

## Getreidetrocknung durch Feuergase im In- und Ausland

Der im Verlaufe des Siebenjahrplans stetig steigende Einsatz von Mähdruschern bis zunächst 80% der Getreideanbaufläche bringt einen immer größer werdenden Bedarf an Trocknungskapazität mit sich. Besonders in feuchten Erntejahren weist das Mähdruschgetreide häufig einen Wassergehalt bis über 25% (bezogen auf das Naßgewicht) auf. Um eine Lagerfähigkeit solchen Getreides zu erreichen, muß es einer künstlichen Trocknung unterzogen werden. Eine Kaltbelüftung des ruhenden Gutes in Silos oder Boxen ist nur bei Feuchtigkeitsgraden unter 20% vom Naßgewicht ausreichend. Bei hoher relativer Feuchtigkeit der Außenluft wird es unter Umständen notwendig, die Zuluft um etwa 5 °C und mehr anzuwärmen, um ihre relative Feuchte auf 65 bis 70% zu vermindern. Mit einer Luft höherer relativer Feuchtigkeit kann wegen der hygroscopischen Eigenschaften des Getreides der für eine gefahrlose Lagerung erforderliche Endwassergehalt von 14 bis 15% überhaupt nicht erreicht werden. Bei Feuchtgraden des Kornes über 20%, wie wir sie während der nassen Jahre häufig beim Mähdruschgetreide feststellen mußten, macht sich eine Schnell-trocknung durch Warmluft unumgänglich notwendig.

Bei der Trocknung durch Warmluft ist zunächst auf die Einhaltung gewisser Temperaturwerte zu achten, weil die Anwendung höherer Temperaturen Veränderungen im Getreidekorn bewirkt, die für eine weitere Verarbeitung zu Mehl bzw. für eine Verwendung als Saatgut nachteilig sein können. Dabei ist die Empfindlichkeit des Getreides gegen höhere Temperaturen abhängig von seinem Wassergehalt. Nach SPRENGER [6] müssen mit steigendem Wassergehalt die Trocknungstemperaturen gesenkt werden. Die Dauer einer Temperatureinwirkung soll hingegen auf Veränderungen im Getreidekorn von geringem Einfluß sein. Diese allgemein bekannten Werte müssen jedoch nach neueren Untersuchungen als überholt gelten. In Berichten über eine Tagung in England schreibt SEIBOLD [5], daß die größere Gefahr einer Schädigung des Getreides auf physikalischem Gebiet gesehen und der Dauer einer Wärmeeinwirkung eine nicht unbedeutende Rolle zugewiesen wird. HUTCHINSON stellte für die zulässige Höchsttemperatur für Getreide eine Formel auf, mit der man wesentlich höhere Temperaturen erhält, als sie SPRENGER angibt. Nach MALTRY [4] sollte aber aus Sicherheitsgründen der Formel nach PTIZIN (UdSSR) der Vorzug gegeben werden, der die Keimkraftminderung unter dem Einfluß von Temperatur, Feuchtigkeit und Zeit untersuchte:

$$\frac{23,5}{c_k} + (20 - 10 \log t) \text{ [}^\circ\text{C] .}$$

Dabei ist

$c_k$  spez. Wärme des Kornes [kcal/kg °C]

$t$  Dauer der Temperatureinwirkung [min].

In England gelten nach CULPIN folgende Höchsttemperaturen für die Trocknungsluft: bei Futtergetreide 82 °C, bei Weizen zur Mehlverarbeitung 65 °C sowie bei Braugerste und Saatgut 45 °C. Nach Ansicht von HEGE [3] muß aber eine über die Höchsttemperatur hinausgeführte Trocknung nicht unbedingt zu einer Schädigung der Qualität führen; es kann damit unter Umständen auch eine Verbesserung der Backeigenschaften erzielt werden. Von ganz entscheidendem Einfluß ist dagegen die technische Durchführung der Trocknung.

