

wenn Untergrößen, Erde und Feinkraut durch eine Maschine abgeschieden werden und die Stein- und Klutentrennung durch eine automatische Trennanlage erfolgt. Im Anschluß daran werden die Kartoffeln über stationäre Fördererlemente eingelagert. Mit dem in der Entwicklung befindlichen Maschinensystem wird den Forderungen der Direkteinlagerung von Speisekartoffeln weitestgehend entsprochen werden können.

Für die Ein- und Auslagerung sowie für die Vermarktung muß bei neuen Angebotsprojekten und bei der Rationalisierung vorhandener Anlagen der Grundsatz verwirklicht werden, die Anzahl der Fallstufen zu senken. Die Fallhöhe sollte 40 cm nicht überschreiten. Dazu sind neue Lösungen insbesondere bei der Fördertechnik erforderlich. Wir denken dabei an die Bereitstellung von abknickbaren Förderbändern zur Verringerung der Fallstufen und von Förderbändern mit umlaufender Seitenbegrenzung, um eine ruhige Lage der Knollen während des Förderprozesses zu gewährleisten.

Außerdem sind auch dringend weitere Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zum Problem der Vermarktungstechnik erforderlich. Wir denken dabei beispielsweise an solche Probleme wie die biologische und technische Lösung des Wasch- und Abtrocknungsprozesses von Kartoffeln, die für das Abpacken vorgesehen sind. Den Verbrauchern sollten auch kleinere Abpackgrößen (etwa 3 kg) zur Verfügung gestellt werden. Weiterhin sollten die Möglichkeiten geprüft werden, um den Verbrauchern zum Wochenende geschälte Kartoffeln in Kleinabpackungen (1 kg) anzubieten. Um die Arbeitsproduktivität insbesondere beim Nachputzen geschälter Kartoffeln zu steigern, ist es notwendig, daß ein Verleseautomat entwickelt und produziert wird, der es ermöglicht, den Aufwand an lebendiger Arbeit zu reduzieren. Dabei könnte von der Überlegung ausgegangen werden, daß der Verleseautomat vor dem Nachputzprozeß eine Klassifizierung in der Weise vornimmt, daß geschälte Kartoffeln, die nicht nachgeputzt werden müssen, direkt zum Abpacken gehen, Kartoffeln mit relativ geringen Schalenresten den Nachputzbändern zugeleitet werden und Kartoffeln mit hohen Schalenresten (nicht nachputzwürdig) nochmals in die mechanischen Schälmaschinen gelangen.

Die angeführten Beispiele sind nicht vollständig. Es sollte damit unterstrichen werden, daß bezüglich der Aufbereitungs- und Vermarktungstechnik Forschungs- und Entwicklungsarbeiten dringend notwendig sind.

4. Optimale Gestaltung und Bedienung des Belüftungssystems

Aus der Analyse der Lagerverfahren wurde deutlich, daß die Sektionslagerung in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen hat. Das Ziel der Sektionslagerung — ob in loser Schüttung oder in Paletten — besteht darin, die jeweilige Partie entsprechend ihren Anforderungen zu belüften. Das sollte auch beim Bau neuer Anlagen berücksichtigt werden.

Das Lüftungssystem ist das Herzstück jeder Lageranlage. Voransgesetzt, daß Kartoffeln in guter Qualität eingelagert werden, ist die Qualitätserhaltung und die Rentabilität der Bewirtschaftung von der Qualität des Lüftungssystems und seines Einsatzes abhängig.

Es kann eingeschätzt werden, daß die Lagerbestände im Jahre 1973/74 in den meisten Fällen eine wesentlich bessere Qualität aufweisen, als in den vergangenen Jahren. Die Ursachen dafür sind die verbesserte Qualität der Kartoffeln, die zur Einlagerung gelangten und die sachgerechtere Bedienung der Lüftungsanlagen.

Trotzdem ist das Optimum noch lange nicht erreicht. Während es in der Pflanzenproduktion darum geht, durch die Einhaltung aller agrotechnischen und phytosanitären Forderungen die Qualität des Ernteproduktes im Interesse einer besseren Lagereignung zu verbessern, steht vor den Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen u. a. die Aufgabe, weitere fundierte Grundlagen für die Erhöhung des Wirkungsgrads der Lüftung zu schaffen. Im Ergebnis dieser Arbeiten muß den Bewirtschaftern eine anwendungsreife Lösung zur Gestaltung des Lüftungssystems und seiner sach- und fachgerechten Bedienung bereitgestellt werden.

Welche Wege sollten dabei beschritten werden?

