

gung und erhöhtem Steinbesatz der Mechanisierung und Ertragshöhe Grenzen setzen.

Lehrgang für technische Leiter und Werkstattleiter in Kartoffel-ALV-Anlagen

Dieser gemeinsam vom FA „Kartoffelwirtschaft“ und dem VEB Ingenieurbüro für Lagerwirtschaft Obst-Gemüse-Speisekartoffeln Groß Lüsewitz in der Bildungsstätte des Zentralen Warenkontors Obst-Gemüse-Speisekartoffeln vom 16. bis zum 20. Dezember 1985 in Rostock-Diedrichshagen durchgeführte Lehrgang war mit 63 Teilnehmern gut besucht. In den Vorträgen und Podiumsdiskussionen wurden, ausgehend von den Versorgungsaufgaben der Kartoffelwirt-

schaft, die Entwicklung der Lager- und Lüftungstechnik sowie der Aufbereitungs- und Verarbeitungstechnik behandelt. Die Knollenbeanspruchung in den Maschinen und Anlagen sowie die Möglichkeiten ihrer Reduzierung wurden anhand von Beispielen erläutert. Ein weiteres Thema war die Bedeutung und die Einrichtung zentraler Waschanlagen mit Brauchwasserkreislauf. Über die Vorbereitung und Durchführung von baulichen und technischen Instandhaltungsmaßnahmen sowie über die Aufgaben und den Stand des Rationalisierungsmittelbaus für Kartoffel-ALV-Anlagen wurden weitere bedeutsame Hinweise und Anregungen an die Lehrgangsteilnehmer übermittelt. Ein Höhepunkt des

Lehrgangs waren die Einsatz- und Instandhaltungshinweise von leitenden Mitarbeitern und Kundendienstingenieuren aus Herstellerbetrieben der Maschinen und Anlagen. Die Erläuterung des Patent- und Neurechts mit praktischen Hinweisen fand allgemeine Aufmerksamkeit. Aufgrund der unterschiedlichen Funktionen der Lehrgangsteilnehmer in ihren Betrieben (spezialisierte Schlosser und Elektriker, Meister und Leiter im technischen Bereich, Leiter von Produktionsbereichen, Sortierplätzen und ALV-Anlagen) wurden zusammen mit den technischen Fragen auch die Belange der Produktion einschließlich Qualitätsfragen behandelt.

A 4706

Zur Entwicklung des Automatisierungssystems LAR85

Dipl.-Ing. E. Kaufhold, KDT, VEB Geräte- und Reglerwerke Leipzig, Betriebsteil Erfurt
Dipl.-Ing. R. Treyße, KDT
Dr. agr. J. Witte, KDT, Kooperationsverband „Hallenser Speisekartoffeln“

1. Einleitung

Die Überlagerung von Kartoffeln mit geringen Verlusten bei weitgehender Erhaltung des Gebrauchswerts bis zum Anschluß an die neue Ernte ist eine wichtige Voraussetzung für eine ganzjährige kontinuierliche Versorgung mit Speisekartoffeln hoher Qualität. Dabei hat unter den Bedingungen der in der DDR angewendeten Normallagerung in Lagerhallen und Großmieten die Lüftung eine große Bedeutung, da sie das entscheidende Mittel zur Klimatisierung des Lagerguts ist. Die optimale Gestaltung des Lagerklimas bestimmt in hohem Maß die Qualitätserhaltung des Lagerguts. Um diese optimale Klimatisierung frei von subjektiven Fehlern und mit geringem Energieverbrauch der Lüftungsanlage zu erreichen, wurden Systeme zur automatischen Regelung der Lüftung entwickelt, erprobt und produziert. Ein Ergebnis dieser Entwicklung war das rechnergestützte System LAR81 [1, 2].

