

einzugebende Korrekturkonstanten im Mikrorechner gespeichert.

Die im Mikrorechner gegebenen Steuerbefehle werden über drei Karten mit je einer 16-bit-Ausgabe erzeugt. Diese Signale werden über das Automatisierungssystem LA 178 an den Starkstromteil weitergegeben.

Zur Kommunikation zwischen Mensch und Automat steht eine robuste Fernschreibmaschine zur Verfügung. Über sie werden alle für die Lagerung der Kartoffeln relevanten Parameter eingegeben und die Protokolle (einschließlich der Ergebnisse des Meßtechnik-Prüfprogramms) mit allen wichtigen Daten anwenderfreundlich ausgegeben.

### 3. Bedeutung komplexer Automatisierungssysteme

Durch die Möglichkeiten von mikroprozessorgesteuerten Automatisierungssystemen wird die gewohnte Arbeitsweise beim Entwurf, beim Umgang und bei der Bewertung eines Automaten verändert. Es kann z. B. erreicht werden, daß alle vorgegebenen Forderungen bezüglich zulässiger Zuluftzustände, Nutzung der Zeit mit geeignetem Außenluftzustand für die Belüftung und besonders bezüglich der maximal zulässigen Energieinanspruchnahme eingehalten werden, so daß letztlich nicht mehr

die Gestaltung des Automaten und seines Programms, sondern die Forderungen selbst und ihre Formulierungen allein über das Lagerklima und damit über die Lagerverluste und die Energieaufwendungen entscheiden. Bei der Aufstellung von Forderungen muß deshalb der durch sie verursachte Aufwand bedacht werden.

Von maßgebender Bedeutung für den Übergang von traditioneller zu mikroprozessorgesteuerter Automatisierung und für den Einsatz verschiedener Mikrorechnersysteme ist die Vereinbarung von einheitlichen Schnittstellen zwischen Meßtechnik und Zentraleinheit einerseits und zwischen Zentraleinheit und Stelltechnik andererseits, einschließlich der zugehörigen Signalpegel. Diese Schnittstellen sind gleichzeitig die Grenzen von Verantwortungsbereichen.

### 4. Zusammenfassung

Die Einhaltung der biologisch begründeten Klimaparameter in Kartoffellagerhäusern mit zahlreichen Lüftungstechnischen Einheiten und bei Lagerkapazitäten von 10 kt und mehr je Standort erfordert eine Automatisierung des Belüftungsbetriebs. Mit mikroprozessorgesteuerten komplexen Automatisierungssystemen ist eine Einhaltung aller klimatechnischen

und energetischen Vorgaben möglich, wobei teilweise beachtliche technische Verbesserungen gegenüber traditionellen Automatisierungssystemen erreichbar sind, wie in diesem Beitrag am Beispiel der Temperaturmeßtechnik dargestellt wird.

### Literatur

- [1] TGL 21240/04 Saat- und Pflanzgut, Pflanzkartoffelproduktion, Lagerung in Lagerhäusern und belüftbaren Großmieten. Ausg. 1980.
- [2] Witte, J.: Stand und Entwicklung der Regeltechnik in Speisekartoffel-Lageranlagen. *agrartechnik*, Berlin 27 (1977) 8, S. 348—351.
- [3] Hegner, J.: Automatisierungsmöglichkeiten der Belüftung in Kartoffellagerhäusern. *agrartechnik*, Berlin 27 (1977) 8, S. 345—347.
- [4] Projekt BMSR-Teil zum Objekt 16-Sektionen-Kartoffellagerhalle Wittbrietzen. VEB GRW Teltow, Außenstelle Erfurt, 1981 (unveröffentlicht).
- [5] Treyße, R.: Aufbau und Einsatz des Lüftungsautomaten LAR 81 auf der Basis mikroelektronischer Bauelemente im Kartoffellagerhaus Weidensdorf. Vortrag zur KDT-Informationstagung „Lüftungsautomatisierung mittels Kleinrechner“ in Weidensdorf 1982.
- [6] Baganz, K.; Herold, C.; Mörtl, W.: Programmbeschreibung zum Programm MILBE (Mikrorechnergesteuerte Belüftung). FZM Schlieben/Bornim 1982 (unveröffentlicht). A 3655

