

# Untersuchungen an einem Gegenstrom-Schacht-Trockner für Getreide \*)

Institut für Landmaschinen der Technischen Hochschule München

## Allgemeine Fragen der Getreidetrocknung

Die Zahl der zur Einbringung der Ernte eingesetzten Mähdrescher steigt von Jahr zu Jahr rasch an und damit auch die Menge des stoßweise anfallenden Getreides, das einer künstlichen Trocknung unterzogen werden muß, da Mähdruschgetreide in vielen Fällen, besonders in feuchten Erntejahren, einen Wassergehalt von  $X > 0,165$  [kg Wasser/kg Trockenstoff] hat und damit wegen der Gefahr des Verderbens nicht lagerfähig ist. In bestimmten Fällen, d. h. wenn die notwendige Abtrocknung des Getreides nicht zu groß ist, und eine trockene Witterung nicht allzulange auf sich warten läßt, ist es möglich, die Getreidefeuchtigkeit durch bloße Belüftung, gegebenenfalls unter geringer Anwärmung (bis um  $5^{\circ}$  C) der Kaltluft, auf das für eine Lagerung erforderliche Maß herabzusetzen. Eine Anwärmung der Kaltluft soll bei hoher relativer Außenluftfeuchte „das Klima künstlich verbessern“, d. h. die relative Außenluftfeuchtigkeit soll durch Temperaturerhöhung unter die, dem gewünschten Endwassergehalt des Getreides entsprechende Gleichgewichtsfeuchtigkeit herabgesetzt werden, da andernfalls wegen der hygroskopischen Eigenschaften des Getreides eine Trocknungswirkung überhaupt nicht erzielt werden könnte. Über Untersuchungen zur Getreidebelüftung und deren Anwendung zur Trocknung in Charge berichtet *W e n n e r* [1]. — Liegt jedoch die Feuchtigkeit des anfallenden Getreides über 25 % (entspricht 20 % bezogen auf Naßgewicht), so würde diese Art der Trocknung mit Kaltluft zu lange Zeit in Anspruch nehmen, so daß ein Verderben des Erntegutes, vor allem in den oberen Schichten der ruhenden Schüttung nicht rechtzeitig verhindert werden könnte. In solchen Fällen wird zur Erhaltung der Qualität des Erntegutes eine Schnelltrocknung durch Warmluft in besonderen „Trocknungsapparaten“ notwendig, durch die das Gut fließend in kurzer Zeit hindurchgeschleust wird.

Die in den Mühlen, Lagerhäusern und genossenschaftlichen Sammelstellen vorhandenen Großtrocknungsanlagen werden vor allem in feuchten Erntejahren für die Verarbeitung der jährlich größer werdenden, stoßweise anfallenden Mengen feuchten Mähdruschgetreides nicht mehr lange ausreichen [2]. Die häufig weiten Transportwege zu diesen Anlagen stellen zudem eine erhebliche Belastung des landwirtschaftlichen Betriebes dar, da Personal und Fahrzeuge von der eigentlichen Erntearbeit abgezogen werden müssen. Auch die zur Zeit üblichen „Abschläge“ für zu feucht abgeliefertes Getreide, die 5—6 DM/dz erreichen können, lassen es dem Erzeuger wirtschaftlich erwünscht erscheinen, die Trocknung seines Erntegutes selbst vorzunehmen. Außerdem verbleibt ja ein erheblicher Teil der Ernte als Saat- und Futtergetreide im eigenen Betrieb. Es wird sich also für die Trocknung von Mähdreschergetreide ein immer größerer Bedarf an Kleintrocknern ergeben, deren Anschaffungspreis allerdings für jeden Mähdrescherbesitzer, oder doch wenigstens für eine kleine Gemeinschaft, wirtschaftlich tragbar sein muß. In der Leistung müßte ein solcher Trockner mit dem Ausstoß eines Mähdreschers Schritt halten können. Normalerweise leistet ein mittlerer Mähdrescher eine Tonne Getreide je Stunde während 8 Stunden am Tag. Der Trockner müßte also etwa 500 kg/h trocknen können, wenn man 16 Betriebsstunden/Tag annimmt. An sich sollte ein Trockner auch im landwirtschaftlichen Betrieb im Hinblick auf seine geringe Ausnutzung im Jahr Tag und Nacht durchlaufen. Man könnte dann auf eine Stundenleistung von 350 kg heruntergehen, womit sich auch die Anlagekosten verringern. Bezüglich der zu erreichenden Abtrocknung sollte der Trockner so ausgelegt sein, daß die Feuchtigkeit des Getreides in einem Durchgang um etwa 6—7 % bezogen auf die Trockensubstanz herabgesetzt wer-

den kann. In der Praxis wird die geforderte Abtrocknungsspanne meist noch mit 5 % bezogen auf Naßgewicht angegeben, wobei es dann aber notwendig wird, auch die Anfangsfeuchte des Getreides anzugeben, da die absolute Wassermenge bei dieser Art der Bezugnahme vom Anfangswassergehalt abhängig ist. Es ergeben sich also hierbei aus den Feuchtigkeitsdifferenzen keine vergleichbaren Werte für die tatsächlichen Wassermengen, weshalb in folgendem der Wassergehalt des Getreides immer auf die sich gewichtsmäßig nicht ändernde Trockensubstanz bezogen und mit  $X$  [kg Wasser / kg Trockenstoff] bezeichnet werden soll.

Nach der überschlägigen Festlegung der erwünschten Leistung ist die wichtige Frage des Trocknungsverfahrens zu klären. Die Trocknung kann erfolgen nach dem Quer-, Gleich- oder Gegenstromverfahren. Die bisher meist üblichen Getreidetrockner arbeiten nach dem *Q u e r s t r o m v e r f a h r e n*, bei welchem allerdings die für Getreide erforderliche Gleichmäßigkeit der Abtrocknung, beziehungsweise die zur Vermeidung von Hitzeschädigungen geforderte, zeitlich gleich lange und für den Einzelfall als zulässig befundene Einwirkungsdauer höherer Temperaturen auf das einzelne Korn nur zu verwirklichen ist, wenn man zur Vergleichmäßigung des Trocknungsprozesses mechanische Wendevorrichtungen oder auch wechselnde Bebläsung heranzieht. Die Ausnutzung der Trocknungsluft ist beim reinen Querstrom geringer als beim Gegenstrom, da bei ersterem die Luft nach Durchströmen vor allem derjenigen Getreideschichten, die im Verlaufe des Prozesses bereits stärker erwärmt wurden, also gegen den Gutsaustritt hin, noch einen für die Wasserverdampfung unausgenutzten Wärmeinhalt aufweist, also teilweise ungesättigt abströmt [3]. Um diese Verluste weitgehend zu vermeiden, arbeiten viele Querstromapparate mit einer gegenstromähnlichen Bebläsung, d. h. der Trockner ist in mehrere Bebläsungszonen eingeteilt, die so hintereinandergeschaltet sind, daß die Luftführung in den einzelnen Zonen zwar im Querstrom erfolgt, über den ganzen Apparat betrachtet jedoch Gegenstromcharakter erhält.

Der *G l e i c h s t r o m* erscheint für die Trocknung von Getreide insofern ungeeignet, als hierbei die heiße Trocknungsluft mit dem nassen Getreide am Gutsintritt zusammentrifft und nach alter Erfahrung gerade feuchteres Getreide bei den hier nötigen höheren Zulufttemperaturen eher eine Schädigung der Keimfähigkeit oder der Bacheigenschaften erfährt, als in bereits abgetrocknetem Zustand [4]. Gerade im Hinblick auf diese Eigenschaft des Getreides bietet sich im *G e g e n s t r o m* ein günstiges Trocknungsverfahren an, da bei diesem das einlaufende feuchte Getreide zunächst mit der bereits abgekühlten und feucht gewordenen Luft zusammentrifft, und die Trocknung demzufolge viel schonender und unter Vermeidung einer, die weitere Feuchtigkeitsabgabe hemmenden Verhärtung der Kornschale einsetzt.

Allgemein ist man bei der Konvektivtrocknung mit Warmluft aus Gründen der Wirtschaftlichkeit darauf angewiesen, möglichst hohe Trocknungszulufttemperaturen anzuwenden, um in der als Wärmeträger dienenden Luft eine größere Wasserdampfaufnahme zu ermöglichen. Bei der Behandlung mit höheren Temperaturen können jedoch im Getreide Veränderungen auftreten, die sich für die weitere Verarbeitung und Verwendung des getrockneten Gutes als nachteilig erweisen, unter Umständen aber auch eine Verbesserung der Qualität bewirken können. Es ist daher von Bedeutung, die zulässigen Höchsttemperaturen und die durch Temperatureinwirkung zu erwartenden Veränderungen zu kennen.

