

Bild 5. Bandkettenfräsorgan

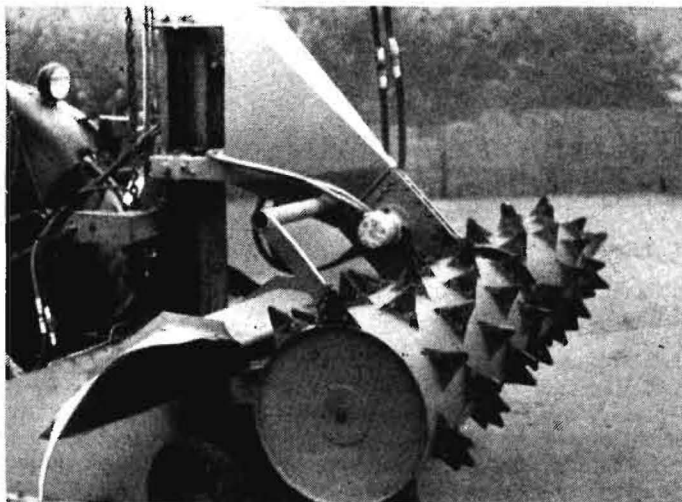


Bild 6. Trommelfräsorgan

punkt für die Bewertung sind die Maschinenkosten. Sie sind nicht das alleinige Kriterium. Berücksichtigt werden müssen vor allem die unterschiedlichen Massenströme, die TS-Verluste und die Qualitätsveränderungen bei der Silageentnahme. Zur ökonomischen Bewertung wurde das im FZM Schlieben/Bornim vorhandene und der Aufgabe angepaßte EDV-Programm DOMO 3 angewendet, das die Erfassung der Einflußfaktoren bei der Grünfuttersilierung von der Mahd an ermöglicht. Die bei der Berechnung eingesetzten Primärdaten basieren sowohl auf eigenen Untersuchungen als auch auf Literaturangaben.

Insgesamt kann eingeschätzt werden, daß die mit dem Forschungsmuster erreichten Einsatzparameter die Grundlage für die schrittweise Einführung des Fräsladers in die Landwirtschaft der DDR bieten. Der zukünftige Produzent des im FZM Schlieben/Bornim entwickelten Geräts ist der VEB KfL Brandenburg.

#### 4. Zusammenfassung

In der DDR wird der überwiegende Anteil der Silagen in Horizontalsilos produziert, die

Bild 7  
Anbaufräslader  
im Einsatz



Querschnitte bis zu 120 m<sup>2</sup> aufweisen. Die daraus resultierenden großen Anschnittflächen führen bei der Entnahme geringer Mengen leicht verderblicher Silagen mit Mobilkränen zu Verlusten. Durch den Einsatz von Fräsladern können diese Verluste auf ein Minimum gesenkt werden.

Im Beitrag wird ein Anbaufräslader für Trak-

toren mit verschiedenen Fräsorganen vorgestellt. Zur Vorzugslösung werden technologische Angaben mitgeteilt. Mit den erreichten Leistungsparametern ist der entwickelte Anbaufräslader in der Landwirtschaft der DDR einsetzbar.

A 4533

## Die thermische Aufbereitung von Kartoffeln und Kartoffelkonservaten

Dr. agr. A. Klug, Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

### 1. Problemanalyse

Die Kartoffeln gehören zu den Konzentratfuttermitteln. Sie sind rohfasernarm und leicht verdaulich, wenn sie thermisch behandelt werden. Die Futtermittelverwertung ist dann beim Schwein am höchsten. Da die Kartoffel auch leicht verderblich ist, muß die thermische Aufbereitung immer in Verbindung mit der konservierenden Lagerung gesehen werden, um die Verluste zu minimieren. Jährlich werden in der DDR etwa 3 Mill. bis 5 Mill. Tonnen Kartoffeln für Futterzwecke genutzt. Für die thermische Aufbereitung dieser Masse werden im Durchschnitt 180000 Tonnen Braunkohlenbriketts benötigt. Die volks-

