

Früher lag zwischen Mahd und Bergung des Getreides eine Zeitspanne, die der natürlichen Feldtrocknung des Ernteguts diene. Beim Einsatz von Mähdreschern wird diese Möglichkeit der Feldtrocknung zumindest für das Korn ausgeschaltet. Deshalb sind für die Mähdrescherernte Einrichtungen zur künstlichen Körner Trocknung zu schaffen. Diese Trocknungseinrichtungen müssen um so leistungsfähiger sein, je mehr die Einsatzzeit der Mähdrescher mit Rücksicht auf ihre zunehmende Jahresleistung auch auf Tage und Tagesstunden mit weniger günstigen Witterungsbedingungen ausgedehnt werden muß.

Die künstliche Körner Trocknung erfolgte zunächst ausschließlich mit Warmluft in Durchlauftrocknern. Um Betrieben, für die die Anschaffung eines Warmlufttrockners nicht gerechtfertigt ist, ebenfalls die arbeitssparende und billige Trocknung ihrer Getreideerträge zu ermöglichen, wurde das Verfahren der Kaltlufttrocknung entwickelt, bei dem die Vorgänge der natürlichen Feldtrocknung nachgeahmt werden. Dazu ist es nur notwendig, die Schüttung mit genügenden Mengen trocknungsfähiger Luft in Berührung zu bringen. Deshalb muß eine Anlage zur Kaltlufttrocknung im Prinzip nur aus einem Lageraum für das zu trocknende Schüttgut und einem Gebläse bestehen, das für ausreichende Luftbewegung im Schüttgut sorgt. Dazu gehören Einrichtungen zur Leitung und richtigen Verteilung der Luft, damit diese alle Stellen der Schüttung gleichmäßig durchströmt.

Für die Fälle, in denen der Schüttraum in Form eines Schüttbodenspeichers bereits vorhanden ist, wurde im VEB Petkus Wutha die Kaltbelüftungsanlage K 831 entwickelt. Bei dieser wird durch einen Axiallüfter Außenluft angesaugt und in ein auf dem Speicherboden ausgelegtes, aus Blechformteilen zusammengesetztes Kanalsystem gedrückt, aus dem die Belüftungsluft nach oben durch die Körnerschüttung strömt und dabei Feuchtigkeit aufnimmt. Mit dieser Anlage ist es möglich, auf einer Grundfläche von etwa 11 · 6,5 m² und bei einer Schütthöhe bis zu 1 m etwa 30 bis 40 t Schüttgut in ungefähr 14 Tagen zu trocknen. Diese Anlage läßt sich insbesondere dort einsetzen, wo geeignete Flachspeicher mit ausreichender Deckentragfähigkeit vorhanden sind. Sie hat sich auch zur Trocknung von Feinsämereien bewährt. Ihr Nachteil liegt insbesondere darin, daß die Räumung des Speicherraums vorwiegend Handarbeit bleibt.

Um auch Betrieben, die keine Flachspeicher besitzen, die Möglichkeit zur Belüftungstrocknung zu bieten, werden ebenfalls vom VEB Petkus Wutha Zentralrohrsilos hergestellt. Dabei handelt es sich um stehende zylindrische Silos mit einem Zentralrohr, in das durch ein zum Silo gehörendes Gebläse Luft eingeblasen werden kann. Diese Luft muß, da ein verstellbarer Kolben das Zentralrohr nach oben luftdicht verschließt, durch die gelochte Wandung des Zentralrohrs in die Füllgut-

schüttung eintreten und diese radial nach außen durchströmen, um das Silo durch die geschlitzte Außenwandung zu verlassen. Gegenwärtig werden zwei verschiedene Größen von Zentralrohrsilos in verschiedenen Modifikationen angeboten (Tabelle 1). Da sich die Silos der Typen K 839,1 und K 839,6 ohne Handarbeit nicht vollständig entleeren lassen, werden sie gegenwärtig kaum verwendet, obwohl sie in der Anschaffung billiger sind als die anderen Ausführungsformen. Weil weiterhin in der Landwirtschaft wenig Gebäude mit so tragfähigen Decken vorhanden sind, daß man ganze Zentralrohrsilos daraufstellen könnte, gibt es kaum Anwendungsmöglichkeiten für die Silos ohne Untergestell, d. h. der Typen K 839,3 und K 839,8. Deshalb werden praktisch nur die Ausführungsformen K 839,2 und K 839,7 verwendet.

Grundlagen der Belüftungstrocknung und Hinweise für die richtige Anwendung

Aus den Besonderheiten der Belüftungstrocknung lassen sich einige Hinweise auf den zweckmäßigen Betrieb von Kaltbelüftungs-Trocknungsanlagen ableiten.

