

Drucklüftung, obwohl die Stapeloberfläche keine Qualitätsverschlechterung zeigt. Daher werden i. allg. die Sektionen mit Sauglüftung vor denen mit Drucklüftung ausgelagert, wenn es keine anderen Gründe gibt. Das mobile Kühlaggregat wurde deshalb auch bei der Drucklüftung eingesetzt.

Zum Lüftungssystem einer Sektion gehören 2 Lüfter LAN800, die als Saug- oder Drucklüfter an die Kanäle angeschlossen sind, sowie 2 weitere LAN800, die die Luft in den Raum über dem Stapel drücken bzw. sie aus diesem absaugen. Während die an den Kanälen angeschlossenen Lüftermotoren zu den festgehaltenen Zeiten immer liefen, war es bei den oberen beiden Lüftern LAN800 nicht immer der Fall (z. B. offene Tore).

Die extremen Abweichungen im Lüftungsaufwand je Lagertag (Tafeln 1 und 2) sind meist mit einer kurzen Lagerzeit gekoppelt. Ursachen dafür sind der Fäuleanteil, die äußeren Mängel oder der hohe Besatzanteil in der Lagerware. Bedienungsfehler am Einlagerungsgerät beeinflussen ebenfalls die Haltbarkeit der Kartoffeln im Winterlager.

Ein wesentlicher Grund für die Umrüstung auf Rohrlüftung war auch die Erhöhung der Lagerkapazität. Das Volumen der Lüftungskanäle verringert sich um 58 m^3 je Sektion (Drucklüftung) bzw. 27 m^3 je Sektion (Sauglüftung). Dadurch und bei Nutzung aller Möglichkeiten beim Bedienen des Einlagerungsgeräts „Marzahna“ konnte die Lagerkapazität des Winterlagers um $1\,500 \text{ t}$ ($\approx 15\%$) erhöht werden.

Aus arbeitswirtschaftlicher Sicht sind mit der Umstellung auf Rohrlüftung ebenfalls Vorteile verbunden. Die einzelnen Rohrabchnitte können mit dem Gabelstapler entfernt werden, und auf der gesamten Breite ist ein maschinelles Auslagern möglich. Bei der Entnahme der Kartoffeln mit dem Auslagerungsgerät (Eigenbau) brauchen die Rohre nicht mehr entfernt zu werden. Mit relativ geringem Handarbeitsaufwand wird der Inhalt einer Sektion auf der ganzen Breite kontinuierlich ausgelagert.

Mit der Erhöhung der Lagerkapazität um 15% durch die betriebliche Rationalisierung

konnten Investitionsmittel für die Erweiterung der ALV-Anlage bzw. die Kosten für umfangreiche Frühjahrszuführungen eingespart werden. Die Kosten für die Umrüstung von 16 Sektionen betragen rd. $250\,000 \text{ M}$. Der jährliche Nutzen der Rohrlüftung wurde mit rd. $15\,000 \text{ M}$ kalkuliert, ohne die eingesparten Investitionen für eine Erhöhung der Lagerkapazität zu berücksichtigen (Preisbasis 1980).

Probleme

- Die ausgewerteten Ergebnisse sind Praxiswerte, d. h., es wurden keine gezielten Untersuchungen mit Vergleichsvarianten angestellt. Hierfür konnten auch nur die für den normalen Ablauf notwendigen Werte ausgewertet werden. Da die Gutachten über den Zustand der Lagerware erstellt werden, d. h. nach der manuellen Sortierung, können keine Aussagen über die Fäulebelastung der Rohware getroffen werden, die aber im Zusammenhang mit mechanischen Beschädigungen entscheidend sein können.

- Unter Berücksichtigung der o. g. für die Auslagerung bestimmenden Kriterien sind die Unterschiede zwischen der Saug- und Drucklüftung gravierender als zwischen der Rohrlüftung und der projektmäßigen Lüftung mit oberirdischen Lüftungskanälen (Lüftungsaufwand, Langzeitlagerung).

- Bisher war die Kühlung nur in Sektionen mit Drucklüftung möglich.

