

sprechende Sorten- und Partienauswahl für die Langzeitlagerung wurde festgelegt. So konnte mit diesen Partien die Versorgung mit altertigen Kartoffeln jährlich bis nach dem 15. Juli gesichert werden (Tafel 1). Mit der laufenden Entnahme wurde eine qualitätsgerechte Auslagerung bewirkt. Eine zwischenzeitliche Aufbereitung einzelner Partien wurde vermieden. Für die Anschlußversorgung standen in den vergangenen sechs Jahren bis zum 30. Mai noch 47 bis 2141 t, bis zum 30. Juni noch 27 bis 1570 t und bis zum 15. Juli noch 10 bis 101 t im Lager zur Verfügung (Tafel 1).

Die Knollen zeigten geringen Wasserverlust. Die noch relativ gute Turgeszenz hat die Aufbereitung und Vermarktung quantitativ und qualitativ gefördert. In keinem Lagerabschnitt wurde eine Temperaturerhöhung der zur Aufbereitung anstehenden Partien vorgenommen bzw. für notwendig erachtet. Mit einem durchschnittlichen Masseverlust-

Tafel 2. Masseverluste in der ALV-Anlage Strasburg

Lagerperiode	Einlagerungsmasse	Anteil der Futterkartoffeln %	Masseverluste %
1979/80	5 166	59,4 (absatzbedingt)	10,0
1980/81	3 347	18,1	24,5
1981/82	3 124	18,4	11,1
1982/83	3 334	19,6	11,5
1983/84	4 109	6,6	14,9
1984/85	3 425	25,5	4,7
$\bar{x}$	3 750		12,6

gebnis von 12,6% (Tafel 2) wurde der normale Schwund eingehalten. Nur in der Überlagerungsperiode 1980/81 wurden höhere Masseverluste ausgewiesen.

Im Jahr 1984 wurde bei einem Ertrag von 201,5 dt/ha in der Speisekartoffelproduktion

und bei den Überlagerungsergebnissen ein Kostensatz von 96,06% ermittelt. Die Selbstkosten betragen dabei 260 M/t Bruttoprodukt und 297 M/t Marktproduktion.

### Zusammenfassung

Seit über 5 Jahren werden in der DDR drei Kompaktbauten von ALV-Anlagen nach dem FKL-System erfolgreich bewirtschaftet. Durch giebelseitige Lukenanordnung beträgt die Lüftungstrecke 60 m und 81 m. Die ALV-Anlage Strasburg als Speisekartoffellager hat damit die Langzeitlagerung bis zur Anschlußversorgung realisiert.

### Literatur

- [1] Schierhorn, H.: 10 Jahre Anwendung der „Freien Konvektionslüftung“ – ein Lüftungsverfahren bei der Lagerung von Kartoffeln in Behältern ohne Einsatz von Ventilatoren. Nachrichtenblatt für den Pflanzenschutz in der DDR, Berlin 36 (1982) 9, S. 176–179. A 4728

## Zum Einfluß der Luftfeuchte auf das Lagerklima bei der Kartoffellagerung

Dipl.-Ing. T. Ringstaedt, KDT, Institut für Kartoffelforschung Groß Lüsewitz der AdL der DDR

### Verwendete Formelzeichen

a	$m^{-1}$	freie Oberfläche des Schüttguts je Volumenanteil
c	kJ/kg	spezifische Wärmekapazität
h	kJ/kg	spezifische Enthalpie
K	kg/t · h	Faktor
m	kg/h	Massestrom
m*	g/t · h	spezifischer Massestrom (Schwund)
Q	kJ/h	Wärmestrom
q	kJ/t · h	spezifischer Wärmestrom
r <sub>0</sub>	kJ/kg	spezifische Verdampfungswärme
t	°C	Temperatur
v	m <sup>3</sup> /t · h	spezifischer Volumenstrom (Luft-rate)
x	g/kg	absoluter Wassergehalt je kg trockener Luft
x'	g/kg	absoluter Wassergehalt bei Sättigung
φ		relative Feuchte
κ	kg/m <sup>2</sup> · h	Übergangskoeffizient für Wasserdampf
τ	h	Zeit, Zeitschritt
<b>Indizes</b>		
A		Außenluft, Ortspunkt
A'		Ortspunkt
E		Eintritt
K		Kartoffel
L		Luft
p		bei konstantem Druck
W		Wasser, Wasserdampf
Z		Zuluft
θ		Ortspunkt

### 1. Auswahl von geeigneten Luftzuständen

Die Ergebnisse vielfältiger Untersuchungen zum Lagerungsverhalten von Kartoffeln und dessen Beeinflussung durch Belüftungsmaßnahmen flossen in den Standard TGL 21240/04 [1] und in die Lüftungsempfehlungen für Speisekartoffel-Lageranlagen [2] ein.

