

## Klimaautomatisierung für Kartoffellager

**Zur Qualitätserhaltung und Verlustminimierung langzeitgelagerter Kartoffeln ist ein gut angepaßtes Lagerklima erforderlich. Die richtige Einstellung des Lagerklimaregelungsautomaten bestimmt in starkem Maße die Wirkung des Lagerklimas auf den Zustand des Gutes nach einer langen Lagerungsperiode. Für den Lagerhalter ist es eine wesentliche Erleichterung, wenn er eine ständige Übersicht über den Zustand in den Lagerzellen behält. Stehen die Klimaautomaten im Datenverbund, so werden die wichtigsten Meßwerte, etwa die Temperaturen im Stapel, auf einen Blick sichtbar. Eine Störung kann sofort von der Anlage gemeldet werden. Der Zustandsverlauf (Temperaturen, Schaltzustand, Störungen) wird ständig erfaßt und gespeichert. Dadurch können alle Vorgänge zurückverfolgt werden. Eine Datenfernübertragung über den Fernsprechananschluß mittels Modem ermöglicht eine Fernabfrage über die aktuellen und vergangenen Zustände und eine Fernsteuerung der Anlage.**

Viele große Lagerhäuser für 500 bis 1000 t (oder mehr) loser oder in Behältern eingelagerter Kartoffeln sind mit Zwangsbelüftung ausgerüstet. Die Zuluft wird durch Unterflurkanäle geleitet und durchströmt den Stapel von unten nach oben. Die Abluft wird über den Stapel hinweg in den Außenbereich abgeführt. Außenluft- und Umluftklappen können die Luftführung beeinflussen und eine Luftmischung von Frischluft (Außenluft) mit Abluft ermöglichen. Unter den in Deutschland herrschenden Außenklimabedingungen kann in der Regel ohne Heizaggregate und Kältemaschinen wirtschaftlich gelagert werden. Das erwünschte Lagerklima wird dadurch erreicht, daß die Zwangslüftung dann eingeschaltet wird, wenn das gerade herrschende Außenklima das Lagerklima in die gewünschte Richtung bringen kann. Zur Vermeidung von zu großen

Temperaturdifferenzen zwischen Kartoffeln und Luft ist wahlweise reiner Außenluftbetrieb, Mischluftbetrieb und Umluftbetrieb einstellbar [1]. Die Zeit zwischen der Einlagerung und Auslagerung ist in die Lagerphasen Abtrocknen, Wundheilen, Abkühlen und Aufwärmen eingeteilt, die zeitlich aufeinander folgen [3].

### Klimaautomatisierung

Mittlerweile ist eine relativ hohe Typenvielfalt an Lagerklimaautomaten im Angebot. Die Varianten reichen von einfachen Automaten bis zu Automaten mit vielfältigen Einstellungsmöglichkeiten [2]. Im Kartoffellagerhaus der Märkischen Agrargesellschaft Mittenwalde MAG wurde vom Institut für Agrartechnik Bornim e.V. (ATB) eine Klimaautomatisierung, basierend auf einer kommerziell erhältlichen Steuerung für den industriellen Bereich, installiert und betreut. Die Steuerungen sind frei programmierbar und die Steuerungsalgorithmen wurden im Institut entwickelt [5]. Durch die Entwicklung eines Modells über das Verhalten des Kartoffelstapels bei der Belüftung lassen sich die Algorithmen hinsichtlich ihrer Wirksamkeit auf das Klima untersuchen [4].

