

Möglichkeiten zur Energieeinsparung und zur Steigerung der Arbeitsproduktivität beim Dämpfen von Futterkartoffeln

Dr. A. Klug, KDT/Dipl.-Ing. G. Götzelt, Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

1. Volkswirtschaftliche Zielstellung und Problemanalyse

Kartoffeln werden auch zukünftig in gleichem Umfang wie bisher in der Schweinefütterung eingesetzt. In der DDR sind für das Dämpfen der Futterkartoffeln jährlich rd. 150kt Braunkohlenbriketts bereitzustellen (45 bis 50kg Braunkohlenbriketts je Tonne Kartoffeln). Die Forderung nach sparsamem Umgang mit Energie kann von der Landwirtschaft durch Rationalisierung vorhandener Verfahren realisiert werden, d.h. Energie ist im Ergebnis wissenschaftlich-technischer Maßnahmen zu substituieren [1].

Futterkartoffeln werden gedämpft, um die Stärke aufzuschließen sowie die Futteraufnahme und die Verdaulichkeit zu erhöhen. Das Stärkekorn quillt bereits bei Temperaturen zwischen 62 und 67°C [2]. In den Dämpfmaschinen erreichen die Kartoffeln eine Temperatur von rd. 95°C. Durch diese Temperaturerhöhung wird lediglich die Beschaffenheit der Kartoffeln verändert. Sie werden vom festen über einen teilgaren in den weichen Zustand überführt.

Eine beträchtliche Energieeinsparung ist möglich, wenn eine Senkung der mittleren Temperatur beim Dämpfen auf die für den Stärkeaufschluß erforderliche Höhe erfolgt, ohne die Futteraufnahme und Silierfähigkeit des Gutes zu verschlechtern. Fütterungs- und Verdaulichkeitsuntersuchungen der nur bis rd. 70°C erwärmten Kartoffeln haben ergeben, daß die im Kurzdämpfverfahren behandelten Kartoffeln ohne Nachteile gegenüber den „normal“ gedämpften Kartoffeln in der Schweinefütterung eingesetzt werden können [2, 3].

2. Energieeinsparung beim Dämpfen

Eine Energieeinsparung beim Dämpfen von Futterkartoffeln kann neben der Verbesserung des Wirkungsgrades der Dämpfmaschine hauptsächlich nur durch die Senkung der Dämpftemperatur erreicht werden. Der Massestrom der Dämpfmaschine wird von den Stoffkennwerten der Kartoffel und von den Betriebsparametern der Maschine bestimmt. Bei gleichbleibendem Brennstoffeinsatz und

damit verbundenem gleichen Energieangebot in Form der stündlichen Dampferzeugung ist durch die Senkung der Dämpftemperatur von 95 auf 70°C bei einer Anfangstemperatur von 10°C eine Erhöhung des Massestromes möglich:

$$\dot{m}_B H_U \eta_{\text{ges}} = \dot{m}_1 c (t_{E1} - t_A) = \dot{m}_2 c (t_{E2} - t_A) \quad (1)$$

$$\dot{m}_2 = \dot{m}_1 \frac{t_{E1} - t_A}{t_{E2} - t_A} = \dot{m}_1 \frac{95 - 10}{70 - 10} = \dot{m}_1 \frac{85}{60} = \dot{m}_1 1,42; \quad (2)$$

\dot{m}_B	Brennstoffmassestrom
H_U	unterer Heizwert
η_{ges}	Gesamtwirkungsgrad der Maschine
\dot{m}_1	Massestrom der Maschine beim Normaldämpfen
\dot{m}_2	Massestrom der Maschine beim Kurzdämpfen
c	spezifische Wärmekapazität
t_{E1}	mittlere Temperatur der Kartoffeln beim Normaldämpfen
t_{E2}	mittlere Temperatur der Kartoffeln beim Kurzdämpfen
t_A	mittlere Temperatur der Kartoffeln vor dem Dämpfen.

Bei einer Senkung der Dämpftemperatur um 25°C erhöht sich der Massestrom um rd. 40%, was einer Erhöhung von 2,8 auf rd. 4 t/h entspricht.

Bei gleichem Brennstoffeinsatz und erhöhtem Massestrom sinkt der spezifische Brennstoffverbrauch beim Kurzdämpfen gegenüber dem Normaldämpfen auf

$$\frac{\dot{m}_B}{\dot{m}_1 1,42} 100\% = 70\% \quad (3)$$

Der Massestrom der Dämpfmaschine hängt von der Verweilzeit t der Kartoffeln im Dämpfbehälter und von dessen Volumen V ab. Folgender Zusammenhang besteht:

$$\dot{m} = \frac{V \rho}{t} \quad (4)$$

ρ Schüttdichte der Kartoffeln.