wirtschaftliche Forderung zur Senkung der Aufwendungen für die materielle Produktion erfordert Überlegungen, wie dieser hohe Brennstoffaufwand gesenkt werden kann. Die Rohverfütterung von chemisch konservierten Kartoffeln hat sich als nicht effektiv erwiesen, so daß auch hier nicht die Möglichkeit besteht, ohne thermische Aufbereitung vorhandener Verfahren Aufwendungen für die materielle Produktion, vor allem auch

an Energie, kurzfristig gesenkt werden können. Im Fall der thermischen Aufbereitung geht es auch darum, in alle effektivitätssteigernden Maßnahmen die in der Praxis vorhandenen Maschinen mit einzubeziehen. Die Frage, ob die Änderung des Prinzips der Wirkpaarung des Wärmeaustausches – direkte Dampfeinwirkung auf die Kartoffel – zur Verbesserung des energetischen Wirkungsgrades und damit zur Energiesenkung beitragen könnte oder ob die im Stoffkennwert enthaltenen Möglichkeiten genutzt werden, um einen höheren Effekt zu erreichen, führte zunächst zu der Entscheidung, die Guttemperatur bei der thermischen Aufbe-

an Energie, kurzfristig gesenkt werden können. Im Fall der thermischen Aufbereitung geht es auch darum, in alle effektivitätssteigernden Maßnahmen die in der Praxis vorhandenen Maschinen mit einzubeziehen.

Die Frage, ob die Änderung des Prinzips der Wirkpaarung des Wärmeaustausches – direkte Dampfeinwirkung auf die Kartoffel – zur Verbesserung des energetischen Wirkungsgrades und damit zur Energiesenkung beitragen könnte oder ob die im Stoffkennwert enthaltenen Möglichkeiten genutzt werden, um einen höheren Effekt zu erreichen, führte zunächst zu der Entscheidung, die Guttemperatur bei der thermischen Aufbe-

reitung auf einen Wert zu senken, der sich nicht auf eine Änderung des Futterwerts auswirkt. Im Fall der Verbesserung des energetischen Wirkungsgrades des Wirkprinzips wäre eine Neuentwicklung erforderlich gewesen, die auch eine lange Überführungszeit erfordert hätte. Im zweiten und gewählten Fall kann die vorhandene technische Ausrüstung weitestgehend genutzt werden, dies führt zu einer kurzen Überleitungszeit.

Es ist bekannt, daß die Kartoffelstärke bei Temperaturen zwischen 62°C und 67°C aufschließt und damit zunächst der eigentliche Zweck der Erhöhung des Futterwerts um etwa 15 % gegenüber rohen Kartoffeln erreicht ist. Bei dem bisher üblichen Dämpfverfahren (Normaldämpfen) werden die Kartoffeln so lange unter Dampfeinwirkung gehalten, bis sie vollständig weich sind. Die mittlere Temperatur des Gutes erreichte nach rd. 45 min 90 bis 95°C. Beim Kurzdämpfen wird die mittlere Temperatur auf rd. 70°C gesenkt. Dabei wird in Kauf genommen, daß die Kartoffeln noch teilgar, d. h. fest sind und für den Einsatz in der Schweinefütterung zerkleinert werden müssen. Versuche bei der Silierung und Fütterung haben ergeben, daß kurz gedämpftes Gut gegenüber dem normal gedämpften Gut keine Nachteile aufweist.

## 2. Energieeinsparung bei der thermischen Aufbereitung von Kartoffeln

Durch die Senkung der Endtemperatur nach der thermischen Aufbereitung sind bei unveränderten Parametern des Dampferzeugers folgende veränderte Leistungsparameter der Gesamtmaschine zu erwarten. Anhand der Wärmestromgleichung kann dies einfach berechnet werden:

$$Q = \dot{m}_B H_u \eta = \dot{m}_N C (t_{EN} - t_A) = \dot{m}_K C (t_{EK} - t_A);$$

Q	MJ/h	Wärmestrom des Dampferzeugers, der für die Kartoffelerwärmung zur Verfügung steht
$\dot{m}_B$	t/h	Brennstoffmassenstrom
$H_u$	MJ/t	unterer Heizwert
$\eta$		Gesamtwirkungsgrad der Dampfeinrichtung
$\dot{m}_N$	t/h	Massenstrom beim Normaldämpfen
C	MJ/t · K	spezifische Wärmekapazität des Gutes
$\dot{m}_K$	t/h	Massenstrom beim Kurzdämpfen
$t_{EN}$	°C	mittlere Temperatur des Gutes nach dem Normaldämpfen
$t_A$	°C	mittlere Temperatur vor der thermischen Aufbereitung
$t_{EK}$	°C	mittlere Temperatur des Gutes nach dem Kurzdämpfen.