Wir müssen bei einem solchen Trocknungsvorgang die Möglichkeit der indirekten und der direkten Lufterwärmung unterscheiden. Für uns kommt aus wirtschaftlichen Erwägungen überwiegend nur eine direkte Erwärmung der Luft in Frage. Diese unmittelbare Art der Lufterwärmung durch Beimischen von Rauchgasen ergibt einen guten Wirkungsgrad, da die Brennstoffwärme nahezu verlustlos der Luft zugeführt wird. Dabei ist der tatsächliche Wärmeverbrauch meistens höher, als es dem theoretischen Bedarf für Wasserverdunstung und Getreideerwärmung entsprechen würde. Es treten Wärmeverluste bei der Abluft (20 bis 30%), beim Austritt des Getreides (2%) sowie Feuerungsverluste bei Feuergasen von 5 bis 15% auf. Tabelle 1 zeigt den stündlichen Wärmebedarf und den Wärmeverbrauch bei Getreidetrocknern unterschiedlicher Leistungen. Dabei liegt der Wärmeverbrauch um 70% höher als der Wärmebedarf.

Ergänzend dazu werden in Bild 1 Energiekosten und Heizverluste verschiedener Brennstoffe ausgewiesen, wodurch ihre Wirtschaftlichkeit erkennbar wird. Relativ günstig schneidet dabei im Vergleich zum Dieselöl die Braunkohle ab, die trotz 50prozentigem

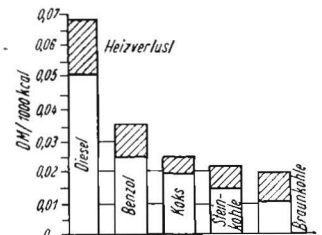
Tabelle 1. Stündlicher Wärmebedarf und Wärmeverbrauch bei Getreide-trocknern (BUNGARTZ)

Trocknungsleistung [t/h]	Wärmebedarf bei 15 °C Außen- temperatur [kcal/h]	Wärmeverbrauch [kcal/h]
1,0	41000	70 000
2,0	82000	140000
3,0	123 500	210000
4,0	164 600	280 000
5,0	205 800	350000

Heizverlust je 1000 kcal mit 0,02 DM der billigste dieser Brennstoffe ist.

Die Mischung von Verbrennungsgasen und Frischluft geschieht in Rauchzügen, die an die Feuerung angemauert sind. Auch besondere Mischkammern dienen oft diesem Zweck. Bei der direkten Lufterwärmung sind zwei Punkte von besonderer Wichtigkeit: Die Mög-

Bild 1. Energiekosten und Heizverluste verschiedener Brennstoffe



lichkeit der Schädigung des Trockengutes durch Brennstoffbestandteile sowie die Feuersicherheit. Zum ersten Punkt ist vor allem eine Beeinträchtigung der Getreidequalität durch den im Brennstoff enthaltenen Schwefel (S) denkbar. Um diese zu vermeiden, ist besonders bei schwefelreichen Brennstoffen auf eine vollständige Verbrennung zu achten. Den Schwefelgehalt verschiedener Brennstoffe und ihren Heizwert zeigt Tabelle 2 [2].

Tabelle 2. Schwefelgehalt und nutzbarer Heizwert von Brennstoffen für direkte Lufterwärmung (CLEVE, ergänzt)

Brennstoffe	Schwefelgehalt [%]	Nutzbarer Heizwert [kcal/kg]
Torf	0,1 ... 1,0	3000
Braunkohle	1,0 ... 4,0	4160
Braunkohlenbrikett	0,8 ... 5,0	4800
Koks	1,0 ... 1,9	6500 ... 7000
Steinkohle	0,6 ... 1,3	6800 ... 7200
Heizöl	1,0	9600 ... 9900
Braunkohlenteeröl	2,0	9300
Dieselmotorentreiböl	0,75	9000

Da beim Anzünden des Ofens eine restlose Verbrennung noch nicht gegeben ist, sollte nach BUNGARTZ [1] entweder ein Notschornstein vorhanden sein (Bild 2), um die Rauchgase zunächst ins Freie zu führen; oder aber das Getreide sollte erst dann in den Trockner gefüllt werden, wenn vollständige Verbrennung erreicht ist.

