

Automatisierung der Belüftung in Lagern für Kartoffeln

Dozent Dr. sc. techn. W. Maltry, KDT / Dipl.-Ing. A. Gohr
 Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

1. Aufgabenstellung

Durch die umfangreichen Investitionen für Lageranlagen mit hoher Kapazität haben die Probleme der verlustarmen Lagerung von Kartoffeln, Gemüse und Obst im letzten Jahrzehnt in der DDR eine neue Dimension erreicht. Aufbereitungs-, Lager- und Vermarktungsanlagen für Kartoffeln verfügen über eine projektierte Lagerkapazität von 4 bis 20 kt. Pflanzkartoffeln werden meist in Behältern gelagert, Speisekartoffeln hauptsächlich in loser Schüttung in Sektions- oder Haufenlagern.

Unter der Zielstellung minimaler Lagerverluste gelten für Speise- und Pflanzkartoffeln bestimmte biologisch begründete Klimaparameter, deren Einhaltung über die technischen Einrichtungen zur Belüftung gewährleistet werden muß. Für die Belüftung von Pflanzkartoffeln gilt der Standard TGL 21240/04 [1], für Speisekartoffeln wird nach der Bewirtschaftungsordnung des Ingenieurbüros für Lagerwirtschaft Groß Lüsewitz gearbeitet. Die Belüftung hat folgende Aufgaben:

- Transport von Luft geeigneten Zustands (Temperatur, relative Feuchte) zum Lagergut

- Gewährleistung des geeigneten Zustands durch entsprechende Auswahl derjenigen Belüftungszeit, während der die Außenluft die Voraussetzungen für die Sicherung des geeigneten Zuluftzustands bietet
- erforderlichenfalls die Einstellung eines bestimmten Umluftanteils in der Zuluft
- Bewältigung der Aufgaben zur Klimagegestaltung mit minimalem Energieaufwand.

Der Transport von Luft geeigneten Zustands zum Lagergut wird von der Regelstrecke „Belüftung“ wahrgenommen, die aus Lüftern, Kanälen, Luftklappen und dem Lagergut besteht. Die o. g. anderen Aufgaben sind Aufgaben zur Bedienung der lüftungstechnischen Einrichtungen, die mit Mitteln der Automatisierungstechnik besser beherrscht werden können. Es wurden bereits verschiedenartige z. T. industrielle Lösungen zur Automatisierung erarbeitet und in ALV-Anlagen eingesetzt [2, 3, 4].

2. Automatisierungseinrichtungen im Kartoffellagerhaus

2.1. Meß- und Stelltechnik

Stellglieder des Regelkreises „Kartoffelbelüftung“ sind die Schaltschütze der Lüfter und die

miteinander gekoppelten Luftklappen zur Variation der Zuluftzusammensetzung zwischen reinem Umluftbetrieb und reinem Außenluftbetrieb.

Bezüglich der Meßtechnik hat es sich bewährt, die Temperaturmessung mit der Erfassung von wichtigen Betriebszustandssignalen („Lüfter laufen“, „Klappen geschlossen“, „Handbetrieb“, „Frost in der Sektion“) zu verknüpfen. Je nach der Anzahl der Temperaturfühler im Kartoffelstapel einer Sektion, d. h. einer selbständig belüftbaren Einheit einer ALV-Anlage, hat die Meßtechnik je Sektion folgenden Umfang:

- Temperaturfühler
 - 3 bis 5 für das Lagergut
 - 1 bis 2 für die Zuluft
 - 1 für die Außenluft
 - evtl. 1 für die Außenluftfeuchte
- Betriebssignalgeber
 - 1 bis 2 für die Luftklappen
 - 3 für die Signale „Lüfter laufen“, „Handbetrieb“, „Frost in der Sektion“.