Aufgrund der Einsatzerprobung des LAR81 in der ZBE Kartoffellagerhaus Weidendorf, Bezirk Karl-Marx-Stadt, von 1982 bis 1984 auch Bestandteil einer Forschungsarbeit des Forschungszentrums für Mechanisierung

der Landwirtschaft (FZM) Schlieben/Bornim und des VEB Ingenieurbüro für Lagerwirtschaft (IBL) Groß Lüsewitz [3], wurde vom VEB Geräte- und Reglerwerke Leipzig, Betriebsteil Erfurt, die Anlage LAR85 entwickelt, seit 1985 in Kartoffellagerhäusern montiert und in Betrieb genommen. Zur Charakterisierung der Anlage sollen hier zunächst die zum Ausgangspunkt dieser Entwicklung gewordenen Erprobungsergebnisse genannt werden.

2. Erprobungsergebnisse des Automatisierungssystems LAR81

2.1. Temperaturführung

Um die Wirksamkeit einer automatischen Lüftungsregelung einzuschätzen, ist zunächst die Temperaturführung des Stapels zu ermitteln. Es ist zweckmäßig, das Erreichen der Solltemperaturen und den dazu benötigten Lüftungszeitaufwand mit den Werten der handgesteuerten Lüftung zu vergleichen. Von einer gleichbleibenden Funktionstüchtigkeit der Lüftungsanlage ist auszugehen. Bei der Wertung der Ergebnisse und vor allem bei deren Verallgemeinerung ist zu berücksichtigen, daß handgesteuerte Lüf-

tung nicht einheitlich, sondern von der Arbeitsmethode des jeweiligen Lüftungswarts abhängig ist. Das drückt sich im Lüftungszeitaufwand aus, da verschiedene Lüftungswarte sehr unterschiedliche Lüftungszeiten für denselben Abtrocknungs- oder Abkühlungseffekt benötigen. Außerdem beeinflussen die von Jahr zu Jahr unterschiedlichen Witterungsbedingungen und die von der Qualität des Lagerguts abhängige Atmungswärme den notwendigen Lüftungszeitaufwand und die Abkühlgeschwindigkeit des Kartoffelstapels. Die hier zu nennenden Werte sind daher nicht als absolute Werte, sondern nur in der Tendenz verallgemeinerungswürdig. Bei der Erprobung des LAR81 im Kartoffellagerhaus Weidendorf wurde anhand der Aufzeichnungen des Lagerwarts [4] ermittelt:

- Über den gesamten Lagerzeitraum ging die durchschnittliche Stapeltemperatur beim Automatikbetrieb gegenüber Handbetrieb um 3 K zurück, die Lüfterlaufzeiten verringerten sich um 35% (Tafel 1).
- Die unterschiedlichen Bedingungen in den einzelnen Lagersektionen wurden wesentlich differenzierter berücksichtigt als bei Handsteuerung (Tafel 2).

Tafel 1. Durchschnittliche tägliche Lüfterlaufzeiten und durchschnittliche Stapeltemperatur im Vergleich zwischen einem Lagerzeitraum mit Handbetrieb und einem mit Automatikbetrieb

	Handbetrieb		Automatikbetrieb	
	Laufzeit h/d	Stapeltemperatur °C	Laufzeit h/d	Stapeltemperatur °C
September	–	14,1	–	10,6
Oktober	8,0	6,8	4,3	5,1
November	6,1	5,6	3,8	3,9
Dezember	4,7	5,8	2,5	5,5
Januar	4,2	4,2	3,5	3,3
Februar	3,3	4,4	3,2	3,2
März	3,5	4,9	2,1	4,4
April	5,3	5,4	3,0	4,6
Mai	2,0	13,5	1,7	10,7
\bar{x}	4,6	8,8	3,0	5,7

Tafel 2. Durchschnittliche tägliche Lüfterlaufzeiten in h bei Hand- und bei Automatikbetrieb in der Abkühlperiode