## Einsatz eines Mikrorechners für die Lüftungsautomatisierung in der ZBE Kartoffellagerhaus Weidensdorf

Dr. J. Witte, KDT, VEB Ingenieurbüro für Lagerwirtschaft Obst, Gemüse und Speisekartoffeln (OGS) Groß Lüsewitz

### 1. Einleitung

In den vergangenen 10 Jahren sind in der DDR in einer großen Anzahl von Normallagern für Kartoffeln und Gemüse Anlagen zur automatischen Regelung der Belüftung entstanden, wobei in zunehmendem Maß auch Bausteine der Mikroelektronik eingesetzt wurden.

Der VEB Geräte- und Regler-Werke (GRW) Teltow, Außenstelle Erfurt, entwickelte nach einer Aufgabenstellung des VEB Ingenieurbüro für Lagerwirtschaft Groß Lüsewitz das mit elektronischen Bauelementen bestückte Automatisierungssystem LA 178, das bisher in 14 Kartoffel- und Gemüselagerhäusern installiert wurde und in drei weiteren Lagerhäusern vorbereitet wird.

Dieses System bewies Zuverlässigkeit und ist aufgrund seines einfachen Aufbaus leicht zu bedienen. Dennoch war eine Weiterentwicklung u. a. aus folgenden Gründen notwendig:

- Besonders für Lagerhäuser mit einer größeren Anzahl von Lüftungstechnischen Einheiten (>8) muß der Materialaufwand erheblich gesenkt werden.
- Durch die Lüftungsautomaten muß die Energieabnahme der Lüftungsanlage in Spitzenzeiten begrenzt werden.
- Die Genauigkeit der Temperaturmessung muß verbessert werden.
- Die biologischen Anforderungen des Lagergutes an die Klimatisierung müssen mehr Berücksichtigung finden.

Als nach der Errichtung einer zweiten Lagerhalle die Leitung der ZBE Kartoffellagerhaus Weidensdorf (20 kt Lagerkapazität unter Dach, 32 Sektionen) den Auftrag zur Installation einer Meß-, Steuer- und Regelanlage (MSR-Anlage) erteilte, war es notwendig, nach neuen technischen Lösungen der Lüftungsautomatisierung zu suchen. Diese Aufgabe wurde von einem Kollektiv, das aus Mitarbeitern der ZBE Kartoffellagerhaus Weidensdorf, des VEB Funkwerk Erfurt, des VEB GRW Teltow, Außenstelle Erfurt, und des VEB Ingenieurbüro für Lagerwirtschaft Groß Lüsewitz bestand, innerhalb von drei Jahren gelöst. Seit dem 20. November 1982 ist das entwickelte Automatisierungssystem mit der Typenbezeichnung LAR 81 in Betrieb.

Nach einer Aufgabenstellung des VEB Ingenieurbüro für Lagerwirtschaft Groß Lüsewitz entwickelten Treyße [1] die Hard- und Software für die Regelung und Kaufhold [2] die Steueranlage. Die Prüfung und Erprobung des Systems werden durch den VEB Ingenieurbüro für Lagerwirtschaft Groß Lüsewitz und das Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim durchgeführt. Im Rahmen dieser Arbeiten wird auch ein vom Forschungszentrum für Mechanisierung im Kartoffellagerhaus Wittbrietzen zur Lüftungsregelung eingesetzter Rechner K 1510 geprüft.

### 2. Aufbau des Automatisierungssystems LAR 81

#### 2.1. Auswahl der elektronischen Steuerung

Für die Konzipierung der MSR-Anlage des Kartoffellagers Weidensdorf wurde auf bekannte Systeme des VEB Robotron zurückgegriffen. Aus einer Reihe von untersuchten Lösungsvarianten erwies sich die Realisierung der Ablaufsteuerung auf der Basis des frei programmierbaren Rechnersystems K 1520 vom VEB Robotron als günstigste Lösung. Damit entstand das Automatisierungssystem LAR 81 (Bild 1).