Es ist sehr wesentlich, daß der Feuchtigkeitsgehalt, den das Schüttgut nach genügend langer Belüftung annimmt, nicht von der Dauer der Belüftung abhängt, sondern einem Wert zustrebt, der im Gleichgewicht mit dem Zustand der Belüftungsluft steht. Bei Lufttemperaturen um 15 °C wurden etwa folgende Zuordnungen von Gleichgewichts-Kornfeuchte und relativer Luftfeuchte festgestellt:

Gleichgewichts-Kornfeuchte f [%]	12	13	15	17	21	22
Relative Luftfeuchte [%]	50	60	70	80	90	95

Um eine Endfeuchte von 14% zu erreichen, darf demnach die relative Luftfeuchte der Belüftungsluft nicht höher als etwa 65% sein. Diese Bedingung ist besonders bei feuchten Witterungsverhältnissen natürlich nicht immer erfüllt. Man kann diese Bedingung aber durch leichte Anwärmung der Luft schaffen. Eine Faustregel besagt, daß die Anwärmung der Luft um 1 °C die relative Luftfeuchte um etwa 5% vermindert. Die zur Belüftung vorhandenen Gebläse verursachen auf Grund der Luftreibung, die in ihnen auftritt, in jedem Fall bereits ohnehin eine Erwärmung der Luft um etwa 1 °C. Somit kann ohne zusätzliche Heizung bis hinauf zu 70% relativer Luftfeuchte der Außenluft belüftet und dabei erwartet werden, daß das Schüttgut auf 14% Feuchtigkeitsgehalt herabgetrocknet wird. Für den Fall, daß die Außenluft mehr als 70% Feuchte aufweist (durch die Wärmezufuhr im Gebläse kommt sie auf die erforderlichen 65%), wird bei Belüftung entweder ungenügend getrocknet (z. B. bei 80% rel. Feuchte auf rund 16% Kornfeuchte) oder bereits trockeneres Schüttgut wieder auf diesen Wert befeuchtet. Um das zu vermeiden, gibt es prinzipiell zwei Wege, nämlich erstens nur dann zu belüften, wenn die Außenluft weniger als 70% relative Feuchte hat. Diese Möglichkeit besteht nur, wenn dadurch die Gesamtzeit bis zur Fertigtrocknung der Partie nicht so lang wird, daß inzwischen Qualitätsminderung oder gar Verderb der zuletzt von der Trocknung erfaßten Schüttungszonen eintreten kann. Der zweite Weg ergibt sich aus der Möglichkeit, durch Anwärmung der Luft die relative Feuchte zu vermindern. Bei 80% relativer Feuchte beispielsweise wäre Anwärmung um 2 °C (außer der durch das Gebläse hervorgerufenen um 1 °C) notwendig, um auf 65% relative Feuchte und damit auf Kornfeuchten von 14% zu kommen.

Zur technisch einfachen und gefahrlosen Luftanwärmung werden der Landwirtschaft elektrisch betriebene Vorheizaggregate K 831,3 angeboten, die sich in die Luftleitung sowohl der Kaltbelüftungsanlage K 831 als auch aller Zentralrohrsilos einbauen lassen. Diese Zusatzheizung ist in drei Stufen zu je 6 kW Heizleistung schaltbar. Dadurch sind Temperaturerhöhungen der Belüftungsluft je nach der von Gebläsetyp und Schüttgut (Getreide, Feinsämereien oder Erbsen) abhängigen

Tabelle 1. Typentafel der Petkus-Zentralrohrsilos

Typ	Fassungsvermögen bei Schwergetreide [t]	Außendurchmesser [m]	Höhe [m]	Bemerkungen
K 839,1	30,4	3,00	6,40	ohne Ablauftrichter zum unmittelbaren Aufstellen auf Böden
K 839,2	32,5	3,00	8,40	mit Untergestell und Auslauftrichter
K 839,3	32,5	3,00	6,40	ohne Untergestell, aber mit Auslauftrichter zum Einbau in tragende Decken
K 839,6	20,0	2,40	6,40	wie bei K 839,1
K 839,7	21,5	2,40	8,40	wie bei K 839,2
K 839,8	21,5	2,40	6,40	wie bei K 839,3

*) Institut für Landmaschinen- und Traktorenbau Leipzig (Direktor: Ing. H. KRAUSE).

Luftförderung um 2 bis 6 °C möglich. Deshalb kann, wenn alle drei Heizstufen eingeschaltet sind, noch mit Luft von 100% Luftfeuchte getrocknet werden (6 + 1 °C Temperaturzunahme senken die Luftfeuchte um $7 \cdot 5 = 35\%$ von 100% auf 65%. Das gilt allerdings nicht bei Nebel; denn dann enthält die Luft mehr Wasser in Tröpfchenform, als dem Sättigungswert entspricht). Zusammenfassend hierzu kann folgende einfache Regel aufgestellt werden: Trocknung auf etwa 14% Kornfeuchtigkeit ist möglich, wenn belüftet wird

- bei Luftfeuchten unter 70% ohne Zusatzheizung,
- bei Luftfeuchten zwischen 70 und 80% mit einer Heizstufe,
- bei Luftfeuchten zwischen 80 und 90% mit zwei Heizstufen,
- bei Luftfeuchten über 90% (jedoch nicht bei Nebel oder Regen) mit drei Heizstufen der Zusatzheizung.

