

Zur Entwicklung einer Meß-, Steuer- und Regelanlage für Belüftungssysteme in Kartoffellagern

Dr. agr. M. Herold*
Ing. G. Redens**
Ing. R. Regel**

Der Auftrag, die kontinuierliche und bedarfsgerechte Versorgung der Bevölkerung mit hochwertigen Speisekartoffeln sicherzustellen, hat in den letzten Jahren zur Errichtung einer großen Anzahl von Lagereinrichtungen geführt /1/. Ein Hauptproblem der Masse- und Qualitätserhaltung in dieser großen Lagerkapazität liegt in der Funktionswirksamkeit und fachgerechten Fahrweise der belüftungstechnischen Einrichtungen.

Die Funktionswirksamkeit betrifft das technische und strömungstechnische Leistungsvermögen der Systeme in allen Bereichen eines Lagerstapels. Dem Erkenntnisstand entsprechend sind die Temperatur, die relative Luftfeuchtigkeit und der CO₂-Gehalt während der einzelnen Lagerperiode in vorgegebenen Zeitabläufen herzustellen und zu halten.

Die fachgerechte Fahrweise erfordert eine fachliche Fertigkeit der Bewirtschafter, die die dazu notwendigen Kenntnisse durch Lagerwartlehrgänge, Belüftungsanweisungen der Bewirtschaftungsprojekte und eigene Erfahrung erwerben. In erster Linie sind in rationeller Weise für alle Lagersektionen die jeweils im Verlauf eines Tages sich einstellenden geeigneten Außenluft- bzw. Zuluftzustände zu nutzen. Bei sparsamem Energieeinsatz sollen in rationeller Fahrweise Qualität und Lagermasse optimal erhalten werden.

In Abhängigkeit von den Zustandswerten der Einzelstapel gibt es diese geeigneten Außen- oder Zuluftzustände zu sehr unterschiedlichen Tageszeiten. An bestimmten Tagen treten sie überhaupt nicht auf; an anderen wieder über einen längeren Zeitraum oder in Kurzzeiten. Die modernen Belüftungsanlagen in den 10-kt-Lagern und die dafür entwickelten Belüftungsanweisungen /2/ ließen erkennen, daß es nicht ohne Problematik ist, bei manueller Fahrweise zu dieser rationellen Wirksamkeit zu gelangen. Es war daher nahelegend, daß parallel zur Einrichtung dieser Lager eine angepaßte Meß-, Steuer- und Regelanlage entwickelt wurde. Im Auftrag des Ingenieurbüros für Lagerwirtschaft ist dies 1969/71 im Ingenieurbüro für Energetik in der Landwirtschaft erfolgt und zunächst für 10-kt-Sektionslager erprobt worden /3/ /4/ /5/.

Allgemeine Beschreibung

Diese Meß-, Steuer- und Regelanlage beinhaltet eine Teilautomatisierung der Belüftung. Aus der Sicht unterschied-

licher ökonomischer Ansprüche der Nutzenwender ist für diese zusätzliche Investition ein Doppelschrank nach dem Baukastenprinzip entwickelt worden.

Im Grundgerät sind alle mit der Temperaturregelung im Zusammenhang stehenden Elemente (Bild 1) installiert. Ein Zusatzschrank (Bild 2) enthält die Regelvorrichtung für die Luftfeuchtigkeit.

Zunächst sind die Geräte so ausgelegt, daß sie der Belüftung einer Lagereinheit dienen.

Vom Grundmodell „Temperaturregelung ohne Heizung“ lassen sich 9 verschiedene erweiterte Varianten ableiten und installieren:

- Variante 1: Temperaturregelung ohne Heizung
- Variante 2: Temperaturregelung ohne Heizung mit Meßstellenabfrage und Anzeige¹
- Variante 3: Temperaturregelung mit Heizung
- Variante 4: Temperaturregelung mit Heizung und Meßstellenabfrage und Anzeige
- Variante 5: Temperaturregelung ohne Heizung mit Befuchtung
- Variante 6: Temperaturregelung ohne Heizung mit Befuchtung, Feuchtemeßstellenabfrage und Anzeige
- Variante 7: Temperaturregelung mit Heizung, Temperatur- sowie Feuchtemeßstellenabfrage und Anzeige
- Variante 8: Temperaturregelung mit Heizung und Befuchtung
- Variante 9: Temperaturregelung mit Heizung, Befuchtung sowie Temperatur- und Feuchtemeßstellenabfrage und Anzeige