Das Mikrorechnersystem K 1520 ist nach dem Baukastenprinzip aufgebaut. Es gestattet eine flexible Anpassung der Hardware an die Aufgabenstellung. Der Befehlsumfang des Rechners läßt technisch elegante Softwarelösungen zu.

#### 2.2. Meßanlage

In der Meßanlage (Temperaturmessung) des LAR 81 wurde eine Reihe neuer Lösungen eingesetzt, um Material, vor allem Kupferleitungen, einzusparen sowie die Zuverlässigkeit und die Meßgenauigkeit zu erhöhen. Da die Meßanlage 165 Temperaturmeßstellen enthält, bestimmt sie wesentlich den technischen und finanziellen Aufwand des Systems. Daher wurde eine dezentrale Multiplexeinrichtung entwickelt. Mit ihr müssen Meßfühlerleitungen nicht

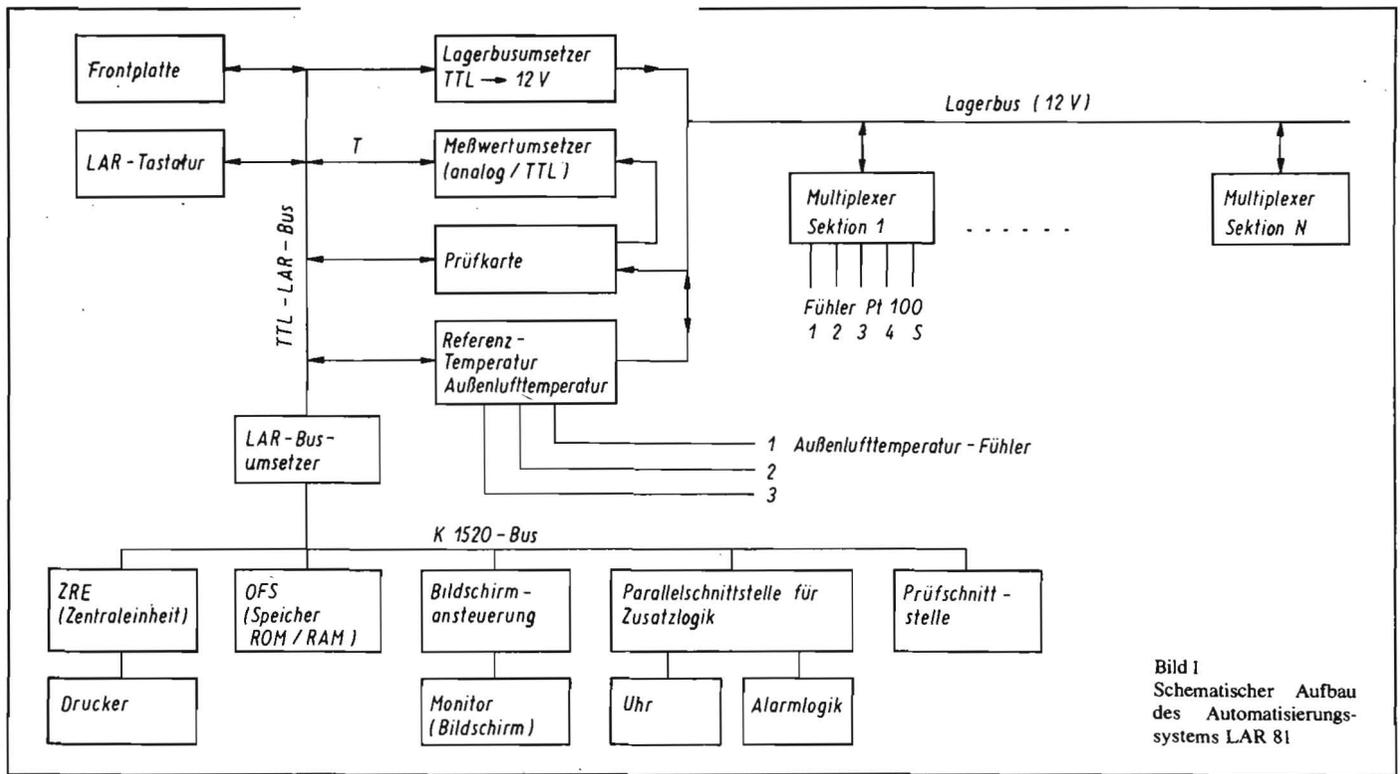


Bild 1  
Schematischer Aufbau  
des Automatisierungs-  
systems LAR 81

mehr bis zum Automaten geführt werden, sondern werden nacheinander auf den in jeder Sektion installierten Sektionsmultiplexer aufgeschaltet. Über den Sektionsmultiplexer kann jeder Fühler auf eine Busleitung geschaltet und über diese vom Automaten abgefragt werden. Eine weitere Einsparung von Kupfer ergibt sich aus der Anwendung der Vierleiterschaltung (Kelvin-Kontaktierung). Die noch im LA 178 angewendete Zweileiterschaltung erfordert den separaten Abgleich der Leitungswiderstände für jeden Fühler. Das ist regelmäßig zu wiederholen, da alterungsbedingte Veränderungen der Leitungswiderstände, z.B. durch Korrosion an Klemmstellen, ebenfalls die Temperaturmeßwerte verfälschen. Bei 165 Meßstellen wäre das ein erheblicher Arbeitsaufwand für die MSR-Techniker. Mit der Vierleiterschaltung werden Leitungswiderstände automatisch ausgeglichen. Damit entfällt jeglicher Abgleich von Fühlerleitungen. Die Vierleiterschaltung toleriert außerdem wesentlich größere Zuleitungswiderstände. Dadurch wird der Leitungsquerschnitt um den Faktor 6 reduziert, wodurch auch eine Kupferersparung möglich ist.