## Veränderungen im Getreide durch hohe Temperaturen

Zunächst sei die Beeinflussung der *K e i m f ä h i g k e i t* behandelt. Für ihre Schädigung wird meist eine zu hohe Temperatur verantwortlich gemacht, die eine Veränderung der organischen Substanz bewirkt; *P e l s h e n k e* [5] gibt für die Denaturierung des Getreideeiweißes eine (Korn-)Tempera-

\*) Untersuchung im Rahmen eines Forschungsauftrages des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten an Herrn Professor Dr.-Ing. Rudolf Hege (+).

tur von 53° C an. Jedoch haben Versuche ergeben, daß die Keimfähigkeit auch bei Trocknung wesentlich oberhalb dieser Temperaturgrenze erhalten bleiben kann [6], wie sie andererseits auch unterhalb dieser Temperatur schon geschädigt werden kann. Diese Schädigung bei verhältnismäßig geringeren Korntemperaturen tritt z. B. bei scharfer Antrocknung auf, wie dies beim Gleichstromverfahren der Fall ist. Hierbei erfolgt eine rasche Schrumpfung vor allem der äußeren Kornschichten, welche Ribbildung [5] und Abreißen des „Schildchens“, das die Verbindung vom Keimling zum Mehlkörper herstellt, zur Folge haben kann. Dadurch wird die Keimfähigkeit des Korns beeinträchtigt, wenn nicht sogar ganz zerstört. Es ergibt sich also die Forderung, die Trocknung so durchzuführen, daß die damit einhergehende Schrumpfung zur Vermeidung der erwähnten Risse das gesamte Korn gleichmäßig erfährt [2]. Bedingung hierfür ist eine ausreichende Feuchtigkeitsleitung aus dem Innern des Kornes an seine Oberfläche. Die Feuchtigkeitsleitzahlen werden durch höhere Temperaturen vergrößert, womit sich die Neigung zu Ribbildung verringert. Auch in dieser Hinsicht entspricht der Gegenstrom den Forderungen der Getreidetrocknung besonders, da bei diesem Verfahren das Getreide

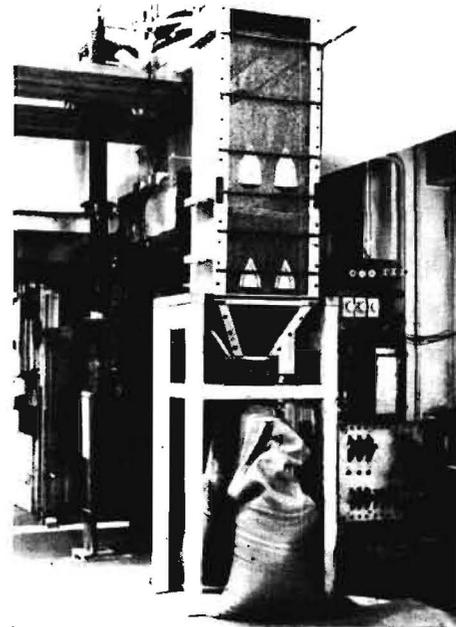


Abb. 2: Versuchsanlage nach Schaltung I des Gebläses

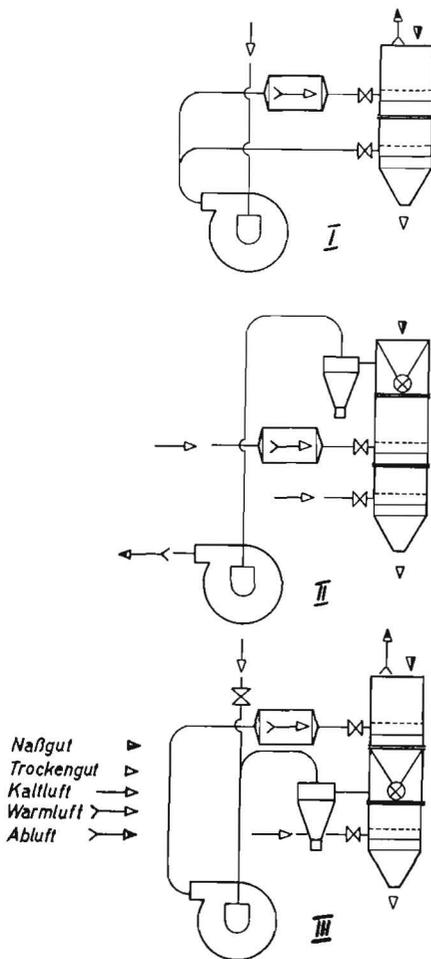


Abb. 1: Drei verschiedene Anordnungen des Gebläses beim Gegenstrom-Schachttrockner mit Kühlteil

am Gutseinlauf zunächst in eine Kondensationszone gelangt, in welcher die Schale des Kornes durch das kondensierende Wasser weichgehalten wird; gleichzeitig wird das Korn erwärmt, wodurch die Feuchtigkeit aus dem Innern an die Oberfläche getrieben wird, das Getreide beginnt zu „schwitzen“. Erst das so vorbereitete Gut gelangt in die eigentliche Trocknungszone, wo die Trocknung schonend einsetzt, im weiteren Verlauf jedoch sehr rasch erfolgen kann.

Die Backfähigkeit fällt bei hohen Temperaturen stark ab, der Kleber wird unelastisch und gerinnt. Bei mäßigen Temperaturen kann jedoch eine wesentliche Verbesserung der Backeigenschaften eintreten. Hiervon macht man bei der Konditionierung Gebrauch, indem man z. B. das Mahlgetreide auf etwa 22—25 % (Trockenbasis) befeuchtet und anschließend einer gleichmäßigen Trocknung unterzieht, wobei Korntemperaturen bis 65° C erreicht werden. Der Vorgang im Gegenstromtrockner ist einer gewissen Konditionierung ähnlich: Befeuchtung in der Kondensationszone und anschließende Trocknung.

Zur Beeinflussung der Mahlfähigkeit durch Temperatureinwirkung sagt Schäfer [7], daß es zweckmäßig sei, das Mahlgut kurzzeitig auf 70—72° C zu erwärmen, da bei diesen Temperaturen gewisse Veränderungen der Aleuronschicht auftreten und dadurch bei der Vermahlung eine saubere Trennung zwischen Mehlkörper und Schalenschichten begünstigt wird.

Zusammenfassend kann man hiernach sagen, daß die Gegenstromtrocknung sowohl für Saatgut als auch für Mahlgetreide näher liegt, als die anderen beiden hier angeführten Verfahren der Luftführung.

#### Die Versuchsanlage und Durchführung der Versuche

Zur Untersuchung des für die Getreidetrocknung besonders geeignet erscheinenden Gegenstromverfahrens wurde ein Versuchstrockner nach dem System eines Schacht-Durchlauf-trockners gebaut. Die Auslegung erfolgte bei einem Querschnitt von 0,2 m<sup>2</sup> für einen Durchsatz von 250 kg/h, eine Wasserverdampfung von 12 kg/h bei einer Erhitzerleistung von 10 kW und einem Luftbedarf von 1000 kg/h. Der Versuchstrockner setzt sich aus einer Trocken- und einer Kühlzone zusammen. Der Lufteintritt in die beiden Zonen erfolgt durch je zwei dachförmige Einbauten aus Langlochsiebblech. Leichtbleche unter den Dächern bewirken einen über ihre ganze Länge gleichmäßigen Luftdurchtritt. Für die Luftführung sind nun grundsätzlich drei verschiedene Schaltungen des Gebläses möglich (Abb. 1). Die einzelnen Teile des Versuchstrockners wurden so bemessen, daß jede der drei Versuchsanordnungen wahlweise zusammengebaut werden kann.

#### Versuchsanordnung I (Abb. 2)

Hierbei arbeitet das Gebläse als Druckgebläse. Die Außenluft wird angesaugt, ein Teil wird durch die Kühlzone und der andere über den Lufterhitzer in die Dacheinbauten der Trockenzone gedrückt. In dieser Höhe erfolgt eine Mischung mit der aus der Kühlzone aufströmenden Luft, und die Ge-

samtluft wird mit einer Mischtemperatur von 75—85° C weiter durch die Trockenzone geblasen. Am oberen Ende des Trockners entweicht die Luft, von dem einlaufenden Getreide abgekühlt, mit vollkommener Sättigung ins Freie.