- Die Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen sollten vorrangig entsprechende theoretische Grundlagen erarbeiten und verstärkt praxisverbundene Versuche und Überprüfungen durchführen
- die Erfahrungen der Sowjetunion und der anderen sozialistischen Bruderländer müssen umfassend genutzt werden
- Einsatz von BMSR-Technik zur Automatisierung der Lüftung mit dem Ziel, subjektive Momente bei der Bedienung der Lüftung auszuschließen und die Arbeitsproduktivität zu erhöhen
- Intensivierung der sozialistischen Gemeinschaftsarbeit zwischen Praxis und Forschung.

A 9547

Klimatische Grundlagen und ihre Nutzung für die Lüftung von Kartoffeln

Dr. rer. nat. E. Einsle, KDT, Ingenieurbüro für Lagerwirtschaft Obst, Gemüse, Speisekartoffeln, Groß Lüsewitz

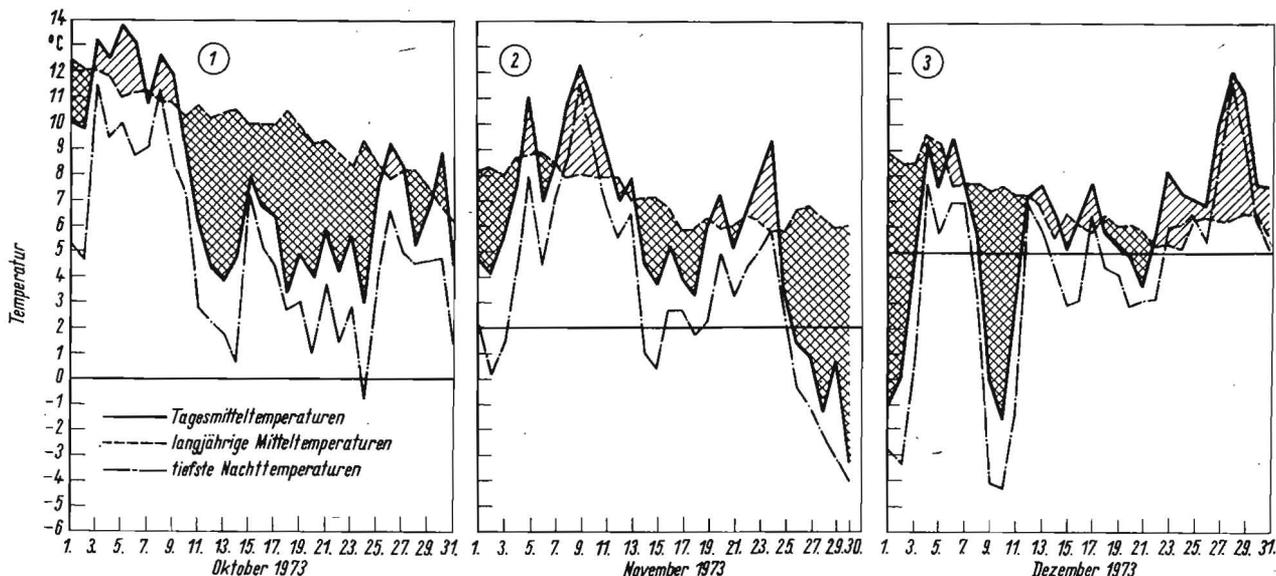
In unseren Lagerhäusern werden die Kartoffeln ausschließlich im Normlager gelagert. Bei dieser Form der Lagerung können die Temperaturen und die Luftfeuchte im Stapel nur durch die Lüftung beeinflußt bzw. reguliert werden. Die Einhaltung der für die Lagerung festgelegten optimalen klimatischen Parameter während der verschiedenen Lagerphasen sind somit vom Witterungsverlauf und vom richtigen Betätigen der Lüftungsanlage abhängig.

Im langjährigen mittleren Witterungsablauf gibt es Zeiten, die zu besonders auffälligen Wettererscheinungen neigen, d. h. Perioden mit verhältnismäßig starker Erwärmung stehen solche mit größerer Abkühlung und Perioden mit großer Niederschlagsneigung stehen solche mit verhältnismäßig großer Trockenheit gegenüber. Diese Zeiten, die zu einem auffälligen Witterungsablauf neigen, nennt man Witte-

rungsregelfälle oder Singularitäten. Diese Singularitäten lassen sich gut an einer langjährigen mittleren Jahreskurve der Temperatur nachweisen.

1. Lufttemperaturen

Vergleicht man nun diese langjährigen mittleren Temperaturen mit den in den letzten Jahren tatsächlich aufgetretenen Temperaturen, so findet man selten eine gute Übereinstimmung. An einem Beispiel sollen die Abweichungen der Lufttemperatur in der Zeit von Oktober 1973 bis Februar 1974 vom langjährigen Mittelwert gezeigt werden. Aus Bild 1 ist zu erkennen, daß die erste Oktoberdekade gegenüber den langjährigen Mittelwerten etwas zu warm war, während die beiden letzten Dekaden des Monats zum Teil wesentlich zu kalt ausgefallen sind.