Entsprechend den Forderungen an den Temperatur- und Luftfeuchtezustand von Außen-, Zu- und Stapelluft für die

* Ingenieurbüro für Lagerwirtschaft der Zentralen Wirtschaftsvereinigung Obst-Gemüse-Speisekartoffeln, Groß-Lüsewitz (Direktor: Dipl.-Landw. V. Pinske)

** Ingenieurbüro für Energetik in der Landwirtschaft, Sievershagen (Direktor: Ing. F.-A. Mach)

¹ Für die Varianten 2, 4, 6, 7 und 9 ist zum vorliegenden Projekt /5/ die Temperatur- und Feuchtigkeitsanzeige durch zusätzliche Meßstellenschalter und Zusatzgeräte zu realisieren

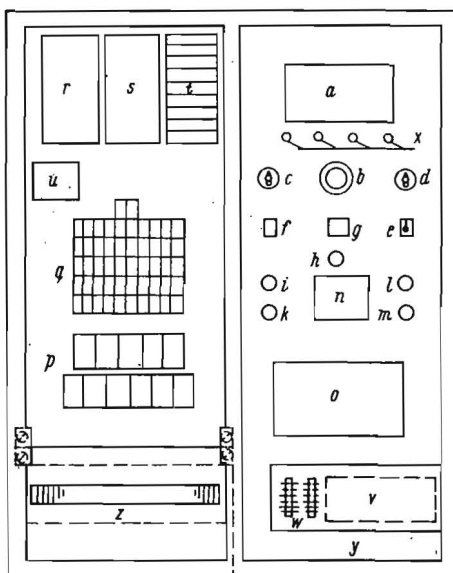
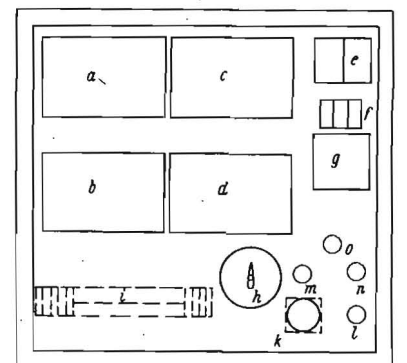


Bild 1
Anordnung der Geräte im Temperaturregelschrank; a Regler, b Sollwertinsteller, c Hand-Automatik-Umschalter, d Programmwählschalter, e Wählschalter Erwärmen mit/ohne Heizung, f Wählschalter Lüfter ein/aus bei manuellem Betrieb, g Rückstellaste bei Störungen, h Kontrollampe bei Störungen, i Kontrollampe zur Sicherungsüberwachung, k Hauptsicherung, l Kontrollampe zur Sicherungsüberwachung, m Feinsicherung, n Betriebsstundenzähler, o Langzeituhr RLZ 6 zur Intervallbelüftung, p Ausgangsrelais RH 98, q Verknüpfungsrelais NSF 30.1, r monostabile Kippstufe, s Meßstellenumschaltrelais, t Abgleich- und Einstellwiderstände, u Auswahldiodenbank, v stabiles Netzteil 12 V, w Lötgleiten, x Anzeigelampe für Meßstellen und Regelkreisumschalter, y Abdeckhaube, z Reihenklemmleiste

Bild 2
Anordnung der Geräte im Feuchtere-gelungsschrank; a, b, c, d, Feuchtere-gler, e Verriegelungsrelais RH 98, f Verknüpfungsrelais NSF 30.1, g monostabile Kippstufe, h Hauptsicherung, i Reihenklemmleiste, k Hauptsicherung, l Kontrollampe zur Sicherungsüberwachung, m Feinsicherung, n Kontrollampe zur Sicherungsüberwachung, o Kontrollampe „Reglerabfrage“



Lagerperioden Abtrocknung, Wundheilung, Abkühlung, Dauerlagerung, Konditionierung zur Auslagerung (Erwärmung) wird an den Sollwertgebern für Temperatur und Feuchte der Sollzustand manuell vorgegeben. Das Zu- bzw. Abschalten der Lüfter, das Verstellen der Regelklappen (Bild 3) für die Zuordnung von Frisch- und Umluft, das Zu- und Abschalten von Zusatzheizung oder Befeuchtung entsprechend der gewählten Ausführungsvariante, regeln die beiden Anlagen nach dem eingestellten Programm selbsttätig. Bedarfsweise kann die Automatik außer Kraft gesetzt und manuelle Regelung vorgenommen werden.