Die Verweilzeit beträgt in den Dämpfmaschinen 40 bis 45 min. In dieser Zeit wird die vollständige Garung der Kartoffeln erreicht. Eine Massestromsteigerung tritt ein, wenn die Drehzahl der Ausstoßschnecke erhöht wird. Bei gleichem Volumen sinkt dann die Verweilzeit beim Kurzdämpfen auf 30 bis 35 min. Diese Zeit reicht aus, um die mittlere Temperatur der Kartoffeln auf den erforderlichen Wert von 70°C zu erhöhen [4, 5, 6]. Die zu dämpfenden Kartoffeln sind unterschiedlich groß. Größere Kartoffeln benötigen etwa die dreifache Zeit gegenüber kleineren Kartoffeln, bis die Temperatur von 70°C im Zentrum erreicht ist. Das auf eine mittlere Temperatur von 70°C erwärmte Kartoffelgemisch weist deshalb eine unterschiedliche Beschaffenheit auf. Die kleineren Kartoffeln sind vollständig weich, die mittleren Kartoffeln sind teilgar und ganz große Kartoffeln haben z. T. noch einen rohen Kern. Dieser Anteil roher Kartoffelmasse — er beträgt rd. 5% der Gesamtmasse der gedämpften Kartoffeln — muß bei Anwendung des Kurzdämpfverfahrens zugelassen werden. Bei Verlängerung der Dämpfzeit vermindert sich der Anteil roher Kartoffelmasse, gleichzeitig verringert sich auch der Massestrom, und die mittlere Temperatur der Gesamtkartoffelmasse steigt weit über 70°C. Damit vermindert sich aber die Effektivität des Kurzdämpfverfahrens.

3. Nutzen bei der Anwendung des Kurzdämpfverfahrens

Dämpfmaschinen weisen eine sehr unterschiedliche Einsatzzeit auf. Das hängt davon ab, ob die Maschinen stationär zur Aufbereitung der Kartoffeln für die Frischverfütterung oder fahrbar für das Dämpfen vor der Silierung eingesetzt werden. Bei einer angenommenen durchschnittlichen jährlichen Einsatzzeit von 600 h je Maschine können durch das Kurzdämpfverfahren beim Dämpfen von rd. 1700 t Kartoffeln etwa 30% Brennstoff, das sind rd. 25 t Braunkohlenbriketts je Maschine und Jahr, eingespart werden. Durch den höheren Massestrom beim Kurzdämpfen verringert sich bei gleicher Kartoffelmenge die Einsatzzeit auf

Bild 1. Beschaffenheit der Kartoffeln nach einer Dämpfzeit von 10 min

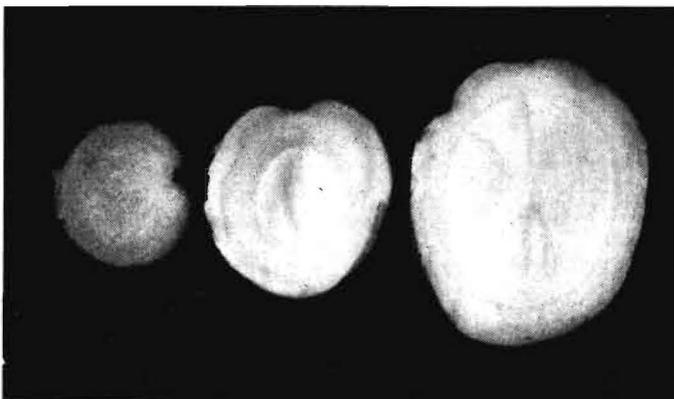
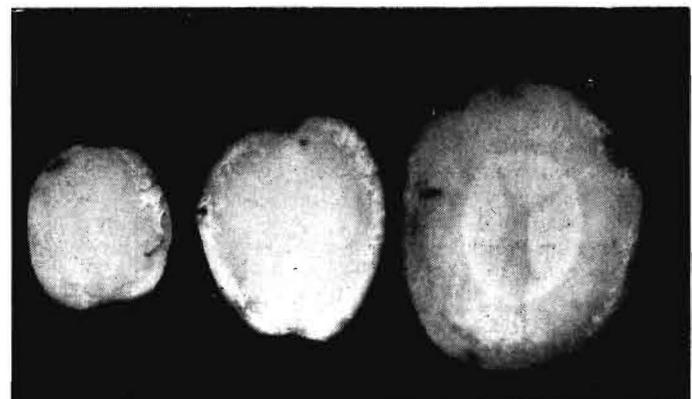


Bild 2. Beschaffenheit der Kartoffeln nach einer Dämpfzeit von 18 min



425 h/a. Bei 2 bis 3 Arbeitskräften entspricht das einer Einsparung von 350 bis 525 Arbeitskräftestunden. Bei gleicher Einsatzzeit und Brennstoffmenge können durch den höheren Massestrom rd. 2400 t Kartoffeln je Jahr und Maschine gedämpft werden. Der zusätzliche Energieaufwand und die Kosten für das Zerkleinern der teilgaren Kartoffeln sind gegenüber dem erreichten Nutzen gering.

