lediglich an der Fräse III (Doppelschneckenfräse Abb. 1) wurden am Gebläse, das einen Durchmesser von 600 mm, sowie eine Breite von 140 mm hat und mit 6 Schlegeln ausgerüstet war, drei Schlegel herausgenommen. Das Gebläse mit 6 Schlegeln wies einen auf die Auswurfleistung bezogenen höheren Leistungsbedarf auf. Beim Gebläse mit 3 Schlegeln konnte eine höhere Auswurfleistung bei gleichem Leistungsbedarf erreicht werden. Die Gebläsedrehzahl betrug bei dieser Fräse 2900 U/min.

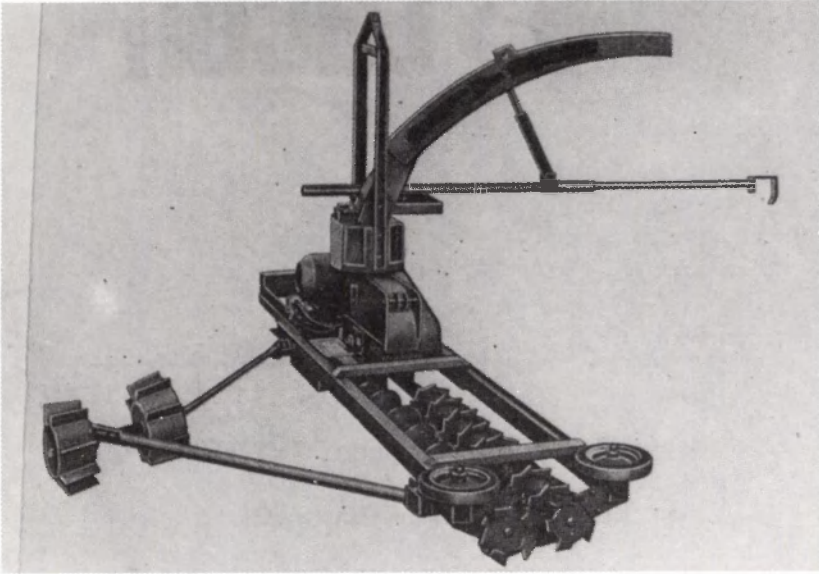


Abb. 1 Doppelschneckenfräse (Fräse III).

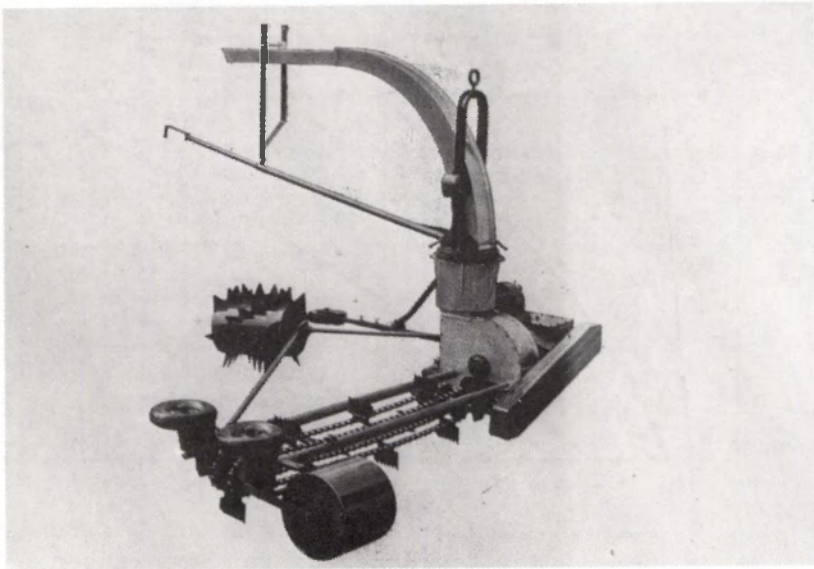


Abb. 2 Kettenfräse neuerer Bauart (Fräse I).

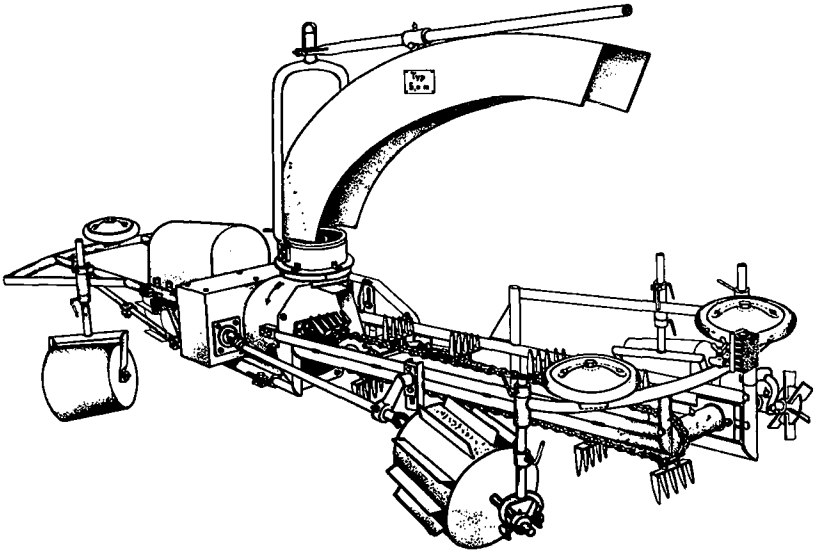


Abb. 3 Kettenfräse älterer Bauart (Fräse II).