Zunächst wurde zur Kontrolle des geforderten gleichmäßigen Gutsflusses ein Durchlaufversuch mit schichtweise gefärbtem Getreide bei einem Durchsatz von 250 kg/h und einer Luftgeschwindigkeit von 1 m/s (bezogen auf den leeren Querschnitt) ausgeführt. Die Bewegung der Schicht ist in den Abbildungen 3 a—f in Zeitabständen festgehalten. Es zeigt sich, daß die Absenkung des Gutes über den gesamten Querschnitt bis auf einen praktisch unbedeutenden Randeinfluß gleichmäßig ist. Die Abbildungen 3 c—f zeigen, daß die Getreideschichten auch den, wegen der höheren Lufttemperaturen kritischen Bereich der Dächer in der Trocknungszone gleichmäßig passieren, so daß es dort nicht zu einer nennenswerten Verzögerung und damit möglicherweise zu einer Hitzeschädigung oder Übertrocknung einzelner Kornpartien kommen kann. Unmittelbar auf den Dächern bildet sich allerdings trotz ihres steilen Winkels und der großen Luftgeschwindigkeiten eine Grenzschicht aus, die gegenüber dem übrigen Gut eine Verzögerung erleidet. In dem hier feststellbaren geringen Ausmaß ist diese aber praktisch ohne Bedeutung. Doch muß darauf hingewiesen werden, daß diese Verzögerung bei geringerer Neigung der Einbauten, die bei dem Versuchstrockner 30° beträgt, selbst bei sehr hohen Luftdurchtrittsgeschwindigkeiten beachtlich werden kann. Bei

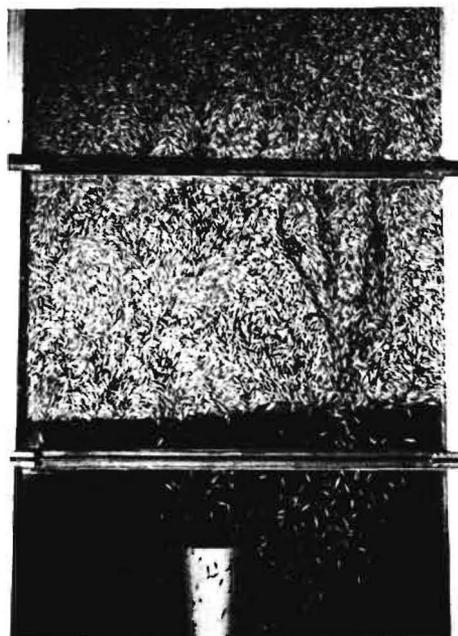


Abb. 4: Die Bildung von Luftkanälen in Hafer bei einer Luftgeschwindigkeit von  $v_0 = 0,9$  m/s und einer Feuchte des Hafers von 19 %

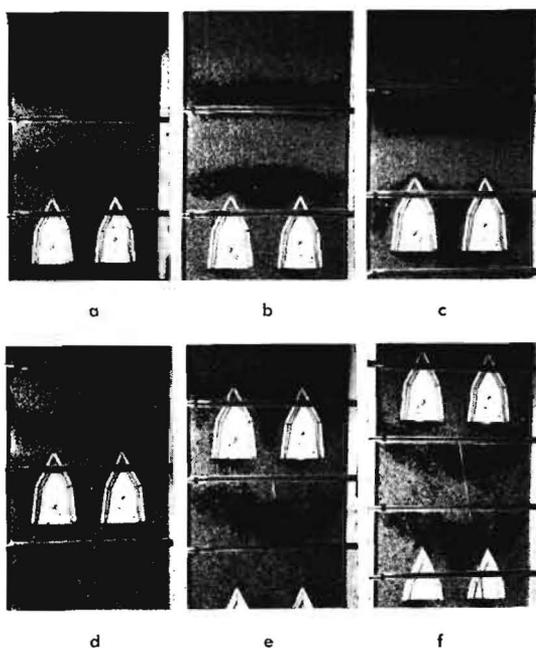


Abb. 3: Bewegung angefärbter Getreideschichten durch den Trocknerschacht bei einem Durchsatz von 250 kg/h und einer Luftgeschwindigkeit von 1 m/s

der Mehrzahl der hier angeführten Versuche wurde die höchste für eine homogen bleibende Schicht anwendbare Luftgeschwindigkeit eingestellt. Diese ist abhängig von der

Art, Sorte und Feuchtigkeit des Getreides, sowie vom Anteil der Verunreinigungen. Am Beispiel des Hafers erkennt man die bei Überschreitung dieser Luftgeschwindigkeitsgrenze sich bildenden Luftkanäle (Abb. 4). Bei noch größerer Luftgeschwindigkeit kommt es zum „Stoßen“ der Schicht und bei weiterer Steigerung zu einer ausgesprochenen Wirbelschicht.

Für die Versuche mit der Anordnung I wurde angefeuchtetes Getreide nach einer Abstezeit von 24 bis 48 Stunden verwendet. Es sollte hier zunächst die Leistung des Apparates ohne Berücksichtigung von Qualitätsänderungen des Getreides untersucht werden. Die Ergebnisse der Trocknungsversuche mit der Anordnung I sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Die Temperatur der Trocknungszuluft lag bei diesen Versuchen zwischen 75 und 85° C. Das für die Versuchsanordnung verwendete Gebläse war nicht speziell hierfür ausgelegt und arbeitete unter den verlangten Betriebsbedingungen mit einem verhältnismäßig schlechten Wirkungsgrad. Es ergab sich infolgedessen auch eine starke Erwärmung der in den Kühler eingeblasenen Luft, so daß bei Anordnung I eine ausreichende Rückkühlung des getrockneten Getreides nicht mehr erreicht werden konnte. Trotz der damit verbundenen Wärmeverluste ergibt sich ein günstiger spezifischer Wärmeverbrauch von 850—1000 [kcal/kg verdampftes Wasser], oder von 1100—1200 [kcal/kg], wenn man auch den in Wärmeeinheiten umgerechneten Energiebedarf des Gebläses einbezieht. Bei den Versuchen wurde eine durchschnittliche Wasserverdampfung von 11—12 kg/h bei einer Abtrocknung von 5—7 % erzielt. Versuch 7 wurde mit einer fast um die Hälfte geringeren Luftmenge durchgeführt. Dabei sank die Verdampfung proportional der Luftmenge, bei einem spezifischen Wärmeverbrauch von 1160 kcal/kg Was-

Tabelle 1: Versuchsergebnisse mit Anordnung I

| Versuch | Material | Durchs.<br>kg/h | Abtrocknung<br>% | entz. Wass.<br>kg/h | Tr.-Luft<br>kg/h | Energiebedarf *) |                   |
|---------|----------|-----------------|------------------|---------------------|------------------|------------------|-------------------|
|         |          |                 |                  |                     |                  | kcal/h           | kcal/kg<br>Wasser |
| 3       | Weizen   | 230             | 23,7 — 18,6      | 11,7                | 1000             | 14 075           | 1200              |
| 5       | "        | 244             | 21,7 — 15,7      | 12,0                | 985              | 14 330           | 1200              |
| 6       | "        | 242             | 21,1 — 15,1      | 12,0                | 985              | 13 850           | 1155              |
| 7       | "        | 263             | 14,4 — 11,4      | 6,75                | 616              | 7 870            | 1160              |
| 9       | "        | 222             | 23,1 — 16,5      | 11,8                | 860              | 12 910           | 1100              |
| 10      | "        | 288             | 23,0 — 18,2      | 12,0                | 1050             | 14 790           | 1230              |

\*) Gesamter Energiebedarf einschließlich Gebläse und Verluste.

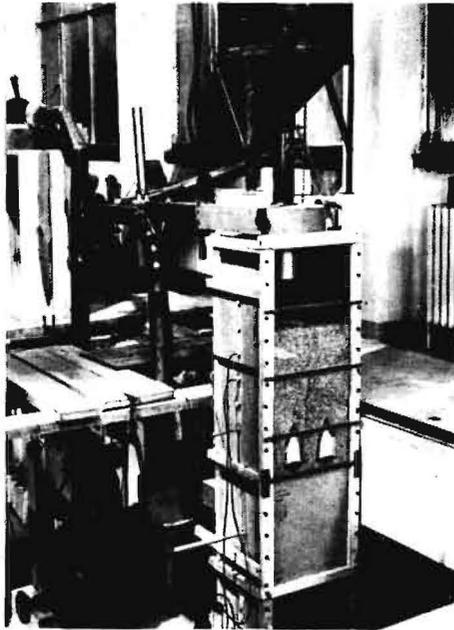


Abb. 5 (links): Versuchsanlage nach Schaltung III des Gebläses. Trackenzone und Getreideeinlauf

ser. Da die Schaltung nach I die einfachste der drei möglichen Anordnungen des Gebläses ist, könnte man auf dieser Grundlage zu einem einfachen Kleintrackner kommen. Die Kühlung könnte statt in der Kühlzone in einer nachgeschalteten Reinigungsanlage erfolgen. — Die Versuchsanordnung nach II (Abb. 1) kann hier übergangen werden, da sie im Wesentlichen der Anordnung I entspricht. Erwähnt sei nur, daß wegen des Unterdruckes am Luftaustritt beziehungsweise Gutseintritt eine luftdichte Einschleusung des Naßgutes notwendig wird. Die Rückgewinnung der Getreidewärme im Kühler ist gegenüber Anordnung I besser, da unmittelbar Außenluft angesaugt wird.