Bei vollständiger Verbrennung und starker Luftbeimischung sind schädliche Elemente nur in geringer Konzentration im Trockenmittel enthalten. Nimmt man den Schwefelgehalt verschiedener Brennstoffe zur Grundlage einer Berechnung des schädigenden Einflusses eines Schwefel-Sauerstoff-Gemisches (Schwefeldioxyd) auf trocknendes Getreide, so ergibt sich z. B. bei leichten Heizölen folgender Gehalt: Im allgemeinen beträgt der Schwefelgehalt in Heizölen nicht mehr als 1%. Damit sind in 1 kg Öl  $\approx$  10 g S enthalten. Ein 2-t-Trockner verbraucht 13 kg Öl/h, somit verbrennen im gleichen Zeitraum 130 g S. Nach der Verbrennungsgleichung werden zusammen mit 130 g Sauerstoff insgesamt 260 g SO<sub>2</sub> gebildet, die im Verlaufe des Trocknungsprozesses mit 2000 kg Getreide in Berührung kommen, d. h. es würden sich optimal 0,00013% SO<sub>2</sub> im Getreide befinden. Nach BUNGARTZ [1] ist es unwahrscheinlich, daß diese gesamte Schwefeldioxyd-Menge sich an die Körner anlagert. CLEVE [2] errechnet für die direkte Erwärmung von Weizen mit Dieselöl darin einen SO<sub>2</sub>-Gehalt von 0,00012%

und glaubt, daß dadurch eine merkliche Erhöhung der Dehnbarkeit des Klebers herbeigeführt und der Backprozeß beeinträchtigt wird. Englische Untersuchungen ergaben bei direkter Lufterwärmung im getrockneten Getreide einen  $\text{SO}_2$ -Gehalt von maximal 0,0002%. Negative Qualitätsbeeinflussungen des Getreides zeigten sich aber erst, wenn die  $\text{SO}_2$ -Anlagerung künstlich auf über die zehnfache  $\text{SO}_2$ -Menge, also auf 0,0025%, gesteigert wurde.

BUNGARTZ und CLEVE vertreten den Standpunkt, daß zur Vermeidung von Qualitätsschäden durch schweflige Verbrennungsprodukte beim Trocknen mit Rauchgasen nur Brennstoffe mit niedrigem Schwefelgehalt verwendet werden sollten, von der Verbrennung von Steinkohle und von Braunkohle also Abstand zu nehmen wäre. Da jedoch für uns in der DDR aus wirtschaftlicher Überlegung heraus in Zukunft für die Getreidetrocknung mit direkten Feuergasen vorwiegend Braunkohlenbrikett zur Verfügung stehen, wäre zu prüfen, inwieweit dadurch theoretisch beim Weizen der eine Kleberschädigung hervorrufende Höchstgehalt an  $\text{SO}_2$  erreicht wird und damit die von CLEVE, BUNGARTZ u. a. ausgesprochene Warnung vor schwefelhaltigen Brennstoffen Gültigkeit hat. Dazu stellen wir folgende Berechnung an: Zur Verdampfung von 1 kg Wasser im Getreide sind  $\approx 1200$  kcal erforderlich. Um Weizen mit 20% Feuchtigkeit auf 15% herabzutrocknen, müssen

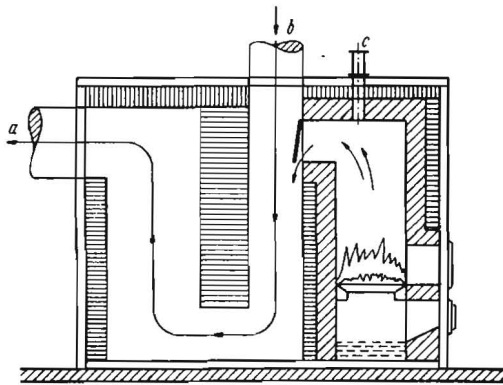


Bild 2. Gemauerter Koksofen zur Lufterwärmung durch Beimischen der Verbrennungsgase