Das Kartoffellagerhaus ist in vier Lagerzellen eingeteilt, die zur Klimasteuerung mit je einer eigenständigen Steuerung ausgerüstet sind (Bild 1). Durch diese dezentralen Steuerungen wird das Klima in jeder Zelle unabhängig voneinander geregelt. Jede Steuerung besitzt daher die notwendigen Programme für die vier Betriebsarten Abtrocknen, Wundheilen, Abkühlen (Dauerlagern) und Aufwärmen (Auslagern), die nach Bedarf vom Lagerhalter eingestellt werden können. In jeder der eingestellten Betriebsart haben die Steuerungen folgende Aufgaben:

- Messung der Außentemperatur
- Messung der Außenluftfeuchte (zur Verbesserung der Klimaregelung nutzbar)
- Messung der Zulufttemperaturen in den Zuluftkanälen
- Messung der Kartoffeltemperaturen im Stapel
- Steuerung der Gebläse
- Steuerung der Luftklappen
- Übermittlung wichtiger Daten zur zentralen Anzeige (Prozeßvisualisierung)
- Annahme und Verarbeitung von Kommandos (Fernsteuerung)
- Fehlerermittlung und Störungsmeldung und

- Klimaregelung gemäß der gewählten Betriebsart (Lagerphase).

Zur Überwachung des Klimas in den vier Zellen ist ein Zentralrechner mit Bildschirm und Bedienfeld im Büro des Lagerhalters vorhanden, der mit allen Zellensteuerungen über eine Netzwerkleitung angekoppelt ist. Die einzelnen Steuerungen stehen im „Datenverbund“, alle wichtigen Daten (Temperaturen, Betriebszustand) werden also dem Zentralrechner übermittelt. Auf dem Bildschirm werden ausgewählte Kenndaten jeder der Einzelsteuerungen dargestellt (Bild 2). Der Lagerhalter kann in seinem Büro den Zustand in den Zellen auf einem Blick erfassen.

### Übersicht über den Klimaverlauf

Eine zusammenfassende Übersicht über den Klimaverlauf und die Betriebszustände der Steuerung in jeder Zelle wird an Hand eines schematischen Grundrisses des Kartoffellagerhauses ermöglicht (Bild 2). Angezeigt werden:

- Außentemperatur
- Zulufttemperatur (Mittelwert über vier Meßstellen)
- Kartoffeltemperatur (Mittelwert über vier Meßstellen)
- Luftklappenstellung, geschlossen (gelb), teilweise geöffnet (grün), voll geöffnet (grün)
- Lüfter aus (gelb), Lüfter ein (grün)
- gewählte Betriebsart
- Hinweis auf Fehlermeldungen

Zur Erweiterung der Möglichkeiten ist über einen Umsetzer zusätzlich ein PC an den Datenverbund angeschlossen (Bild 1). An diesen PC werden weitere Zustandsdaten übermittelt, welche regelmäßig aufgezeichnet und gespeichert werden. Mit Hilfe eines Modems kann über das Telefonnetz vom Institut für Agrartechnik die Anlage angewählt werden, so daß Daten abgefragt und übermittelt werden können. Weiterhin läßt sich die Steuerung für Versuchszwecke vom Institut aus beeinflussen („Fernsteuerung“). Die „Fernabfrage“ über den Zustand der Anlage ermöglicht gegebenenfalls eine „Ferndiagnose“ bei auftretenden Störungen.

### Temperaturanzeige

Wesentlich für den Erhalt der Qualität der Kartoffeln ist die Überwachung der Kartoffeltemperaturen (Stapeltemperaturen). In jeder Zelle stehen vier Temperatur-

*Dr.-Ing. Klaus Gottschalk ist als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Agrartechnik Bornim e.V. (ATB), Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam, (wiss. Direktor: Prof. Dr.-Ing. J. Zaska) in der Abteilung Technik der Aufbereitung, Lagerung und Konservierung tätig. Dipl.-Ing. Wolfgang Schwarz ist technischer Mitarbeiter in dieser Abteilung. Wir danken der Märkischen Agrargesellschaft MAG Mittenwalde für ihre freundliche Unterstützung.*  
Referierter Beitrag der LANDTECHNIK.