Versuchsanordnung nach III (Abb. 5 und 6) Die Anordnung III des Gebläses (Abb. 1) stellt wärmetechnisch die günstigste Schaltung dar, da sowohl die Kühlwärme des Getreides wiedergewonnen, als auch die durch die Gebläsearbeit erzeugte Wärmemenge dem Trocknungsprozeß zugeführt werden kann. Allerdings wird der Einbau eines

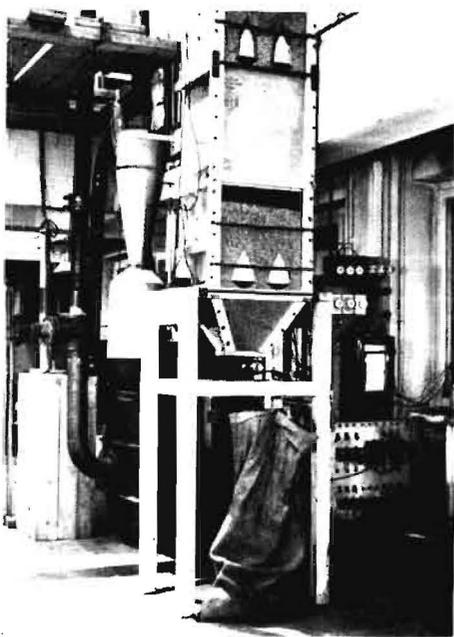


Abb. 6 (rechts): Versuchsanlage nach Schaltung III. Kühlzone und Absackung; zwischen Trocken- und Kühlzone befindet sich ein Zwischenteil mit Körnerschleuse

Zwischenteiles mit Trichter und Körnerschleuse zwischen Trockenzone und Kühlzone notwendig, so daß ein Absaugen der Luft aus der Kühlzone möglich ist. Durch die Kühlzone wird jedoch nur etwa die Hälfte der Gesamtluftmenge gesaugt und vor dem Gebläse Frischluft zugemischt. Die Gesamtluftmenge wird durch den Erhitzer in die Trockenzone geblasen. Getreideeinlaß und Luftaustritt erfolgen wie bei Anordnung I. Der Getreideauslaß wird durch einen Schieber eingestellt. Durch einen kleinen Vibrator wird ein Verstopfen, der für einen Durchsatz von 250 kg/h relativ kleinen Auslaßöffnung (5—6 cm<sup>2</sup>) verhindert und ein gleichmäßiger Gutsfluß gewährleistet. Die Schichthöhen betragen bei allen hier angeführten Versuchen im Trockenteil 60 cm und im Kühlteil 40 cm.

Die Lufttemperaturen in der Schüttung der Trockenzone wurden durch Thermoelemente, die im Abstand von 12 cm über die Höhe verteilt waren, mittels eines Sechsfarbenschreibers aufgezeichnet. Vergleichsmessungen mit Quecksilberthermometern ergaben Abweichungen von  $\pm 1,5^\circ \text{C}$ . In Höhe der Thermoelemente wurden mit einem Probenehmer während des Betriebes Proben entnommen. Die Wassergehaltsbestim-

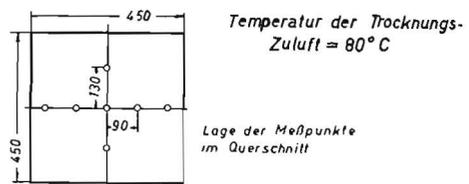
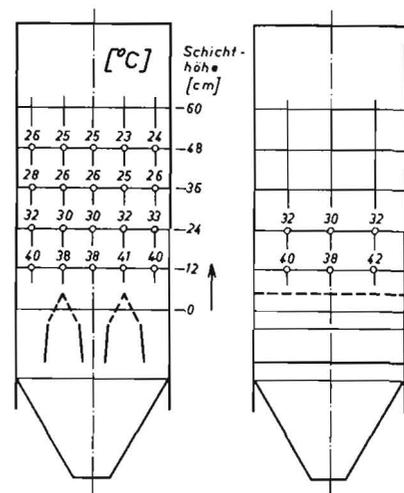


Abb. 7: Verteilung der Getreidetemperaturen nach einstündigem kontinuierlichem Betrieb. Die Messung erfolgte in ruhender Schüttung nach Abschaltung des Luftstromes

mung erfolgte im Trockenschrank 16 Stunden bei  $105^\circ \text{C}$ . Zur Kontrolle der gleichmäßigen Luftverteilung und des gleichmäßigen Durchsatzes wurde nach einstündigem kontinuierlichem Betrieb der Apparat abgestellt, alle Schieber geschlossen und in der ruhenden Getreidesäule die Temperaturen in den in Abbildung 7 angegebenen Meßpunkten aufgenommen. Die gemessenen Werte sind in Abbildung 7 eingetragen und dürften praktisch mit den tatsächlichen Getreidetemperaturen übereinstimmen. In den einzelnen Höhen treten Temperaturdifferenzen bis zu  $4^\circ \text{C}$  auf, die jedoch als zulässig gelten können.

#### Ergebnisse der Versuche mit angefeuchtetem Getreide

Zunächst wurden Trocknungsversuche mit angefeuchtetem Getreide nach einer Abstehtzeit von 24 Stunden durchgeführt. Bezüglich der Trocknungseigenschaften sollen dabei nach Müller [8] gegenüber „naturfeuchtem“ Getreide keine Unterschiede bestehen, jedoch soll diese Frage an anderer Stelle nochmals aufgegriffen werden. Die Auswertung der Versuche ist in Tabelle 2 wiedergegeben. Die Verteilung der

Lufttemperaturen während des Betriebes wurde aus den Aufzeichnungen des Temperaturschreibers in Abbildung 8 aufgetragen, und zwar für 5 Versuche mit verschiedener Anfangsfeuchtigkeit des Getreides. Die Kurven für eine Anfangsfeuchtigkeit von  $X_E = 0,11$  und  $X_E = 0,15$  kommen praktisch für eine Trocknung von Mähreschergetreide nicht mehr in Frage. Die Kurve für eine Anfangsfeuchtigkeit von  $X_E = 0,21$  dürfte daher hinsichtlich der zugrunde gelegten Leistung des Apparates die untere Grenze der betrachtenswerten Fälle darstellen, da bei noch geringeren Anfangsfeuchtigkeiten der erforderliche Endwassergehalt von  $X_A = 0,165$  auf jeden Fall ohne Schwierigkeiten zu erreichen ist. Aus der Kurve für  $X_E = 0,21$  erkennt man, daß nach 40 cm Getreideschicht die fühlbare Wärme der Trocknungsluft verbraucht ist, daß also auch für diesen Grenzfall eine Schichthöhe von 40 cm für die verlangte Abtrocknung ausreichen würde. Da aber, wie oben begründet wurde, eine Kondensationszone in den obersten Schichten erwünscht ist, wäre eine Höhe der Schicht von 50—60 cm für alle praktisch vorkommenden Fälle der Trocknung von Getreide nach dem beschriebenen Verfahren als ausreichend anzusehen. In Abbildung 9 ist ebenfalls die Temperaturverteilung der Trocknungsluft über der Schichthöhe aufgetragen, jedoch für verschiedene Anfangstemperaturen bei annähernd gleicher Anfangsfeuchtigkeit des Getreides (im Mittel  $X_E = 0,27$ ). Bei dieser Anfangsfeuchtigkeit hat sich also die eintretende Trocknungsluft von selbst  $80^\circ\text{C}$  nach einem zurückgelegten Weg von nur etwa 15 cm auf unter  $50^\circ\text{C}$  abgekühlt, so daß in den darüberliegenden Schichten keine Hitzeschädigung des Getreides mehr zu befürchten ist. Um so deutlicher wird aber dabei auch, welche Aufmerksamkeit man einem unbedingt gleichmäßigen Gutsfluß in der hitzekritischen Zone von 15 cm über den Dächern zu schenken hat, in der sich die Haupttrocknung verhältnismäßig rasch vollzieht.

