

Wirtschaftliche Betrachtungen zur Trocknung von Körnermais und Schlußfolgerungen für die weitere Entwicklung der Verfahren

In fast allen Anbaugebieten unseres Kontinents ist der Wassergehalt der Maiskoben z. Z. der Ernte so hoch, daß diese ohne eine zusätzliche Trocknung nicht lagerfähig sind.

Unter günstigen klimatischen Bedingungen, wie sie in den ursprünglichen Maisanbaugebieten herrschen, erfolgt die Trocknung in einfachen Gerüsten im Freien, ohne daß besondere Aufwendungen für den Trocknungsprozeß entstehen.

Mit zunehmender Ausdehnung des Anbaues auf klimatisch weniger begünstigte Zonen verschlechtern sich die Voraussetzungen für eine natürliche Trocknung, so daß besondere technische Einrichtungen für eine vom Klima unabhängige Trocknung notwendig sind. Neben erheblichen Kosten, die für die Anlage und deren wettergeschützte Unterbringung entstehen, müssen nunmehr auch für den Ablauf des Trocknungsprozesses selbst Aufwendungen gemacht werden. Dadurch tritt eine Erhöhung der Produktionskosten ein, die mit ungünstiger werdenden klimatischen Bedingungen schnell ansteigt und die ökonomische Frage der Trocknung stärker in den Vordergrund stellt.

Die z. Z. im Anbauggebiet der DDR angewandte künstliche Trocknung von Maiskolben in Darren befriedigt in der Arbeitsqualität, der Mengenleistung, im Arbeitsaufwand und in der Wirtschaftlichkeit nicht. Ihre Technologie entspricht nicht den arbeitswirtschaftlichen und agrotechnischen Forderungen und ermöglicht keine Ausnutzung des neuesten Standes der Technik.

Im folgenden werden einige Beobachtungen an verschiedenen Trocknungsverfahren ausgewertet und mit der gebräuchlichen Trocknung auf Darren verglichen. Aus dem Vergleich ergeben sich Hinweise für eine geeignete Technologie, die zu Verfahren mit höherem ökonomischem Nutzeffekt führt.

Da in diesem Rahmen technische Einzelheiten zurücktreten, werden Mängel und Schwächen einer Anlage nur dann in die Betrachtungen einbezogen, wenn sich daraus besondere Hinweise für die Technologie oder die Mechanisierung ergeben.

Die Kolbentrocknung

Das Prinzip der Kolbentrocknung ist fast unverändert aus ältesten Zeiten des Maisanbaues bis in die letzten Entwicklungen von Trocknungsanlagen übernommen worden.

Einen ausgiebigen Einblick in die Funktion und in technische Einzelheiten einer neuzeitlichen Anlage gibt der Bericht von REUMSCHÜSSEL über die Darre T 615 (S. 276). Die nachfolgenden Ausführungen gehen z. T. von diesem Bericht aus und enthalten Kennziffern oder Meßwerte desselben zur Charakterisierung des Verfahrens als abgerundete Werte.

Wie aus dem Bericht hervorgeht, wird das Trockengut nicht auf gleichmäßige Endfeuchten der Körner getrocknet. Die Grundforderung nach gleichen Trocknungsbedingungen für jeden beliebigen Teil des Trockengutes wird von der Anlage nicht erfüllt, wie die Übertrocknung der unteren Schichten zeigt. Dieser Fehler tritt bei allen Darrentypen auf, die mit einseitiger Bebläsung ohne Umwälzung der Kolben während der Trocknung arbeiten, er ist nur durch grundlegende Änderung der Technologie zu beseitigen.

Die Folge der Übertrocknung ist ein starkes Ansteigen des Körnerbruchs beim Drusch, in krassen Fällen auch eine unmittlere Schädigung des Keimlings.

*) Institut für Landtechnik Potsdam-Bornim der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin (Direktor: Prof. Dr. S. ROSEGGER).