Der für die Stapeltemperaturmessung verwendete Fühler Typ 1008 mit einer Kabellänge von 25 m kann nicht mit in die Vierleitertechnik einbezogen werden. Der dadurch verursachte Fehler wird softwaremäßig korrigiert.

Der für alle Temperaturmessungen verwendete Platinfühler Pt 100 wird nicht nach den vom Hersteller angegebenen Betriebsbedingungen eingesetzt. Der maximal zulässige Meßstrom von 5 mA ergibt Meßspannungen von 1,95 mV/K. Diese geringen Spannungen sind über die notwendigen Kabellängen nicht ohne besondere Störchutzmaßnahmen anwendbar. Daher wird im LAR 81 ein Meßstrom von 100 mA benutzt, wodurch sich die Meßspannung auf 39 mV/K erhöht. Diese Spannung läßt sich mit geringem technischen Aufwand in der Auswertelektronik verarbeiten. Da der Strom von 100 mA jedoch zu einer unzulässig hohen Eigenerwärmung des Temperaturfühlers führt, wird der Meßstrom nur für eine Dauer von 0,1 s

eingeschaltet. Daraus ergibt sich bei zwei Messungen je Minute ein Tastverhältnis von 1:300, d.h. der mittlere Meßstrom über einen Meßzyklus beträgt nur 0,33 mA. Damit kann die Eigenerwärmung des Fühlers vernachlässigt werden.

Das dynamische Temperaturverhalten der Fühler, das nicht von der Fühlerform, sondern nur von den Eigenschaften des Pt-100-Elements abhängig ist, wurde durch eine Korrekturgröße im Betriebssystem des Automaten berücksichtigt.

Zur Erreichung einer hohen Langzeitstabilität des Meßsystems wurde eine automatische Selbstkalibrierung vorgesehen. Zu Beginn eines jeden Meßzyklus werden alle Parameter des Temperaturmeßsystems kalibriert. Damit werden alle linearen Fehler der elektronischen Meßwertverarbeitung erfaßt und korrigiert.