Es ist zu beachten, daß die relative Luftfeuchte täglichen Schwankungen unterliegt, insbesondere bei klarem Wetter mit größeren Temperaturunterschieden zwischen Tag und Nacht. Dann erreicht die relative Feuchte in der Zeit zwischen 5 und 7 Uhr Werte bis 100% (Taubildung) oder nahe daran und in den Mittagsstunden bildet sich ein Tagesminimum der relativen Luftfeuchte. Diesen Änderungen der relativen Luftfeuchte muß man die Schaltung der Zusatzheizung anpassen, wenn mit einem Minimum an Heiz- und Belüftungsenergie getrocknet werden soll. Deshalb ist es auch wichtig, die jeweilige Luftfeuchte genügend genau zu kennen. Darum werden zu Zentralrohrsilos auch Hygrometer mitgeliefert, die auf ihrer Skala die relative Luftfeuchte in Prozent anzeigen.

In den Hygrometern dient eine Haarsträhne als luftfeuchtigkeitsempfindliches Meßorgan. Da ihre Längenänderung beim Übergang von feuchter zu trockener Luft oder umgekehrt naturgemäß sehr gering ist, vorstellen sich die Hygrometer sehr leicht. Es empfiehlt sich deshalb, deren Anzeige von Zeit zu Zeit, mindestens jedoch zu Beginn der Trocknungskampagne zu kontrollieren und nötigenfalls zu korrigieren. Die Kontrolle erfolgt sehr einfach, indem man einen mit Wasser getränkten nassen Lappen um das Hygrometer, speziell um das Schutzgitter der Haarsträhne wickelt. Dadurch nimmt die Luft im Raum um die Haarsträhne nach etwa 15 min die relative Feuchte von 95 bis 100% an. Falls das Gerät auf der Skala einen anderen Feuchtwert anzeigt, muß es an einer dafür vorgesehenen Stellschraube entsprechend nachgestellt werden. Wenn man mit einem Hygrometer die relative Luftfeuchte messen will, ist das Hygrometer natürlich nahe der Stelle anzubringen, von der die Belüftungsluft angesaugt wird, da andernfalls z. B. das Messen der austretenden, feuchten Luft zum Einschalten unnötig vieler Heizstufen führen würde.

Die Belüftungstrocknung basiert also darauf, daß Luft von etwa 65% relativer Feuchte das Wasser aufzunehmen vermag, das im Trockengut über den Feuchtigkeitsgehalt von 14% hinaus enthalten ist. Das können recht erhebliche Wassermengen sein. Bezeichnet man die Masse des nassen Getreides (Anfangsfeuchte f_0) mit G_0 und die sich einstellende Masse nach der Trocknung auf den Feuchtigkeitsgehalt f_1 mit G_1 , so kann man die Wassermenge, die bei der Trocknung von f_0 auf f_1 Prozent Feuchte abgeführt werden muß, nach

$$G_w = G_0 - G_1 = G_0 \cdot \frac{f_0 - f_1}{100 - f_1}$$

berechnen. Für $G_0 = 1 \text{ t}$ liefert diese Beziehung für verschiedene Ausgangsfeuchten f_0 bei der Trocknung bis auf $f_1 = 14\%$ folgende Wassermengen, die die Luft aufnehmen muß:

f_0 [%]	26	24	22	20	19	18	17	16	15
G_w [kg]	139,5	116,0	93,0	69,8	58,2	46,5	34,8	23,3	11,6

Ebenso läßt sich auch quantitativ ausdrücken, wieviel Wasser die Luft aufnehmen vermag. Das hängt in nicht ganz einfacher Weise hauptsächlich davon ab, welche Temperatur und Luftfeuchte die Belüftungsluft hat; ferner ist in geringerem Maß auch die Ausgangsfeuchte des Schüttgutes von Einfluß. Man rechnet deshalb im Durchschnitt mit einer Feuchteaufnahme von 1,8 g Wasser je m^3 Luft. Bei Getreide mit sehr hoher Ausgangsfeuchte wird dieser Wert geringfügig über-, bei schon relativ trockenem Getreide etwas unterschritten.