Die Erhöhung des Gesamtwirkungsgrades – dafür sind neue technische Lösungen erforderlich – ist für spätere Forschungsvorhaben vorgesehen. Durch die Senkung der mittleren Temperatur von 95°C auf 70°C kann bei gleichem Wärmestrom des Dampferzeugers der Gutstrom bei der thermischen Aufbereitung erhöht werden:

$$\dot{m}_K = \dot{m}_N \frac{t_{EN} - t_A}{t_{EK} - t_A} = \dot{m}_N \frac{95 - 10}{70 - 10} = \dot{m}_N \frac{85}{60}$$

$$\dot{m}_K = \dot{m}_N 1,42.$$

Durch den beim Kurzdämpfen höheren Massenstrom sinkt der spezifische Energiebedarf

$$\text{von } Q_{SPK} = \frac{Q}{\dot{m}_N} \cong 100 \%$$

$$\text{auf } Q_{SPK} = \frac{Q}{\dot{m}_N 1,42} \cong 70 \%$$

Praktisch bedeutet dies, daß durch die Senkung der Temperatur nach der thermischen Aufbereitung auf die nur für den Stärkeaufschluß erforderliche Temperatur von 70°C der Massenstrom von 3,0 t/h auf 4,3 bis 4,5 t/h ansteigt und bei gleichem Brennstoffeinsatz der spezifische Energiebedarf von 48 bis 50 kg BB/t Kartoffeln auf 34 bis 35 kg BB/t Kartoffeln sinkt. Gesamtwirtschaftlich gesehen könnte damit eine Gesamteinsparung von rd. 60000 t BB/Jahr erreicht werden. Da der Arbeitsaufwand etwa gleich bleibt, wird neben der Energieeinsparung die Arbeitsproduktivität um 40 % gesteigert.

Praktische Untersuchungen bestätigen diese theoretischen Berechnungen.

## 3. Verfahren der Kartoffelaufbereitung

Die thermische Aufbereitung der Kartoffeln und Konservate erfolgt vor oder nach der Lagerung. Dies hängt davon ab, welche Lagerungsbedingungen im Verarbeitungsbetrieb vorliegen. Folgende Varianten sind möglich:

1. Mietenlagerung → thermische Aufbereitung → Sofortverfütterung
2. Lagerung in Silos mit Konservierungsmitteln → thermische Aufbereitung → Sofortverfütterung
3. thermische Behandlung → Lagerung in Silos → Fütterung
4. Mietenlagerung → Speisekartoffelaufbereitung → thermische Aufbereitung der Schälabfälle → Fütterung.

Bei den Verfahren 1, 2 und 4 ist die tägliche thermische Aufbereitung erforderlich. Die Anlage muß frostfrei in einem Futterhaus auf-

gestellt werden. Bei Verfahren 3 werden in einer Kampagne von 2 bis 3 Monaten (Sept. bis Nov.) die Kartoffeln gedämpft und einsiliert.

## 4. Einrichtungen zum thermischen Aufschluß

Technische Lösungen der Aufbereitung werden von den Ausgangsstoffparametern bestimmt. Bei den Verfahren 1 und 3 sind ganze Kartoffeln thermisch aufzubereiten. Bei den Verfahren 2 und 4 liegt ein bereits zerkleinertes Gut vor, das sich von ganzen Kartoffeln wesentlich unterscheidet.

