

Die Trocknung des Körnermaises in den landwirtschaftlichen Anlagen des Typs UT 66-1 ist nach wie vor eine zwingende Notwendigkeit für die Lagerfähigkeit dieses Guts.

Die Trocknung des Mais verläuft gegenwärtig rein empirisch nach Erfahrungswerten vorangegangener Jahre bzw. nach Erfahrungen mit anderen, sehr feuchten Getreidearten. Die Trocknung darf nicht schlechthin eine Art der Lagerfestmachung sein, sondern grundsätzlich sollte die Erhaltung der Inhaltsstoffe während des Trocknungsprozesses angestrebt werden, da der Mais einmal als Komponente in der Mischfutterindustrie, zum anderen als Rohstoff in der Stärkeindustrie Verwendung findet.

Durch eine qualitätsgerechte Trocknung können Devisen für Eiweißkomponenten und Importmais eingespart werden. Es war die Aufgabe, für die in der Praxis vorhandenen Anlagen zur Maistrocknung Parameter zu erarbeiten, deren Einhaltung die Verluste an Inhaltsstoffen auf ein Minimum reduziert.

1. Versuchsdurchführung

Die Untersuchungen erfolgten in der Erntekampagne 1972 und wurden unter Praxisbedingungen in den Trockenwerken Golßen, Rade und Herzberg durchgeführt. Die Durchsätze des Frischguts lagen zwischen 6,5 und 7,0 t/h, die Verweilzeiten in der Trommel zwischen 44 und 51 min. Der Anfangsfeuchtigkeitsgehalt des Trockenguts betrug $F_0 = 41,5$ bis 40,4 Prozent. Die Temperaturen der Heißluft am Trommelengang wurden zwischen $t_E = 200$ und 480 °C und am Trommelende zwischen $t_{TRE} = 77$ und 175 °C durch Veränderung der Frischluftzuführung variiert. Weil die Korntemperaturen θ_A am Ende der Austragschnecke gemessen wurden, ist anzunehmen, daß die bei der Trocknung am Trommelende auftretenden maximalen Korntemperaturen um etwa 5 bis 7 °C höher liegen, als die durch die Messungen ermittelten Temperaturen. Als Bezugsbasis für vergleichende Bewertungen bzw. für die Arbeitsweise in der Praxis gelten die Werte der Meßstellen. Die Körner wurden in einem vorgewärmten Thermogefäß aufgefangen, das man mit einem Stopfen verschloß, in dem sich ein Thermometer befand. Auf diese Art wurde die Oberflächentemperatur der Maiskörner gemessen.

2. Versuchsergebnisse

Zwischen den Trocknungsparametern, dem Feuchtigkeitsentzug und den Verlusten an Inhaltsstoffen (verdauliches Rohprotein und Ausbeute an gewinnbarer Stärke) sind mit Hilfe der Korrelations- und Regressionsrechnung mathematische Beziehungen aufgestellt worden. Dadurch sind die Aussagen der Ergebnisse signifikant und reproduzierbar. Es ergibt sich einmal ein direkter Zusammenhang zwischen den Heißlufttemperaturen am Trommeleingang t_E und am Trommelende t_{TRE} , zum anderen zwischen der Differenz der Lufttemperaturen und der Feuchtigkeitsverdunstung.

Der Feuchtigkeitsentzug steigt mit größer werdender Differenz der Lufttemperaturen, d. h., hohe Eingangstemperaturen und niedrige Endtemperaturen begünstigen den Feuchtigkeitsentzug.