- Die unterschiedlichen Kartoffelsorten wurden in die Auswertung nicht mit einbezogen. Den Hauptanteil des Lagerguts nahm die Sorte ‚Adretta‘ ein. Es wurden aber auch die Kartoffelsorten ‚Salut‘ und ‚Bintje‘ oder Sortengemische aus Waggonzuführungen, wie z. B. in den Sektionen 1, 2, 3 und 10 im Jahr 1983 (Tafeln 3 und 4), gelagert.

Im Betriebsteil Klosterfelde (ALV-Anlage Typ Schönov, Lagerkapazität 10 kt , $1\,250 \text{ t}$ je Box) wurde zur gleichen Zeit der mittlere Luftkanal ebenfalls gegen zwei Rohrkannäle ausgetauscht. Der Abstand der Kanäle wurde so gewählt, daß das Einlage-

gerät in der Mitte der Box fahren kann.

Durch die bessere Nutzung des Lager-raums konnte auch hier die Lagerkapazität der ALV-Anlage um 500 t erhöht werden. Eine Auswertung des Lüftungsaufwands wurde bisher noch nicht in der Form wie in der ALV-Anlage Blumberg vorgenommen. Lüftungsmaßnahmen werden jedoch schneller als vorher wirksam.

Schlußfolgerungen

- Alle Sektionen des Kartoffellagerhauses Blumberg werden auf Rohrlüftung umgestellt.

- Die Betriebsart Sauglüftung wird in Drucklüftung verändert.

- Das zweite mobile Kühlaggregat wird für den Einsatz in den Sektionen 1 bis 8 des Kartoffellagerhauses Blumberg vorbereitet, die bisher in Saugluftbetrieb arbeiteten.

Zusammenfassung

Aus Gründen der Arbeitswirtschaft und der Erhöhung der Lagerkapazität wurde nach positiver Einschätzung einer versuchsweise mit Rohren umgerüsteten Sektion des Kartoffellagerhauses Blumberg die Hälfte der Lager-sektionen im Jahr 1981 auf Rohrlüftung umgestellt. Vom Lüftungsaufwand her sind die Unterschiede zwischen dem im Kartoffella-gerhaus Blumberg installierten System der Druck- und Sauglüftung größer als zwischen der Rohrlüftung und den projektmäßigen Lüftungskanälen. Es wurden keine gezielten Untersuchungen angestellt, sondern die Praxiswerte der Jahre 1981 bis 1984 verglichen.

Die beabsichtigte Verbesserung der arbeits-wirtschaftlichen Aspekte und die Erhöhung der Lagerkapazität wurden erreicht. Die restlichen Sektionen des Kartoffellagerhauses Blumberg werden ebenfalls noch umgestellt, gleichzeitig wird generell zur Drucklüftung übergegangen. Die Rückflußdauer der Investition beträgt weniger als 2 Jahre.

A 4426

Bemessungsgrundlagen für Rohrlüftung in Speisekartoffel-Sektionslagern

Dozent Dr. sc. techn. W. Maltry, KDT

Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

Verwendete Formelzeichen

p_{stat}	Pa	statischer Druck im Rohr	l	m	Wegkoordinate, beginnend an der Lüfterseite
p_{ges}	Pa	Gesamtdruck im Rohr	L	m	Rohrlänge
p_{dyn}	Pa	dynamischer Druck im Rohr	\dot{V}_L	m^3/s	Luftstrom des Lüfters
w_R	m/s	mittlere Luftgeschwindigkeit im Rohr	D_R	m	Rohrinnendurchmesser
ρ	kg/m^3	Luftdichte, zu $1,25 \text{ kg}/\text{m}^3$ angenommen	m_k	kg	Kartoffelmasse je Rohr
w_{R0}	m/s	Luftgeschwindigkeit am Rohranfang	\dot{V}_L	$\text{m}^3/\text{kg} \cdot \text{s}$	Luftrate
A_{R0}	m^2	Strömungsquerschnitt am Rohranfang	A_0	m^2	Querschnitt eines Rohrdurchbruchs
A_R	m^2	Strömungsquerschnitt bei der Wegkoordinate l	\dot{V}_0	m^3/s	Luftstrom durch einen Rohrdurchbruch
			α		Kontraktionskoeffizient, zu $0,8$ angenommen
			w_0	m/s	mittlere Luftgeschwindigkeit im Rohrdurchbruch