Sektion	Oktober			November		
	1981	1982	1983	1981	1982 ¹⁾	1983
1	7,6	7,2	4,2	6,2	4,6	3,9
2	8,2	7,2	5,9	6,1	4,8	5,0
3	8,0	7,2	4,0	6,0	4,9	3,4
4	8,3	7,2	4,5	6,1	5,0	4,3
5	8,3	7,2	4,5	6,1	5,0	4,6
6	8,3	7,2	5,5	6,1	5,0	4,7
7	8,0	7,2	7,0	5,8	4,9	5,7
8	8,0	7,2	3,2	6,1	6,1	3,7
9	8,0	7,2	4,2	6,1	5,2	4,2
10	8,0	7,2	4,9	5,9	4,1	4,4
11	8,0	7,2	3,5	5,8	3,7	3,9
12	–	7,2	4,2	6,1	4,6	5,0
13	–	7,2	2,5	–	4,2	3,6
14	7,8	7,2	3,9	6,1	5,0	3,7
15	–	7,2	3,9	6,4	4,6	3,7
16	–	7,2	4,2	6,1	4,4	4,4

1) Automatikbetrieb ab 20. November 1982

Tafel 3. Lüftungszeitaufwand zur Stapelabkühlung von 12°C auf 4°C am Beispiel ausgewählter Sektionen

Lagerzeitraum	Lüftungszeit d	Lüftungszeit h	Lüftungsaufwand h/K
1979/80	62	454	57
	65	500	63
1980/81	33	299	37
	33	316	40
1981/82	92	505	63
	97	587	73
	102	639	80
	107	757	95
1982/83	61	388	49
	71	433	54
	70	457	57
	65	390	49
1983/84	54	240	30
	49	221	28
	50	190	24
	51	204	26

Tafel 4. Lüftungszeitaufwand für die Abkühlung bei ständig vorliegender Lüftungsmöglichkeit

	Stapeltemperatur °C	Lüftungszeit h	Lüftungsaufwand h/K
15. Februar	7,8	9	8,2
17. Februar	6,7	17	15,5
18. Februar	5,4	20	15,4
20. Februar	4,5	18	20,0
22. Februar	3,6	12	13,3
25. Februar	3,0	15	25,0

- Während bei Handsteuerung im Abkühlungszeitraum 50,7 Lüftungsstunden benötigt wurden, um die Stapeltemperatur um 1 K abzusenken, waren dafür beim Automatikbetrieb nur 36,9 h erforderlich. Das bezieht sich auf die gesamte Lüftungstätigkeit in den Monaten Oktober und November, schließt bei nicht vorhandener Lüftungsmöglichkeit also auch stagnierende oder wieder ansteigende Stapeltemperaturen ein (Tafel 3).
- Die in einem der Rechnerprogramme vorgesehene Stapelsolltemperatur von 3°C, mit der die Abkühlungslüftung wegen der notwendigen Bandbreite erst bei einer Stapeltemperatur von 2,5°C endet, bedingt hohen Lüftungszeitaufwand. Da die Zulufttemperatur nicht kälter als 1°C sein darf, wird die abkühlungswirksame Differenz zwischen Zuluft- und Stapeltemperatur bei niedrigen Stapeltemperaturen enger und verkleinert den Lüftungseffekt. Die Abkühlung auf Stapeltemperaturen unter 4°C erfordert einen um mindestens 30% höheren Lüftungszeitaufwand je K Abkühlung als bei höheren Sollwerten.
- Bei ununterbrochen vorliegender Lüftungsmöglichkeit wurden rd. 15 Lüftungsstunden für 1 K Stapelabkühlung benötigt. Das charakterisiert die Leistungsfähigkeit der Lüftungsanlage, die mit einer Lüfrate von 60 m³/h · t als Drucklüftung ausgelegt ist (Tafel 4).
- In der gesamten Abkühlungs- und Lagerperiode treten wiederholt Lüftungsmaßnahmen auf, die bei Lüfterlaufzeiten bis zu 7 h keinerlei Abkühlungseffekt erkennen lassen. Bei Rauchversuchen in analog aufgebauten Lüftungsanlagen wurde sichtbar, daß in Abhängigkeit von Windrichtung

und Windgeschwindigkeit die aus den Fortluftöffnungen austretende Abluft in größerem Umfang durch die darunterliegenden Zuluftöffnungen wieder angesaugt wird. Damit wird die Zuluft so aufgewärmt, daß keine abkühlungswirksame Temperaturdifferenz zum Stapel erreicht wird.