4. Anwendung des Kurzdämpfverfahrens in der Praxis

Das Kurzdämpfverfahren kann mit den fahrbaren Dämpfmaschinen F 405 und den stationären Dämpfanlagen F 470 durchgeführt werden. Die Drehzahl der Ausstoßschnecke braucht nur auf etwa 11 U/min erhöht zu werden, damit der Massestrom steigt. Die Verweilzeit der Kartoffeln im Dämpfschacht vermindert sich, und die mittlere Temperatur stellt sich auf etwa 70°C ein. Zur Verbesserung der Futteraufnahme ist eine Zerkleinerung der teilgaren Kartoffeln vorteilhaft. Für diesen Zweck sind der Futterzerkleinerer R 48 M und ein Gurtbandförderer (Länge 4 bis 6 m) mit glattem Band und Außengurtreiniger einzusetzen. Die Schwenkquetsche übergibt die teilgaren Kartoffeln in den Futterzerkleinerer. Der Gurtbandförderer fördert die zerkleinerten Kartoffeln auf den Anhänger. Zur besseren Übergabe der Kartoffeln vom Futterzerkleinerer auf das Gurtband ist der Zerkleinerer zweckmäßig auf ein höheres Gestell aufzusetzen. Zur Kontrolle

des Garungszustands und zur Einstellung der Drehzahl der Ausstoßschnecke sind unzerkleinerte teilgare Kartoffeln hinter der Schwenkquetsche zu entnehmen und durchzuschneiden. Der Übergang von aufgeschlossener Stärke in der Außenschale zu noch nicht aufgeschlossener Stärke ist gut erkennbar (Bild 1). Mit zunehmender Dämpfzeit verringert sich der rohe Kern. Die Drehzahl der Ausstoßschnecke ist richtig eingestellt, wenn die kleineren und mittleren Größen (Quadratmaß ≈ 50 mm) keinen rohen Kern aufweisen, aber sonst noch fest sind (Bild 2).

Zu Beginn des Dämpfens ist der Garungszustand der Kartoffeln in Abständen von 15 min zu überprüfen, später genügen Zeitabstände von 2 h. Als Richtwert sollte zunächst eine Drehzahl von 9 bis 10 U/min eingestellt werden. Entsprechend dem festgestellten Garungszustand ist die Drehzahl weiter in Stufen von max. 1 U/min zu verändern.

5. Zusammenfassung

Futterkartoffeln werden in der DDR in großen Mengen in der Schweinefütterung eingesetzt. Für das Dämpfen sind beträchtliche Energiemengen in Form von festen Brennstoffen bereitzustellen. Um den Energieaufwand zu senken, wird die Dämpftemperatur von 95 auf 70°C gesenkt. Die Kartoffeln weisen einen teilgaren Zustand auf, der sich nicht nachteilig auf die Futteraufnahme auswirkt. Durch die verminderte Dämpftemperatur wird

der spezifische Brennstoffverbrauch um rd. 30% gesenkt, gleichzeitig steigen bei gleichem Energieeinsatz der Massestrom und die Arbeitsproduktivität beim Dämpfen von Futterkartoffeln. Vorhandene Dämpfmaschinen eignen sich für die Anwendung des Kurzdämpfverfahrens, wenn die teilgaren Kartoffeln eine nachgeordnete Zerkleinerungseinrichtung durchlaufen.

Literatur

- [1] Hedrich, P., u. a.: Neue Anforderungen an die langfristige Planung der Energiewirtschaft. *Energietechnik* 28 (1978) H. 5, S. 166—169.
- [2] Klug, A.: Versuche zur Verkürzung der Dämpfzeit von Futterkartoffeln. *Archiv für Tierernährung* Bd. 14 (1964) H. 3, S. 213—229.
- [3] Laube, W.: Futterwirtschaftliche Probleme der Aufbereitung und Lagerung von Kartoffeln. Institut für Mechanisierung der Landwirtschaft Potsdam-Bornim. Vorträge der wiss. Jahrestagung 1966.
- [4] Klug, A.: Untersuchungen über den Stärkeaufschluß in Kartoffeln durch Zufuhr von Wärme. AdL der DDR, Sektion Landtechnik, Dissertation 1967.
- [5] Klug, A.: Energieeinsparung beim Dämpfen von Futterkartoffeln. *Wissenschaftliche Zeitschrift der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock* 28 (1979) mathem.-naturwiss. Reihe, Heft 1, S. 85—90.
- [6] Klug, A.: Die Wärmeaufnahme der Kartoffeln beim Dämpfen. *Archiv für Landtechnik* Bd. 7 (1968) S. 29—35. A 3154