Bilder 1 bis 5. Abweichungen der mittleren Tagesmitteltemperaturen von den langjährigen Mittelwerten

Der Monat November 1973 war, wie Bild 2 zeigt, in einigen Abschnitten zu kalt bzw. zu warm. Besonders am Monatsende traten an einigen Tagen Mitteltemperaturen auf, die unter dem Gefrierpunkt lagen.

In der ersten Dekade des Monats Dezember 1973 (Bild 3) gab es Tage, die wesentlich zu kalt waren, wobei die Tagesmitteltemperaturen bis zu minus 6 Grad unter dem Gefrierpunkt lagen. Während der zweiten Dekade schwankten die Tagesmitteltemperaturen annähernd um den Normalwert. In der letzten Dekade stiegen die Tagesmittelwerte stark an und lagen teils bis zu 6°C über den langjährigen Mittelwerten.

Wie man aus Bild 4 erkennen kann, war der Monat Januar 1974 wesentlich zu warm. Es wurden Tagesmitteltemperaturen erreicht, die 8°C über den Normalwerten lagen.

Auch im Monat Februar (Bild 5) zeigt sich ein ähnliches Bild. Dieser Monat war gegenüber den langjährigen Mittelwerten wesentlich zu warm. Es konnten Tagesmittelwerte erreicht werden, die etwa um 10°C über den Normalwerten lagen.

2. Aufnahmevermögen der Luft für Wasserdampf

Wasserdampf kommt in der Atmosphäre in ständig wechselnden Mengen vor. Die Aufnahmefähigkeit der Luft für Wasserdampf ist aber beschränkt und von ihrer Temperatur abhängig. Je höher die Temperatur der Luft ist, desto mehr Wasserdampf vermag sie aufzunehmen, d. h. warme Luft

kann bedeutend mehr Wasserdampf enthalten, selbst dann, wenn sie für unser Gefühl trocken erscheint. Bei niedrigen Temperaturen ist dagegen das Aufnahmevermögen für Wasserdampf nur gering. Der Feuchtegehalt ist auch dann sehr klein, wenn wir kalte Luft als feucht empfinden. Deshalb ist es nicht angebracht, die Lüftung gefühlsmäßig vorzunehmen, sondern man sollte sich diesbezüglich auf Meßwerte stützen.

Enthält die Luft die ihrer Temperatur entsprechende Höchstmenge an Wasserdampf, dann ist sie gesättigt.

Tafel 1 enthält die Höchstmenge

Wasserdampf in $\frac{\text{g Wasserdampf}}{\text{kg trockene Luft}}$ sowie den

Wärmeinhalt ausgedrückt in $\frac{\text{kcal}}{\text{kg trockene Luft}}$ und

$\frac{\text{kcal}}{\text{m}^3 \text{ trockene Luft}}$ der Luft

bei verschiedenen Temperaturen.

Es zeigt sich, daß bei hohen Temperaturen die größten Mengen Wasserdampf und bei den niedrigsten Werten die geringsten enthalten sind.

Nach Eintritt des Sättigungsgrades ist jede weitere Aufnahme von Wasserdampf unmöglich.

Tafel 1. Höchstmenge Wasserdampf und Wärmeinhalt der Luft bei verschiedenen Temperaturen

°C	g Wasserdampf	kcal	kcal
	kg trockene Luft	kg trockene Luft	m ³ trockene Luft
25	20,0	18,0	23,3
20	14,8	13,8	17,8
15	10,7	10,0	12,9
10	7,7	7,0	9,1
5	5,5	4,5	5,8
0	3,8	2,2	2,8
-5	2,5	0,2	0,3

Kühlt sich gesättigte Luft ab, so kann sie nur noch eine geringe Menge von Wasserdampf halten, der Überschuß wird bei Temperaturen über dem Gefrierpunkt flüssig in Form von Wassertröpfchen als Nebel ausgeschieden.

Erwärmt man gesättigte Luft, so kann sie eine größere Menge Wasserdampf aufnehmen. Diese Tatsache ist auch die Grundlage dafür, daß die Abtrocknung der Kartoffeln mit kälterer Außenluft im Vergleich zur Stapeltemperatur die günstigste und erfolgreichste Belüftungsform ist.

3. Berechnen der Lüftungsdauer

Der Wärmeinhalt der Kartoffeln beträgt 0,81 kcal/kg·grd. Betrachtet man eine Sektion von 600 t Kartoffeln, so

beträgt der Wärmeinhalt bei einer Stapeltemperatur von 13 °C 6318000 kcal. Will man die Stapeltemperatur nur um 1 grd senken, so müssen 486000 kcal abgeführt werden.