- Die Effektivität der Abtrocknungslüftung konnte nur im nassen Herbst 1984 beobachtet werden. Die Abtrocknungsdauer lag mit 5 bis 7 Tagen bei sauberen und bis zu 14 Tagen bei erdbehafteten Knollen erheblich über der geforderten Zeit. Auch wenn witterungsbedingte Einflüsse beachtet werden, müßten daraus jedoch Schlußfolgerungen für das Lüftungsprogramm und den Aufbau von Lüftungsanlagen gezogen werden.

2.2. Funktionssicherheit

Das Automatisierungssystem LAR81 hat eine sehr hohe Funktionssicherheit bewiesen. Ausfälle elektronischer Bauelemente wurden nicht festgestellt. Aus folgenden Problemen wurden festes Schlußfolgerungen gezogen werden:

- Häufige kurzzeitige Netzausfälle führten zum Verlust der Informationen in den RAM-Speichern (Uhrzeit, Energiebegrenzung).
- 15% der Stapeltemperaturfühler Typ 1008 zeigten erhebliche Meßfehler, die sich außerdem ständig änderten.
- Bei anhaltend starkem Frost gelangt während des Lüfterstillstands Kaltluft in die Lüftungskanäle. Dadurch reagiert die Frostschutzschaltung und verhindert das Anlaufen der Lüfter.
- Ausfälle von Relais sind durch Verwendung funktionssicherer Typen zu begrenzen, erfahrungsgemäß aber nicht völlig zu vermeiden.

3. Schlußfolgerungen

3.1. Entwicklung des Automatisierungssystems LAR85

Die Software des LAR81 wurde bereits während der Erprobung den Erkenntnissen entsprechend weiterentwickelt. Weitere Anpassungen sind notwendig und für 1986 vorgesehen [5]. Das betrifft vor allem folgende Fakten:

- In der Abtrocknungslüftung werden die Klappen für Frischluftbetrieb bereits bei Außenlufttemperaturen geöffnet, die 1 K über der Stapeltemperatur liegen.
- Für die Abkühlungslüftung im Herbst werden Außenlufttemperaturen genutzt, die mindestens 4 K unter der Stapeltemperatur liegen (bisher 3 K), um ausreichend hohe Differenzen zwischen Zuluft- und Stapeltemperatur zu erhalten.
- Als Stapeltemperatursollwert werden 5°C bei einer Bandbreite von 0,5 K angestrebt. Das ist für alle fäulnisfreien Bestände möglich und vermeidet den hohen Lüftungsaufwand für die Abkühlung unter 4°C (s. o.).
- Fäulegefährdete Partien sollten mit dem entsprechenden Programm bis auf 3°C abgekühlt werden, um Fäuleausbreitung so weit wie möglich zu verhindern. Die Bandbreite für die Stapeltemperatur von 3 bis 3,5°C vermeidet überhöhten Lüftungsaufwand für die Abkühlung unter 3°C und bewirkt gegenüber der Bandbreite 1 K ein früheres Wiedereinsetzen der Meldung

„Lüftungsbedarf“ und damit auch der Lüftungstätigkeit.