Aufbau und Wirkungsweise (Beispiel Temperaturregelgerät)

Bei „Automatik“ wird das Lagergut in Abhängigkeit von Stapel-, Außenluft- und Zuluftzustand sowie vom eingestellten Sollwert und vorgewählten Programm belüftet.

Die Regelung arbeitet nach dem Prinzip der Differenzmessung. Als Temperaturführungsgröße dient dabei die Kartoffeltemperatur. Der Sollwerteinsteller hat hierbei zunächst die Aufgabe, das Abtastsystem mit dem Regelkreisumschalter in Betrieb zu setzen und den Belüftungsbedarf an die Differenzschaltung zu melden, entsprechend der zum Sollwert vorliegenden Über- bzw. Unterschreitung. Gleichzeitig besteht Abhängigkeit vom vorgewählten Programm.

Im Fall Temperatur entscheidet die Differenzschaltung zwischen Stapel- und Außenlufttemperatur, ob belüftet werden kann. Die gemessene Stapeltemperatur wird mit dem eingestellten Wert am Regler verglichen und die Differenz am Regler angezeigt. In Abhängigkeit von Regelabweichung und Programmeinstellung setzt sich bei auftretenden Sollwertabweichungen (d. h. beim Erwärmen eine negative und beim Abkühlen eine positive Abweichung) der Taktgeber mit dem Reglerschalter in Betrieb. Danach erfolgt am Regler ein Vergleich der Außen- und Stapeltemperatur. Besteht ausreichend Differenz zur Belüftungsmöglichkeit, so setzt die Lüftung ein. Die Meßwerte bleiben bis zum nächsten Abfragen gespeichert. Dieser Befehl liegt so lange an, bis sich bei einer nachfolgenden Abtastung der Meßwert in entgegengesetzter Richtung um 1 °C verändert. Diese Regelung ist erforderlich, um häufiges, kurzfristiges Zu- und Abschalten der Lüfter zu vermeiden.

Nach dem Außen- und Innenvergleich erfolgt die Prüfung der Zuluftwerte. Bei Sollwertabweichungen werden in logischer Weise die Regelklappen im Verlauf des Abtastzyklus schrittweise und unstetig über Stellmotore verstellt. Der Sollwerteinsteller hat ferner den Belüftungsvorgang zu beenden, wenn im Kartoffelstapel der vorgegebene Sollwert erreicht ist.

Wird die Lüftung wegen Erreichen des Sollwerts, Veränderungen der Außenzustände oder Störungen unterbrochen, schließen sich die Stellglieder unverzüglich. Die Lüftung beginnt damit stets bei zunächst geschlossenen Stellgliedern. Bei „Handbetrieb“ lassen sich die Stellglieder durch Druckknopftasten in die gewünschte Stellung „Frischluft“, „Umluft“ oder „Mischluft“ bringen.

Mit dem Programmschalter können entsprechend der Lagerperiode die Programme auf „Abtrocknen“, „Abkühlen“, „Erwärmen“ geschaltet werden. Außerdem kann man zum Programm „Erwärmen“ noch das Unterprogramm „mit“ oder „ohne“ Zusatzheizung auslösen. Im Verlauf der eintretenden Beruhigung der biologischen Abläufe im Lagerstapel kommt es zu einer annähernden Gleichheit von Stapelzustand und Sollwertvorgabe. Es besteht dann bei Vergleich „kein Belüftungsbedarf“. Ähnliches kann eintreten, wenn der Außenzustand beim Vergleich über längere Zeit keine Belüftung zuläßt. Dann wird automatisch durch kurzzeitige Lüftungseinschaltung (sog. Intervallbelüftung) die erforderliche CO₂-Abführung aus dem Stapel sichergestellt. Diese Lüfterlaufzeiten sind zwischen wenigen Minuten und Stunden einstellbar. Durch einen Frischluftanteil von minimal 10 Prozent ist eine Regelung des CO₂-Niveaus gesichert. Für diesen ganzen