Durch Gegenüberstellung von Wasserabgabe und Wasseraufnahme läßt sich berechnen, daß z. B. durch ein mit 30 t 20% feuchten Getreides gefülltes Zentralrohrsilos insgesamt etwa 1,2 Millionen m^3 Luft geblasen werden müssen, um 2094 kg Wasser abzuführen und damit eine Endfeuchte von 14% zu erreichen. Wenn das zum Zentralrohrsilos gehörende Gebläse etwa 4 m^3 Luft je Sekunde fördert, muß das Silo 83 Stunden beblasen werden, bis der ganze Inhalt getrocknet ist. Die Trocknung erfolgt aber dabei keineswegs im ganzen Siloraum gleichmäßig. Sie beginnt vielmehr dort, wo die Belüftungsluft in die Schüttung eintritt. Während der Trocknung wandert die Trocknungszone langsam in Richtung der Luftströmung von der Lufteintrittsfläche zur Luftaustrittsfläche des Schüttungsraums. Dadurch wird die Zone, in der die Trocknung abgeschlossen ist, immer größer und die Zone, in der sie noch nicht begonnen hat, wird immer schmaler und zuletzt ganz aufgezehrt. Wer sich also davon überzeugen will, ob eine Körnerschüttung, die mit Kaltluft beblasen wurde, trocken ist, braucht nur eine Probe von der Oberfläche der Schüttung bzw. aus der Mantelnähe des Zentralrohrsilos zu entnehmen.

Die Tatsache, daß die Oberflächen- bzw. Randschichten erst ganz zuletzt von der Trocknung erfaßt werden, bedeutet natürlich, daß die Körner in diesen Zonen über die ganze Trocknungsdauer mit ihrem hohen Feuchtigkeitsgehalt lagern müssen. Sie werden während dieser Zeit mit Luft umspült, die durch Wasseraufnahme in vorgelagerten Schichten nicht mehr trockenungsfähig ist, die aber immerhin entstehende Atmungs-wärme abführt. Dadurch kann zwar kein Verderb dieser Randschichten durch Selbsterhitzung eintreten, es ist aber durchaus möglich, daß das Gut bei zu langer derartiger Lagerung schimmelt oder zu keimen beginnt.

Nach praktischen Erfahrungen soll deshalb bei Ausgangskornfeuchten unter 20% die Trocknung nicht länger als 12 Tage und bei solchen über 20% nicht länger als 8 bis 10 Tage dauern. Diese Forderung widerspricht der Tatsache, daß bei hohen Ausgangsfeuchten wesentlich mehr Wasser abgeführt werden muß, ohne daß dabei die Wasseraufnahme der Luft nennenswert zunimmt. Deshalb dauert die Trocknung sehr feuchten Getreides – gleiche Belüftungsintensität vorausgesetzt – gerade um so länger, je feuchter dieses ist. Diese gegensätzlichen Bedingungen haben zur Folge, daß sich Getreide von 22% Ausgangsfeuchte im Zentralrohrsilos K 839,2 nur noch trocken läßt, wenn täglich wenigstens 14 Stunden belüftet und getrocknet wird. Bei größeren Kornfeuchten ist die Belüftung auch nachts fortzusetzen. Das wird dann durch die notwendige Zusatzbeheizung sehr energieaufwendig.

Man könnte auf den Gedanken kommen, daß die Gefahr des Verderbs der Randzonen eines mit sehr feuchtem Getreide gefüllten Zentralrohrsilos vermieden werden kann, wenn man den Inhalt des Silos, nachdem einige Tage lang belüftet worden ist, umlaufen läßt, d. h., wenn man unten aus dem Silo Getreide ablaufen läßt und dieses oben wieder aufgibt. Bei einem Umlauf der Zentralrohrfüllung würde aber in der Hauptsache nur ein Auslaufschlauch, der sich meist einseitig am Zentralrohr bildet, bewegt werden, während die große Masse der Silofüllung in unveränderter Lage bleibt. Damit tritt natürlich der beabsichtigte Effekt nicht ein.

Was geschieht bei stärkerer Zusatzheizung und intensiverer Belüftung?

Es gibt Speichermeister, die bei der Belüftungstrocknung aus „Vorsicht“ oder „zur Sicherheit“ immer ein oder zwei Heizstufen mehr einschalten, als zum Erreichen der Endfeuchte von 14% notwendig wäre. Sie meinen, daß der zusätzliche Heizstromverbrauch ausgeglichen wird durch die dadurch erreichte Verkürzung der Trocknungszeit. Diese Annahme ist falsch. Tatsächlich wird durch Anwärmung um 1 °C über die zur Erzielung einer Kornfeuchte von 14% notwendige Lufttemperatur hinaus die Wasseraufnahme der Luft um 12% vergrößert. Weil aber dabei gleichzeitig nicht mehr nur bis herab zu 14%, sondern bis zu wenig über 13% Kornfeuchte getrocknet wird, weil also dadurch auch mehr Wasser abgeführt werden muß, nimmt die Geschwindigkeit des Trocknungs-

fortschritts nur um 7,5% zu. Um den fast gleichen Prozentsatz, also nur sehr wenig, verkürzt sich demzufolge die Trocknungszeit und damit die Dauer der Belüftung und Heizung. Wegen der im Vergleich zu den Aufwendungen für die Belüftung hohen Heizungskosten nehmen die gesamten Betriebskosten durch unnötige Luftheizung sehr erheblich zu.