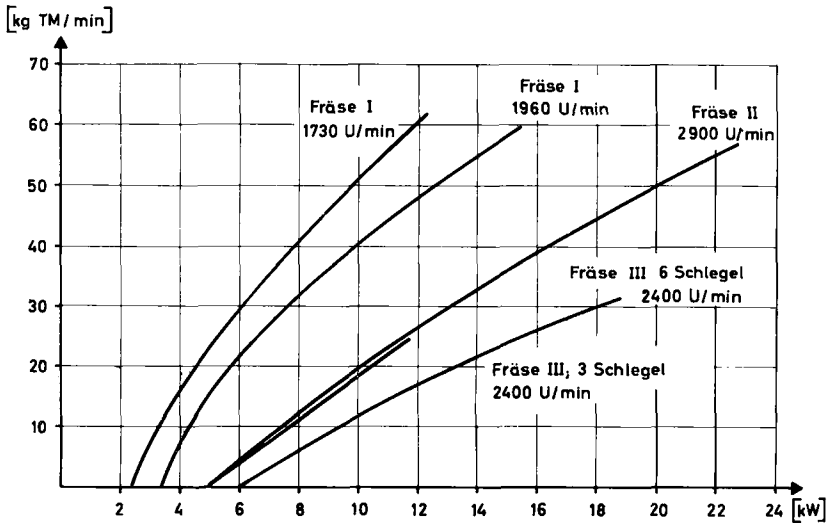


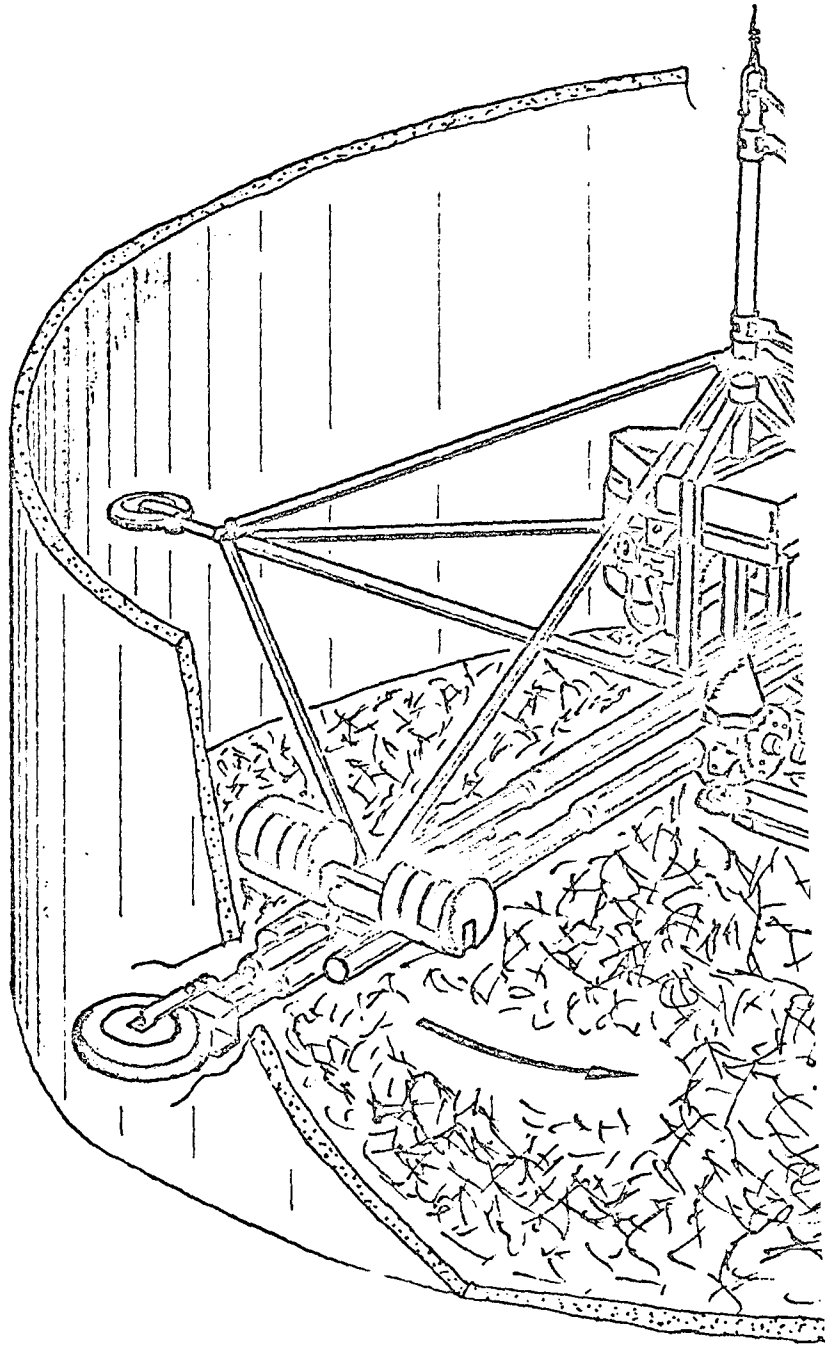
Abb. 4 Förderleistung (kg TM/min.) und Leistungsbedarf (KW.) der untersuchten Oberfräsen bei Grassilage.