Gegenüber den projektgemäßen Trapezkanälen in den Sektionen der Aufbereitungs-, Lager- und Vermarktungsanlagen (ALV-Anlagen) vom Typ Blumberg haben aus Stahlrohren zusammengestellte Luftkanäle einige Vorteile, wie geringerer Platzbedarf, gleichmäßigere Luftverteilung, gute Handhabbarkeit und ganzflächige Befahrbarkeit der Sektionen, nachdem die Rohre abschnittsweise entnommen wurden. Zur richtigen Funktion der Rohre müssen jedoch ihre wichtigsten Abmessungen (Durchmesser, Länge, Durchbrüche) sorgfältig berechnet werden, wozu im Beitrag eine vereinfachte Methode dargelegt wird.

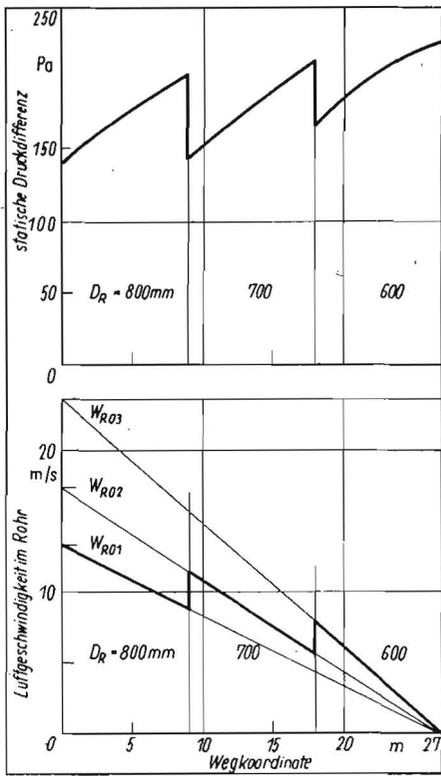
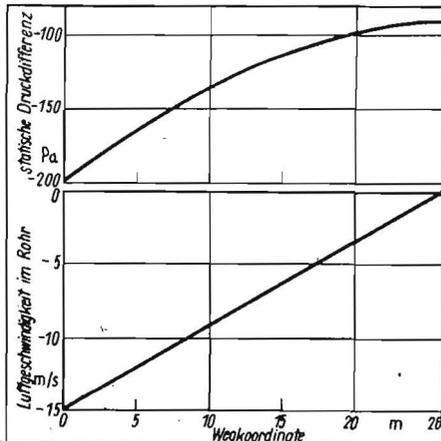


Bild 1. Statische Druckdifferenz und Luftgeschwindigkeit im Rohr bei ideal gleichmäßiger Luftverteilung längs eines Rohrs mit abgestuftem Durchmesser (Drucklüftung)

1. Problemstellung

In den Speisekartoffel-ALV-Anlagen Blumberg und Klosterfelde (Bezirk Frankfurt/Oder) wurden im Jahr 1980 hauptsächlich aus bewirtschaftungstechnischen Gründen die ursprünglich an den Sektionslängsseiten befindlichen Lattenrost-Trapezkanäle herausgenommen und durch ausgediente Rohre von Wasserfernleitungen ersetzt. Ziel dieser Maßnahme war, die Lagerkapazität je Sektion zu erhöhen sowie Einlagerung und Entnahme zu verbessern. Ferner wurde damit eine gleichmäßigere Luftversorgung über die Gesamtlänge der Sektion angestrebt. Der Gesamtdruck einer Luftströmung im Rohr setzt sich aus dynamischem und stati-

Bild 2. Statische Druckdifferenz und Luftgeschwindigkeit im Rohr bei ideal gleichmäßiger Luftaufnahme längs eines Rohrs mit einem gleichbleibenden Durchmesser von 800 mm (Sauglüftung)



schem Druck zusammen. Der statische Druck im Rohr ist weitgehend für den Teilluftstrom verantwortlich, der durch die jeweilige kleine Rohrdurchbruch-Querschnittsfläche in den Kartoffelstapel strömt. Der dynamische Druck hängt vor allem von der Geschwindigkeit der Luftströmung im Rohr ab. Eine grundlegende Forderung an die Rohrlüftung ist die ausreichend gleichmäßige Versorgung des Kartoffelstapels mit Luft von Rohranfang bis Rohrende. Möglichkeiten der Einflußnahme zur Erfüllung dieser Forderung bestehen in der Variation der Durchmesserabstufung längs der Sektion und in der sorgfältigen Bemessung der Luftaustrittsöffnungen längs der Rohre.