Die Abhängigkeit der Lufttemperatur am Trommelende t_{TRE} von der Eingangstemperatur t_E wird durch die Gleichung

$$t_{TRE} = 25,2 + 0,286 \cdot t_E \quad [^\circ\text{C}] \quad (1)$$

beschrieben. Der Korrelationskoeffizient beträgt $r = 0,907$ und liegt über dem Signifikanzniveau von 1 Prozent. Eine Steigerung der Lufttemperatur am Eingang um 10 grd. erhöht die Temperatur am Trommelende um 2,86 grd. Zwischen dem Feuchtigkeitsentzug ΔF und der Temperaturdifferenz $\Delta t = t_E - t_{TRE}$ beträgt der Korrelationskoeffizient $r = 0,827$, er liegt über der Signifikanzschwelle von 1 Prozent. Die Regressionsgerade, nach der der Feuchtigkeitsentzug verläuft, lautet

$$\Delta F = 13,4 + 0,0533 \cdot \Delta t \quad [\%] \quad (2)$$

Eine Erhöhung der Temperaturdifferenz um 20 grd. vergrößert den Wasserentzug um etwa 1 Prozent.

Die Korntemperatur θ_A hängt in stärkerem Maße von der Lufttemperatur am Trommelende t_{TRE} als von der Lufttemperatur am Trommeleingang t_E ab. Beim Gleichstrom ist neben dem Absinken der Lufttemperatur längs des Trocknungsweges ein stetiges Ansteigen der Korntemperatur festzustellen. Der höchste Wert der Korntemperatur stellt sich am Trommelende ein. Dieser Temperaturwert ist für die Verluste der Inhaltsstoffe entscheidend, deshalb wurde der Zusammenhang $\theta_A = f(t_{TRE})$ untersucht. Zwischen beiden Temperaturen besteht eine Korrelation von $r = 0,989$.

Dieser Wert liegt über der Irrtumswahrscheinlichkeit von 1 Prozent. Die Korntemperatur in Abhängigkeit von t_{TRE} verläuft nach der Gleichung

$$\theta_A = 0,746 \cdot t_{TRE} - 3,2 \quad [^\circ\text{C}] \quad (3)$$

Eine Erhöhung der Lufttemperatur am Trommelende um 10 grd. hat einen Anstieg der Korntemperatur um etwa 7,5 grd. zur Folge.

Betrachtet man Gleichung (3) im Zusammenhang mit Gleichung (1), so kann abgeschätzt werden, daß eine Steigerung der Eingangstemperatur t_E um 10 grd. die Temperatur am Trommelende t_{TRE} um 2,9 grd. erhöht, die wiederum die Korntemperatur θ_A um etwa 2,2 grd. ansteigen läßt.

Die Höhe der Korntemperatur ist entscheidend für den Verlust an Inhaltsstoffen. Die Ergebnisse zeigen, daß für eine schonende Trocknung mit geringen Verlusten an verdaulichem Rohprotein (ΔVRP) die Korntemperaturen $\theta_A = 55$ bis 60 °C nicht überschreiten sollten. Bei $\theta_A = 55$ °C betragen die Verluste etwa 3,5 Prozent. Die Abhängigkeit der Verluste von θ_A wird durch die Regressionsgleichung

$$\Delta VRP = 0,205 \cdot \theta_A - 7,8 \quad [\%] \quad (4)$$

beschrieben. Der Korrelationskoeffizient liegt mit $r = 0,904$ über dem 1-Prozent-Niveau. Eine Steigerung von θ_A um 10 grd. erhöht die Verluste an VRP um etwa 2 Prozent.

Die Ausbeute an gewinnbarer Stärke sinkt mit steigender Korntemperatur rapide ab.

Die Stärkeindustrie benötigt einen Rohstoff, der mindestens eine Stärkeausbeute von 65,1 Prozent ermöglicht. Um diese Klassifikation „gut verarbeitungsfähig“ zu erreichen, darf die Korntemperatur des Mais $\theta_A = 46$ °C nicht überschreiten. Die Abhängigkeit der Stärkeausbeute von der Korntemperatur verläuft nach der Gleichung

$$\text{Stärke} = 81,5 - 0,356 \cdot \theta_A \quad [\%] \quad (5)$$

Die negative Korrelation (Korrelationskoeffizient $r = -0,86$), die über der Signifikanzschwelle von 1 Prozent liegt, bestätigt die Aussage über die abnehmende Tendenz der gewinnbaren Stärke bei steigender Korntemperatur. Eine Erhöhung der Korntemperatur θ_A um 10 grd. verringert die gewinnbare Stärke um etwa 3,6 Prozent.