Der Handarbeitsaufwand für Beschicken und Entleeren der Anlage (einschl. Drusch) lag bei 60 AKh/ha, da sämtliche Arbeiten von Hand ausgeführt wurden. Die Möglichkeiten einer rationellen Mechanisierung werden erfahrungsgemäß beim Einbau von Anlagen in alte Gebäude stark eingeschränkt, sie sollten aber beim Entwurf nicht gänzlich außer acht gelassen werden. Eine gleiche Darre an anderer Stelle erfordert einen Aufwand von nur 50 AKh/ha, der durch vorübergehenden Einsatz von zwei mittleren, transportablen Förderbändern zum Entleeren auf 43 AKh/ha gesenkt wurde.

Die Mengenleistung der Anlage wird mit 2 bis 2,5 dt (dz) Frischkolben/h festgestellt, wenn die Kapazität 10 t und die Trocknungsdauer 40 bis 50 h beträgt. Diese als „Bruttoleistung“ zu kennzeichnende Angabe ist nur von untergeordneter Bedeutung, da das eigentliche Arbeitsziel nicht die Trocknung der Kolben sondern der Körner ist. Als „Nettoleistung“ im Sinne des Arbeitszweckes können nur 65 bis 70% des Gewichtes, entsprechend dem mittleren Körneranteil am Kolbengewicht, eingesetzt werden, also 1,4 bis 1,7 dt (dz) Frischkörner/h mit einem Wassergehalt von etwa 35 bis 40%. Eine keineswegs befriedigende Leistung, wenn man die der üblichen Getreidetrocknungsanlagen mit 5 bis 6 dt (dz)/h bei Verdampfung gleicher Wassermengen gegenüberstellt.

Da die Verdampfungsleistung der Anlage (lt. Bericht) rd. 86 kg Wasser/h beträgt, werden in 44 h insgesamt 3800 kg Wasser entzogen. Eine Prüfung, welcher Anteil der Gesamtwassermenge im Sinne des Arbeitszweckes produktiv aus Körnern und welche Menge gleichzeitig unproduktiv aus Spindeln verdampft (Frischkolbengewicht von 10000 kg bei einem Körneranteil von 70%), brachte das nachstehende Ergebnis:

| | G [t] | f ₁ [%] | f ₂ [%] | ΔW [kg] | Zeit- anteil [h] |
|---------------|----------|-----------------------|-----------------------|------------|------------------------|
| Körner | 7 | 36 | 13 | 1850 | 21,5 |
| Spindel | 3 | 70 | 15 | 1950 | 22,5 |
| Kolben | 10 | — | — | 3800 | 44,0 |

Darin ist

- G Frischgewicht,
- f₁ Wassergehalt zu Beginn der Trocknung,
- f₂ Wassergehalt am Ende der Trocknung,
- ΔW verdampfte Wassermenge.

Die Belastung des Trocknungsprozesses durch die Spindel-trocknung erweist sich damit als so hoch, daß eine Wirtschaftlichkeit der Körnertrocknung bei dieser Technologie nicht mehr erwartet werden kann. Von 44 Trocknungsstunden entfallen fast 23 h unproduktiv auf die Verdampfung der Spindel-feuchte. Der spezifische Bedarf an Wärmeenergie, bezogen auf die dem Trockner zugeführte Wärmemenge, beträgt q' = 1700 kcal/kg Wasser.

Die im Verlauf der Trocknung zugeführte Wärmemenge Q_{Tr} wird für die Verdampfung

1. der Gesamtwassermenge = ΔW · q' = 3800 · 1700 = 6,46 · 10⁶ kcal,
2. der Wassermenge aus Körnern = ΔW · q' = 1850 · 1700 = 3,145 · 10⁶ kcal

verwendet.

Von der zugeführten Gesamt-Wärmeenergie kommen kaum 50% in der Körnertrocknung produktiv zur Wirkung, der Rest wird zur Verdampfung der Spindelfeuchte verbraucht.

Aus diesen zur besseren Übersicht stark vereinfachten Darlegungen geht hervor, daß die nach dem Prinzip der Kolbentrocknung in Darren arbeitenden Verfahren keinen befriedigenden ökonomischen Nutzeffekt erwarten lassen, weil der Trocknungsprozeß durch die Spindel belastet wird.