5,85 kg Wasser je 100 g Weizen verdampft werden. Dazu sind 7000 kcal notwendig, gleich 1,46 kg Braunkohlenbrikett. Mit diesen werden mindestens 14 g S, im Höchstfalle bis 73 g S, zu  $\text{SO}_2$  verbrannt. Mit dem Luftgemisch kommen folglich 28 g bzw. 146 g  $\text{SO}_2$  mit jeweils 100 kg Getreide in Berührung. Es besteht somit bei Verwendung von Braunkohlenbrikett zur direkten Lufterwärmung die Möglichkeit, daß sich dem Getreide zwischen 0,00028 und 0,0015%  $\text{SO}_2$  anlagern können. Der aus den englischen Feststellungen bekannte Höchstwert für eine negative Qualitätsbeeinflussung von Weizen (0,0025%) wird aber selbst bei Verbrennung von Braunkohlenbrikett normalerweise nicht erreicht, wie eben berechnet wurde. Erst dann, wenn der Mährdruschweizen einen Wassergehalt von 25% aufweisen würde, könnte im ungünstigsten Falle (bei Brikett aus dem Merseburger Kohlenrevier) der bekannte Höchstwert an  $\text{SO}_2$  im Getreide erreicht bzw. überschritten werden. Es dürfte daher keine Notwendigkeit bestehen, sich der Ansicht von THOMAS und ANDERS [7], die nur CLEVE zitieren, anzuschließen und die Trocknung von Brotgetreide – weder von Weizen und noch viel weniger von Roggen – unter Verwendung von Feuergasen zu unterlassen. SPRENGER [6] berichtet aus Holland, daß bei direkter Getreidetrocknung mit Koks der  $\text{SO}_2$ -Gehalt so stark verdünnt (0,1 g  $\text{SO}_2$  je  $\text{m}^3$  Luft) wird, daß weder eine Schädigung der Backfähigkeit des Mehls noch eine Keimschädigung auftreten können, daß im Gegenteil eine nützliche Desinfektion erreicht wird.

Neben diesen wissenschaftlichen Begründungen gibt es bisher keine gesetzlichen Bestimmungen, die eine Trocknung mit Feuergasen nicht zulassen. Eine Geruchsbeeinflussung durch die festgestellte geringe  $\text{SO}_2$ -Menge, etwa nach § 1,2 der Anordnung über die Behandlung von Lebensmitteln usw. [8], ist nicht gegeben. Auch die Futtermittelverordnung [9] vom 9. April 1959 enthält keinerlei Einschränkungen über den Wert von Wirtschaftsgetreide als Futtermittel. Es besteht somit von seiten der Tierernährung ebenfalls keine Notwendigkeit, die Trocknung von Wirtschaftsgetreide mit Feuergasen zu unterbinden.

Eine weitere unerwünschte Begleiterscheinung bei der Verwendung von festen Brennstoffen zur direkten Lufterwärmung, besonders bei Stein-, noch viel stärker aber bei Braunkohle, ist die Flugaschebildung. Dabei setzt sich an den Getreidekörnern Ruß an, der zwar

durch eine nachfolgende Aspiration leicht wieder entfernbar ist. Hingegen kann die Flugasche bei anderen durch Feuergase getrockneten Futterstoffen z. B. Trockenschneitzeln und Maisstärkeabfällen, wie dies Kontrolluntersuchungen ergeben haben, nicht auf diesem Wege entfernt werden, so daß es durch  $\text{H}_2\text{S}$ - und  $\text{SO}_2$ -Bildung zu Schäden im Tierkörper kommt. Eine solche Gefahr kann jedoch durch eine sorgfältige Führung der Verbrennung völlig beseitigt werden. Nach Ansicht von BUNGARTZ sollte auch aus Gründen der Feuersicherheit (Funkenflug) weder Braun- noch Steinkohle bei einer direkten Lufterwärmung verwendet werden. Diese letzte Gefahr läßt sich jedoch durch eine geeignete Führung der Feuergase auf ein Minimum beschränken, ja gänzlich beseitigen.

Zusammenfassend ist festzustellen:

1. Die Trocknung von Getreide durch Feuergase ist bei weitgehender Einhaltung der optimalen Trocknungstemperatur und technisch einwandfreier Durchführung der Trocknung möglich.
2. Bei Garantie vollständiger Verbrennung der Heizstoffe und geeigneter Führung der Feuergase kann jeder Brennstoff, gasförmig, flüssig oder fest, Verwendung finden.
3. Selbst bei stark schwefelhaltigen Brennstoffen kann die Gefahr einer Qualitätsminderung nur für den Weizen in Frage kommen, die jedoch nach den neuesten Untersuchungen als unwesentlich angesehen werden kann.
4. Die von CLEVE in diesen Fragenkomplex hineingetragene irrierte Meinung wird von anderen Autoren aus England und Holland nicht geteilt und dürfte sich nur auf die Verhältnisse bei Weizenmehl bezogen haben.