Ganze Kartoffeln weisen eine Schüttdichte von 800 kg/m<sup>3</sup> auf (Tafel 1). In der Schüttung sind genügend große Poren, durch die sich der Dampf verteilt und das Gut gleichmäßig erwärmen kann. Das zerkleinerte Rohkonservat und Schälabfälle haben Schüttdichten von 1050 bis 1150 kg/m<sup>3</sup>. Dieses fast porenlose Gut kann nicht in Behältern thermisch aufbereitet werden, weil eine Dampfverteilung und damit eine gleichmäßige Erwärmung nicht möglich ist. Für ganze Kartoffeln und zerkleinertes Gut sind deshalb unterschiedliche technische Lösungen erforderlich (Bild 1).

Ganze Kartoffeln werden in Behältern thermisch aufbereitet, in die Dampf eingeleitet wird. Zerkleinertes Gut muß während des Wärmeaustausches ständig gemischt und gefördert werden, um es gleichmäßig zu erwärmen. Dafür eignen sich Schneckenförderer, deren Wendeln so gestaltet sind, daß das zum Kleben neigende Gut nicht haften bleibt, um Verstopfungen zu vermeiden.

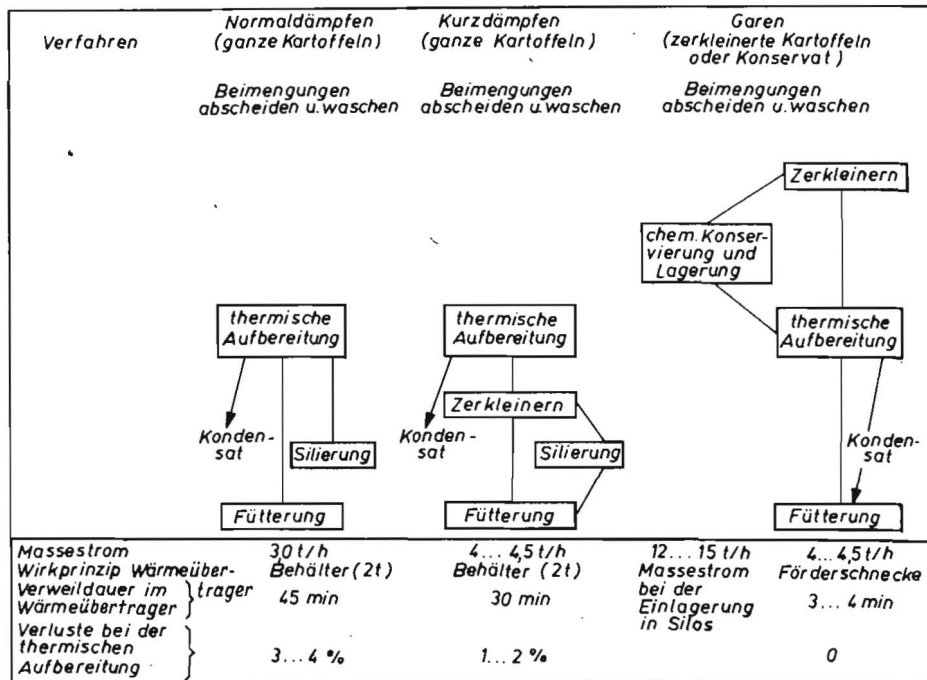
Im Vergleich der technischen Einrichtungen zur thermischen Aufbereitung zeigt sich, daß für die Aufbereitung ganzer Kartoffeln durch

Tafel 1

Ausgangsprodukte für die thermische Aufbereitung

Gutart	TS-Gehalt %	Partikelgröße mm	Schüttdichte kg/m <sup>3</sup>
ganze Kartoffeln	18...25	20...150	800
Konservat	15...40	< 20	1 050...1 160
Sickersaft	< 5	< 10	1 040
Schälabfälle	15...22	< 15	1 050...1 080

Bild 1. Verfahren der thermischen Aufbereitung von Kartoffeln



Veränderung der Verweildauer im Behälter der Massestrom von 3,0 auf 4,0 bis 4,5 t/h gesteigert und die Verluste im Kondensat um 2% gesenkt werden können. Die technischen Lösungen für die beiden Verfahren der Kartoffelaufbereitung (Normal- und Kurzdämpfen) unterscheiden sich nur durch die zusätzliche Zerkleinerungseinrichtung. Zerkleinertes Gut (Konservat und Schälabfälle) wird in einer Förderschnecke mit gleichen Leistungsparametern wie beim Kurzdämpfen aufbereitet, wobei der arbeitswirtschaftliche Vorteil der chemischen Konservierung des Gutes darin liegt, daß bei einem hohen Angebot vor allem verderbgefährdeter Partien das Gut mit einem hohen Massestrom von 12 bis 15 t/h eingelagert und schnell konserviert werden kann.