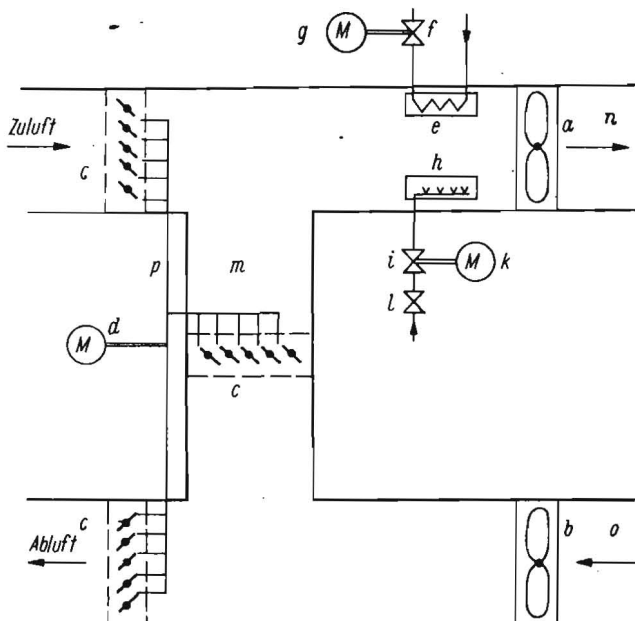


Bild 3. Lüftungskanäle mit Regelklappen (schematisch): a Lüfter-Zuluft, b Lüfter-Abluft, c Regelklappen, d Motor-Klappenversteller, e Wärmetauscher, f Regelventile für Kondensatanstieg, g Stellmotor für Regelventil f, h Befeuchter, i Regelventil für Befeuchter, k Stellmotor für Regelventil i, l Magnetventil, m Umluftkanal, n Zuluftkanal, o Abluftkanal, p Gestänge zur Regelklappenverstellung

Vorgang kann eine Vorlaufzeit zwischen 0 und 12 h eingestellt werden. Nach jedem Lüfterlauf setzt die Vorlaufzeit neu ein.

Für den Fall einer Betriebsstörung ist die Regeleinrichtung mit einer Warnanlage ausgestattet. Sie meldet Reglerausfall und Frost. Sie kann an eine zentrale Warnanlage angeschlossen werden. Beim Ansprechen der Warnanlage wird unverzüglich die gesamte Regeleinrichtung außer Betrieb gesetzt, die Lüftung abgeschaltet und die Stellglieder geschlossen. Eine Wiederinbetriebnahme setzt erst nach Entstörung wieder ein.

Die analog arbeitende Feuchterege­lung geschieht selbständig, getrennt von der Temperaturreg­lung. Die Führungsgröße ist die Luftfeuchte im beruhigten Strom der Zuluft. Die Befeuchtung des Luftstroms tritt ein durch die gesteuerte Stärke und Dauer der Öffnung der Ventile an den Befeuchtungsanlagen (z. B. Dampfbefeuchter für 10-kt-Sektionslager). Da die Betätigung der Regelklappen an die Temperaturreg­lung gekoppelt ist, hat die Feuchterege­lung keinen Einfluß auf sie. Die temperaturabhängige Klappenverstellung tritt jedoch indirekt in Wechselwirkung zur Luftfeuchte und Feuchterege­lung.

Die vorgestellte Meß-, Steuer- und Regelanlage für Kartoffellager ist der erste Schritt. Die Anpassung an die unterschiedlichen Lüftungstechnischen Lösungen der errichteten ALV-Anlagen und das Einfügen von Zwischengliedern, die eine „multiple“ Abtastung verschiedener Lagereinheiten gestatten würden, könnten die weitere Entwicklung bestimmen.