Als Perspektive kann diese Technologie auch dann keine Bedeutung gewinnen, wenn eine hohe Mechanisierungsstufe mit kontinuierlichem Arbeitsablauf erreicht würde. Zur Beseitigung des unproduktiven Teils des Trocknungsvorganges ist eine Änderung der Technologie erforderlich.

Die Körnertrocknung

Körnerdurchlaufrockner für Getreide, wie sie vom VEB Petkus Wutha mit verschiedenen Leistungen gebaut werden, sind bisher in der Praxis kaum zur Maistrocknung herangezogen worden. Diese Anlagen haben den Vorzug, daß Beschickung, Entleerung und Betrieb gut mechanisiert sind und einen außerordentlich geringen Aufwand an AKh/ha erfordern. Die spezifischen Kennziffern der Trockner liegen bei Getreide fest und lassen sich sinngemäß auf Mais übertragen. Da je Durchlauf etwa 5 bis 6% Wasser entzogen werden, sind bei höherem Wassergehalt mehrere Durchläufe erforderlich, wodurch die Mengenleistung/h entsprechend sinkt.

Bei orientierenden Versuchen mit der Anlage K 843 ergaben sich eine Verdampfungsleistung von 120 kg W/h und ein spezifischer Wärmeverbrauch von $q' = 1200$ bis 1300 kcal/kg W bei guter Erfüllung der Forderung nach gleichmäßiger Trocknung des Trockngutes.

Unter Verwendung des Zahlenbeispiels der Kolbentrocknung ergeben sich für gleiche Körnermengen folgende Werte:

| Anlage | $\Delta W'$ [kg/h] | q' [kcal/kg W] | ΔW [kg] | Q_{Tr} [kcal] | Trocknungs- dauer [h] |
|--------|-----------------------|---------------------|--------------------|--------------------|-----------------------------|
| T 615 | 86 | 1700 | 3800 | $6,46 \cdot 10^6$ | 44 |
| K 843 | 120 | 1250 | 1850 | $2,32 \cdot 10^6$ | 15 |

Darin ist

- ΔW verdampfte Wassermenge [kg],
- $\Delta W'$ spezifische Verdampfung [kg/h],
- Q_{Tr} zugeführte Wärmemenge [kcal],
- q' spezifische Wärmemenge [kcal/kg W].

Die Gegenüberstellung beider Verfahren läßt eindeutig das erwartete Ergebnis erkennen, daß die Technologie der Körnertrocknung eine höhere Verdampfungsleistung bei geringerem spezifischen Wärmeverbrauch und damit einen wesentlich größeren ökonomischen Nutzeffekt in der Maistrocknung sichert. Entsprechend der auf 33% verkürzten Trocknungsdauer steigt die Mengenleistung dabei auf das Dreifache an. Der Handarbeitsaufwand betrug nur etwa 20 AKh/ha, wobei die Zuführung des Trocknungsgutes in Säcken erfolgte.

Neben diesen rein betriebsökonomischen Vorteilen ist aber die Tatsache von Bedeutung, daß die Trocknung mit einer Anlage erfolgt, die im Maschinensystem der Getreideernte vorhanden ist. Die Festkosten verringern sich damit für die Getreide- und Maistrocknung nicht unerheblich.

Leider lassen sich diese Vorzüge der Körnertrocknung in der Maistrocknung nicht vorbehaltlos zur praktischen Auswirkung bringen. Es ist nicht möglich, frische Maiskolben mit einem Wassergehalt der Körner von 35 bis 40% zu dreschen oder zu rebblen, ohne die Körner stark zu beschädigen. Der Drusch ist erst bei Kornfeuchten von 27 bis 30% möglich. Derartig geringe Kornfeuchten werden aber bei den heute angebauten, relativ spätreifen Maissorten selten erreicht, so daß nur in günstigen Jahren ein geringer Teil der Anbaufläche sofort gedroschen werden könnte.

Erst beim Anbau frühreifer Sorten ist eine Besserung zu erwarten, aber auch nur für den Fall der Verwertung als Konsum- oder Futtermais. Für den Drusch von Saatmais sind nach den bisherigen Erfahrungen Kornfeuchten unter 27% erforderlich.