Bei der Fräse I (Kettenfräse neuerer Bauart, Abb. 2) wurde vor der Fräskette eine Frässchnecke angebracht. Das Futter wird von dieser losgerissen und dann von der Kette zum Gebläse gefördert. Dadurch wird das Gebläse gleichmässig beschickt und die Auswurfleistung gesteigert. Das Gebläse dieser Fräse hat einen Durchmesser von 500 mm, die Gebläsebreite beträgt 180 mm. Nachteilig wirkte sich bei dieser Fräse aus, dass sich der Durchmesser des Gebläsedurchgangs am Kollektor von 180 mm auf 130 mm verengte, dadurch kam es in dieser Verengung immer wieder zu Verstopfungen. Die Gebläsedrehzahl betrug 1600 U/min. Diese Fräse ist in den Jahren 1971/1972 auch in Wageningen eingesetzt worden.

Die Fräse II (Kettenfräse älterer Bauart, Abb. 3) war mit einem Gebläse ausgerüstet, das einen Durchmesser von 400 mm und eine Breite von 200 mm hatte. Der Gebläseausgang am Kollektor wies einen Durchmesser von 200 mm auf. Die Gebläsedrehzahl betrug 2800 U/min. Nachteilig war bei dieser Fräse der hohe Leistungsbedarf im Verhältnis zu der relativ geringen Leistung. Dieser hohe Leistungsbedarf wird vor allem durch die hohe Umlaufdrehzahl des Gebläses verursacht. Vorteilhaft war der grosse Durchgang am Kollektor. Hier kam es auch bei grösseren Batzen nicht zu Verstopfungen. Aber durch den geringen Gebläsedurchmesser wurde das Futter zu wenig beschleunigt, so dass gerade bei grösserer Leistung durch Rückgang der Luftförderate ein Teil der Silage nicht ausgeworfen wurde und bereits im Silo wieder herunterfiel.

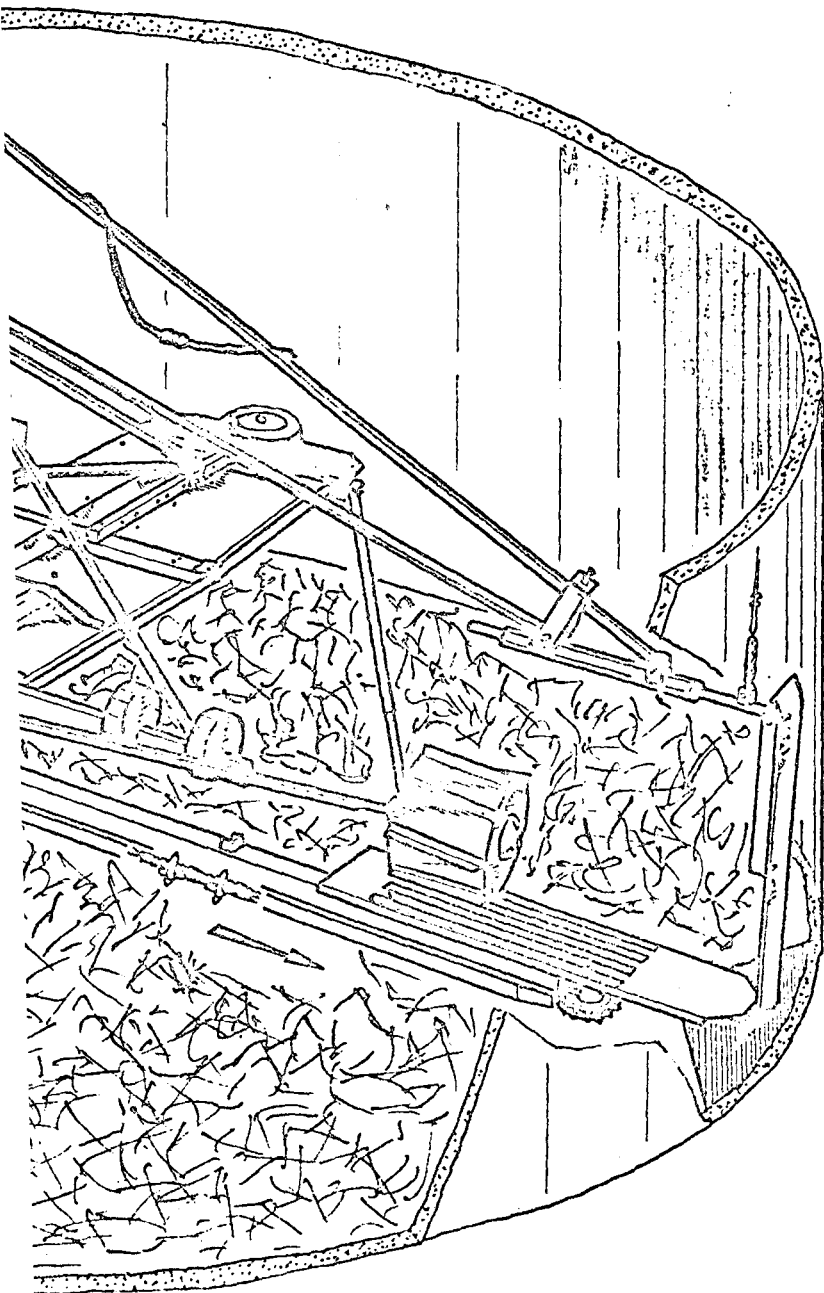
Die Messungen bei Mais- und Luzernesilage wurden nur mit den Fräsen I und III durchgeführt. Bei diesen Messungen war die Fräse III mit einem Gebläse ausgerüstet, bei dem nur 3 Schlegel eingesetzt werden konnten. Die Drehzahl war auf 1600 U/min. eingestellt. Wie aus der Tabelle 5 ersichtlich brachte hier die Fräse III die besten Ergebnisse. Bei der Fräse I war die Leistung bei Mais zunächst relativ gering. Durch eine Verminderung der Gebläsedrehzahl von 1600 U/min. auf 1100 U/min. konnte diese fast um das doppelte gesteigert werden. Auch bei der Luzernesilage war die Leistung der Fräse I im Vergleich zur Fräse III relativ gering. Hier konnte die Fräse I nicht voll ausgelastet werden, da bei einem stärkeren Absenken der Fräse das Antriebsrad durchrutschte. Beide Fräsen arbeiten bei Mais- und Luzernesilage störungsfrei.