Bei einer Luftzufuhr, die in den meisten Anlagen 40 m³/t·h beträgt, läßt sich theoretisch leicht die Lüftungsdauer berechnen, die notwendig ist, um die Temperatur des Stapels um 1 grd zu senken.

Vergleicht man die berechnete Lüftungszeit mit der in der Praxis beobachteten Lüftungsdauer, die allgemein zwischen 8 und 15 Stunden liegt, so kann gesagt werden, daß eine gute Übereinstimmung besteht.

4. Schlußfolgerungen

Wie aus dem Temperaturverlauf, besonders der Monate Januar und Februar, zu entnehmen war, traten während dieser Zeit niedrige Temperaturen, die für die Lüftung von Kartoffeln notwendig sind, selten auf. Deshalb wurden im letzten Winter an den Lüftungswart hohe Anforderungen gestellt, die noch möglichen optimalen Klimaverhältnisse maximal zu nutzen.

Da nun warme Winter immer wieder einmal auftreten können, können in Zukunft nur über den Einsatz von Regelschranken die Klimaverhältnisse der Atmosphäre optimal genutzt werden.

A 9548

Untersuchungsergebnisse zur Wärme- und Stoffabgabe in Kartoffelschüttungen und Folgerungen für die Lüftung in Lageranlagen

Dr.-Ing. K. Bathke, Ingenieurbüro für Energetik in der Landwirtschaft, Rostock

Für eine verlustarme Lagerung pflanzlicher Produkte ist es notwendig, Klima und zugeführte Luftmenge zu optimieren. Voraussetzungen dafür sind gesicherte Kenntnisse über grundlegende Vorgänge des Wärme- und Stoffaustausches zwischen dem Lagergut und der umgebenden Luft. Zu diesem Zweck wurden am Ingenieurbüro für Energetik in der Landwirtschaft (IfEL) in Sievershagen seit 1969 experimentelle und theoretische Untersuchungen an zwangsbelüfteten Kartoffelschüttungen durchgeführt /1/ /2/. Insbesondere sollten Berechnungsgrundlagen geschaffen

werden, mit deren Hilfe die Einflüsse von Luftzustand und -menge auf die Lagerverluste in einer durchströmten Schüttung quantitativ eingeschätzt werden können. Dabei sind vereinfachende Annahmen über das Lagergut und über die Art der Belüftung unumgänglich. So wurden von jeher bestimmte biologische Einflüsse auf die Lagerverluste (z. B. durch Fäulnis) bewußt aus den Betrachtungen ausgeklammert.

Literaturhinweise zur vorliegenden Problematik werden in /1/ /2/ und besonders in /3/ gegeben.

Verwendete Formelzeichen

\dot{m}	auf das Lagergut bezogene (spezifische) zeitlich abgegebene Stoffmenge in g/t·h (Schwund)
\dot{q}	spezifische zeitlich abgegebene Wärmemenge in kcal/t·h
α	Übergangskoeffizient für Wasserdampf in kg/m ² ·h
a	auf das Schüttvolumen bezogene freie Oberfläche des Schüttguts in m ⁻¹
s	Schüttdichte in t/m ³
h	Schütthöhe in m
\dot{V}	spezifischer Luftdurchsatz in m ³ /t·h
t	Lufttemperatur in °C
φ	relative Luftfeuchte in Prozent
i	Luftenthalpie in kcal/kg
x, x'	absolute Feuchte, Sättigungsfuchte in g/kg
z	Ortskoordinate

Indizes

E, A	Eintritt, Austritt der Schüttung
W	Wasser
Tr	Trockensubstanz
CO ₂	Kohlendioxid
C	Kohlenstoff
ges.	insgesamt

1. Beziehungen der Wärme- und Stoffabgabe in einer belüfteten Schüttung

Während der Lagerung gibt das Gut Atmungswärme und Substanz (H₂O und CO₂) an die umgebende Luft ab. Der dadurch verursachte Schwund setzt sich zusammen aus:

— Atmungsverlusten durch Stärke- bzw. Zuckerabbau (Trockensubstanzverluste \dot{m}_{Tr})

— Verdunstungsverlusten, die den Hauptanteil am Schwund ausmachen (\dot{m}_W).

Wird das bei der Atmung frei werdende Wasser zu den Verdunstungsverlusten (\dot{m}_W) gerechnet und berücksichtigt, daß die Kartoffel Sauerstoff aufnimmt, so liefert von den Atmungsverlusten nur der reine Kohlenstoff einen Beitrag zum Gesamtschwund (\dot{m}_{ges}):

$$\dot{m}_{ges} = \dot{m}_C + \dot{m}_W \quad (1)$$

1.1. Atmungswärme und Trockensubstanzverluste

Wird vereinfachend angenommen, daß Atmungswärme und CO₂ vollständig an die Luft abgegeben werden, so erhält man