Die Zweistufentrocknung

Die Teilung des Verfahrens in eine *Vortrocknung der Kolben* bis zur Druschfähigkeit und *Nachtrocknung der Körner* bietet eine Möglichkeit, den größeren Nutzeffekt der Körnertrocknung wenigstens zu einem Teil auszunutzen.

Da feststeht, daß die erwünschte Wirtschaftlichkeit der Anfangsstufe nur dann zu erreichen ist, wenn die Belastung des Trocknungsvorgangs durch die Spindelfeuchte auf ein Mindestmaß gesenkt wird, ist die Technologie der ersten Stufe entscheidend für das ganze Verfahren.

Es ist naheliegend, die Darre T 615 zur Vortrocknung der Kolben zu verwenden. Die Trocknungsdauer wurde auf etwa 25 bis 26 h verkürzt, die Kornfeuchte verringerte sich in dieser Zeit auf 23 bis 24%. Während der Maiserntekampagne 1958 wurden die gesamten Anlieferungen in der DSG Zerbst als *Großversuch in zwei Stufen getrocknet*, dessen Ergebnis folgende orientierenden Messungen für 11400 kg Frischkolben wiedergeben:

| Trocknung Stufe | Anlage | $\Delta W'$ [kg/h] | Körner | | ΔW_{Korn} [kg] | $\Delta W_{Spindel}$ [kg] | q' [kcal/kg W] |
|--------------------|--------|-----------------------|-----------|-----------|---------------------------|------------------------------|---------------------|
| | | | f_1 [%] | f_2 [%] | | | |
| I | T 615 | 47 | 34 | 23,5 | 1080 | 153 | 2820 |
| | | | 124 | 23,5 | 870 | — | 1240 |
| II | K 843 | 120 | 1950 | 153 | — | — | — |

$\Delta W'$ = spezifische Verdampfung [kg/h],

ΔW = verdampfte Wassermenge [kg],

q' = spezifische Wärmemenge [kcal/kg W].

Die im Laufe der Trocknung zugeführte Wärmemenge Q_{Tr} ergibt

für Stufe I = $\Delta W \cdot q' = 1233 \cdot 2820 \approx 3,48 \cdot 10^6$ kcal

für Stufe II = $\Delta W \cdot q' = 870 \cdot 1240 \approx 1,08 \cdot 10^6$ kcal

$Q_{gesamt} \approx 4,56 \cdot 10^6$ kcal

Während das Ergebnis der zweiten Stufe sich weder in der Verdampfungsleistung noch im spezifischen Wärmeverbrauch von den im Verfahren „Körnertrocknung“ angegebenen Werten unterscheidet, zeigt die Stufe I eine erhebliche Verschlechterung beider Kennwerte der Kolbentrocknung. Die Verdampfungsleistung sinkt von 86 kg/h auf 47 kg/h, der spezifische Wärmeverbrauch steigt von 1700 kcal auf 2820 kcal. Der Nutzeffekt der Trocknung ist also schlechter geworden, wie dies im Anfangsstadium der Darrentrocknung erwartet wurde. Zum Erwärmen des Trocknungsgutes einschließlich der darin enthaltenen Wassermengen bis zum Einsetzen des Verdampfungsvorgangs werden mehrere Stunden benötigt, in denen eine produktive Trocknungsarbeit nicht geleistet wird.

Betrachtet man jedoch die verdampfte Wassermenge ΔW , so zeigt sich, daß diese nun fast ausschließlich aus den Körnern stammt und die Spindelfeuchte nur in geringem Maße beteiligt ist. Es wurde also tatsächlich eine geringere Belastung durch die Spindelfeuchte erreicht, die einen niedrigeren Wärmeverbrauch Q_{Tr} zur Folge hat. Im Gesamtverfahren tritt daher ein gewisser Ausgleich ein, der in dem Wert $Q_{gesamt} = 4,56 \cdot 10^6$ kcal zum Ausdruck kommt. Bei einstufiger Kolbentrocknung mußten für etwa die gleiche Körnermenge $Q_{gesamt} = 5,46 \cdot 10^6$ kcal aufgewendet werden.