Es liegt nahe, die Trocknungszeit nicht durch Anwärmen der Luft oder durch Ausdehnen der täglichen Belüftungszeit, sondern durch Verstärkung der Belüftung zu verkürzen. Man drückt die Belüftungsintensität durch das Belüftungsverhältnis V aus (Luftvolumen, das in einer Sekunde oder in einer Stunde je m^3 Schüttvolumen durchgesetzt wird). Im zuvor erwähnten Beispiel des 30-t-Zentralrohrsilos, das ein Schüttvolumen von $45 m^3$ hat, waren es $4 m^3/s$ auf $45 m^3$, also $0,089 m^3/s \cdot m^3$ oder $320 m^3/h \cdot m^3$. Bei dieser Belüftungsintensität waren für das angenommene Beispiel in erster Näherung 83 Trocknungsstunden notwendig. Durch Verdopplung der Belüftungsintensität auf ein Belüftungsverhältnis von $640 m^3/s \cdot m^3$ verkürzte sich die Trocknungszeit rechnerisch auf 42 Stunden. An diesen Zahlen muß allerdings noch eine Korrektur vorgenommen werden. Die weiter oben erwähnte Trocknungszone zieht sich nämlich um so mehr in die Breite, je größer die Belüftungsintensität ist. Die Trocknung einer Schüttung ist aber noch nicht abgeschlossen, wenn die Mitte der Trocknungszone den Schüttrand erreicht hat, sondern erst, wenn das Ende der Trocknungszone bis zum Rand vorgedrungen ist. Da die Trocknungszone mit wachsendem Belüftungsverhältnis an Breite zunimmt, ergibt sich daraus eine relative Verlängerung der Trocknungszeit T_{vr} , die vom Belüftungsverhältnis V wie folgt abhängt:

$V [m^3/m^3 \cdot s]$	0,06	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,25
$V [m^3/m^3 \cdot h]$	216	288	360	432	576	720	900
$T_{vr} [\%]$	6,1	8,2	10,3	12,4	16,6	21,0	26,6

Unter Berücksichtigung dieser Korrektur erhöht sich die Trocknungszeit für das erste Beispiel von 83 auf 88 und bei Verdopplung des Belüftungsverhältnisses von 42 auf 50 Stunden. Hier muß allerdings einschränkend darauf hingewiesen werden, daß der Benutzer von Zentralrohrsilos auf das Belüftungsverhältnis keinen Einfluß nehmen kann. Es ergibt sich vielmehr aus den Betriebseigenschaften des verwendeten Gebläses und dem Strömungswiderstand des Schüttgutes. Dieser hängt von der Intensität der Bestromung annähernd so ab, wie dies in Bild 1a bis 1c dargestellt ist. Wegen der Einflüsse der Korngrößen und ihrer Verteilung, der Schüttdichte, der Schütthöhe und des Anteils von Verunreinigungen streuen die Widerstandswerte für die verschiedenen Schüttgüter erheblich. Deshalb wurden breite Bänder für die Streubereiche eingetragen.

Bei der Flachsüttung und Belüftung mit der Anlage K 831 kann man durch Veränderung der Schütthöhe das Belüftungsverhältnis beeinflussen, weil der Strömungswiderstand –

gleiche Strömungsgeschwindigkeit vorausgesetzt – linear von der Schütthöhe abhängt. Mit steigender Schütthöhe und gleichbleibender Strömungsgeschwindigkeit nimmt aber auch bereits das Belüftungsverhältnis ab. Beide Einflüsse zusammen bewirken, daß – bei annähernd gleichem Gebläsedruck – das Belüftungsverhältnis etwa umgekehrt proportional dem Quadrat der Schütthöhe ist, also z. B. bei Verminderung der Schütthöhe auf $\frac{3}{4} m$ auf $\frac{16}{9}$, oder etwa 180% seines Wertes bei 1 m Schütthöhe ansteigt.

Aus dem soeben Dargelegten geht in Verbindung mit Bild 1a bis 1c quantitativ hervor, daß der Strömungswiderstand bei der Belüftung von der Länge des Luftweges im Schüttgut und von der Größe des Belüftungsverhältnisses wesentlich abhängt. Der Strömungswiderstand muß als statischer Luftüberdruck vom Gebläse aufgebracht werden. Nun ist aber die je m^3 Luftdurchsatz zum Gebläseantrieb notwendige Energie dem statischen Luftüberdruck direkt proportional. Damit ist der Strömungswiderstand ein maßgebender Kostenfaktor der Belüftungstrocknung.