Für einige Versuche ist der Trocknungsverlauf über der Durchsatzzeit dargestellt. Der flache Ast der Kurven stellt die Nachtrocknung in der Kühlzone dar. Der waagerechte Sprung ergibt sich aus der Durchlaufzeit durch den Trichter und die Körnerschleuse, wo wegen der fehlenden Luftbewegung keine Abtrocknung angenommen wird. Die Schichthöhen der einzelnen entnommenen Feuchtigkeitsproben sind, soweit diese die Trockenzone betreffen, aus Abbildung 7 ersichtlich, wobei als Höhe 0 die mittlere Höhe der Siebflächen der Dacheinbauten angenommen wurde. Der dieser Höhe entsprechende Feuchtigkeitswert wurde in den Kurven Darstellungen als voll ausgefüllter Kreis eingezeichnet. Abb. 10 stellt die Abtrocknung von Weizen im 1. und 2. Durchgang dar. Das Naßgut mit einem Eintrittswassergehalt von  $X_E = 0,275$  wurde zunächst durch das aus der abge-

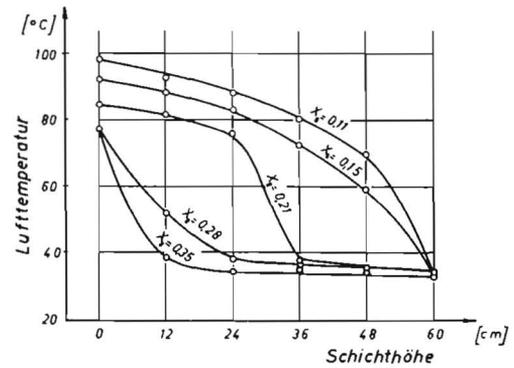


Abb. 8: Verteilung der Lufttemperaturen über der Schichthöhe bei verschiedenen Anfangsfeuchtigkeiten des Getreides (Weizen), Luftgeschwindigkeit 0,9—1,0 m/s

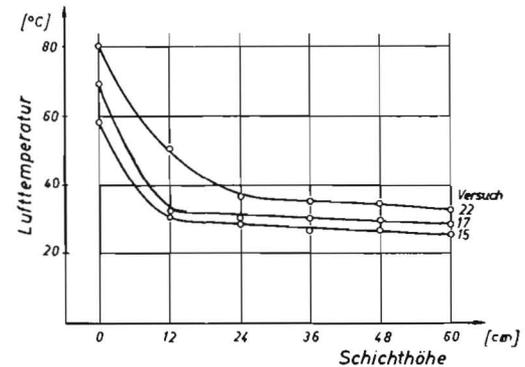


Abb. 9: Verteilung der Lufttemperaturen über der Schichthöhe bei gleichem Anfangswassergehalt des Getreides (Weizen)

kühlten Luft kondensierende Wasser weiter angefeuchtet. In 36 cm Höhe über den Dächern erreichte das Gut seine größte Feuchtigkeit von  $X \approx 0,29$ . Von dort an setzt langsame Abtrocknung ein, bis das Gut erst etwa 15 cm über den Dächern wieder seinen ursprünglichen Wassergehalt angenommen hat. Inzwischen hat es sich aber bereits erwärmt, und der schon erwähnte Vorgang des Schwitzens hat Feuchtigkeit aus dem Innern des Kornes an die Oberfläche getrieben. Die nunmehr stärker einsetzende Trocknung findet also genügend leicht zu verdampfendes Wasser, wenn nicht gerade auf der Oberfläche, so doch in den äußeren Schichten des Kornes vor. Durch die höheren Temperaturen ist auch die weitere Feuchtigkeitsleitung an die Oberfläche begünstigt. Nach weiteren

Tabelle 2: Versuchsergebnisse mit Anordnung III

| Versuch | Material | Durchs. kg/h | Abtrocknung % | entz. Wass. kg/h | Tr.-Luft kg/h | Energiebedarf *) |                |
|---------|----------|--------------|---------------|------------------|---------------|------------------|----------------|
|         |          |              |               |                  |               | kcal/h           | kcal/kg Wasser |
| 12      | Weizen   | 285          | 27,5—21,0     | 14,5             | 1200          | 19 100           | 1320           |
| 13      | "        | 270          | 20,8—15,8     | 11,2             | 1080          | 15 400           | 1380           |
| 14      | "        | 262          | 31,2—27,4     | 7,6              | 1100          | 11 970           | 1550           |
| 15      | "        | 319          | 26,2—22,5     | 9,4              | 1130          | 12 350           | 1310           |
| 16      | "        | 250          | 34,6—28,6     | 11,2             | 948           | 12 130           | 1080           |
| 17      | "        | 315          | 27,1—23,1     | 9,6              | 900           | 11 430           | 1190           |
| 21      | "        | 253          | 34,8—27,3     | 14,1             | 1125          | 16 600           | 1110           |
| 22      | "        | 273          | 27,7—21,6     | 13,0             | 1124          | 16 740           | 1285           |
| 18      | Roggen   | 250          | 35,8—27,8     | 14,7             | 954           | 12 580           | 855            |
| 19      | "        | 300          | 27,3—21,6     | 13,4             | 954           | 13 770           | 1025           |
| 20      | Hafer    | 215          | 39,2—29,8     | 14,8             | 856           | 13 870           | 940            |
| 23      | "        | 229          | 27,2—20,1     | 12,7             | 840           | 12 270           | 970            |

\*) Gesamter Energiebedarf einschließlich Gebläse und Verluste.

**Tabelle 3: Beeinflussung der Keimfähigkeit bei verschiedenen Trocknungstemperaturen und Anfangsfeuchten**

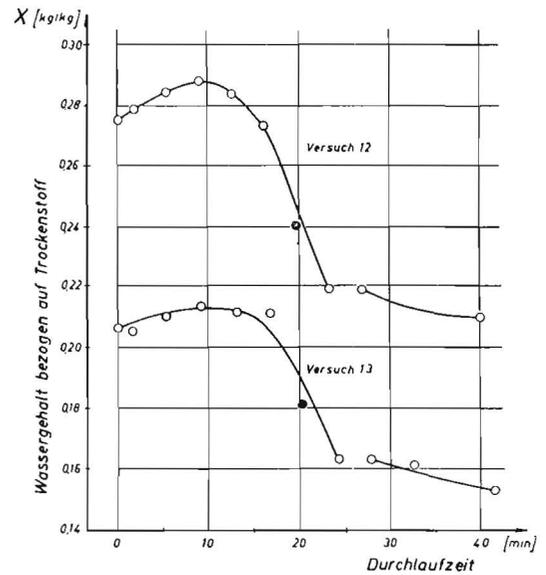
| Versuch   | Temp. der Tr.-Luft | Abtrocknung % | Probe  | gekeimt % |          |
|-----------|--------------------|---------------|--------|-----------|----------|
|           |                    |               |        | 4 Tage    | 6 Tage   |
| 14 Weizen | 60                 | 31,2—27,4     | E<br>A | 91<br>93  | 91<br>94 |
| 15 Weizen | 60                 | 26,2—22,5     | E<br>A | 93<br>98  | 93<br>98 |
| 16 Weizen | 70                 | 34,6—28,6     | E<br>A | 96<br>82  | 97<br>89 |
| 17 Weizen | 70                 | 27,1—23,1     | E<br>A | 84<br>82  | 88<br>83 |
| 21 Weizen | 80                 | 34,8—27,3     | E<br>A | 88<br>59  | 90<br>67 |
| 22 Weizen | 80                 | 27,7—21,6     | E<br>A | 69<br>44  | 69<br>45 |
| 18 Roggen | 80                 | 35,8—27,8     | E<br>A | 37<br>51  | 38<br>54 |
| 19 Roggen | 80                 | 27,3—21,6     | E<br>A | 49<br>38  | 52<br>39 |
| 20 Hafer  | 80                 | 39,2—29,8     | E<br>A | 83<br>58  | 87<br>64 |
| 23 Hafer  | 80                 | 27,2—20,1     | E<br>A | 68<br>41  | 68<br>45 |

5 Minuten hat das Korn die mittlere Höhe der Dächer erreicht und ist um 3,5 % abgetrocknet. Im Bereich der Dächer erfolgt eine weitere Abtrocknung um 2 %. Damit ist die erwünschte Abtrocknung erreicht, und das Korn verläßt die Trockenzone, bevor eine zu starke schädigende Abtrocknung der Schalenschichten erfolgen kann. In der Kühlzone erfolgt dann noch eine langsame Nachtrocknung um 1 %. Die Kurve für den 2. Durchgang, also zur Erreichung geringerer Feuchtigkeiten, zeigt denselben Verlauf, weist jedoch eine geringere Befuchtung in der Kondensationszone auf. Ausgeprägte „Knickpunkte“ für den Übergang der Abtrocknung des Oberflächenwassers zur Abtrocknung des Kapillarwassers, also für einen Übergang vom I. zum II. Trocknungsabschnitt traten nicht in Erscheinung. Dabei ist zu berücksichtigen, daß beim Gegenstromverfahren einer Verlangsamung der Trocknungsgeschwindigkeit mit zunehmender Abtrocknung durch das Nachfließen des Gutes in Bereiche höherer Potentiale entgegengewirkt wird.

Abbildung 11 zeigt die Abtrocknung von Hafer mit einer sehr hohen Feuchtigkeit von  $X_f = 0,39$ . Der Versuch wurde vor allem ausgeführt, um den Durchlauf unter ungünstigsten Gutsverhältnissen zu kontrollieren. In der gleichen Abbildung ist die Kurve für einen Versuch mit ebenfalls angefeuchtetem Roggen angegeben.