Danach ist die Bestimmung zulässiger Luftzustände für die Lagerbelüftung nach verschiedenen Kriterien möglich:

- Temperaturdifferenzen
- Temperatur- und Feuchtedifferenzen
- Enthalpie- und Feuchtedifferenzen.

Im Mollier-h,x-Diagramm erscheinen die für Belüftungszwecke geeigneten Bereiche des Zuluftzustands als Flächen zwischen den oberen und unteren Grenzwerten (Bild 1), wobei für den Luftzustand im Stapel – gekennzeichnet durch den Ortspunkt θ – angenommen wird, daß die Temperatur gleich der Kartoffeltemperatur ist und nahezu Sättigungszustand vorliegt.

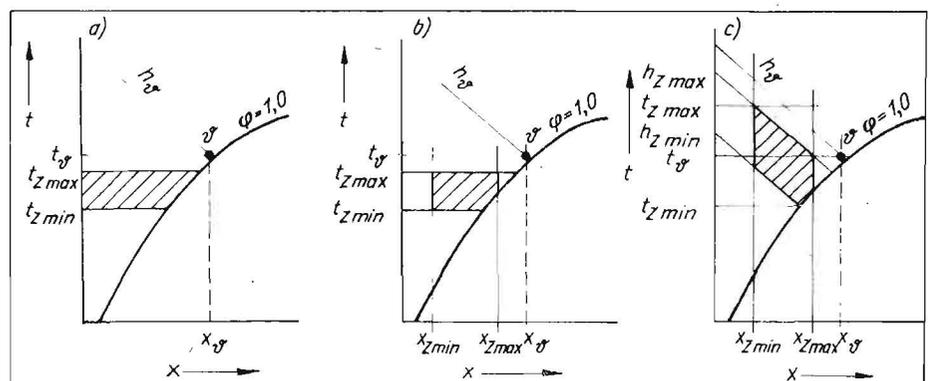
Es wird deutlich, daß unabhängig vom Auswahlkriterium nur Luftzustände für die Lagerbelüftung in Frage kommen, deren absoluter Wassergehalt kleiner als der der Stapelluft ist. Dadurch wird erreicht, daß der Übergang von Wasserdampf nur von den Kartoffeln an den Luftstrom und nicht umgekehrt erfolgen kann. Kondensation wird somit nur auftreten, wenn feuchte warme Luft mit kälteren Kartoffeln in Berührung kommt, also bei Luftzuständen oberhalb der zulässigen Grenzwerte und/oder bei unregelmäßigen Temperaturschichtungen im Stapel.

### 2. Außenluftzustand – Zuluftzustand

Die Einrichtungen der Luftförderung und Luftverteilung rufen im Luftstrom gegenüber dem Eintrittszustand Änderungen der Parameter Temperatur und Feuchte hervor.

Vom Ventilator wird an den Luftstrom eine bestimmte Wärmemenge übertragen, die zu einer Temperaturerhöhung führt. Günzel [3] gibt als Richtwerte in Abhängigkeit vom Ven-

Bild 1. Grenzbereiche für den Zuluftzustand;  
a) nach Temperaturdifferenzen  
b) nach Temperatur- und Feuchtedifferenzen  
c) nach Enthalpie- und Feuchtedifferenzen



Durch Belüftung bzw. Klimatisierung der Lagerräume ist während der Lagerung die Qualitätserhaltung der Bestände zu gewährleisten. Dazu gehört, daß Belüftungsmaßnahmen bei Notwendigkeit zum Erreichen geforderter Lagerklimazustände durchgeführt und unerwünschte Nebeneffekte – z. B. Kondensation oder übermäßiger Masseverlust – weitgehend ausgeschlossen werden müssen. Das setzt voraus, daß das Verhalten der Kartoffeln unter diesen Bedingungen bekannt ist und die Auswirkungen von Belüftungsmaßnahmen auf das Lagergut abgeschätzt werden können.

tilatortyp Temperaturerhöhungen von 0,3 bis 1,0 K an, wobei langsamlaufende Ventilatoren geringere Temperaturerhöhungen bewirken.