Im Frühjahr 1971 und 1972 konnten mit einer neuartigen Kettenfräse (Abb. 7) Messungen bei Gras- und Luzernesilage durchgeführt werden. Diese



Siloobenfräse mit Futterauswurf über |





ripher gelegenen Auswurfschacht (KAM)

Fräse sitzt auf einer Bodenplatte, die auf dem Futterstock ruht und sich mit der Fräse dreht. Durch einen "Führungsstern" mit federbelasteten Führungsrollen wird eine exakte Horizontalführung angestrebt, so dass ein Kippen der Fräse verhindert und ein ebener Futterstock erreicht werden soll. In der Mitte des Führungssternes befindet sich ein Zahnkranz von 1500 mm Durchmesser, wodurch eine konstante Rotationsgeschwindigkeit des Fräsarmes erzielt wird. Die Silage wird durch einen flexiblen Förderschlauch, der durch die Befüllucke geführt wird, über die gesamte Silohöhe ausgeblasen. Ausserhalb des Silos muss der Schlauch in eine Rohrleitung geführt werden, in welcher das Futter nach unten fällt. Ein Absenken während des Fräsens ist nicht notwendig, da auch das Futter unter der Bodenplatte abgefräst wird und somit die Fräse von selbst nachsinkt. Dabei wird der flexible Förderschlauch aus der Rohrleitung über einen Führungsbogen nachgezogen. Die Frästiefe kann durch eine Stellschraube eingestellt werden. Beiderseits der Fräskette befinden sich Druckwalzen, die bei nicht exakt gehäckseltem Gut verhindern sollen, dass zu grosse Batzen abgefräst werden. Die Fräse wird von 2 Elektromotoren angetrieben: Ein 2 KW Getriebemotor für den Antrieb der Fräskette und die Fräsarmrotation sowie ein 7,5 KW Motor für das Fördergebläse. Dieses hat einen Durchmesser von 625 mm und eine Breite von 180 mm. Der Durchmesser des Kollektordurchgangs und des Förderschlauches betragen ebenfalls 180 mm. Gebläsedrehzahl: 2850 U/min.

In der Tabelle 7 sind die Förderleistungen und der Leistungsbedarf bei Gras- und Luzernesilage wiedergegeben. Die Messungen zeigen eine relativ geringe Förderleistung bei einem hohen Leistungsbedarf. Dieser Leistungsbedarf wird weniger durch die Förderhöhe als durch die hohe Gebläsedrehzahl beeinflusst. Der Getriebemotor benötigt ca. 1,8 KW. Zu Störungen kam es an der Fräskette, worauf der Schutzschalter den Getriebemotor abschaltete. Sehr schwierig ist es, die Fräse so einzustellen, dass der Futterstock eben abgefräst wird. Diese Schwierigkeiten treten vor allem dann auf, wenn der Silo nicht exakt rund ausgeführt ist und dadurch die Führungsrollen gelockert und verschoben werden.