Trotz der schlechteren Trocknungsleistung der ersten Stufe sinkt der spezifische Wärmeverbrauch beim zweistufigen Verfahren um etwa 30%. Der größere ökonomische Vorteil liegt jedoch in der Verkürzung der Trocknungsdauer auf etwa 50% der reinen Kolbentrocknung, wodurch die Leistung der Darre praktisch verdoppelt wird. Für die Körnertrocknung werden zwar auch 7,5 h benötigt, sie treten jedoch nicht gesondert in Erscheinung, da beide Anlagen gleichzeitig in Betrieb sind und der Durchlaufrockner die dreifache Leistung der Darre hat.

Der Leistungsgewinn ist nicht zu unterschätzen, da er die Kampagneleistung verdoppeln kann und dadurch die gleichen

Erntemengen mit der halben Zahl von Darren getrocknet werden können.

Nachteilig war der zusätzliche Transport der Körner zum Durchlauftrockner, weil beide Anlagen nicht an der gleichen Stelle standen. Ebenfalls nicht beseitigt ist hierbei der bereits angeführte Nachteil einer ungleichmäßigen Trocknung in verschiedenen Schichten der Darre.

Wesentlich günstigere Bedingungen sind zu erwarten, wenn die jüngste technische Entwicklung zur Getreidebelüftung, der Zentralrohrsilos, in der ersten Trocknungsstufe verwendet wird.

Nach Vorversuchen des Instituts für Landarbeitsforschung in Gundorf dürften die erforderlichen Körnerfeuchten bei Benutzung der Zusatzbeheizung bereits in einigen Tagen erreicht sein, da die Luftgeschwindigkeit erhöht und die relative Luftfeuchte verringert wird. Der verringerten Dampfspannung in der Luft als Wärmeträger steht eine höhere Spannung im Korn gegenüber, woraus sich ein hinreichend großes Dampfdruckgefälle ergibt.

Bei einem Fassungsvermögen des Silos von 30 t Getreidekörnern, entsprechend einem Rauminhalt von 42,5 m³, würden etwa 215 dt (dz) Maiskolben in wenigen Tagen bis zu Druschreife getrocknet werden. Die hierzu aufzuwendende Wärmemenge ist noch durch Versuche zu ermitteln, sie dürfte aber in einem sehr günstigen Verhältnis zu der in der Darre für die gleiche Kolbenmenge erforderlichen stehen. An trockenen Tagen mit geringen relativen Luftfeuchten kann zudem ohne Vorwärmung gearbeitet werden. Hinzu kommen die niedri-

geren Anschaffungskosten des Zentralrohrsilos und seine gleichzeitige Verwendung im Maschinensystem der Getreideernte.

Nach dieser Technologie ist die Maistrocknung mit zwei Anlagen aus dem Maschinensystem der Getreideernte ohne besondere Investitionen durchführbar. Der gesamte Ablauf des Trocknungsprozesses läßt sich in der Stufe der Kolbentrocknung mit Hilfe von Förderbändern für die Beschickung leicht mechanisieren, die Entleerung erfolgt durch die Schwerkraft.

Schwierigkeiten bei der Trocknung von Saatmais sind bei diesem Verfahren nicht zu erwarten, spezielle Untersuchungen hierüber und über den Wirkungsgrad des Zentralrohrsilos als Kolbentrocknungsanlage müßten durchgeführt werden.

Zusammenfassung

Die Mängel der gebräuchlichen Technologie der Kolbentrocknung in Darren werden festgestellt und ihr Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit dargelegt.

Am Beispiel der Körnertrocknung wird gezeigt, daß nur ein durch den hohen Wassergehalt der Spindel nicht belasteter Trocknungsprozeß eine leistungsfähige und ökonomische Trocknung zuläßt.

Da der Wassergehalt der Körner einen Drusch unmittelbar nach der Ernte nicht zuläßt, wird die Zweistufentrocknung als wirtschaftlichste Lösung vorgeschlagen. Es werden zwei Verfahren angeführt, die sich in der Technologie der ersten Trocknungsstufe unterscheiden.