### 2.3. Automatische Systemüberwachung

Das System LAR 81 überwacht seine Funktionen weitgehend selbst, um Störungen, die zu Fehlbelüftungen und damit zu Schäden am Lagergut führen, rechtzeitig erkennen und abstellen zu können. Fehler, die nicht unmittelbar zu einem Ausfall des Gesamtsystems führen, werden optisch und akustisch signalisiert. Diese Alarmmeldung erscheint immer dann, wenn Störungen zu Fehlern im Lüftungsprogramm führen. Die Überwachung beinhaltet u. a.:

- Kontrolle der Relais des Multiplexsystems auf die Zustände „Kontakt offen“ und „Kontakt geschlossen“ (betrifft 660 Relaiskontakte)
- Kontrolle der Meßfühler auf Unterbrechung
- Überwachung der Adressierung der Multiplexer
- Überwachung des Betriebssystems des Automaten.

### 2.4. Bedienung und Meßwertausgabe

Die Bedienung der Automaten erfolgt weitgehend über Vorwahlschalter an der Frontplatte. Für jede Sektion wird das gewünschte

Lüftungsprogramm von Hand ausgewählt. Ebenfalls von Hand, d.h. vom Lüftungswart, wird einer der drei Stapelfühler, nach dem die Regelung der Sektion erfolgen soll, ausgewählt. Regeln kann man auch nach dem Durchschnitts-Temperaturwert aller drei Stapelfühler oder nach dem Fühler mit der höchsten Temperatur, die der Automat selbstständig aussucht. Wesentliche Informationen über den Lagerzustand werden an der Frontplatte durch vier Leuchtdioden je Sektion vermittelt. Temperaturwerte und detaillierte Informationen über den Lagerstatus werden auf einem Bildschirmgerät angezeigt. Der Anschluß eines zweiten Bildschirmgeräts (im Büro des Leiters der ALV-Anlage) ist ebenso wie die Installation eines Thermodruckers vorbereitet.

### 3. Steueranlage

Zwischen rechnergestütztem Automaten einerseits sowie den Lüftern und Klappenantrieben andererseits war auch für das Kartoffellager Weidendorf ein neues Leistungsteil zu erstellen. Dieses sollte zentral aufgebaut werden und folgende Funktionen erfüllen:

- Hand-Automatik-Umschaltung
- Handschaltung aller Lüfter und Klappenantriebe (Lüfter ein — aus, Klappe auf — zu)
- Frostschutzschaltung einschl. Quittierung
- Signalisation (Steuerspannung, Lüfter ein, Klappe auf — zu, Frost, Automatikschaltung)
- Betriebsstundenzähler.

Diese Funktionen der Steueranlage entsprechen weitgehend der des Zusatzschrankes, den der VEB GRW Teltow als Steueranlage zum System LA 178 liefert. Eine Vor-Ort-Schaltung der Klappen zu Einstellzwecken an den Klappenantrieben existiert nicht.

Während der Einstellung der Endlagenschalter an den Stellmotoren wird die Verständigung zwischen Steuerzentrale und Lagerhaus durch Wechselsprechanlage hergestellt (im LAR 81 mit installiert).

#### 4. Lüftungsprogramme

Die Belüftung erfolgt entsprechend dem Zustand des Lagergutes nach vier Programmen, und zwar Abtrocknung, Wundheilung, Abkühlung mit Sollwert 5°C und Abkühlung mit Sollwert 3°C. Mit diesen Programmen werden die Forderungen der Lüftungsempfehlung für Speisekartoffellager weitgehend erfüllt. Die Abtrocknung erfolgt als Dauerlüftung.

Bei Außenlufttemperaturen, die unterhalb der Stapeltemperatur liegen, werden die Klappen aufgeföhren. In der Wundheilperiode erfolgt Intervalllüftung zu fest vorgegebenen Tageszeiten, die der Rechner anhand der im System eingeordneten Echtzeituhr ermittelt. Die Dauer der Intervalle richtet sich nach der Stapeltemperatur. Die Lüftungsklappen werden sinn-gemäß wie im Abtrocknungsprogramm ange-steuert.

Für die Lagerperioden Abtrocknung und Wundheilung lassen sich die biologischen Anfor-derungen des Lagergutes an die Klimatisie-rung optimal nur durch die Berücksichtigung der Feuchte der Außenluft in Beziehung zur Stapeltemperatur erfüllen. Zukünftig soll daher die Entscheidung über die Lüftungsmöglichkeit mit Außenluft zur Abtrocknung von der

Außenluftfeuchte abhängen. Ein geeignetes Meßverfahren mit hinreichender Genauigkeit und Zuverlässigkeit für die Feuchtemessung muß jedoch erst noch getestet werden.