Die in der Tabelle 4 angegebenen Schnittlängenanteile wurden durch auszählen der Proben von Hand festgestellt. In den Tabellen 4 und 7 würden die Schnittlängenanteile durch absieben der Proben in einem Absiebgerät ermittelt. Bei Mais- und Luzernesilage erfolgte keine Feststellung der Schnittlängenanteile, da bei diesen beiden Futterarten die

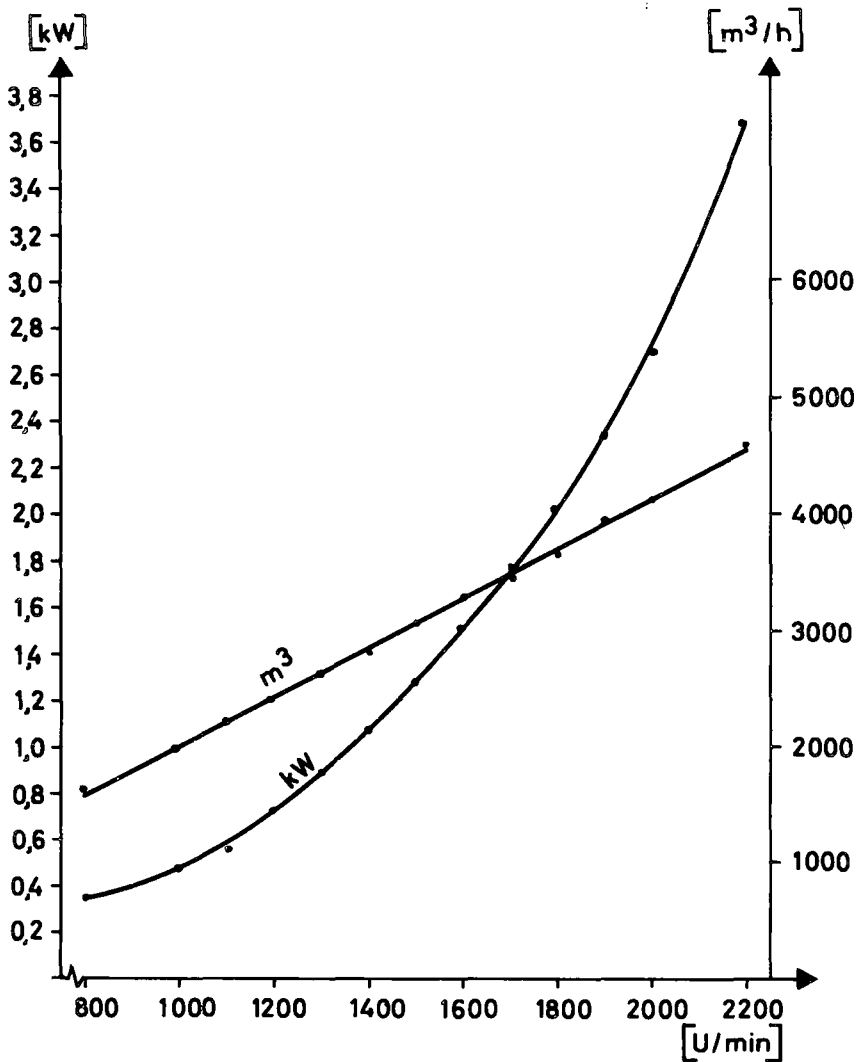


Abb. 5 Leistungsbedarf und Luftförderung des Fördergebläses einer bestimmten Oberfräse bei unterschiedlichen Drehzahlen (Fräse I).

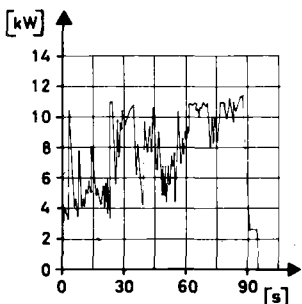
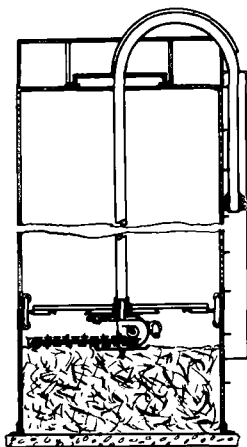
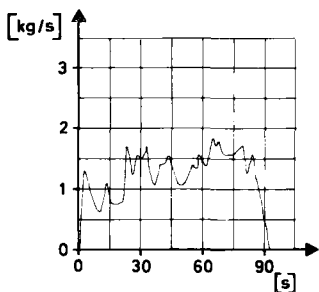


Abb. 6

Einfluss des Durchsatzes auf den Leistungsbedarf einer bestimmten Fräse bei Grassilage von 49% TM bei gutem Häckselzerkleinerungsgrad (Fräse I).



Silooberfräse mit Futterauswurf durch die Befüllöffnung.

Abb. 7 Kettenfräse mit Auswurf durch die Befüllöffnung.

erforderliche Häcksellänge stets ohne Schwierigkeiten erreicht werden kann.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass vor allem die Fräse III (Doppelschneckenfräse) und die Fräse I (Kettenfräse neuerer Bauart mit zusätzlicher Frässhnecke) auch bei Grassilagen gegenüber älteren Fräsenbauarten eine höhere Betriebssicherheit und bessere Entnahmeleistung erwarten lassen. Die neu entwickelte Fräse mit Gebläseschlauchförderung durch die Befüllöffnung könnte durch Detailverbesserungen ebenfalls ein echter Beitrag zur Verbesserung der kontinuierlichen Obenentnahme aus Hochsilos werden.