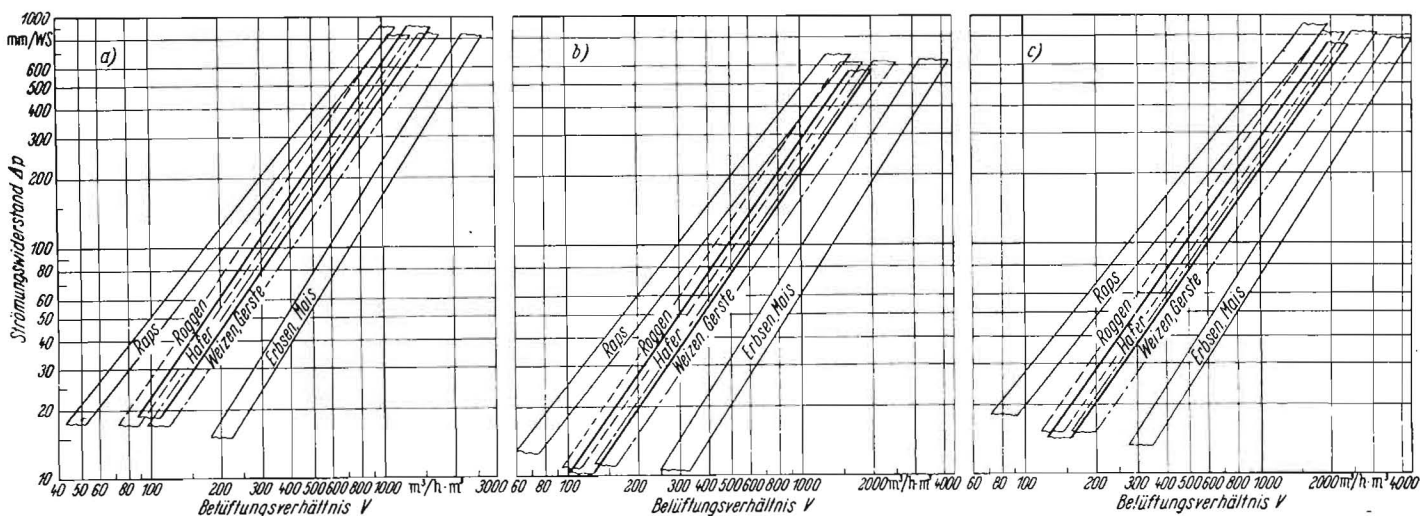
Wie sieht es mit den Leistungen und der Wirtschaftlichkeit der Belüftungstrocknung aus?

An anderer Stelle wurde das gesamte Kostenbild der Belüftungstrocknung in Zentralrohrsilos unterschiedlicher Größen und Bauformen untersucht, um Bauformen mit geringsten Kosten zu finden. Die dabei gewonnenen Ergebnisse deuten darauf hin, daß sich – ausgehend von den jetzigen Silotypen – bei Verkleinerung der Silodurchmesser die Summe aus Abschreibungs- und Belüftungskosten noch reduzieren läßt. Diese Erkenntnis muß in der Landmaschinenindustrie ausgewertet werden. Im Rahmen der genannten Untersuchungen wurden für die gegenwärtig im Produktionsprogramm liegenden Silotypen folgende ökonomischen Werte gewonnen:

	Ohne Luftanwärmung		Mit Luftanwärmung	
	K 839,2	K 839,7	K 839,2	K 839,7
Mittlere Füllmenge [t]	30	20	30	20
Günstigstes Belüftungsverhältnis $[m^3/m^3 \cdot h]$	330	440	345	480
Für ein mittleres Feuchteaus-tauschverhältnis nötige Trock-nungszeit [h]	60	46	44	34
Zahl der jährlich zu trocknenden Füllungen	5,6	6,8	7,0	8,3
Jahrestrocknungskapazität [t]	168	136	210	166
Spezifische Trocknungskosten [DM/dt]	0,45	0,39	0,53	0,48
Relativkosten [%]	100	87	118	107
Relativkapazität [%]	100	81	125	99

Danach ist es bei Verwendung des kleineren Typs K 839,7 möglich, bei wesentlich geringeren Anschaffungskosten auch etwa 81% der Jahrestrocknungskapazität des großen Silos zu erreichen, und zwar bei spezifischen, d. h. auf die Dezitonne

Bild 1. Strömungswiderstand bei Belüftung verschiedener Erntegüter. a) K 839,2; b) K 839,7; c) 1 m hohe Flachsüttung