3. Trocknungsdiagramm

Das Arbeitsdiagramm (Bild 1) ist nach den Gleichungen (1) bis (5) aufgestellt worden.

* Humboldt-Universität zu Berlin. Sektion Nahrungsgüterwirtschaft, Bereich Technologie der Getreideverarbeitung (Bereichsleiter: Prof. Dr. habil. H.-P. Friedrich)

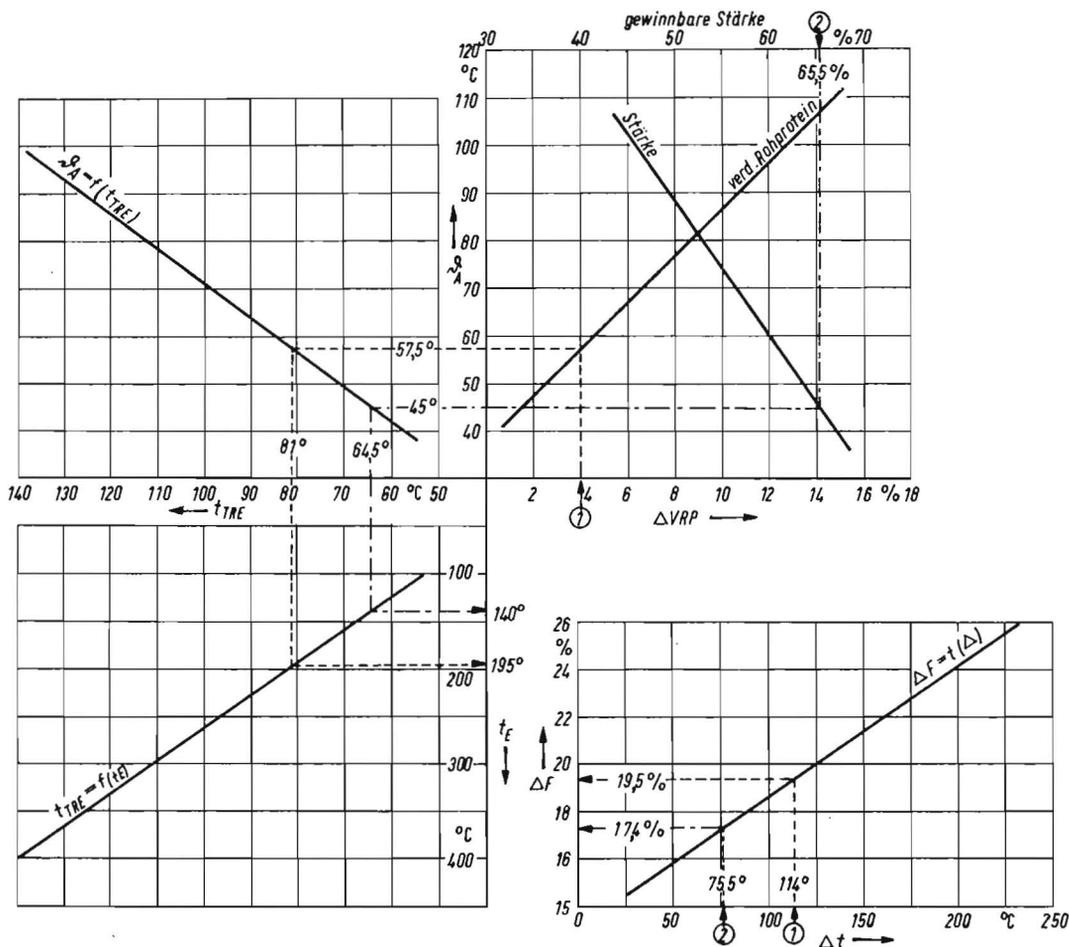


Bild 1. Arbeitsdiagramm zur Bestimmung der Parameter für die Trocknung von Mais in Abhängigkeit von den Qualitätsmerkmalen

Das Diagramm ist so aufgebaut, daß — ausgehend von den Qualitätskennwerten (Stärkeverluste und Verluste an VRP) — die dazugehörigen Parameter der Trocknung abgegriffen werden können.