2. Druck- und Geschwindigkeitsverteilung im Rohr

Die Forderung nach gleichmäßiger Luftverteilung längs des Rohrs hat bei ihrer Erfüllung zur Folge, daß der Luftstrom im Rohr vom Anfang (\cong Lüfternähe) zum Ende (\cong Tor) gleichmäßig und linear bis auf den Wert Null abnimmt. Innerhalb von Rohrstücken mit jeweils gleichem Durchmesser nimmt folglich die mittlere Geschwindigkeit im Rohr linear mit dem Weg ab. Unter Vernachlässigung der in solchen Rohren vergleichsweise geringen Gesamtdruckverluste ergibt sich somit ein Verlauf des statischen Drucks, der sich im Rhythmus der Rohrabstufung sägezahnartig nach folgender Funktion verändert:

$$P_{\text{stat}} = P_{\text{ges}} - P_{\text{dyn}} = P_{\text{ges}} - \frac{W_{R0}^2 \rho}{2} \quad (1)$$

$$W_R = W_{R0} \frac{l}{L} \frac{A_{R0}}{A_R} \quad (2)$$

Auch bei der Rohrlüftung ist sowohl Drucklüftung (Lüftung im Stapel von unten nach oben) als auch Sauglüftung (Lüftung von oben nach unten) möglich. Die Kurven des statischen Drucks im Rohr unterscheiden sich für diese beiden Fälle prinzipiell (Bilder 1 und 2).

Um an allen Stellen des Rohrs je Meter Rohrlänge die gleichen Luftmengen austreten zu lassen, muß an den Stellen höheren statischen Drucks eine kleinere Öffnungsfläche je Meter Rohrlänge vorgesehen werden, als an Stellen niedrigeren statischen Drucks, wobei vereinfachend angenommen wird, daß allein die statische Druckdifferenz den durch einen Rohrdurchbruch aus- bzw. eintretenden Luftstrom bestimmt. Für den durch den Rohrdurchbruch strömenden Teilluftstrom wird eine Einschnürung auf 80 % der Öffnungsfläche berücksichtigt.

Zur Erzielung einer weitgehend gleichmäßigen Luftverteilung stehen die Rohre auf Füßen, wobei der lichte Abstand zum Fußboden und zur Seitenbegrenzung wenigstens dem Rohrradius entsprechen sollte. Die Rohrdurchbrüche sind an der Unterseite der Rohre anzubringen, damit sich die Luft in dem kleinen, von Kartoffeln freien Raum unter dem Rohr verteilen kann. An den Stößen der Rohrteile mit unterschiedlichem Durchmesser sollte ein relativ luftdichter Abschluß gewährleistet sein. Die gesonderte Berechnung des statischen Druckverlustes im Kartoffelstapel selbst rührt für die getroffenen Annahmen zu Werten unter 50 Pa. Zur Vereinfachung der Berechnung wurde deshalb angenommen, daß die um 50 Pa reduzierte

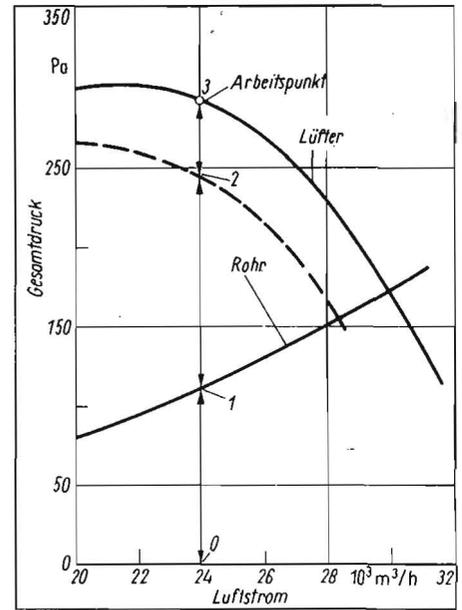


Bild 3. Lüfterkennlinie und Druckaufteilung für den Rohranfang; 0 bis 1 dynamischer Druck, 1 bis 2 statische Druckdifferenz, 2 bis 3 Druckverlust der Kartoffelschüttung