Leckströme an Regeleinrichtungen (Luftklappen) ermöglichen den Übergang von Falschlufteanteilen in den zu fördernden Luftstrom, wodurch Temperatur und Wassergehalt beeinflusst werden können (Bild 2).

Somit wird es erforderlich, daß zusätzlich zur Außenlufttemperatur und ggf. Außenluftfeuchte zumindest die tatsächliche Zulufttemperatur gemessen wird.

### 3. Wirkung von Temperatur und Wassergehalt der Luft auf das Lagergut

Alle durchzuführenden Belüftungsmaßnahmen haben das Ziel, die Enthalpie des Stapels zu beeinflussen.

Entsprechend der vorhandenen Differenz hinsichtlich Temperatur und Wassergehalt zwischen Luft und Stapel sowie dem Sättigungsdefizit der Luft stellt sich der Wärme- und Stoffaustausch ein. Die übertragbaren Wärmemengen setzen sich zusammen aus

- Wärmeabgabe der Kartoffeln infolge Respiration
- Anteil, der aufgrund der Temperaturdifferenz durch Konvektion übertragen wird
- Anteil, der durch das Verdampfen von abgeführtem bzw. entzogenem Wasser übertragen wird.

Somit kann die Wärmebilanz nach Gl. (1) aufgestellt werden:

$$Q = \dot{Q}_k + \dot{Q}_L + \dot{Q}_w$$

$$= \dot{q}_k \dot{m}_k + \dot{m}_L c_{p,L} \Delta t_L + \dot{r}_0 \dot{m}_w \quad (1)$$

Die anteilmäßige Temperaturänderung der Kartoffeln infolge von Wasserentzug (Schwund) beträgt

$$\Delta \vartheta (\dot{m}_w) = \vartheta + \Delta t \frac{r_0 \dot{m}_w^*}{c_k} \quad (2)$$

Die Größenordnung der mit dem Luftstrom abgeführten Wassermenge richtet sich nach dem Sättigungsdefizit der Luft, bezogen auf Lufttemperatur und Sättigungsfeuchte bei Lagerguttemperatur

$$\dot{m}_w^* = K [x'(\vartheta) - x_E] \quad (3)$$

$$K = f(\dot{V}_L; a; \kappa) \quad (4)$$

Ausgehend von dem für die o.g. Grenzbereiche maximal möglichen Sättigungsdefizit

$$\Delta x_{\max} = x'(\vartheta) - x_{E, \min} \quad (5)$$

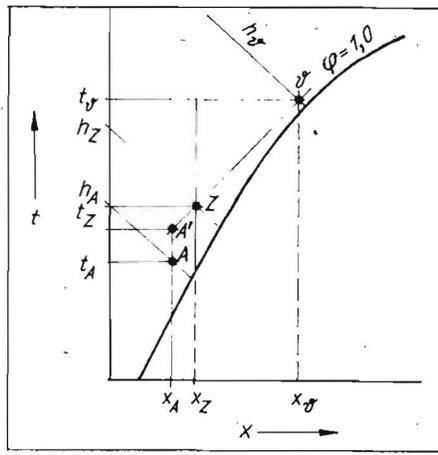


Bild 2. Außenluftzustand A und tatsächlicher Zuluftzustand Z; Einfluß der Wärmeabgabe des Ventilators A-A' und eines umluftseitigen Falschlufteanteils A'-Z

wird deutlich, daß mit höherer momentaner Lagerguttemperatur und steigender Lufttemperatur die luftungsbedingten Masseverluste spürbar ansteigen können.

Der Faktor K in Gl. (3) ist besonders abhängig vom Übergangskoeffizienten für Wasserdampf  $\kappa$ . Nach Untersuchungen von Bathke [4] können für K Werte in folgenden Bereichen erwartet werden:

$$K = 30 \dots 40 \text{ kg/t} \cdot \text{h (Einlagerungs- und Wundheilungsphase)}$$

$$K = 12 \dots 15 \text{ kg/t} \cdot \text{h (Hauptlagerungsphase)}$$

Dabei gelten die oberen Grenzwerte vorrangig für kleinausfallende Partien. Die Luft strebt beim Durchströmen des Lagerguts den Sättigungszustand an, wobei der Stoffübergang durch die Beschaffenheit des Lagerguts – ausgedrückt im Übergangskoeffizienten für Wasserdampf  $\kappa$  – zwar begrenzt, aber nicht unterbunden wird. Demzufolge sind alle Belüftungsmaßnahmen mit Wasserentzug aus dem Lagergut verbunden, solange der Luftstrom nicht den Sättigungszustand erreicht hat bzw. solange noch ein treibendes Gefälle  $x' - x_E$  vorhanden ist.