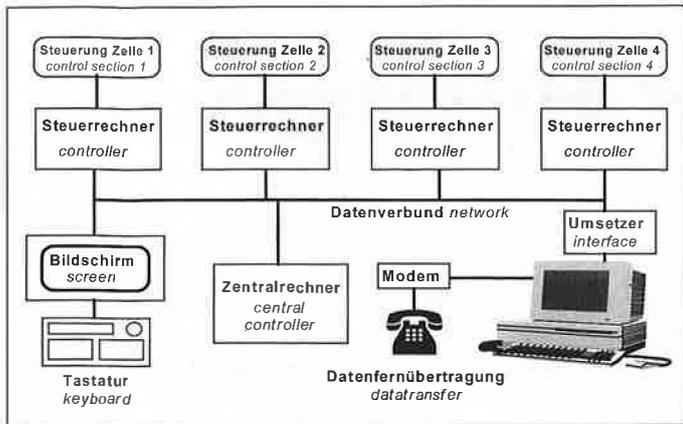


Bild 1: Lagerklimaautomaten im Verbund

Fig 1: Network climate controllers

fühler, entsprechend den vier Kanälen, zur Verfügung, die bei der Kartoffeleinlagerung an den zu überwachenden Stellen in den Stapel eingesteckt werden. Die Zulufttemperaturen werden in jedem Zuluftkanal hinter den Gebläsen gemessen. Für die Außentemperatur und die Außenluftfeuchte steht nur eine Meßstelle außerhalb des Lagerhauses („Weiterhäuschen“) für alle Zellensteuerungen gleichzeitig zur Verfügung.

### Überwachung

Der Lagerhalter erhält einen Überblick über auftretende Störungen und Fehler. Ein Bildschirm wird mit der entsprechenden Fehleranzeige automatisch aufgerufen; gleichzeitig ertönt ein akustisches Signal. Bei schwerwiegenden Fehlern (Systemfehlern) wird die Steuerung zwangsweise in den Handbetrieb umgeschaltet. Wenn der Fehler vor Ort behoben wurde, wird wieder auf Automatik umgeschaltet. Temperaturfehler, etwa durch Ausfall eines Meßfühlers, werden angezeigt, aber in der Steuerung bei der Meßwertverarbeitung nicht mehr berücksichtigt. Es wird ein Mittelwert aus den übrigen (intakten) Meßstellen gebildet.

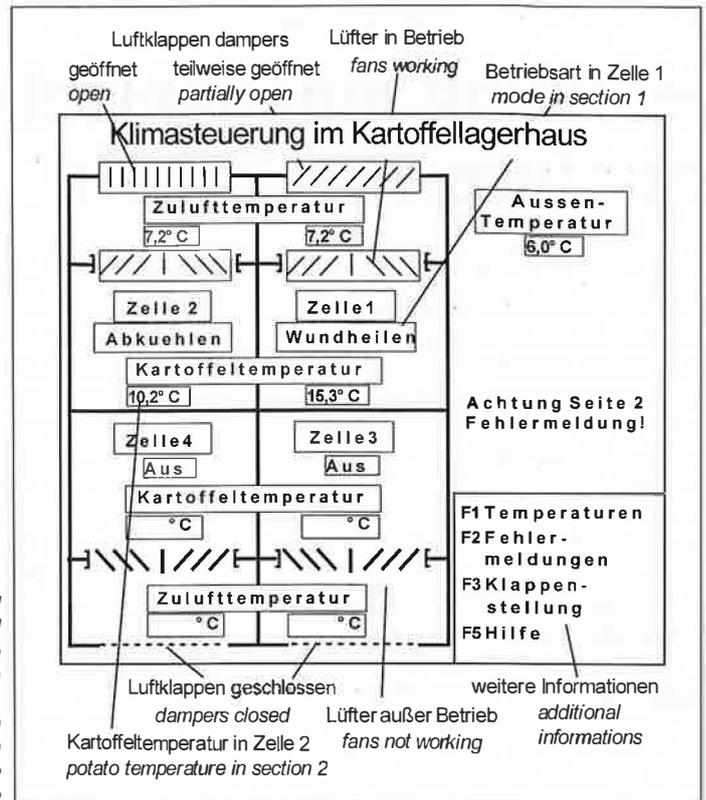
### Schlußfolgerung

Die Erfahrungen mit der Klimaautomatisierung zeigen, daß selbst nach anfänglich eventuell bestehenden Vorbehalten seitens des Lagerhalters gegenüber einer Automatisierung eine Akzeptanz erreicht wird, wenn die Anlage