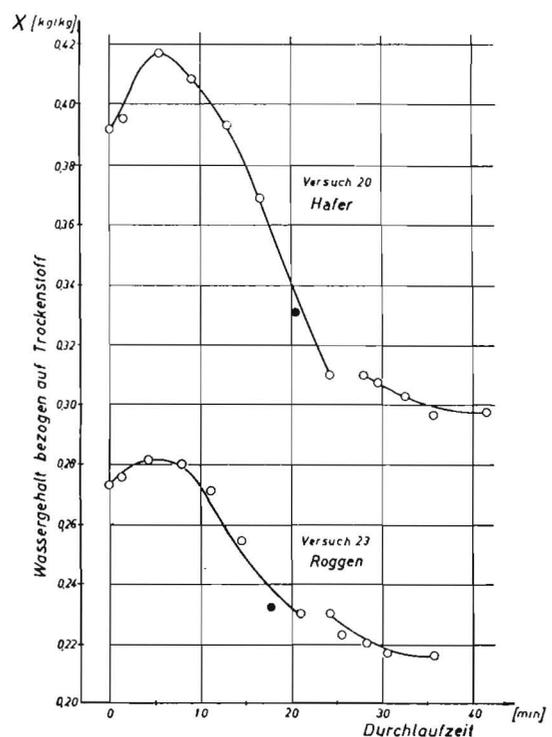
Bei dem hier behandelten Trocknungsverfahren ist die Luftgeschwindigkeit in der Schüttung durch die Notwendigkeit, Inhomogenitäten durch turbulente Aufströmung des Gutes zu vermeiden, begrenzt. Damit ergibt sich für den Querschnitt des Trockners eine maximale Luftmenge je Zeiteinheit; zu einer weiteren Steigerung der Wasserverdampfung kann nur noch die Temperatur der eintretenden Trocknungsluft erhöht werden. Diese Temperatur sollte daher so hoch gehalten werden, daß gerade noch keine Hitzeschädigung des Getreides zu befürchten ist. Die Grenze hierfür soll durch die folgenden Versuchsergebnisse aufgezeigt werden, wobei diese Ergebnisse natürlich an das hier angewandte Trocknungsverfahren, nämlich den Gegenstrom, gebunden sind.

Die Beeinflussung der Keimfähigkeit bei verschiedenen Trocknungstemperaturen und verschiedenen Anfangsfeuchten des Getreides nach obigen Versuchen ist aus Tabelle 3 ersichtlich. Die Eingangsproben sind mit E und die Ausgangsproben



**Abb. 10: Trockenverlauf von Weizen bei einer Zulufttemperatur von 80 °C**

ben mit A bezeichnet. Bei den Versuchen mit Weizen ergab sich bei der Trocknung mit einer Zulufttemperatur von 60 °C bei hoher und geringer Feuchte des Gutes eine Verbesserung der Keimfähigkeit, bei 70 °C eine Schädigung und bei 80 °C ein starker Abfall derselben. Es mußte hier allerdings für jeden Versuch das Material des vorhergehenden benutzt werden, so daß nur die relative Keimfähigkeitsänderung zwischen der Eingangs- und Ausgangsprobe des gleichen Versuches gewertet werden kann. Der Roggen der Versuche 18 und 19 war schon zwei Jahre alt und wies eine sehr schlechte Keimfähigkeit auf. Die Trocknung bei einer Lufttemperatur von 80 °C nach vorangegangener Anfeuchtung und Abstezeit ergab eine wesentliche Verbesserung der Keimfähigkeit, die jedoch im 2. Durchgang, also bei geringeren Gutsfeuchten wieder rückgängig gemacht wurde. Bei Hafer der Versuche 20 und 23 ergab sich ebenfalls bei einer Lufttemperatur von 80 °C im 1. und im 2. Durchgang ein



**Abb. 11: Trockenverlauf von Hafer und Roggen bei einer Zulufttemperatur von 80 °C**

erheblicher Abfall der Keimfähigkeit. Die Keimproben wurden nach mehreren Wochen nochmals angesetzt, wobei sich fast die gleichen Werte für die Verbesserung oder Verminderung der Keimfähigkeit ergaben wie bei dem ersten Ansetzen. Daß es sich auch in den Fällen einer Verbesserung der Keimfähigkeit um bleibende Veränderungen handelte,

ist besonders zu vermerken. Es ist also festzustellen, daß die Trocknung von Weizen bei einer Lufttemperatur von 60° C eine Verbesserung der Keimfähigkeit ergab, und zwar auch für die Anfangsfeuchtigkeit des Getreides von  $X > 0,30$ . Die Beurteilung der Backproben ergibt, wie aus Tabelle 4 ersichtlich, bei einer Behandlung mit 60° C einen geringen

**Tabelle 4: Beeinflussung der Backfähigkeit bei verschiedenen Trocknungstemperaturen und Anfangsfeuchten**

| Versuch | Temp. der Tr.-Luft | Probe | Feucht-kleber % | Quellzahl Q 0 | Quellzahl Q 30 | Kleber-abfall | Testzahl n. Pelschenke | Gütezahl | Kurzbeurteilung nach Sydow | Mischwert |
|---------|--------------------|-------|-----------------|---------------|----------------|---------------|------------------------|----------|----------------------------|-----------|
| —       | —                  |       | 30,2            | 17            | 9              | 53            | 46                     | 4755     | B 1 a p                    | 40 %      |
| 14      | 60                 | E     | 28,8            | 18            | 12             | 67            | 41                     | 4570     | B 1 a p                    | 40 %      |
|         |                    | A     | 30,0            | 17            | 11             | 65            | 42                     | 4550     | B—C 1 a p                  | 35 %      |
| 15      | 60                 | E     | 29,6            | 17            | 12             | 71            | 35                     | 4190     | B—C 1 a p                  | 35 %      |
|         |                    | A     | 28,0            | 17            | 12             | 71            | 43                     | 4550     | B—C 1 a p                  | 35 %      |
| 16      | 70                 | E     | 27,8            | 19            | 13             | 68            | 39                     | 4545     | C 1 a p                    | 30 %      |
|         |                    | A     | 28,2            | 21            | 15             | 71            | 41                     | 4855     | B 1 a p                    | 80 %      |
| 17      | 70                 | E     | 28,2            | 21            | 15             | 71            | 41                     | 4855     | B 1 a p                    | 80 %      |
|         |                    | A     | 27,6            | 20            | 16             | 80            | 44                     | 4890     | B 1 a p                    | 75 %      |
| 21      | 80                 | E     | 26,6            | 21            | 18             | 86            | 47                     | 5115     | B 1 a p                    | 70 %      |
|         |                    | A     | 25,4            | 23            | 22             | 96            | 51                     | 5485     | A—B 2 b p                  | 100 %     |
| 22      | 80                 | E     | 26,0            | 22            | 20             | 91            | 52                     | 5450     | A 2 b p                    | 100 %     |
|         |                    | A     | 24,4            | 23            | 21             | 91            | 54                     | 5610     | A 1 a p                    | 100 %     |

Sämtliche Muster sind als backtechnisch mittel bis gut, die Muster der Versuche 21 und 22 als gut zu bezeichnen.

**Tabelle 5: Versuchsergebnisse mit Anordnung III und „naturfeuchtem“ Getreide**

| Versuch | Gut    | Durchsatz kg/h | Lufttemp. °C | Abtrocknung % | entz. Wasser kg/h | Tr.-Luft kg/h | Energiebedarf *) |                |
|---------|--------|----------------|--------------|---------------|-------------------|---------------|------------------|----------------|
|         |        |                |              |               |                   |               | kcal/h           | kcal/kg Wasser |
| 26      | Weizen | 283            | 60           | 19,8—16,9     | 6,9               | 950           | 7 050            | 1 020          |
| 27      | "      | 283            | 70           | 19,6—16,3     | 7,8               | 950           | 8 900            | 1 140          |
| 28      | "      | 283            | 80           | 19,4—15,3     | 9,7               | 950           | 10 550           | 1 090          |
| 29      | Roggen | 480            | 60           | 22,8—20,8     | 7,4               | 820           | 7 520            | 1 020          |
| 30      | "      | 480            | 70           | 22,8—20,4     | 8,9               | 840           | 9 240            | 1 040          |
| 31      | "      | 480            | 80           | 22,8—19,8     | 11,1              | 840           | 11 430           | 1 030          |

\*) Gesamter Energiebedarf einschließlich Gebläse und Verluste.