An der Hardware wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Zur Vermeidung von Informationsverlusten in den RAM-Speichern bei Netzausfall wurde eine netzunabhängige Stromversorgung für die Speicherbausteine in Form von CMOS-Speicherkarten mit intern gestützter Batteriespannung eingesetzt.
- Die Uhrzeit wird ständig automatisch anhand des Signals eines Zeitsenders korrigiert.
- Es werden Stapeltemperaturfühler des Typs 380.2 eingesetzt, die die Meßwertfassung über die wenig störanfällige Kelvin-Kontaktierung bis in den Fühlerkopf ermöglichen.
- Die Lüfter können auch bei anliegendem Frostalarm anlaufen, da die den Lüfterlauf blockierende Alarmschaltung erst nach einer Verzögerung von 60 s wirksam wird. In dieser Zeit kann die Frostmeldung am Frostschutzthermostaten durch die Aufwärmung mit der warmen Umluft, mit der jeder Lüftungsbetrieb beginnt, aufgehoben werden.
- Der Rechner wurde durch Optokoppler galvanisch von der Steueranlage getrennt, um die Zerstörung elektronischer Bauelemente durch Einflüsse aus der Steueranlage zu verhindern.

Die Steueranlagen, die die Hand-Automatikumschaltung, die Handschaltung der Lüfter und Klappen, die Lüfterlauf- und Klappenstellungen, die Stundenzähler und die Frostschutzschaltung enthalten, sind Bestandteil des Automatisierungssystems. Sie sind bisher zentral in einem Schaltschrank untergebracht. Es hat sich jedoch gezeigt, daß diese Form der Steueranlage sehr kostenaufwendig ist (rd. 50% des Preises der Gesamtanlage). Da die rechnergestützte Regelanlage hohe Funktionssicherheit bewiesen hat, kann zukünftig die Handschaltung der Lüfter und Klappen, wenn sie wirklich einmal notwendig werden sollte, über die ohnehin vor Ort befindliche Reparaturschaltung erfolgen. Damit reduziert sich der Aufwand für die Steueranlage erheblich.

Für die Lüftungsautomatisierung kleinerer Lagerhäuser ist die Anlage LAR85 zu teuer. Daher wird für solche Lageranlagen ein weniger aufwendiges System unter der Bezeichnung LAR87 entwickelt.

3.2. Gestaltung der Lüftungsanlage

Die aus der Erprobung des LAR81 gewonnenen Erkenntnisse über die Funktion der Lüftungsanlagen sollten zu folgenden Schlußfolgerungen für deren Rationalisierung und Projektierung führen:

- Im Frühjahr und Frühlommer nimmt die zum Lüften geeignete Zeit ständig ab. Eine Abkühlungsgeschwindigkeit von 0,067 K je Lüftungsstunde ist daher für eine wirkungsvolle Abkühlung zu gering. Die Lüfraten sollten daher höher sein als 60 m³/h · t. Damit ließe sich auch die Abtrocknung schneller durchführen. Die Gefahr erhöhter Schwundverluste durch Überbelüftung mit hohen Lüfraten wird durch den Automatikbetrieb ausgeschlossen. Auch höherer Energieverbrauch ließe sich durch Auswahl geeigneter Lüfter und durch kürzere Lüfterlaufzeiten bei höherer Abtrocknungs- und Abkühlungsgeschwindigkeit vermeiden.

- Um eine Kurzschlußlüftung auszuschließen, sollten sich Abluft- und Zuluftöffnungen nicht in derselben Außenwand des Lagergebäudes befinden.
- Abluftöffnungen sollten so angeordnet werden, daß eine Abführung eines Teils der Stapelwärme bei geöffneten Klappen durch Luftdurchzug ohne Lüfterlauf möglich ist. In die Regelalgorithmen sind entsprechende Programmabläufe einzuordnen.

4. Zusammenfassung

Das rechnergestützte Automatisierungssystem LAR81 hat hohe Funktionssicherheit, optimale Klimaführung im Lagerstapel und

geringen Lüftungszeitaufwand bewiesen. Die Weiterentwicklung zur Meß-, Steuer- und Regelanlage LAR85, die vom VEB Geräte- und Reglerwerke Leipzig, Betriebsteil Erfurt, seit 1985 projektiert, geliefert und montiert wird, war notwendig und richtig. Ständige Weiterentwicklung der Hard- und Software sichert einen hohen Gebrauchswert der Anlage mit einem Niveau, das den Welt höchststand mitbestimmt. Die große Anzahl von eingegangenen Aufträgen beim Lieferbetrieb beweist das Interesse der Praxis. Der Einsatz ist auch für Gemüse-Normallager möglich.