Für die Überleitung in die Praxis ist kalkuliert, daß bei 5 bis 8 Jahren Rückflußdauer der Investitionen, auch für die vollkommene Variante 9, ökonomisch vorteilhafte Relationen durch die realisierbare Einsparung an Masseverlust vorliegen.

Gegenüber der manuell gefahrenen Belüftung weist die gesteuerte folgende Vorteile auf:

- rationelles Nutzen aller geeigneten Tages- und Nachtstunden zur Belüftung des Kartoffelstapels
- verbesserte Wirksamkeit der Belüftung durch Einhalten der nach der jeweiligen Lagerperiode logisch begründet vorgegebenen Zulufttemperaturen

- Einhalten der erforderlichen Luftfeuchtigkeit durch Belüftung mit geeigneten Luftzuständen der geeigneten Tageszeiten bzw. Zuschaltung von Mischluft oder Befuchtung; Einschränkung von überhöhten und vermeidbaren Masseverlusten
- Einsparung von Energie und Betriebskosten durch die rationelle Fahrweise bei geeigneten Luftzuständen
- Vermeiden von Belüftungsfehlern (Unter- bzw. Überbelüften) als eine der Voraussetzungen zum Einhalten und Unterschreiten der Normativverluste
- Entlastung der mit der Belüftung und Bewirtschaftung der ALV-Anlage Beauftragten, die sich uneingeschränkt den übrigen Problemen der Lagerhaltung und Vermarktung widmen können.

Zusammenfassung

Es wird eine Meß-, Steuer- und Regelanlage beschrieben, die in 10-kt-Sektionslagern für Kartoffeln zu einer rationelleren Wirksamkeit der Lüftungstechnischen Einrichtungen dient.

Bei der Bewirtschaftung der Aufbereitungs-, Lagerungs- und Vermarktungsanlagen führt dies zu einer Erleichterung und in den einzelnen Lagerperioden zur verbesserten, exakten Fahrweise der Belüftung.

Die Meß-, Steuer- und Regelanlage kann nach dem Baukastenprinzip in mehreren Varianten für Temperaturrege-

lung, Feuchteregeung sowie Temperatur- und Feuchtemessung genutzt werden.

Die einfachste Stufe sieht die „Temperaturregelung ohne Heizung“ vor. Die vollkommene Variante ist als „Temperaturregelung mit Heizung und Befuchtung sowie Temperatur- und Feuchtemeßstellenabfrage nebst Anzeige“ auslegbar.

Literatur

- 1/ Pötke, E. / J. Witt: Die Lagerkapazität für Speisekartoffeln in der DDR — Stand und Erweiterung bis 1971 (unveröffentlicht) Ingenieurbüro Lagerwirtschaft OGS Gr. Lüsewitz 1971
- 2/ —: Angebotsprojekt Aufbereitungs-, Lagerungs- und Vermarktungsanlagen für Speisekartoffeln: 10-kt-Sektionslager — Teilprojekt Bewirtschaftung Ing.-Büro für Kartoffelwirtschaft Gr.-Lüsewitz 1971
- 3/ Redens, G.: Entwicklung einer Steuer- und Regelanlage zur Belüftung von Kartoffelboxen mit Registrierung der Temperaturen, Feuchten und Lüfterlaufzeiten für die Beispielanlage 10-kt-Lagerkapazität. Zwischenbericht 02/1971 Ing.-Büro für Energetik in der Landwirtschaft Sievershagen
- 4/ Redens, G.: Entwicklung einer Steuer- und Regelanlage zur Belüftung von Kartoffellagerboxen, Feuchte und Lüfterlaufzeiten für die Beispielanlage 10 000 t Lagerkapazität. Abschlußbericht 9/71 (F) Ing.-Büro für Energetik in der Landwirtschaft Sievershagen 1971
- 5/ Redens, G.: Temperaturregelanlage zur Belüftung von Kartoffellagersektionen im 10 000-t-Lagerhaus. Regelanlage zur Befuchtung der Zuluft bei der automatischen Belüftung von Kartoffellagersektionen im 10 000-t-Lagerhaus: Meßanlagen für die Anzeige der Temperaturmeßwerte im 10 000-t-Lagerhaus; Meßanlage für die Anzeige der Feuchtigkeitsmeßwerte im 10 000-t-Lagerhaus (Projekt) 1972. Auftraggeber: IB f. Lagerwirtschaft OGS Gr. Lüsewitz