Kennlinie des Lüfters für die Überwindung der Strömungswiderstände von Rohr und Durchbrüchen gültig ist. Als einheitliche Luftdichte wurde der sich für eine Temperatur von 5°C und einen Druck von $100\,000\text{ Pa}$ ergebende Wert von $1,25\text{ kg/m}^3$ angenommen (Bild 3).

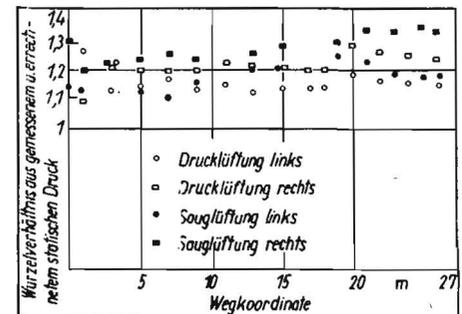
3. Berechnungsgleichungen

3.1. Drucklüftung

Für die Drucklüftung gilt die im Bild 1 oben dargestellte Verteilung des statischen Drucks längs des Rohrs.

Falls Rohre unterschiedlichen Durchmessers zur Verfügung stehen, sollte aus Gründen der Materialersparnis eine Abstufung vorgenommen werden. Die Längen der einzelnen Rohrstücke sind so zu bemessen, daß an ihrem jeweiligen Anfang die Anfangsgeschwindigkeit der Luft des ersten Rohrstücks nicht überschritten wird. Die Geschwindigkeitsgeraden bzw. ihre Verlängerungen schneiden die x-Achse am Ende des letzten Rohrstücks (Bild 1 unten). Die Lage der zu verschiedenen Durchmessern gehörenden Geschwindigkeitsgeraden ist für $l = 0$ unter der Annahme berechenbar, daß der gesamte Luftstrom durch das Rohr mit dem jeweiligen Durchmesser strömt:

Bild 4. Wurzelverhältnis aus gemessener und errechneter statischer Druckdifferenz für Drucklüftung und Sauglüftung in der ALV-Anlage Blumberg 1982



$$W_{\text{Rohr}} = \dot{V}_L / (D_{\text{Ri}}^2 \pi / 4) \quad (3)$$

$$l = 1 \dots 3$$

Zur Berechnung des Arbeitspunktes des Lüfters mit dem Rohrsystem ist die um die o. g. 50 Pa für die Stapeldurchströmung reduzierte Lüfterkennlinie $p_{\text{ges}} = f(\dot{V}_L)$ heranzuziehen. Der Luftstrom des Lüfters \dot{V}_L , der sich nach

$$\dot{V}_L = m_K \dot{V}_L \quad (4)$$

ergibt, führt im Bild 3 zum verfügbaren Gesamtdruck unmittelbar hinter dem Lüfter (Δ Arbeitspunkt). Ein besonderer Vorteil der Rohrlüftung ist bei Lüfterdurchmesser gleich Rohrdurchmesser des ersten Rohrstücks der stoßfreie Übergang zwischen Lüfter und Rohr. Bei Abweichungen dieser beiden Durchmesser voneinander müssen zusätzliche Verluste berücksichtigt werden. Die Linie des dynamischen Drucks am Rohranfang (Bild 3) schneidet die vorgesehene \dot{V}_L -Senkrechte. Die Differenz zwischen den Punkten 1 und 2 ist der statische Druck am Rohranfang. Unter Vernachlässigung des geringfügigen Reibungsverlustes an den Rohrinnenwänden ist für die gleichmäßige Luftstromabgabe längs des Rohrs der statische Druck als Funktion des Weges l nach Gl. (5) berechenbar:

$$p_{\text{stat}}(l) = p_{\text{ges}} - \frac{W_{\text{Rohr}}^2 Q}{2} = p_{\text{ges}} - \left[\left(\frac{L-l}{L} \right) W_{\text{Rohr}} \right]^2 \frac{Q}{2} \quad (5)$$

Man erkennt, daß er für die einzelnen Rohrabschnitte in Richtung des Luftstroms zunimmt.