Literatur

[1] Witte, J.: Einsatz eines Mikrorechners für die

Lüftungsautomatisierung in der ZBE Kartoffellagerhaus Weidensdorf. agrartechnik, Berlin 33 (1983) 5, S. 213-215.

- [2] Treyße, R.; Kaufhold, E.; Witte, J.: Zur technischen Konzeption des Automatisierungssystems LAR81 im Kartoffellagerhaus Weidensdorf. agrartechnik, Berlin 34 (1984) 7, S. 300-303.
- [3] Maltry, W.; Gohr, A.: Automatisierung in Lagern für Kartoffeln. agrartechnik, Berlin 33 (1983) 5, S. 211-213.
- [4] Teichmann, G.: Aufzeichnungen über die Lüftung im Kartoffellagerhaus Weidensdorf 1980 bis 1984 (unveröffentlicht).
- [5] Witte, J.: Aufgabenstellung der LPG(P) Teutschenthal an den VEB GRW Leipzig, BT Erfurt, für das Lüftungsprogramm im Rechner LAR85 (unveröffentlicht). A 4729

Rationeller Energieeinsatz in ALV-Anlagen bei der Belüftung von Speisekartoffeln in loser Schüttung

Dipl.-Ing. A. Creifelds/Prof. Dr. sc. techn. W. Maltry, KDT

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

Verwendete Formelzeichen

A	m^2	wirksamer Strömungsquerschnitt
K_E	M/kWh	Elektroenergiekosten
K_p	M/t	Preis der Kartoffeln einschließlich Verlustausgleich
P_A	kW	Lüfterleistungsaufnahme
\dot{V}	m^3/s	Luftvolumenstrom
\bar{c}	m/s	mittlere Strömungsgeschwindigkeit
m_v	kg	zusätzliche Wasserverdunstung
p	Pa	statischer Druck
t_{L0}	h	Lüfterlaufzeit
x	m	Strömungsweg
$\left(\frac{\Delta x}{\Delta h}\right)_{90\%}$	kg/kWh	Verhältnis Wassergehaltsänderung: Enthalpieänderung bei 90% relativer Feuchte (Lufttemperatur 4°C) 0,61
Δp	Pa	Druckverlust
Δp_k	Pa	dynamischer Druckverlust, bezogen auf die Kreisfläche des Lüfters
Δp_{kr}	Pa	dynamischer Druckverlust, bezogen auf die Kreisringfläche des Lüfters
Δp_{max}	Pa	maximaler Druckverlust
v_{L0}		Nabenverhältnis eines Axiallüfters
β	$^\circ$	Laufschaufelwinkel des Axiallüfters
Indizes		
1		Eintritt
2		Austritt

Zur Sicherung der Qualität der eingelagerten Speisekartoffeln sind in den Projekten für Speisekartoffel-ALV-Anlagen Lüftungseinrichtungen mit leistungsfähigen Axiallüftern vorgesehen. Im praktischen Einsatz dieser Anlagen erwies es sich als notwendig, aus folgenden Gründen nach Möglichkeiten zur Senkung des Energieverbrauchs zu suchen:

- Senkung der Energiekosten
 - Begrenzung der aus der Umsetzung der Lüfterenergie in Wärme resultierenden höheren Verdunstung von Wasser aus den Kartoffeln auf ein Mindestmaß
- Diese Masseverluste haben noch größere ökonomische Folgen, als es den reinen Energiekosten entspricht.

Im Beitrag werden reale Möglichkeiten zur Senkung des Energieaufwands gezeigt.