Für die Abkühlungsprogramme wurden die beiden Sollwerte ausgewählt. Sind Kartoffeln guter Qualität eingelagert, wird der Stapel nur bis auf die höhere Lagertemperatur von 5°C abgekühlt, um Lüftungszeit und damit Energie einzusparen.

#### 5. Energieprogramm

Bei Lüftungsbedarf und Lüftungsmöglichkeit werden alle Lüfter eingeschaltet. Das kann dazu führen, daß u.U. die mit der Energieversorgung vertraglich vereinbarte Höchstabnahme von Elektroenergie überschritten wird. Um beim Lüften diese Bedingungen zu berücksichtigen, müssen die Lüfter-laufzeiten der Sektionen über den ganzen Tag verteilt werden. Über einen Meßgrößenum-former erhält der Rechner laufend eine Infor-mation über den momentanen Energiever-brauch der Gesamtanlage. Ist die eingegebene Begrenzung der Energieabnahme erreicht, werden keine weiteren Lüfter mehr zugeschal-tet bzw. bei Überschreitung des Sollwerts be-

reits laufende Lüfter abgeschaltet. Der Lüf-tungsbedarf der Lagergutstapel in den einzel-nen Sektionen wird dabei anhand des an-ge-wählten Lüftungsprogramms und der Stapeltemperatur nach verschiedenen Dringlich-keitsstufen berücksichtigt.

#### 6. Zusammenfassung

Mit dem Automatisierungssystem LAR81 wurde im Kartoffellagerhaus Weidensdorf, Bezirk Karl-Marx-Stadt, ein Beispiel für die weitere Lüftungsautomatisierung größerer Lagerhäuser für Kartoffeln, Obst und Gemüse geschaffen. Die Vorteile gegenüber herkömm-lichen Systemen sind vor allem hohe Zuverlässigkeit, Materialeinsparung, Energieeinsparung und umfassende Berücksichtigung der bio-logischen Anforderungen des Lagergutes an das Lüftungsregime.

#### Literatur

- [1] Treyße, R.: Projekt Hard- und Software zum LAR81. Erfurt 1981 (unveröffentlicht).
- [2] Kaufhold, E.: Projekt der Steueranlage Lüftung für das Kartoffellagerhaus Weidensdorf. VEB GRW Teltow, Außenstelle Erfurt, 1980 (unver-öffentlicht). A 3696

## Ergebnisse der Anwendung der freien Konvektionslüftung bei der Pflanzkartoffellagerung in der LPG (P) „Wilhelm Pieck“ Badel

Dr. agr. H. Schierhorn, KDT, Kooperationsverband „Magdeburger Speisekartoffeln“ Gardelegen

Dipl.-Agr.-Ing.-Ök. E. Schulz / Staatl. gepr. Landw. F. Schulz, KDT / Meister der Landw. J. Löttge, LPG (P) Badel, Bezirk Magdeburg

Die verlustarme Überlagerung von Kartoffeln stellt an die Klimagestaltung im Lagerhaus bestimmte Anforderungen. Die dazu gegebenen Anleitungen entsprechen in ihren Werten dem Standard TGL 21240/04 (Lagerung von Pflanzkartoffeln), der am 1. Juli 1980 in Kraft getreten ist.

Beim Bau von Behälterlagern für die Pflanzkartoffellagerung erhielt zunächst die sektionsweise Zwangsbelüftung als Schlitzwand-Horizontal-Gleichdruckbelüftung den Vorrang. Seit dem Jahr 1978 wird in neuen Projekten die Wurflüftung als Gleichdruckbelüftung mit horizontaler Luftführung eingebaut. Für jede belüftungstechnische Einheit steht ein komplettes Lüftungsanlagensystem zur Verfügung, das aus Zuluft-, Abluft- und Umluftführung besteht. Die Lufrate beträgt 40 m<sup>3</sup>/h·t. Luft-zuführung und -abführung erfolgen ausschließ-lich über dem Behälterstapel [1].