Weil es unzweckmäßig ist, den Luftaustrittsquerschnitt als einen einheitlichen Schlitz über die gesamte Rohrlänge auszubilden, ist es günstiger, den je Meter Rohrlänge erforderlichen Luftaustrittsquerschnitt zu ermitteln und ihn als rechteckigen Durchbruch zu realisieren. Dieser Luftaustrittsquerschnitt ist nach Gl. (6) zu ermitteln:

$$A_D = \frac{\dot{V}_D}{\alpha \sqrt{2 Q_L p_{\text{stat}}(l)}} \quad (6)$$

Dabei ist für \dot{V}_D der für diesen Durchbruch gewünschte Luftstrom und für p_{stat} der am Ort des Durchbruchs zu erwartende statische Druck einzusetzen. Der Kontraktionskoeffizient α berücksichtigt die Einschnürung des durch eine scharfkantige Öffnung austretenden Luftstroms.

3.2. Sauglüftung

Auch für den Fall, daß der an das Rohr angeschlossene Lüfter die Luft von oben nach unten durch den Stapel saugt, wächst die wirksame statische Druckdifferenz in Richtung der Luftbewegung im Rohr an (Bild 2). Die Gl. (5) und (6) gelten auch für die Sauglüftung, es ist aber zu beachten, daß $p_{\text{stat}}(l)$ und p_{ges} negativ sind und daß zur Berechnung der Durchbrüche nach Gl. (6) der Betrag des statischen Drucks $|p_{\text{stat}}(l)|$ am jeweiligen Ort l einzusetzen ist.

Da bei Sauglüftung im Gegensatz zur Drucklüftung die größte statische Druckdifferenz jeweils am Rohranfang herrscht, ergeben sich hier nach Gl. (6) auch die kleineren Durchbrüche. Innerhalb eines Rohrstücks mit gleichem Durchmesser vergrößern sich folglich die Luftaustrittsquerschnitte mit der

Entfernung l vom Rohranfang (Δ Lüfterseite). Rohre, deren Durchbrüche für Drucklüftung bemessen wurden, lassen sich deshalb nicht ohne weiteres für die Sauglüftung verwenden.

4. Meßtechnische Überprüfung

Zur Überprüfung der strömungstechnischen Bedingungen wurden vor der Lagerperiode 1982/83 im Kartoffellagerhaus Blumberg die statischen Drücke längs der nach Gl. (6) bemessenen Rohrleitungen für Druck- und Sauglüftung in noch nicht mit Kartoffeln gefüllten Sektionen mit Hilfe eines U-Rohr-Manometers gemessen. Der fehlende Widerstand durch die Kartoffelschüttung ergab eine der Lüfterkennlinie entsprechende Erhöhung des Luftstroms um 15 bis 30 %. Vergleicht man die sich aus den Meßwerten nach Gl. (7) ergebenden Luftgeschwindigkeiten mit den aus den berechneten Drücken resultierenden Werten (Bild 4), so erkennt man für die beiden überprüften Fälle ein ausreichend gleichbleibendes Verhältnis dieser beiden Werte über die gesamte Rohrlänge, das dem Verhältnis aus gemessener und berechneter Luftgeschwindigkeit im Rohrdurchbruch entspricht:

$$W_D = \alpha \sqrt{2 Q p_{\text{stat}}} \quad (7)$$

Die Messungen bestätigten einmal die den Berechnungen zugrunde liegenden strömungstechnischen Annahmen und Vereinfachungen und zum anderen die Erfüllung der Grundforderung nach gleichmäßiger Luftversorgung der Sektion längs des Rohrs.