1. Stand

Die lüftungstechnischen Einrichtungen in industriemäßigen ALV-Anlagen haben die Aufgabe, bestimmte biologisch begründete Klimaparameter im Lagerstapel zu gewährleisten [1]. In den nach Projekten des VEB Ingenieurbüro für Lagerwirtschaft Groß Lüsewitz errichteten ALV-Anlagen wird diese Aufgabe im erforderlichen Umfang erfüllt. Besonders die mit den 16-kt-, 8-kt- und 4-kt-Projekten geschaffene neue Generation von ALV-Anlagen führte durch die Berücksichtigung der zum Zeitpunkt der Projektierung neuesten Erkenntnisse der Lagerklimatisierung zu einer verbesserten Anlagenbewirtschaftung und trug damit zur stabilen Versorgung der Bevölkerung mit Speisekartoffeln bei. Die Verwendung besonders von Beton-Unterflurkanälen, der Einsatz von Spaltenbodenelementen aus Stahlbeton vom Typ KLZD und KLZE, der Übergang zur Stapeldurchlüftung von unten nach oben mit Gleichdruck oberhalb des Stapels und letztlich die Anwendung leistungsstarker Axiallüfter mit verstellbaren Laufschaufeln prägen deutlich einen auch international beachtlichen Entwicklungsstand.

2. Problemstellung

Entsprechend den grundlegenden Forderungen nach sparsamem Umgang mit Energie waren auch für die leistungsstarken lüftungstechnischen Einrichtungen in den ALV-Anlagen die Möglichkeiten und Auswirkungen von Maßnahmen zur Senkung des Elektroenergieverbrauchs zu klären. Allein der elektrische Anschlußwert der Lüfter eines 16-kt-Lagerhauses von 462 kW kennzeichnet die große Bedeutung solcher Untersuchungen. Der spezifische Energieverbrauch je t Lagergut und Jahr wird durch folgende Größen bestimmt:

- Gesamtdruckverlust des Lüftungssystems
- Belüftungszeit

- Lüfrate ($\hat{=}$ Luftstrom je t und h)
- Lüfterwirkungsgrad bezogen auf Gesamtdruck.

Nach Untersuchungen des Forschungszentrums für Mechanisierung der Landwirtschaft (FZM) Schlieben/Bornim kann dieser spezifische Energieverbrauch 18 bis 22 kWh/t · a erreichen. Die seinerzeit als erforderlich erachtete Lüfrate kann auch bei möglicherweise sehr ungünstigen Bedingungen mit den Axiallüftern LANN630 (1 450 U/min, 5,5 kW) sicher erreicht werden, jedoch wurde diese Sicherheit mit einem erhöhten Energieaufwand erkauft. Bei normalen Bedingungen resultieren hieraus überhöhte Lüfraten und durch den überhöhten Energieaufwand zusätzliche Schwundverluste der Kartoffeln durch Verdunstung. Die Analyse der nach den o. g. Projekten errichteten ALV-Anlagen ließ in bezug auf Lüfrate und Auslegung luftführender Bauteile deutlich Möglichkeiten der Energieeinsparung erkennen. Als wirksamste Maßnahmen erwiesen sich hierbei die Anpassung des Lüfterquerschnitts an den zugehörigen Kanalquerschnitt und die gleichmäßige Einstellung der Laufschaufelwinkel auf einen Wert, der einer Lüfrate von rd. 60 m³/t · h entspricht.

3. Lösungsweg

Für die neuerrichtete 16-kt-Anlage der LPG(P) Jüterbog, Bezirk Potsdam, wurde zunächst durch strömungstechnische Berechnungen und auch experimentell nach den Verursachern der Hauptdruckverluste gesucht. Die verwendeten Methoden der mathematischen Modellierung der Strömungsvorgänge in den Kanälen, den Luftschlitzen, im Übergang zum Kartoffelstapel und im Stapel selbst erforderten die Entwicklung neuer Algorithmen und die Aufstellung einer Reihe von Rechenprogrammen.

Der Druckverlust und damit der Energieverbrauch je m³ geförderter Luft ist mit der zweiten Potenz vom Luftstrom bzw. von der Lüfrate abhängig. Um in Praxisanlagen mit ihren z. T. schwierigen erfaßbaren Strömungswegen