### 4. Schlußfolgerungen

Aus der angegebenen Wärmebilanz ist ersichtlich, daß die bei einer Belüftungsmaßnahme erreichbare Temperaturänderung des Lagerguts teilweise an den Stoffübergang – und damit an Masseverluste – gebunden ist. Das trifft besonders dann zu, wenn mit Luft geringer absoluter Feuchte belüftet wird. Solcherart bedingte Masseverluste treten vor allem in den zuerst von der Zu-

luft erreichten Schichten des Stapels auf, da hier die volle Feuchtedifferenz wirksam wird. Mit zunehmender Entfernung vom Eintrittspunkt steigt die absolute Feuchte der Luft, so daß beim Austritt zum einen fast Sättigungszustand vorliegt, zum anderen in diesen Abschnitten kaum noch luftungsbedingte Masseverluste auftreten.

Da die Temperaturänderung des Lagerguts vorrangig durch konvektiven Wärmeübergang erreicht werden soll; sind für Belüftungszwecke Zuluftzustände nahe der rechten Grenzkurve (vgl. Bild 1) bei genügend großer Temperaturdifferenz zwischen Luftstrom und Stapel besonders geeignet.

Dem Zustand des Lagerguts hinsichtlich Beschädigungsanteil, Fäulebelastung und -entwicklung usw. ist größte Aufmerksamkeit zu widmen. Gleichfalls sind durch sorgfältiges Messen aller notwendigen Temperatur- und Feuchtwerte Kondensationserscheinungen unbedingt zu vermeiden. Wird das nicht berücksichtigt, kann der Vorteil geringer Masseverluste durch Belüftung mit Luft hoher Feuchte sehr schnell durch vermehrte Fäuleausbreitung oder andere Qualitätseinbußen zunichte gemacht werden.

### 5. Zusammenfassung

Belüftungsmaßnahmen wirken durch konvektiven Wärmeübergang Kartoffel-Luft sowie durch Entzug und anschließendes Verdampfen von Wasser auf die Temperaturentwicklung des Stapels. Der dabei auftretende luftungsbedingte Masseverlust ist vom Sättigungsdefizit des Luftstroms abhängig. Soll der Wasserentzug während der Belüftung auf ein Minimum beschränkt bleiben, sind Lüftungsmaßnahmen mit Luftströmen großer absoluter Feuchte durchzuführen. Zur Verhinderung von Kondensation der Luftfeuchtigkeit an Lagergut muß die Enthalpie der zugeführten Luft kleiner sein als die des Stapels.

### Literatur

- [1] TGL 21240/04 Pflanzkartoffelproduktion; Lagerung in Lagerhäusern und Großmieten. VVB Saat- und Pflanzgut Quedlinburg. Aug. 1980.
- [2] Lüftungsempfehlung für Speisekartoffel-Lageranlagen. VEB Ingenieurbüro für Lagerwirtschaft OGS Groß Lüsewitz, 1981.
- [3] Günzel, W.: Zu Ergebnissen luftungstechnischer Messungen in Kartoffelstapeln der 10-kt-ALV-Anlagen. agrartechnik, Berlin 24 (1974) 7, S. 334-337.
- [4] Bathke, K.: Untersuchungsergebnisse zur Wärme- und Stoffabgabe in Kartoffelschüttungen und Folgerungen für die Lüftung in Lageranlagen. agrartechnik, Berlin 24 (1974) 7, S. 328-331.

A 4730

In achter, durchgesehener Auflage:

## Schmierungspraxis

Anleitungen für Meister und Schmierungsfachkräfte

Von Obering. Gerhard Schneider, Ing. Peter Pillwitz und Ing. Rolf Siebers. 252 Seiten, 136 Bilder, 29 Tafeln, Kunstleder, DDR 15,50 M, Ausland 19,50 DM. Im Fachbuchhandel erhältlich. Bestellangaben: 553 045 1/Schneider, Schmierung

Aus dem Inhalt: Grundlagen · Schmierstoffe · Altöle · Reibstellen · Schmierverfahren und Schmiereinrichtungen · Organisation der Schmierungspraxis · Verordnungen und Richtlinien · Hersteller- und Bezugsquellenverzeichnis.

**VEB VERLAG TECHNIK BERLIN**