A 4427

Die Belüftung von Kartoffellagern in der UdSSR

Kand. d. techn. Wiss. A. E. Kusnezow

Wissenschaftliches Forschungsinstitut für Kartoffelwirtschaft des Ministeriums für Landwirtschaft der RSFSR

In der UdSSR liegen Erfahrungen zur Ausrüstung und zur Bewirtschaftung von Kartoffellagern vor. Nachfolgend wird ein kurzer Überblick zu Fragen der Lagerhaustypen, des Lagerungsregimes, der Belüftungssysteme, der Kühlung und der automatischen Regelung des Mikroklimas gegeben.

Lagerungsregime

Der Verwendungszweck der Kartoffeln bestimmt die Wahl der Lagertemperatur in den 3 Lagerperioden Wundheilung, Abkühlung und Hauptlagerung.

In der 8 bis 10 Tage dauernden Wundheilperiode erfolgt in 1 bis 3 Tagen zunächst die Abtrocknung. Die Wundheilung wird durch zyklischen Luftwechsel bei einer Temperatur von 18 bis 19°C und einer relativen Feuchte von 90 bis 95% durchgeführt, unterstützt durch täglich 5- bis 6malige Belüftung über 30 min und dazwischenliegende Pausen von 3,5 bis 4 h. Die Lüfrate beträgt 50 bis 70 m³/h · t. Bei einigen Kartoffelsorten (Metsta, Smena, Sewernaja Rosa) verläuft die Wundheilung ausreichend intensiv bei 11 bis 13°C, bei den Sorten „Lorch“ und „Ljubimez“ würden solche Temperaturen zu einem Anstieg der Verluste führen.

Während der Abkühlungsperiode wird die Temperatur im Lager auf 2 bis 5°C gesenkt. Die tägliche Absenkung beträgt bei mechanisch wenig beschädigten Knollen 0,5 K, bei stark beschädigten Knollen 1 K. Die Zuluft ist um 2 bis 7 K kälter als die Stapeltemperatur, aber durch Mischluftbetrieb nicht kälter als 1°C.

Für die Hauptlagerperiode sind (sortenabhängige) Klimaparameter festgelegt (Tafel 1). Nach Erreichen des Solltemperaturbereichs werden die Kartoffeln 2- bis 3mal wöchentlich jeweils 30 min belüftet.

Typen von Kartoffellagern

Je nach Produktionsbedingungen und Verwendungszweck der Kartoffeln gibt es Lagerhaustypen mit Boxen-, Haufen- und Behälterlagerung. Als charakteristische Formen der Belüftung gibt es natürliche, zwangsweise und aktive Belüftung. Für die Langzeitlagerung von Speisekartoffeln werden Kühlanlagen vorgesehen. Die Kapazität der Typenprojekte für die Pflanzkartoffellagerung beträgt zwischen 500 und 3000 t, meist als Boxerlager mit Zwischendecke und Dach ausgebildet. Die Lagerkapazität der Boxen liegt bei 30 bis 100 t. In den letzten Jahren er-

folgte eine breite Anwendung der Haufenlagerung sowohl für Speise- als auch für Pflanzkartoffeln. Bei dieser Lagerungsform ist eine bis 30% größere Kapazität gegenüber einem gleichwertigen Boxenlager möglich. Die Haufenlagerung erbringt eine höhere ökonomische Effektivität.

Der Mangel der Typenprojekte mit loser Schüttung zeigt sich bei der gleichzeitigen Lagerung mehrerer Sorten und Stufen bei Pflanzkartoffeln. Frei vor diesen Mängeln ist im bedeutenden Grad die Sektionslagerung. Gegenwärtig haben die Typenprojekte Sektionen von 500 bis 1000 t. Bei der Montage können die Wände verschoben werden, so daß Sektionen zu 250 t entstehen.

Die Behälterlagerung hat für die Lagerung von Speisekartoffeln große Bedeutung. Arbeitszeitaufwand und Kosten der lebendigen Arbeit verringern sich im Vergleich zur Haufen- und Boxenlagerung auf die Hälfte. Es werden Behälter mit 450 kg (K 450) und mit 300 kg (KUS I) Fassungsvermögen genutzt. Ein bedeutender Mangel der Behälterlagerung sind die hohen Kosten je t Lagergut (Tafel 2).

In den vergangenen Jahren bildeten sich in der UdSSR spezialisierte Komplexe zur Auf-