#### 4. MESSUNGEN AN DIE GEBLÄSE

Da bei den Messungen im Laufe des Jahres 1970 immer wieder festgestellt werden musste, dass die Gebläse den schwächsten Punkt an den Fräsen darstellen, wurde im ersten Halbjahr 1971 versucht, die Gebläseleistungen auf einem Prüfstand festzustellen. Hier bestand die Möglichkeit, die Gebläse über ein Dosiergerät und die Fräswerkzeuge mit jeder beliebigen Menge zu beschicken und so die Leistungsgrenze festzustellen. Die Auswurfleistungen werden über eine Bandwaage und der Leistungsbedarf über einen Wattschreiber festgestellt.

In Tabelle 6 und Abb. 4 sind die Ergebnisse dieser Messungen dargestellt. Bei den Fräsen I und II traten keine Verstopfungen am Gebläse auf. Die Auswurfleistung wurde bei der Fräse I durch das Annahmevermögen, bei der Fräse II durch ungenügende Auswurfweite begrenzt. Bei der Fräse III wurde die Leistung beim Gebläse mit 6 Schlegeln durch Verstopfungen am Gebläseeingang, beim Einsatz von 3 Schlegeln durch Verstopfung am Gebläseausgang begrenzt. Durch Erhöhung der Gebläsedrehzahl von 1730 U/min. auf 1960 U/min. bei der Fräse I konnte die Auswurfleistung nur gering gesteigert werden, während der Leistungsbedarf um ca. 30% angestiegen ist. Die hohe Gebläsedrehzahl der Fräse III wirkt sich sehr ungünstig auf den Leistungsbedarf aus. Dieser liegt bei gleicher Auswurfleistung doppelt so hoch wie bei der Fräse I mit 1730 U/min. Auch die Leistungsgrenze liegt bei der Fräse II niedriger als bei Fräse I. Der Häckselzerkleinerungsgrad der verwendeten Grassilage war sehr gut.

Die Abb. 5 zeigt den Leistungsbedarf und die Luftförderung des Gebläses bei Leerlauf der Fräse I bei unterschiedlicher Drehzahl. Bei einer Steigerung der Drehzahl von 800 auf 2200 U/min. konnte die Luftförderung nur von 1600 auf 4600 cbm also das knapp dreifache gesteigert werden, während der Leistungsbedarf von 0,22 auf 3,69 um das 16-fache anstieg. Die Messungen zeigten, dass eine Steigerung der Auswurfleistung und eine Erhöhung der Funktionssicherheit nur in begrenztem Umfang durch eine Steigerung der Gebläsedrehzahl möglich ist. Eine Verbesserung kann nur durch eine Vergrößerung des Gebläsedurchmessers, der Gebläsebreite und des Kollektordurchgangs erreicht werden.

Den Einfluss des momentanen Durchsatzes auf den Leistungsbedarf der Fräse I bei Grassilage von 49% TM und gutem Häckselzerkleinerungsgrad zeigt die Abb. 6. Der momentane Durchsatz wirkt sich sehr stark auf den Leistungsbedarf, besonders auf die Bedarfsspitzen aus. Daher ist es not-

wendig, durch geeignete Fräs- und Förderwerkzeuge das Gebläse möglichst gleichmässig zu beschicken, um dadurch eine hohe Auswurfleistung und Funktionssicherheit zu erzielen.

## 5. SCHLUSSFOLGERUNGEN

In den Jahren 1970/1971 und 1972 sind am Institut für Landtechnik und Rationalisierung in Wageningen und an der Bayerische Landesanstalt für Landtechnik in Weihenstephan Messungen an Obenfräsen durchgeführt worden. Das Ziel dieser gemeinsamen Untersuchungen war die Ermittlung der Entnahmelistung und Funktionssicherheit einiger unterschiedlicher Systeme von Obenfräsen, insbesondere bei Grassilage. Die Versuchsergebnisse erlauben folgende Feststellung:

- Gehäckselte Grassilage ist mit Obenfräsen aus Hochsilos zu entnehmen. Die Verarbeitung von grobstengelichem Material (Mais- und Luzernesilage) ist einfacher als die von blattreicher Grassilage. Für eine gute Funktion der Obenfräse bei Wiesengrassilage ist es notwendig, bereits beim Befüllen des Silos verschiedene Massnahmen zu treffen. Das Gras muss kurz gehäckselst sein (theoretisch  $\pm 10$  mm) und gleichmässig im Silo verteilt werden.
- Das Wurfgebläse ist bei vielen Fräsen der schwächste Punkt. Für ein störungsfreies Verarbeiten von Grassilage sollten der Gebläsedurchmesser und der Durchgang am Kollektor gross dimensioniert ( $>180$  mm) sein.
- Das Gebläse verursacht hohe Stromspitzen. Diese starken Schwankungen können durch ein schweres Schaufelrad am Gebläse etwas ausgeglichen werden.
- Die Stromaufnahme bei Maschinen mit Wurfgebläse ist höher und ungleichmässiger, wenn der Trockensubstanzgehalt des Futters niedrig ist (  $\approx 30\%$  ).
- Bei Maschinen ohne Wurfgebläse war die Stromaufnahme gleichmässiger und wird hauptsächlich durch den Gleitwiderstand der Ketten bestimmt. Dieser war bei Grassilage mit einem Trockensubstanzgehalt von 40-60% am höchsten, da hier viel Silage anklebt.
- Durch die Versuche ist nicht ganz klar geworden, durch welche Faktoren die Entnahmelistung und Funktionssicherheit der Fräsen am wesentlichsten beeinflusst werden. Es bestehen aber auf jeden Fall komplexe Wechselbeziehungen zwischen Länge des Materials, TS-Gehalt, Grobstengelichkeit (Rohfasergehalt) Raumgewicht, Kohäsion und Verteilgenauigkeit im Silo. Es ist der Eindruck entstanden, dass die Funktion der Fräse am sichersten gewährleistet ist, wenn:



- . Das Futter grobstengelig ist (einen Rohfasergehalt  $> 25\%$  der Trockensubstanz aufweist)
- . Der Trockensubstanzgehalt des Futters hoch ist ( $> 40\%$ ). Bei Fräsen ohne Gebläse ist jedoch ein niedriger Trockensubstanzgehalt ( $< 40\%$ ) vorteilhafter.
- . Das Futter kurz gehäckselt und im Silo verteilt ist.
- . Das Raumgewicht hoch ist ( $> 160$  kg TS/cbm.).

Tabelle 1 Resultate der Messungen mit der Doppelschneckenfräse.

Messung Nr.	Material					Förd. Leist.		Leistungs- aufnahme KW	
	Trocken- substanz %	Rohfaser- gehalt in der TS %	Schnittlängenanteile			kg/h			
			0 - 4	4 - 8	> 8 cm	urspr.	TS		
1970	1	70,1	27,3	49,9	34,5	15,5	3535	2478	14
	2	70,1	27,3	43,1	37,6	19,4	6919	4850	12
	3	67,2	25,5	47,8	33,0	19,0	3240	2177	12
	4	55,3	23,7	52,2	26,7	21,4	2059	1139	9
	5	55,3	23,7	37,4	32,8	28,6	3175	1756	12
1971	6	30,2	23,6	--,-	--,-	--,-	----	----	--
	7	40,0	22,8	77,1	13,8	9,1	2000	800	--
	8	64,3	22,9	77,1	13,8	9,1	1500	965	--

Tabelle 2 Resultate der Messungen mit der Kettenfräsen.

Messung	Material					Förderleistung	
	Trocken- substanz %	Rohfaser- gehalt %	Schnittlängenanteile			kg/h	
			0 - 4	4 - 8	> 8 cm	urspr. Subst.	TS
1	69,1	---	35,7	31,5	32,8	326	225
2	43,4	---	55,2	23,2	21,4	550	239
3	44,6	---	42,5	32,3	25,3	281	125
4	59,3	21,8	54,1	24,5	21,5	2031	1204
5	70,1	27,3	49,9	34,5	15,5	1250	876
6	37,3	27,9	--,-	--,-	--,-	1380	516
7	38,1	27,6	--,-	--,-	--,-	1380	528
8	38,3	27,1	--,-	--,-	--,-	1320	504
9	42,5	28,1	--,-	--,-	--,-	1380	588
10	47,9	29,1	--,-	--,-	--,-	1440	690
11	53,8	28,9	--,-	--,-	--,-	1620	870

Tabelle 3 Resultate der Messungen mit der Obenfräse mit periphergelegenem Innenschacht.

Messung Nr.	Material					Förderleistung	
	Trocken- substanz- gehalt %	Rohfaser- gehalt %	Schnittlängenanteile			kg/h	
			0 - 4	4 - 8	> 8 cm	urspr. Subst.	TS
1	41,5	27,0	83,5	12,1	4,4	1340	556
2	39,8	27,3	89,2	7,7	3,1	1700	677
3	40,2	27,4	92,4	4,6	3,0	1610	647
4	48,1	26,8	72,0	15,3	12,7	1660	798
5	53,5	27,2	69,9	16,5	13,6	980	524
6	61,7	25,2	74,3	15,0	10,7	1110	625
7	59,3	27,4	71,7	16,0	12,4	1170	694
8	35,7	27,3	--,-	--,-	--,-	2940	1020
9	38,9	27,3	--,-	--,-	--,-	3060	1188
10	36,5	28,3	--,-	--,-	--,-	1740	636
11	36,8	28,0	--,-	--,-	--,-	2040	750
12	46,5	26,5	--,-	--,-	--,-	1680	780
13	48,4	27,1	--,-	--,-	--,-	1620	786
14	43,5	26,6	--,-	--,-	--,-	1800	780
15	42,2	26,0	--,-	--,-	--,-	1860	786
16	48,8	18,7	--,-	--,-	--,-	1140	558

Tabelle 4 Förderleistung und Leistungsbedarf von Obenentnahmefräsen bei Grassilage.