**Tabelle 6:**

**Beeinflussung der Keimfähigkeit bei der Trocknung „naturfeuchten Getreides“ mit verschiedenen Trocknungstemperaturen**

| Versuch | Gut    | Lufttemp. °C | max. Getreide-temperatur | Abtrocknung % | gekeimt % |        | Triebkraft 14 Tage % |
|---------|--------|--------------|--------------------------|---------------|-----------|--------|----------------------|
|         |        |              |                          |               | 4 Tage    | 6 Tage |                      |
|         | Weizen | —            | —                        | —             | 68        | 94     | 88                   |
| 26      | "      | 60           | 55                       | 19,8—16,9     | 78        | 94     | 85                   |
| 27      | "      | 70           | 65                       | 19,6—16,3     | 81        | 94     | 85                   |
| 28      | "      | 80           | 68                       | 19,4—15,3     | 67        | 89     | 69                   |
|         | Roggen | —            | —                        | —             | 72        | 77     | 52                   |
| 29      | "      | 60           | 40                       | 22,8—20,8     | 72        | 80     | 52                   |
| 30      | "      | 70           | 58                       | 22,8—20,4     | 82        | 85     | 33                   |
| 31      | "      | 80           | 62                       | 22,8—19,8     | 82        | 87     | 45                   |
|         | Gerste | —            | —                        | —             | 86        | 94     | 86                   |
| 32      | "      | 60           | 48                       | 18,9—16,4     | 91        | 97     | 91                   |
| 33      | "      | 70           | 60                       | 18,9—15,8     | 85        | 94     | 92                   |
| 34      | "      | 80           | —                        | 19,0—15,8     | 74        | 85     | 73                   |

Abfall der Backfähigkeit, während bei 70° und 80° C eine beachtliche Verbesserung eingetreten ist.

### Ergebnisse der Versuche mit „naturfeuchtem“ Getreide

Mit frischem Mähdreschergetreide aus der Ernte 1955 wurden einige Versuche wiederholt, um etwaige Abweichungen gegenüber den Versuchen mit angefeuchtetem Getreide festzustellen. In diesem Erntejahr hatte das zur Verfügung stehende Mähdreschergetreide wegen der in Bayern günstigen Witterung nicht mehr die gewünschte Feuchtigkeit für die geplanten Versuche, doch lassen sich aus den Ergebnissen immerhin einige Aussagen herleiten. In Tabelle 5 sind je 3 Versuche mit Weizen und Roggen und zwar für Lufttemperaturen von 60, 70 und 80° C zusammengestellt. Der spezifische Wärmeverbrauch — einschließlich der Gebläseleistung — lag bei diesen Versuchen um 1050 kcal/kg Wasser, war also niedriger als bei den vorhergehenden Versuchen. — Vergleicht man nun zwei Trocknungsversuche mit „angefeuchtetem“ und „naturfeuchtem“ Getreide bei ungefähr gleichem Anfangswassergehalt und annähernd gleichem Durchsatz, so ergab sich z. B. bei dem angefeuchteten Weizen des Versuches 13 eine stündliche Wasserverdampfung von 11,2 kg, während bei dem naturfeuchten Weizen des Versuches 28 nur eine stündliche Wasserverdampfung von 9,7 kg erreicht wurde. Bei diesem Vergleich ist aber hauptsächlich zu berücksichtigen, daß bei Versuch 28 die Luftgeschwindigkeit und damit die stündliche Luftmenge gegenüber Versuch 13 geringer gehalten werden mußte, da das Getreide des Versuches 28 infolge einer etwas geringeren Eintrittsfeuchtigkeit und einer anderen Kornbeschaffenheit eine größere Neigung zu Luftdurchbrüchen und turbulenter Aufwirbelung der durchströmten Schicht zeigte als das Vergleichsmaterial des Versuches 13. Abgesehen davon haben aber spezielle Versuche von Dietrich [9] gezeigt, daß naturfeuchter gegenüber angefeuchtetem Weizen unter gleichen Trocknungsbedingungen eine längere Trocknungszeit beansprucht. Dieses verschiedene Trocknungsverhalten wird bei dem hier untersuchten Trocknungsverfahren jedoch weitgehend dadurch ausgeglichen, daß bei geringerer Trocknungsgeschwindigkeit des naturfeuchten Materials die eintretende Trocknungsluft im gleichen Verhältnis langsamer abgekühlt wird und dadurch mit höherer Temperatur in die höheren Getreideschichten gelangen kann. Damit erhöht sich aber auch die Verweildauer des nach unten fließenden Getreides in Zonen höherer Lufttemperaturen. Vorausgesetzt, daß die gesamte Schichthöhe dies noch zuläßt, wird also der Beginn der Trocknung in eine höhere Getreideschicht verschoben, so daß sich

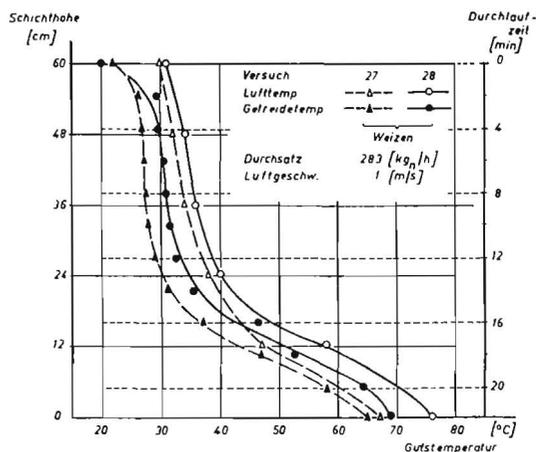


Abb. 12: Guts- und Lufttemperaturen bei Trocknung mit einer Zuluft von 70 und 80° C (Weizen mit einer Anfangsfeuchtigkeit von 20 %)

schließlich doch wieder die gleiche Trocknerleistung erwarten läßt, wenn nicht andere Umstände dazu zwingen, die Temperaturen oder, wie in vorliegendem Falle, die Luftmengen geringer zu wählen.

Bei den Versuchen mit naturfeuchtem Getreide wurde neben der Lufttemperatur auch die Korntemperatur während der Trocknung gemessen, und zwar durch ein Thermoelement im Inneren eines Kornes, das von der Getreidesäule mitgenommen wurde. Wie aus Abbildung 12 hervorgeht, nähert sich die Kurve für die Korntemperatur derjenigen für die Lufttemperatur bis auf 3—4° C bei einer Eintrittstemperatur der Luft von 70° C und bis auf 5—7° C bei einer Lufttemperatur von 80° C. Die Korntemperatur eilt der Lufttemperatur nur um etwa 30—60 bzw. 60—120 sec. nach. Man muß also vor allem bei Getreide mit einer Feuchtigkeit von  $X < 0,20$  damit rechnen, daß die maximale Korntemperatur nur wenig unter der Lufttemperatur liegen wird. Der Einfluß der Trocknungslufttemperaturen auf die Keimfähigkeit naturfeuchten Getreides ist aus Tabelle 6 ersichtlich. Bei Weizen und Gerste zeigt sich ein Abfall der Keimfähigkeit erst bei einer Temperatur der Trocknungsluft von über 70° C oder einer maximalen Korntemperatur von über 65° bzw. 60° C. Bei Roggen steigt die Keimfähigkeit bis zu 80° C, wobei eine maximale Korntemperatur von 62° C gemessen wurde. Die Triebkraft läßt allerdings bereits bei Lufttemperaturen von 70° C etwas nach. Es sei daran erinnert,

Tabelle 7: Beeinflussung der Backfähigkeit bei der Trocknung „naturfeuchten Getreides“ mit verschiedenen Trocknungstemperaturen  
Weizen

| Versuch      | Lufttemp.<br>°C | Feuchtkleber<br>Teigruhe |      | Quellzahl<br>Teigruhe |     | Maltose<br>% | Säuregrad | Kurzbezeichn.<br>nach Sydow | Mischwert |
|--------------|-----------------|--------------------------|------|-----------------------|-----|--------------|-----------|-----------------------------|-----------|
|              |                 | ohne                     | 1 h  | ohne                  | 1 h |              |           |                             |           |
| ungetrocknet |                 | 17,7                     | 19,6 | 14                    | 7   | 2,0          | 71,05     | B 2 - 3 b p                 | 40 %      |
| 26           | 60              | 18,4                     | 20,2 | 16                    | 10  | 2,0          | 70,45     | B 2 b h p                   | 70 %      |
| 27           | 70              | 18,2                     | 20,6 | 15                    | 10  | 1,8          | 70,85     | B 2 b p                     | 70 %      |
| 28           | 80              | 16,9                     | 19,0 | 20                    | 13  | 1,9          | 70,65     | A 3 b h p                   | 50 %      |

### Roggen

| Versuch      | Lufttemp.<br>°C | Amylo-<br>Einheiten | nach min |        | Säuregrad | Kurzbezeichn.<br>nach Sydow | Mischwert |
|--------------|-----------------|---------------------|----------|--------|-----------|-----------------------------|-----------|
|              |                 |                     | bei °C   | bei °C |           |                             |           |
| ungetrocknet |                 | 185                 | 28,8     | 65     | 66,30     | RA 2 p                      | 100 %     |
| 29           | 60              | 210                 | 30,8     | 65     | 67,75     | RA 2 p                      | 100 %     |
| 30           | 70              | 225                 | 28,9     | 67     | 67,55     | RA 2 p                      | 100 %     |
| 31           | 80              | 200                 | 29,7     | 67     | 67,35     | RA 2 p                      | 100 %     |

daß auch die Versuche mit ongefuehtetem Roggen eine auffallende Verbesserung der Keimfähigkeit ergaben. Die Ergebnisse der Backfähigkeitsuntersuchungen (Tabelle 7) zeigen in keinem Fall eine Verschlechterung der Backeigenschaften durch die Trocknung. Zwar nimmt bei Weizen die Klebermenge geringfügig ab, dafür wird jedoch die Qualität des Klebers besser. Es wird bei diesen Ergebnissen besonders deutlich, daß bei der Warmlufttrocknung von Getreide sein Verwendungszweck zu berücksichtigen ist.