Landtechnische Dissertationen

Am 22. Mai 1981 verteidigte Dr.-Ing. Ulrich Mittag an der Sektion Landtechnik der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock erfolgreich seine Dissertation B zum Thema:

„Die Gestaltung landwirtschaftlicher Produktionsgebäude und -anlagen unter Anwendung rationaler Methoden zur Produktionsvorbereitung am Beispiel der Rekonstruktion von Schweineproduktionsanlagen“

Gutachter:

Prof. Dr. agr. habil. R. Thurm, TU Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik

Prof. Dr.-Ing. habil. E. Scheffer, TU Dresden, Sektion Architektur

Prof. Dr. sc. techn. C. Eichler, WPU Rostock, Sektion Landtechnik.

Ausgehend von der Entwicklung und dem gegenwärtigen technisch-ökonomischen Niveau von Gebäuden und Ausrüstungen für die Schweineproduktion werden Gesetzmäßigkeiten des Zusammenwirkens von Technologie, gebäude- und maschinentechnischer Ausrüstungen sowie Forderungen an die Rekonstruktion und Rationalisierung abgeleitet.

Es werden neue Methoden (Bausteinprojektierung) für die Rekonstruktion und Rationalisierung von Anlagen der Tierproduktion aus den Methoden zum Projektieren von Neuanlagen zusammengestellt, auf ihre Anwendbarkeit geprüft und abgeleitet. Ein konkretes Ergebnis mit dem Vorschlag der Baueinheitenprojektierung in Form von praktikablen Ablaufplänen und Algorithmen wird vorgelegt. Die vorgeschlagenen Methoden werden am Beispiel

der Rekonstruktion von 6000er-Schweinemastanlagen angewendet und zu einem konkreten praktischen Ergebnis geführt. Die Einflüsse der verschiedenen Faktoren, wie Belegungsdichte und Mechanisierungslösung, werden untersucht.

Im Anlageband werden Teile eines vom Bearbeiter geschaffenen Katalogwerks von Arbeitsblättern für Projektierungsarbeiten, so für die Auswahl optimaler Haltungstechnik und ihre Einordnung in den Gebäudequerschnitt, für Kennziffern verschiedener Gestaltungslösungen wiedergegeben.

Am 9. Juli 1981 verteidigte Dipl.-Ing. Martin Reichel an der Sektion Landtechnik der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock erfolgreich seine Dissertation zur Promotion A zum Thema:

„Beitrag zur Gestaltung eines optimalen Baugruppenversorgungssystems“

Gutachter:

Prof. Dr. sc. techn. G. Ihle, TU Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik

Prof. Dr. sc. oec. W. Runge, WPU Rostock, Sektion Sozialistische Betriebswirtschaft

Prof. Dr. sc. techn. C. Eichler, WPU Rostock, Sektion Landtechnik.

Die Bedeutung der Austauschbaugruppenmethode in Verbindung mit der industriellen Grundüberholung von Baugruppen für das Intensivieren der Instandhaltung wird untersucht. Über die Austauschbaugruppenmethode ist es

möglich, die instandsetzungsbedingten Stillstandszeiten erheblich zu reduzieren.

Auf der Basis einer Analyse des gegenwärtigen Baugruppenversorgungssystems der Landwirtschaft der DDR und der Darstellung des Problemkreises in der Literatur wird die Aufgabenstellung abgeleitet. Die Dimensionierung des Austauschstocks und die vergleichende Untersuchung verschiedener Versorgungsvarianten werden mit ihren Einflußfaktoren dargestellt und modelliert. Für beide Probleme werden Rechenprogramme vorgelegt und über die Berechnung gut gewählter Parameterbereiche analysiert.

Die Modellierung erfolgt unter Verwendung des Instrumentariums der Operationsforschung. Die Arbeiten zum Dimensionieren des erforderlichen Austauschstocks legen eine Methode vor, die wegen ihrer Eingangsgröße und der geforderten Versorgungswahrscheinlichkeit modernen Gesichtspunkten der Instandhaltung gerecht wird. Der Einsatz der Simulationsmethode für diesen Zweck erweist sich als gangbar. Das Zirkulationsmodell ist in seiner quantitativen Anwendung an bestimmte Tarife gebunden, aber vielseitig einsetzbar. Das Rechenprogramm ist hinreichend variabel, so daß viele mögliche Versorgungsfälle berechnet werden können. Es wird die Anwendung für ein bestimmtes Territorium gezeigt und so ein Nachweis der Überleitung erbracht. Die auf diese Weise bestimmbar kostenoptimale Versorgungssicherheit ist für entwicklungsstrategische Entscheidungen von großer Bedeutung.

AK 3205/2