	Trocken- substanz gehalt %	Förderleistung kg/min. urspr. Subst.	TM	Leistungsaufnahme KW	Schnittlängenanterle in %			
					< 20 mm	20-40 mm	40-80 mm	> 80 mm
<u>Fräse III</u>								
Gebläse mit 6 Schlegeln	38,2	21,5	8,2	10,5	55,5	28,1	10,5	5,9
Wiesengras 2. Schnitt								
Gebläse mit 3 Schlegeln	38,2	37,0	14,1	9,0	55,5	28,1	10,5	5,9
Wiesengras 2. Schnitt								
Gebläse mit 3 Schlegeln	37,9	38,4	14,6	9,9	45,0	34,9	13,2	6,9
Wiesengras 2. Schnitt								
Gebläse mit 3 Schlegeln	25,6	63,3	16,2	12,1	51,8	31,1	11,4	5,7
Wiesengras 1. Schnitt								
Gebläse mit 3 Schlegeln	23,9	64,9	15,5	12,0	50,4	30,4	14,0	5,2
Wiesengras 1 Schnitt								
<u>Fräse I</u>								
Wiesengras 1. Schnitt	31,6	47,5	15,0	7,9	39,8	14,8	25,7	19,7
Wiesengras 2. Schnitt	25,6	67,1	17,2	9,1	51,8	31,1	11,4	5,7
Wiesengras 2. Schnitt	37,9	38,7	14,7	7,3	45,0	34,9	13,2	6,9
<u>Fräse II</u>								
Wiesengras 1. Schnitt	25,6	49,01	12,5	10,5	51,8	31,1	11,4	5,7
Wiesengras 2. Schnitt	37,9	28,7	10,9	10,9	45,0	34,9	13,2	6,9

Tabelle 5 Förderleistung und Leistungsbedarf von Silobodenentnahmefräsen bei Mais- und Luzernesilage.

	Gebläse U/min.	TM %	Förderleistung kg/min. urspr. Subst.	TM	Leistungsbedarf KW
<u>Maissilage</u>					
<u>Fräse III</u>	1600	36,30	152,50	55,4	7,9
<u>Fräse I</u>	1600	36,30	59,4	21,6	8,0
<u>Fräse I</u>	1100	38,11	107,6	41,0	9,2
<u>Luzernesilage</u>					
<u>Fräse III</u>	1600	42,82	138,9	59,5	7,9
<u>Fräse I</u>	1100	42,82	71,3	30,5	7,1

Tabelle 6 Maximale Förderleistung der Gebläse verschiedener Obenentnahmefräsen bei Grassilage auf dem Prüfstand.

Gebläse U/min.	Trocken- subst. ge- halt %	Förderleistung kg/min. urspr. Sub. TM	Leistungsaufnahme des Gebläses KW	b. max. im Leer- Leistung lauf	Schnittlängenteile in den Siebfraktionen in %						
					< 5	> 5	> 10	> 15	> 25	> 40 mm	
<u>Fräse III</u>											
Gebläse mit 6 Schlegeln											
2400	20,4	128,2	26,2	17,0	6,0	17,3	25,1	8,4	17,3	15,6	16,3
<u>Fräse III</u>											
Gebläse mit 3 Schlegeln											
2400	20,4	81,8	16,7	12,0	5,0	17,3	25,1	8,4	17,3	15,6	16,3
2900	39,3	147,6	58,0	20,0	5,0	17,0	26,4	13,5	21,3	3,0	18,8
<u>Fräse II</u>											
Fräse I											
1960	43,3	134,7	58,3	15,0	3,4	20,8	27,4	6,7	29,5	2,0	13,6
<u>Fräse I</u>											
1730	49,3	123,9	61,1	13,5	2,4	23,6	26,6	11,0	24,1	7,6	7,1

Tabelle 7 Förderleistung und Leistungsbedarf einer neuartigen Kettenfräse bei Gras- und Luzernesilage

Leistungsbedarf des Gebläses (2850 U/min.) bei Leerlauf 8,8 KW.

	Trockensubst. Gehalt %	Förderleistung kg/min.	Leistungsaufnahme der Fräse KW	Förderhöhe m	Schnittlängenteile in den Siebfraktionen in %					
					urspr. Subst. JM	< 5	5	> 10	> 15	> 25
Grassilage 1. Schnitt	41,0	26,0	13,5	4,0	29,4	29,1	18,3	14,2	5,2	3,8
	44,4	25,7	12,7	4,0	26,0	32,4	12,8	20,3	3,6	4,9
	42,5	28,0	13,5	7,5	22,9	28,8	15,8	22,5	3,7	6,3
	41,0	27,6	14,0	5,0	23,2	31,3	17,1	19,5	2,7	6,2
Luzernesilage	41,7	28,6	13,0	6,0						
	45,6	30,5	13,5	7,0						