A 8776

Ergebnisse von Verschleißversuchen mit Auftragswerkstoffen

Dr.-Ing. F. Stegmann, KDT*

1. Ziel und Lösungsweg der Untersuchungen

Das Ziel der Untersuchung bestand im Vergleich des Verschleißverhaltens verschiedener aufgetragener Werkstoffe, um ein wirtschaftliches Anwenden dieser Auftragswerkstoffe und damit ein Verbessern der Qualität der Instandsetzungsleistungen zu erreichen.

Mit der vollständigen Kenntnis des Verschleißwiderstands der verschiedenen Paarungsmöglichkeiten von Werkstoffen unter verschiedenen Schmierbedingungen steht für die Aufarbeitung von Einzelteilen eine Fülle von Primärdaten zur Verfügung, die eine wesentliche Verbesserung der Materialökonomie zur Folge haben, wenn sie von der Praxis richtig genutzt werden. Auch für die Neufertigung landtechnischer Arbeitsmittel können aus solchen Versuchen wertvolle Schlußfolgerungen für das Gestalten eines optimalen Maschinenverhaltens gezogen werden.

Ferner geben solche Versuche Hinweise für die mit den untersuchten Werkstoffen zu erwartende Grenznutzungsdauer, insbesondere bei Schmierbedingungen, die denen der Praxis besonders nahe kommen.

Kurze Konstruktionsnutzungsdauern und Forderungen nach schnellem Vorliegen der benötigten Daten über den Verschleißwiderstand erfordern Kurzzeituntersuchungen. Bei den Untersuchungen werden Werkstoffe und Auftragsverfahren berücksichtigt, die in der Aufarbeitung von Verschleißteilen landtechnischer Arbeitsmittel Bedeutung erlangt haben.

Die Einflußnahme des Nutzers landtechnischer Arbeitsmittel auf die Nutzungsdauer von Verschleißpaarungen wird durch die Gegenüberstellung von reinem und verunreinigtem Schmierstoff und der daraus resultierenden Verschleißbeträge ersichtlich.

Die Lösung dieser Aufgaben umfaßt folgende Schritte: Entwurf, Bau und Erprobung eines geeigneten Verschleißprüfstands für den Metall/Metall-Schmiergleitverschleiß und Durchführung von serienmäßigen Verschleißversuchen.

Die erzielten Ergebnisse sind im Zusammenhang mit anderen Arbeiten des Autors /1/ /2/ /3/ /4/ zu betrachten.

2. Benötigter Prüfstand

Der Prüfstand für diese Verschleißversuche mußte Prüfbedingungen ermöglichen, die den Schmierbedingungen der Praxis entsprechen. Das gilt hinsichtlich Belastung, Gleitgeschwindigkeit, Verunreinigung des Schmierstoffs und Vielzahl der gleichzeitig in einer Maschine betriebenen Lager. Diese Untersuchungen wurden auf fettgeschmierte Gleitlager beschränkt. Die Analyse der in Forschungs- und Versuchseinrichtungen der DDR betriebenen Verschleißprüfeinrichtungen /5/ /6/ /7/ ergab, daß für diese Aufgaben ein neuer Entwurf nötig wurde. Der Entwurf des Verschleißprüfstands für fettgeschmierte Gleitlager landtechnischer Arbeitsmittel gemäß o.g. Forderungen setzte die Analyse der Betriebsbedingungen /8/ /9/ solcher Gleitlager voraus.

Die Bilder 1 und 2 zeigen den Prüfstand als Ganzes und eines der Hauptelemente und die Bilder 3 und 4 die schematische Darstellung der wichtigsten Hauptelemente des Prüfstands. Weitere Einzelheiten zu seinem Aufbau sind /1/ zu entnehmen.

Dieser Prüfstand wird dem stochastischen Charakter des Verschleißes gerecht, indem die gleichzeitige Durchführung von 12 Versuchen unter gleichen, den praktischen Anforder-

* Universität Rostock, Sektion Landtechnik
(Direktor: Prof. Dr.-Ing. habil. Chr. Eicher)