- durchschaubar („transparent“) im Aufbau und im Steuerungsverhalten
- übersichtlich,
- plausibel im Steuerungsverhalten,
- zuverlässig,
- fehlertolerant,
- benutzerfreundlich
- energie- und kostensparend,
- verlustmindernd und
- fähig zur Sicherung der Qualität ist.

Bild 2: Übersichtsbild über das Klima und die Betriebszustände in allen Lagerzellen

Fig 2: Synopsis on climate and operation modes in all storage sections at a glance



Temperaturen °C					
Aussentemperatur 10.4					
		Kanal 1	Kanal 2	Kanal 3	Kanal 4
Zelle 1	ts	15.8	15.6	15.4	15.2
	tz	10.6	10.2	10.6	10.4
Zelle 2	ts	---	---	---	---
	tz	---	---	---	---
Zelle 3	ts	10.2	11.1	10.9	9.8
	tz	9.8	10.1	10.5	10.0
Zelle 4	ts	9.6	9.8	10.1	8.7
	tz	11.0	10.6	9.8	10.4

ts = Stapeltemperatur (Kartoffeln)  
tz = Zulufttemperatur im Kanal

F 2 Fehlermeldungen F 4 Übersicht F 3 Klappenstellung F 5 Hilfe

Bild 3: Temperaturanzeige

Fig 3: Temperature reading

Da der Beweis zu einer verlustmindernden Fähigkeit einer Anlage nur über einen direkten Vergleich von Varianten unter exakt gleichen Bedingungen zu führen ist, ist eine Bewertung der Anlage auf den Effekt „verlustmindernd“ schwierig. Wesentlich ist jedoch, wenn sich nach dem Auslagern der Kartoffeln zeigt, daß die Automatisierung nach den schwierigen Lagerphasen „Abtrocknen“ und „Abkühlen“ nur relativ geringe Verluste durch Fäule, Schimmelbildung und Schwund zugelassen hat. Da die Bedingungen hinsichtlich Außenklima, Einlagerungszustand der Kartoffeln, Kartoffelsorte, Lagerungsdauer, physiologische Belastungen durch Temperaturwechsel und mechanische Beanspruchung sehr unterschiedlich von Lagerungsperiode zu Lagerungsperiode sind, sind die Ergebnisse bei der Verlust- und Qualitätsbestimmung unterschiedlich.

### Literatur

- [1] Leppack, E.: Einrichtungen zur Kartoffelbelüftung. Kartoffelbau 45 (1994), H. 1, S. 25-28
- [2] Leppack, E.: Typentabelle der Geräte zur Belüftungssteuerung. Kartoffelbau 46 (1995), H. 3, S. 109-115
- [3] Maltry, W. und K. Gottschalk: Luftströmung und Lufrate im Kartoffellager. Kartoffelbau 44 (1993), H. 8, S. 314-317
- [4] Maltry, W. und K. Gottschalk: Thermisches Verhalten von Kartoffeln im belüfteten Lager. Landtechnik 48 (1993), H. 7, S. 373-376
- [5] Gottschalk, K.: Modellierung der Klimaregulation und Strömung im Kartoffellager. Bornimer Agrartechnische Berichte, 1994, H. 5, S. 35-47

### Schlüsselwörter

Klimaautomatisierung, Kartoffellagerung

### Keywords

Climate control, potato storage