An 2 Beispielen wird die Handhabung erläutert:

Beispiel 1

Der Verlust an verdaulichem Rohprotein soll 4 Prozent nicht übersteigen. Die zulässige Grenzkorntemperatur des Maises beträgt $\theta_A = 57,5^\circ\text{C}$ (I. Quadrant). Zur Einhaltung dieser Grenzkorntemperatur darf die Heißlufttemperatur am Trommelende $t_{TRE} = 81^\circ\text{C}$ nicht überschreiten (II. Quadrant). Der zulässige Wert der Heißlufttemperatur am Trommeleingang ergibt sich zu $t_E = 195^\circ\text{C}$ (III. Quadrant). Aus der Temperaturdifferenz in der Trommel $\Delta t = t_E - t_{TRE} = 195 - 81 = 114^\circ\text{C}$ ergibt sich der Wasserentzug von $\Delta F = 19,5$ Prozent (IV. Quadrant). Bei einem Anfangsfeuchtigkeitsgehalt des Maises von $F_0 = 40$ Prozent ist eine Trocknung auf $F = 20,5$ Prozent möglich.

Beispiel 2

Die gewinnbare Stärke soll 65,5 Prozent nicht unterschreiten. Die zulässige Grenzkorntemperatur ergibt sich zu $\theta_A = 45^\circ\text{C}$. Die dazugehörige Lufttemperatur am Trommelende wird zu $t_{TRE} = 64,5^\circ\text{C}$ abgelesen. Die Lufttemperatur am Trommeleingang darf $t_E = 140^\circ\text{C}$ nicht übersteigen. Aufgrund der Differenz der Lufttemperaturen $\Delta t = 140 - 64,5 = 75,5^\circ\text{C}$ ergibt sich ein Wasserentzug von $\Delta F = 17,4$ Prozent. Analog beider Beispiele lassen sich für eine qualitätsgerechte Trocknung bei vorgegebenen Qualitätskennwerten die zulässigen Trocknungsparameter einfach ermitteln. Bei den Untersuchungen in der Praxis mußte festgestellt werden,

daß die Betriebe mit Eingangstemperaturen der Heißluft von 380 bis 450 °C und am Trommelende mit 125 bis 175 °C gearbeitet haben. Dabei werden zwar hohe Werte der Feuchtigkeitsverdunstung erreicht, aber als Korntemperaturen ergeben sich Werte von 90 bis 110 °C. Bei diesen Korntemperaturen erreichen die Körner eine bräunliche Färbung, die Verluste an verdaulichem Rohprotein lagen zwischen 10 und 20 Prozent, die Stärkeausbeute betrug nur zwischen 49 und 41 Prozent.

Die Ergebnisse untermauern den Erfahrungswert der Praxis, daß die Trocknung des Maises in einer Trommelanlage auf 14 Prozent in einem Durchgang unzureichend ist und zu einem hohen Verlust an Inhaltsstoffen führt. Bei einem Anfangsfeuchtigkeitsgehalt von $F = 40$ Prozent sind bei Einhaltung minimaler Verluste (≤ 4 Prozent VRP) in einem Durchlauf Kornfeuchten von etwa $F = 20$ Prozent erreichbar.

4. Zusammenfassung

Die Körnermaistrocknung in Trommelanlagen erfolgt z. Z. nach Erfahrungswerten. Mit Hilfe des Arbeitsdiagrammes hat die Praxis die Möglichkeit, ausgehend von den Qualitätskennwerten, die Trocknungsparameter vor dem Prozeß zu ermitteln. Dadurch werden die Verluste an Inhaltsstoffen auf ein Minimum reduziert, bzw. können Qualitätsparameter eingehalten werden. Die Ergebnisse unterstreichen auch die Mehrstufentrocknung von Körnermais für die Erhaltung der Inhaltsstoffe, wobei im ersten Trocknungsgang in der Trommel eine Endfeuchte von etwa 20 Prozent erreicht werden kann.