Sprenger [10] gibt für die Warmlufttrocknung von Getreide zulässige Höchsttemperaturen an, die für alle Fälle gültig sein sollen, daher einen verhältnismäßig großen Sicherheitsfaktor einschließen müssen. Die hier durchgeführten Versuche zeigen jedoch, daß es bei Verwendung eines Gegenstromtrockners mit gleichmäßigem Gutsfluß und eindeutiger Luftführung möglich ist, diesen Sicherheitsfaktor zu verringern und damit durch Anwendung höherer Temperaturen die Wirtschaftlichkeit der Getreidetrocknung wesentlich zu ver-

bessern. Allerdings muß dabei eine sorgfältigere Überwachung des Trocknungsprozesses, als dies bisher üblich ist, verlangt werden.

#### Schrifttum:

- [1] H. L. Wenner: Die Voraussetzungen für die Lagerung und Belüftung von feucht geerntetem Getreide. Berichte über Landtechnik Heft 45, Walfratshausen 1955.
- [2] O. F. Theimer: Aktuelle Probleme in der Lagerungs- und Lüftungstechnik von Getreide. Die Mühle 92 (1955) 28.
- [3] H. Bungartz: Erfahrungen mit modernen Trocknern. Getreide und Mehl 5 (1955) 10.
- [4] H. J. Hoffmann: Primitivtrocknung oder Schnelltrocknung von Getreide? Die Mühle 92 (1955) 34.
- [5] Neumann-Pelshenke: Brotgetreide und Brot. Berlin 1954.
- [6] R. von Sybel: Die Getreidetrocknung unter Wärmezufuhr durch Strahlung. Landtechn. Forschung (voraussichtl. H. 4/1955).
- [7] W. Schäfer: Über das Verhalten des Weizenkornes bei der Konditionierung. Diss. Braunschweig 1953.
- [8] W. Müller: Verdunstung und Wärmeübergang beim Getreidetrocknen. Diss. Zürich 1943.
- [9] N. Dietrich: Die Warmlufttrocknung von naturfeuchtem und künstlich befeuchtem Weizen-Einzelkorn. Diss. München 1955.
- [10] J. J. I. Sprenger: Graandrogen en Graandrogers. Wageningen 1948.

## Résumé:

*Dipl.-Ing. H. Hege: „Untersuchungen an einem Gegenstrom-Schacht-Trockner für Getreide.“*

*Der Verfasser behandelt zunächst die Vor- und Nachteile der drei möglichen Trocknungsverfahren: Querstrom-, Gleichstrom- und Gegenstromtrocknung. Dabei ergibt sich der Gegenstrom als das günstigste Verfahren, da es im Hinblick auf Keim-, Back- und Mahlfähigkeit bessere Ergebnisse erwarten läßt. Nach einer Beschreibung der Versuchsanordnung werden die Ergebnisse der Trocknungsversuche mit angefeuchtem und mit „naturfeuchtem“ Getreide mitgeteilt, die sich auch auf Veränderungen der Keim- und Backfähigkeit erstrecken. Die Versuche zeigen, daß bei der Gegenstromtrocknung höhere Temperaturen zulässig sind als von Sprenger für die Warmlutrocknung allgemein angegeben wurden. Voraussetzung dafür ist eine sorgfältige Überwachung des Trocknungsprozesses.*

*Dipl.-Ing. H. Hege: — „Investigations on a Contra-flow Grain Dryer.“*

*The article opens with a discussion of the advantages and disadvantages of the three methods of grain drying, viz.:— cross currents, direct air currents and contra-flow air currents. The contra-flow system is determined as being the most suitable, since its application results in the grain having superior germinating, grinding and baking qualities. A description of the tests made is followed by a statement of the results obtained with artificially moistened and with naturally moist grain. The germinating and baking qualities of the grains are also investigated. The results of the tests show that when the contra-flow method is used higher air temperatures as compared to those cited by Sprenger are permissible. However, the whole drying process must be carefully controlled.*

*Dipl.-Ing. H. Hege:*

*«Essais de séchage de grains de céréales entrepris sur un séchoir à tunnel à contre-courant.»*

*L'auteur traite d'abord des avantages et des inconvénients de tous les systèmes de séchoir possibles: à courant dans le même sens, à courant transversal et à contre-courant. Il en tire la conclusion que le système à contre-courant est le système le plus avantageux étant donné qu'il donne les résultats les meilleurs en ce qui concerne le comportement des grains lors de la germination, de la cuisson et de la mouture. Après avoir mentionné les conditions techniques des essais, l'auteur indique les résultats des essais entrepris, d'une part, sur des grains mouillés artificiellement et, d'autre part, sur des grains à leur état d'humidité naturelle. Les essais sont étendus au contrôle des modifications des qualités de germination et de cuisson. Les essais montrent que le séchage à contre-courant permet l'application de températures plus élevées que Sprenger ne les a fixées pour le séchage à l'aide d'air préchauffé. Il est cependant nécessaire de surveiller soigneusement le procédé de séchage.*

*Ing. dipl. H. Hege: «Investigaciones en un secador de contracorriente en forma de pozo.»*

*El autor trata en primer lugar de las ventajas y de los inconvenientes de los tres procedimientos de secado con aire: El secado con corriente transversal, corriente en el mismo sentido y corriente en sentido opuesto. Resulta que este último procedimiento es el más favorable, ya que se pueden esperar de él mejores condiciones germinativas, de molienda y de panificación. Después de describir el orden de los ensayos, se citan los resultados conseguidos con cereales humedecidos y con cereales de humedad natural, incluyéndose los cambios observados en las condiciones germinativas y las de panificación. Los ensayos han demostrado que pueden emplearse en el secado de contracorriente temperaturas más elevadas que las dadas por Sprenger para el secado con aire caliente en general. Es desde luego condición indispensable una vigilancia estrecha del proceso de secado.*

Dr. H. von Eickstedt, Mexiko:

## Schädlingsbekämpfung in tropischen Feldkulturen

Der Aufwand an Insektiziden ist in Feldkulturen warmer Gebiete unvergleichlich viel höher als auf gleichen Flächen in Europa. Vor allem ist die intensive Baumwollkultur in USA und Lateinamerika einer der größten Insektizidkonsumenten, da sie in den regenreichen Tropen bis zu 30 mal je Vegetationszyklus mit wirtschaftlichem Erfolg behandelt wird. In Salvador sind sogar 36 Insektizidanwendungen im Jahr durchaus keine Seltenheit.

Bei einem so hohen Aufwand an Insektiziden in Feldkulturen — allein Mexiko mit 1 Million ha Baumwolle verbraucht jährlich 100 000 t an Stäubepreparaten — deren Verkaufswert auf dem amerikanischen Kontinent mehrere 100 Millionen \$ im Jahr beträgt, ist es naheliegend, daß durch eine sachgemäße Bekämpfung nicht nur erhebliche Werte gespart werden, sondern auch der Erfolg und damit gleichzeitig der Ertrag der Kulturen erhöht werden können. Es soll daher versucht werden, einen Überblick über die wichtigsten Geräte und ihre Arbeitsweise zu geben, die heute zur Ausbringung von Insektiziden in den Feldkulturen warmer und tropischer Zonen zum Einsatz kommen.

### Stäubegeräte

#### Tragstäuber

Die in Deutschland in ihrer Wirkungsweise hinreichend bekannten Tragstäuber werden vor allem in Ländern mit niedrigem Lohnniveau wie Lateinamerika noch häufig benutzt. Da die meisten Feldkulturen in Reihen angebaut werden, hat sich von den Traggeräten der Turbostragstäuber besonders eingeführt. Durch seinen kontinuierlichen Luftstrom ermöglicht er eine gleichmäßigere Bestäubung der Nutzpflanzen als Balgstäuber mit intermittierendem Luftausstoß. Häufig werden Turbostragstäuber mit zwei Düsen versehen, um entweder zwei Reihen gleichzeitig oder eine Pflanzenreihe von zwei Seiten bestäuben zu können.

#### Motortragstäuber

Dieser Gerätetyp, der als eine Weiterentwicklung des Turbostragstäubers mit Handbetrieb betrachtet werden kann, hat in den letzten Jahren erheblich an Bedeutung gewonnen. Man findet Rückengeräte für eine Person, bei denen das zusätzliche Gewicht und die Vibration des Benzinmotors manchmal