A 3502

Dipl.-Landw. W. HEINIG und Architekt A. MEHLER, Berlin*)

Die Getreidelagerhalle mit Kastenbehältern — eine rationelle Speicherform

Zu der angestrebten beträchtlichen Steigerung der Getreideerträge ist neben einer sorgfältigen Ernte usw. auch eine zweckmäßige Lagerung des Getreides notwendig, um Verluste und Qualitätsminderungen weitgehend auszuschalten. Dabei ist zu berücksichtigen, daß der größte Teil des Getreides im Betrieb verbleibt und vorwiegend verfüttert wird. Nach HÖRMANN [1] kann die Verteilung der Getreideproduktion etwa folgendermaßen angenommen werden:

| | |
|--------------------------------|------|
| Verkauf | [%] |
| | 33,5 |
| Futtermittel | 54,0 |
| Eigenverbrauch (Haushalt usw.) | 5,0 |
| Saatgut | 7,5 |

Der Erzeugerbetrieb verbraucht also zwei Drittel der gesamten Getreideproduktion selbst, wie auch von anderer Stelle bestätigt wird [2] und in eigenen überschlägigen Untersuchungen nachgewiesen werden konnte.

Der landwirtschaftliche Betrieb verfügt aber aus verschiedenen Gründen häufig nicht über den erforderlichen Speicherraum:

1. Die Getreideerträge sind so gestiegen, daß aus früherer Zeit vorhandene Speicher nicht mehr ausreichen. Außerdem entsprechen sie (vorwiegend als Schüttboden ausgebildet) nicht mehr der modernen Technik bei der Ernte und Erntebergung.

2. Die Zahl der in den vergangenen Jahren gebauten Speicher ist sehr gering.

3. In den LPG lagert das Getreide teilweise noch auf kleinen Schüttbodenspeichern, die auf verschiedene Höfe verstreut sind. Damit ist nicht nur ein hoher Handarbeitsaufwand verbunden, sondern es entstehen oftmals auch beträchtliche

*) Deutsche Bauakademie, Institut für Typung, Berlin.

Verluste. Diese primitive Lagerung läßt sich mit der genossenschaftlichen Großproduktion nicht vereinbaren; diese erfordert einen konsequenten Einsatz der modernen Technik in der Feld- und Innenwirtschaft.

4. Bei der Mähdrescherernte fällt das Getreide in kurzer Zeit schlagartig an. Ernten- und Dreschen — zwei bisher getrennte Arbeitsgänge — sind zusammengefaßt und die Zwischenarbeitsgänge, wie z. B. Einlagern der Garben in Scheunen, entfallen. Die Scheunen verlieren ihre ursprüngliche Funktion und an ihre Stelle rückt der Speicher für die Körnerlagerung. Damit ist häufig in unserem Klima eine Trocknung des Getreides verbunden.

Es ist also notwendig, in unseren LPG Speicherraum in größerem Umfang zu schaffen.

Die Einlagerung des Getreides ist jedoch mit Arbeit und Kosten verbunden, wodurch bei den bisher üblichen und bekannten Speicherformen beträchtliche finanzielle Belastungen des Lagergutes auftreten. Es besteht deshalb die Aufgabe, Betriebsspeicher zu entwickeln, in denen das Getreide mit verhältnismäßig geringem Handarbeitsaufwand eingelagert werden kann. Gleichzeitig sind die Aufwendungen für das Gebäude und den Maschinenteil recht niedrig zu halten, sie sollten die für zentrale Hochspeicher nicht überschreiten. Nach vergleichenden Untersuchungen ergab sich, daß für den Größenbereich von etwa 500 t Lagerhallen mit eingebauten Kastenbehältern sowie mechanisierter Beschickung und Entnahme am besten geeignet sind.

Auf der Grundlage einfacher Getreidelagerhallen wurden mehrere Ausbauvarianten entwickelt, indem in verschiedener Anordnung Kastenbehälter eingebaut sind. Dadurch ließ sich gegenüber einfachen Lagerhallen eine wesentliche Kapazitätssteigerung bei gleichem Bauvolumen erzielen. Der notwendige