Schüttgut bezogenen Kosten, die nur 87% derjenigen des großen Silos betragen. Zu den angegebenen Kosten rechnen Abschreibungs- und Instandhaltungskosten der Silos selbst sowie die Belüftungskosten. Nicht berücksichtigt sind Kosten für Fundamente, elektrische Anschlüsse und Füll- und Entleerungseinrichtungen. Nicht berücksichtigt sind weiterhin die Kosten für die Luftanwärmung, die zur Erreichung des Trockengleichgewichts von 14% notwendig ist. Dieser Kostenanteil würde nicht zu Unterschieden zwischen beiden Ausführungen beitragen. Für den rechten Teil der Aufstellung wurde angenommen, daß über das zur Erzielung des Trockengleichgewichts von 14% notwendige Maß hinaus zusätzlich mit Elektroenergie (8 Pf/kWh) um 3 °C angewärmt wird. Dadurch treten zusätzlich Heizungskosten auf, aber die Trocknungszeiten verkürzen sich. Das hat eine Erhöhung der Jahreskapazität und eine Verminderung der Amortisations- und Lüftungskosten zur Folge. Wie aus den Tabellenwerten hervorgeht, erhöht sich dadurch die Jahreskapazität im Vergleich zum Betrieb ohne Überwärmung um 22 bis 25%. Dabei steigen aber insgesamt die auf die Dezitonne Schüttgutdurchsatz bezogenen Kosten um rund 20% an. Der Vergleich beider Silos untereinander zeigt auch unter diesen Bedingungen, daß der kleine Silo etwa 80% der Kapazität des großen hat und rund um 10% billiger trocknet. Wegen dieser Ergebnisse wird den landwirtschaftlichen Betrieben die bevorzugte Anschaffung des Zentralrohr-Silotyps K 839,7 empfohlen. Die über das notwendige Maß hinaus betriebene Luftanwärmung ist generell abzulehnen. Deshalb wird von der Industrie die Entwicklung und Einführung eines Schaltautomaten gefordert, der die Heizstufen des Vorheizaggregates K 831,3 in Abhängigkeit vom Zustand der Belüftungsluft an- und abschaltet. Dadurch soll eine wesentliche Bedienungs erleichterung erreicht werden. Wenn im Interesse der Erntesicherung die normale Trocknungskapazität der Silos erhöht werden muß, dann kann man – sofern es die Belastbarkeit des Energienetzes zuläßt – immer mit volleingeschaltetem Vorheizaggregat belüften. Die Erhöhung der Kosten muß dann in Kauf genommen werden. Auf diese Weise ist es sogar möglich, den Trocknungsprozeß bereits dann abzubrechen, wenn die Trocknungszone noch nicht völlig bis zum Silorand vorgedrungen ist. Läßt man nämlich den Inhalt des so behandelten Silos auslaufen, stellt sich eine Mischung zwischen den etwas übertrockneten Partien und den feuchten Randschichten her, die bei geschickter Wahl des Zeitpunkts für den Abbruch der Trocknung im Mittel den angestrebten Feuchtigkeitsgehalt von 14% annimmt. Dieses Vorgehen verlangt selbstverständlich genaue Kenntnis des Trocknungszustands der Silofüllung und deshalb einen aufmerksamen und qualifizierten Speichermeister. Wenn diese Voraussetzungen gegeben sind, lassen sich dadurch die Trocknungskapazität eines Silos weiter erhöhen und die Trocknungskosten senken.

Welche Rolle wird der Einsatz von Zentralrohrsilos in der Landwirtschaft der DDR spielen?

Die Belüftungstrocknung ist ein Trocknungsverfahren mit geringem Bedienungsanspruch, bei dem es auch bei Fehlbedienungen kaum einmal zu Schädigungen des Trocknungsgutes kommen kann, die bei unsachgemäßer Bedienung der Warmluft-Trockner leicht eintreten. Es eignet sich deshalb insbesondere für Landwirtschaftsbetriebe bis etwa 1000 ha. Dort wo größere Mengen getrocknet werden müssen, ist die Belüftungstrocknung gegenüber Warmluft-Durchlauf-trocknern nicht mehr konkurrenzfähig. Diese Einschätzung gilt auch für Zentralrohrsilos und daraus aufgebaute Anlagen.

Da zur rationellen Nutzung von Zentralrohrsilos weitere Einrichtungen zur Körnerförderung gehören (tiefegelegter Annahmebehälter für mindestens eine Wagenladung und Förderrichtungen zum Füllen und Entleeren von Silos), wäre es wirtschaftlich falsch, einzelne Silos aufzustellen. Vielmehr sind – auch mit Rücksicht auf verschiedenartige Schüttgüter – Batterien von wenigstens zwei oder drei Silos der jetzt produzierten Typen vorzusehen. Eine weitere Vergrößerung der Silozahl ist meist allein schon wegen des notwendigen elektrischen Anschlußwertes nicht möglich.

In der Landwirtschaft der DDR werden in den nächsten Jahren Betriebsgrößen von etwa 200 bis 800 ha vorherrschen. Nimmt man den Durchschnitt bei 500 ha an, so werden rund 250 ha Getreide gebaut, wovon etwa die Hälfte unmittelbar vom Mährescher an die staatlichen Erfassungsstellen abgeliefert wird. Der Ertrag der verbleibenden 125 ha deckt den Eigenbedarf. Normalerweise wird man nicht das gesamte, auf diesen 125 ha geerntete Getreide trocken müssen. Vielmehr kann angenommen werden, daß ein jahreweise verschieden großer Teil natürlich trocken geerntet werden kann. Unterstellt man, daß der Ertrag von 80 ha (etwa 250 t) zu trocken ist, so sind das 13 Füllungen des 20-t-Silos oder 8 Füllungen des 32-t-Silos. Da sich die Einbringung des zum Eigenverbrauch bestimmten Getreides über den ganzen Erntezeitraum verteilen läßt (Wintergerste bis Hafer), reichen also zur Trocknung zwei 20-t-Silos aus.