Die volkswirtschaftliche Forderung, verstärkt Hackfrüchte in der Schweinefütterung einzusetzen und hohe tierische Leistungen zu erreichen, erfordert eine enge Zusammenarbeit aller Partner, die für eine schnelle Überführung und für die Absicherung der Ergebnisse Verantwortung tragen.

Vom Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim wurden gemeinsam mit dem VEB Landmaschinen- und Dämpferbau „Rotes Banner“ Döbeln, BT Lommatzsch, die technischen Untersuchungen durchgeführt. Einbezogen war das Forschungszentrum für Tierproduktion Dummerstorf-Rostock, Bereich Tierernährung, Außenstelle Schönebeck, um alle Aspekte der Tierernährung zu berücksichtigen.

Für die Anwendung des Kurzdämpfverfahrens wird die Maschine F407A ab 1986 serienmäßig bereitgestellt (Bild 2). Sie zeichnet sich durch verbesserte Leistungsparameter (höherer Massestrom, geringer spezifischer Energiebedarf, geringe Kondensatverluste) aus. Diese Leistungsparameter können nur über eine Anzeige des Betriebszustands im Dämpfbehälter durch ein Fernthermometer eingehalten und kontrolliert werden. Die Zerkleinerung erfolgt durch eine Einrichtung, die am Ende der Austrageschnecke angebaut wird. Dadurch ist es auch möglich, die in der Praxis vorhandenen Maschinen im Rahmen der planmäßigen Instandhaltung durch die dafür zuständigen VEB Kreisbetrieb für Landtechnik für das Kurzdämpfverfahren umzurüsten.

Bis dahin kann auch jede andere Dämpfmachine eingesetzt werden, wenn eine nachträgliche Zerkleinerung vorgesehen wird, z. B. durch einen Muser R48M, und die Kontrolle des Garungszustands über den Rohanteil in den großen Kartoffeln kontrolliert wird (Bild 3). Die Stärke in der Kartoffel ist dann aufgeschlossen, wenn der rohe Kern gänzlich verschwunden ist. Es wäre die Aufgabe der WTZ der Bezirke, diese Möglichkeit durch Organisation von Anwenderseminaren

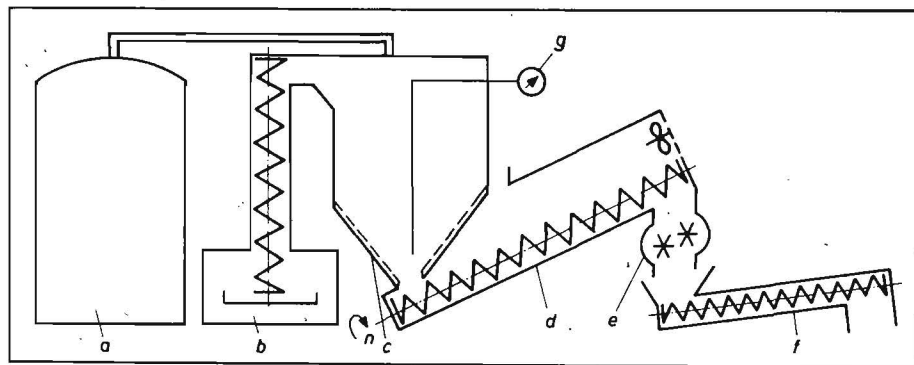


Bild 2. Maschine F 407 A zum Kurzdämpfen von Kartoffeln; a Dampferzeuger, b Flutwäsche, c Dämpfschacht, d Ausstoß- und Kühlschnecke ( $n = 11$  U/min), e Zerkleinerungseinrichtung, f Schwingschnecke, g Temperaturanzeige zur Kontrolle der Dämpftemperatur ( $70^\circ\text{C}$ )