Die ablehnende Haltung der VEAB gegenüber der Trocknung von Getreide mit Feuergasen scheint demnach unverständlich. Für Katastrophenfälle haben wir in den direkt beheizten Trocknungsanlagen ausreichende Kapazitäten, um Naßgetreide zu trocknen. Es wäre also volkswirtschaftlich unrentabel, zusätzliche indirekte Heizanlagen für Sonderfälle bereitzustellen.

#### Literatur

- [1] BUNGARTZ, H.: Die Getreidetrocknung im gewerblichen Betrieb. Verlag Neureuter 1958.
- [2] CLEVE, H.: Die Trocknung von Mährdreschergetreide. Die Mülerei (1953) H. 6, S. 317.
- [3] HEGE, H.: Getreidetrocknung durch Warmluft. Ernährungsdienst Nr. 63 (1956).
- [4] MALTRY, W.: Die zulässigen Temperaturen bei der Warmluft-Körner-trocknung. Deutsche Agrartechnik (1959) H. 5.
- [5] SEIBOLD, K. H., u. a.: Trocknung, Lagerung und Behandlung von Mährdreschergetreide in England. Angewandte Wissenschaft Nr. 18, Landwirtschaftsverlag Hiltrup 1954.
- [6] SPRENGER, u. a.: Getreidetrocknung u. a. in den europäischen Ländern. OECC England 1953.
- [7] THOMAS und ANDERS: Qualitätsanforderungen an das Brotgetreide bei der Ernte. Die Deutsche Landwirtschaft (1954) H. 7.
- [8] Gesetzblatt I, 86 v. 28. September 1956.
- [9] Gesetzblatt I, 24 v. 9. April 1959, Sonderdruck 302.

A 3870

(Fortsetzung von S. 211)

Die Vergleichsprüfungen zeigten, daß es zweckmäßig ist, in den sozialistischen Ländern nur eine Kupplungskonstruktion für die Saug- und Druckleitung zu verwenden, wobei die Kardangelenkschnellkupplung aus der DDR empfohlen werden kann. In Zukunft ist Doppelarbeit auf dem Gebiet der Entwicklung im sozialistischen Lager zu vermeiden, so wird z. B. in der DDR ein Versenkregner entwickelt, während Rumänien bereits einen solchen zur Prüfung vorlegte. Ferner ist im Entwicklungsplan ein Großflächenregner nach dem Schlaghebelprinzip vorgesehen, während Rumänien diesen Regner bereits produziert.

Um Beregnungsanlagen nach dem neuesten Stand der Technik produzieren zu können, wobei an einen Rohrautomaten für die Nennweiten von 70 bis 150 mm gedacht ist, wird vorgeschlagen, in der Perspektive zwei Staaten im Rat der gegenseitigen Wirtschaftshilfe festzulegen, die in Zukunft für die sozialistischen Länder die Anlagen produzieren. Dieser Vorschlag darf jedoch nicht zu dem Trugschluß führen, daß die Produktion von Beregnungsanlagen in der DDR nicht mehr weiter ausgebaut zu werden brauchte. Vielmehr müssen die zur Erfüllung des Siebenjahrplans und der im 7. Plenum des ZK der SED gestellten Aufgaben benötigten Anlagen in der DDR produziert werden. Es ist Aufgabe der Staatlichen Plankommission, hierfür schnellstens die Möglichkeiten zu schaffen. Dabei sollten die Empfehlungen der um den Titel „Brigade der sozialistischen Arbeit“ kämpfenden Kollegen der Beregnungsanlagen-Abteilung im VEB Rohrleitungsbau Bitterfeld sowie des FUA der KDT berücksichtigt werden.

#### Literatur

Protokoll: Internationale Vergleichsprüfungen Bulgarien; Beregnungsanlagen. A 3869