Gegenwärtig steht der Verbreitung von Zentralrohrsilos der erforderliche hohe elektrische Anschlußwert entgegen. Dieser Zustand wird wahrscheinlich deshalb auch erhalten bleiben, weil die Tendenz dahin geht, viele energieaufwendige Arbeitsprozesse (Dreschen, Häckseln) auf dem Feld mit Antrieb durch Dieselmotoren auszuführen. Dadurch läßt sich teilweise ein großzügiger und aufwendiger Ausbau der Stromversorgungsnetze ersparen. Es wäre verkehrt, nur mit Rücksicht auf wenige, in ihrem Einsatz jahreszeitlich eng begrenzte leistungsstarke Verbraucher (Fördergebläse, Zentralrohrsilos) einen teuren Netzausbau zu fordern.

Wegen dieses Gesichtspunktes und mit Rücksicht auf die zuvor erwogenen betrieblichen Anforderungen wird empfohlen, in der Landwirtschaft bevorzugt den 20-t-Silo zur Trocknung einzusetzen, weil dieser mit wesentlich geringerem Energiebedarf für die Belüftung auskommt und billiger trocknet als der 32-t-Silo.

Es besteht Anlaß, darauf hinzuweisen, daß Zentralrohrsilos Einrichtungen zur Trocknung von Getreide o. dgl. sind. Ihr Bauaufwand ist zu groß, um sie nur als Lagerbehälter zu verwenden. Auch die gegenwärtig mitunter betriebene Praxis, Zentralrohrsilos einmal in der Kampagne zu füllen, ihre Füllung zu trocknen und dann bis zum Verbrauch stehen zu lassen, ist unwirtschaftlich und nicht zu vertreten. Deshalb müssen die entwickelten Blech-Lagersilos beschleunigt dort in die Praxis eingeführt werden, wo es an Lagerraum mangelt.

Weiterhin ist noch darauf hinzuweisen, daß zur vollen Auslastung der Trocknungskapazität der Zentralrohrsilos zu jedem einzelnen Silo ein Gebläse und ein Vorheizaggregat vorhanden sein muß, damit alle Silos auch gleichzeitig zum Trocknen benutzt werden können.

Da Zentralrohrsilos ihren Inhalt nicht vor dem Eindringen von Regen und auch nicht vor Sperlingsfraß schützen, empfiehlt es sich, sie in geschlossenen Räumen, z. B. in alten Scheunen aufzustellen, die als Rauhfutter- oder Strohbergeraum zu klein sind.

Bei Warmluft-Trocknungsanlagen fällt das Naßgut oft stoßweise in größerer Menge an, als kurzfristig getrocknet werden kann. Für solche Bedingungen eignen sich Zentralrohrsilos als Pufferspeicher für Naßgut vorzüglich. Bei derartigen Anlagen ist es nicht erforderlich, daß für jeden Silo ein eigenes Gebläse vorhanden ist. Auf ein Vorheizaggregat kann dabei ganz verzichtet werden. Für solche Zwecke ist der Silo K 839,2 wegen seines größeren Schüttvolumens vorzuziehen.

Literatur

- [1] DAIBER-KUHNKE, U.: Das Feuchtigkeitsgleichgewicht zwischen Luft und Getreide bei der Behälter-trocknung. Diss. Bonn 1958.
- [2] KÄMMERLIN, H. J.: Warm- oder Kaltluft-trocknung auf dem landwirtschaftlichen Betrieb. Landtechnik (1955), H. 14, S. 563 bis 565
- [3] MALTRY, W.: Die thermodynamische Erklärung der Vorgänge bei der Silotrocknung. Archiv für Landtechnik, 1955, 1. Bd., Heft 2
- [4] MATTHIES, H. J.: Der Strömungswiderstand beim Belüften landwirtschaftlicher Erntegüter. VDI-Forschungsheft 454, VDI-Verlag Düsseldorf 1956.
- [5] WENNER, H. L.: Die Voraussetzungen für die Lagerung und Belüftung von feucht geerntetem Getreide. Berichte über Landtechnik, 1955, Nr. 45.
- [6] WINTER, R.: Abschlußbericht zum Forschungsthema Nr. 02 22 01 h 61-03/0 „Bestimmung der günstigsten Verhältnisse zwischen Durchmesser und Luftweg bei Belüftungssilos. Leipzig, Institut für Landmaschinen- und Traktorenbau, 1961. A 4544