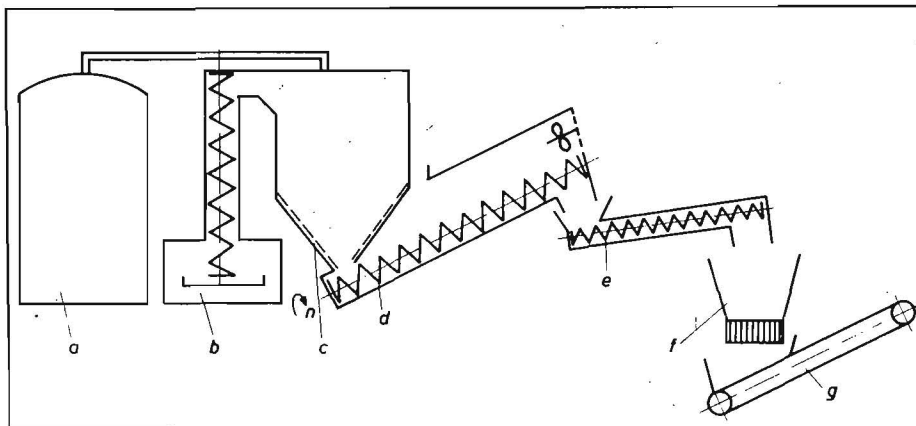


Bild 3. Dämpfmachine F405 und Maschinenfolge bei Anwendung des Kurzdämpfverfahrens; a Dampferzeuger, b Flutwäsche, c Dämpfschacht, d Ausstoß- und Kühlschnecke ( $n = 11$  U/min), e Schwingschnecke, f Zerkleinerer (z. B. Futtermuser R48M), g Gurtbandförderer mit Abstreifer

zu nutzen, um eine schnelle Überführung zu ermöglichen.

Für die thermische Aufbereitung des Rohkonservats und von Schälabfällen wird vom VEB Landtechnischer Anlagenbau Dresden, Sitz Radeberg, eine auf Baugruppen des VEB Landmaschinen- und Dämpferbau Döbeln, BT Lommatzsch, aufbauende Gareinrichtung entwickelt.

Im Interesse einer Vereinheitlichung und Instandhaltung einschließlich Ersatzteilsicherung werden auch andere Baugruppen, wie Dampferzeuger und E-Installation, aus Lommatzsch für beide Verfahren der thermischen Aufbereitung genutzt. Die Maschine steht ab 1986 zur Verfügung.

Probleme bestehen noch in der Zwischenlagerung, Dosierung und thermischen Aufbereitung des Sickersafts sowie in der Zwischenlagerung und Förderung des thermisch aufbereiteten Rohkonservats. An der Lösung

dieses Problems wird forschungsseitig noch gearbeitet.

## 5. Zusammenfassung

Kartoffeln müssen thermisch aufbereitet werden, um die Futtermittelverwertung bei der Schweinefütterung zu erhöhen. Untersuchungen haben ergeben, daß die Guttemperatur bei der thermischen Aufbereitung von bisher üblich  $95^\circ\text{C}$  auf die nur für den Stärkeaufschluß erforderliche Temperatur von  $70^\circ\text{C}$  ohne nachteilige Folgen der Futtermittelverwertung gesenkt werden kann. Dadurch ist es möglich, den spezifischen Brennstoffbedarf um 30% zu senken und bei gleichen Leistungsparametern des Dampferzeugers den Massestrom um 35 bis 40% zu erhöhen. Über die technischen Maßnahmen zur Anwendung des Verfahrens werden Vorschläge unterbreitet.

A 4534

Folgende Fachzeitschriften der Elektrotechnik erscheinen im VEB Verlag Technik:

Elektrie; der Elektro-Praktiker; messen—steuern—regeln; Nachrichtentechnik—Elektronik; radio—fernsehen—elektronik