Seit 1971 wird nach Schierhorn [2 bis 6] Pflanzgut in Behältern vollkommen ohne Ventilatoren gelagert. Daraus hat sich das Überlage-rungsverfahren „freie Konvektionslüftung“ (FKL-System) entwickelt. Luftzu- und -abführung erfolgen über in Deckenhöhe ein-gebaute Luken. Das Lagerregime entspricht nicht den Forderungen des o.g. Standards. Nach einer Vorbereitungszeit (vom ersten Tag der Einlagerung bis zum Rückgang der Raum-temperatur auf 2°C) beginnt die Hauptlage-rungszeit. Weitere Abweichungen zum Stan-dard TGL 21240/04 sind:

- Zur Gesunderhaltung des Lagergutes wird das Hauptaugenmerk auf eine ständige Frischluftzufuhr bei geringsten Luftge-schwindigkeiten gelegt.
- Die Abtrocknung kann unter dieser Vor-aussetzung verzögert eintreten und wird der ständigen Sauerstoffzufuhr nachgeordnet.
- Die Abkühlung wird nicht zwangsweise beschleunigt, sondern ist dem natürlichen Witterungsablauf angepaßt.
- Die dabei auftretenden kurzzeitigen Schwitzschichten werden nicht so bedeu-tungsvoll gewertet.
- Die höhere Raumluftfeuchte [1] über 95 bis nahe 100% führt zur Erhaltung der Knol-enturgeszenz. Sie hat auch ihre Ursache in der geringen Luftbewegung im Stapelbe-reich.

Unter bestimmten gegebenen Witterungsbedin-gungen läßt sich eine Keimung entsprechend der Sorten- und Partieneigentümlichkeit auch bei technischen Belüftungssystemen nicht ver-hindern. Die Aufbereitungsfolge ist so zu wählen, daß nur eine einmalige Keimung vor dem Pflanzen zu verzeichnen ist.

Die Lagerhausgestaltung muß den Forderun-gen des Klimasystems entsprechen. Für das FKL-System sind erforderlich:

- keine Unterteilung des Lagerraums
- ausreichende Isolierung der Außenwände und der Decke
- ausreichender Zwischenraum zwischen

- Behälterstapeloberkante und Decke sowie zwischen den Stapelreihen
- in Deckenhöhe anzuordnender Lukenein-bau mit abgestimmtem Abstand und lichter Öffnung entsprechend der Lüftungsstrecke als einzige Klimatisierungseinrichtung.

Auf der Grundlage dieser Erkenntnisse wurden Forschungs- und Entwicklungsarbeiten durch-geführt, deren heutiger Stand die Kombina-tionslüftung, d.h. Wurflüftung und Luken, bzw. die mögliche Nachrüstung von Luken in bestehenden Anlagen sowohl in neuen Pro-jekten als auch in vorhandenen Behälterlagern empfiehlt. Die dabei erreichte Energieeinsparung beträgt 50% [1, 7].

Inzwischen hat das FKL-System eine breitere Anwendung gefunden [3, 6]. Die Lagerkapazi-tät beträgt gegenwärtig in 53 Lagereinheiten 198 kt. Weitere 16 Lagereinheiten sind im Bau, so daß zur Ernte 1983 insgesamt 269 kt Lagerkapazität nach dem FKL-System bewirt-schaftet werden. Mit der Errichtung der An-lagen nach diesem Überlagerungsverfahren wurden mindestens 20 Mill. M Bauinvestitio-nen und 15 Mill. M Ausrüstungsinvestitionen eingespart. Die jährlich eingesparte Elektro-energie durch die lüfterfreie Überlagerung be-trägt je Lagerperiode ab Herbst 1983 etwa 3,6 Mill. kWh [6].

Die Aktualität der Formel „mit weniger mehr“ rückt das Verfahren der lüfterfreien Bewirt-schaftung stärker in den Blickpunkt des Inter-esses. Mit der wissenschaftlichen Grund-