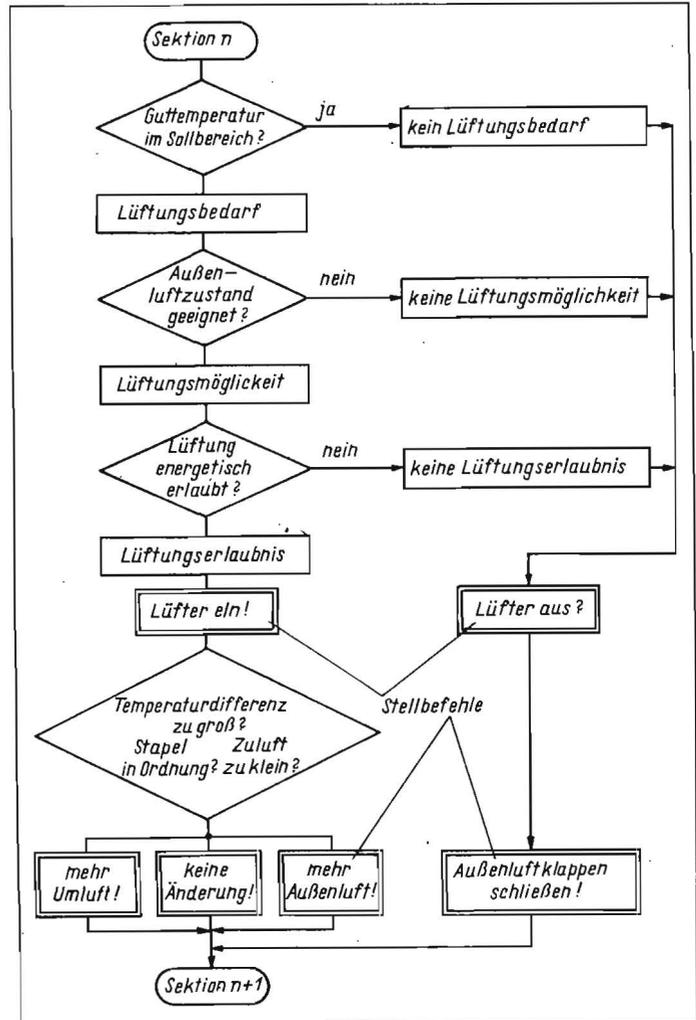
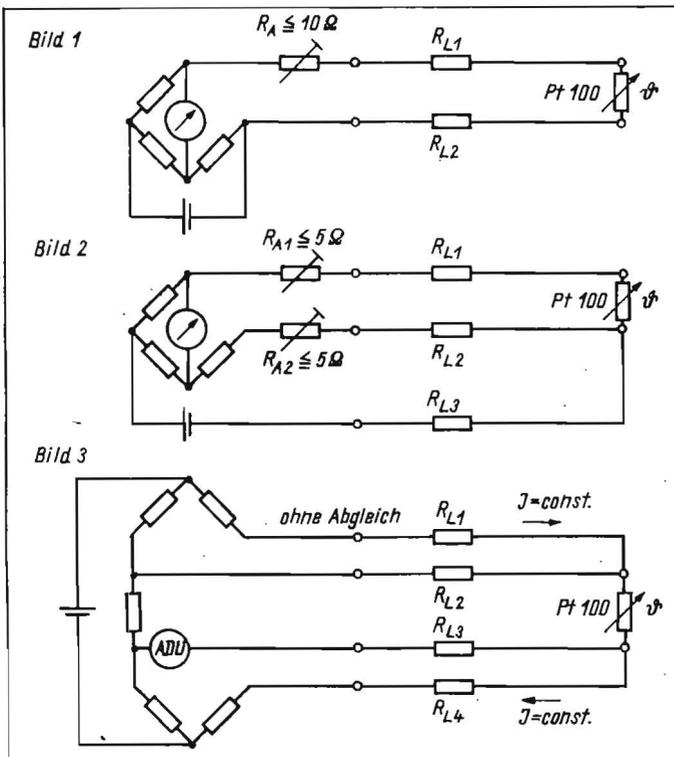
Die Stelltechnik erfordert je Sektion folgende Befehlsausgaben, falls zwei mechanisch voneinander unabhängige Klappenverstellungssysteme je Sektion vorhanden sind:

Bild 4. Ablauf der logischen Entscheidungen

Bild 1. Temperaturmessung mit Hilfe eines Widerstandsthermometers Pt 100 in Zweileiterschaltung

Bild 2. Temperaturmessung mit Hilfe eines Widerstandsthermometers Pt 100 in Dreileiterschaltung

Bild 3. Temperaturmessung mit Hilfe eines Widerstandsthermometers Pt 100 in Kelvin-Vierleiterschaltung; ADU Analog-Digital-Umsetzer



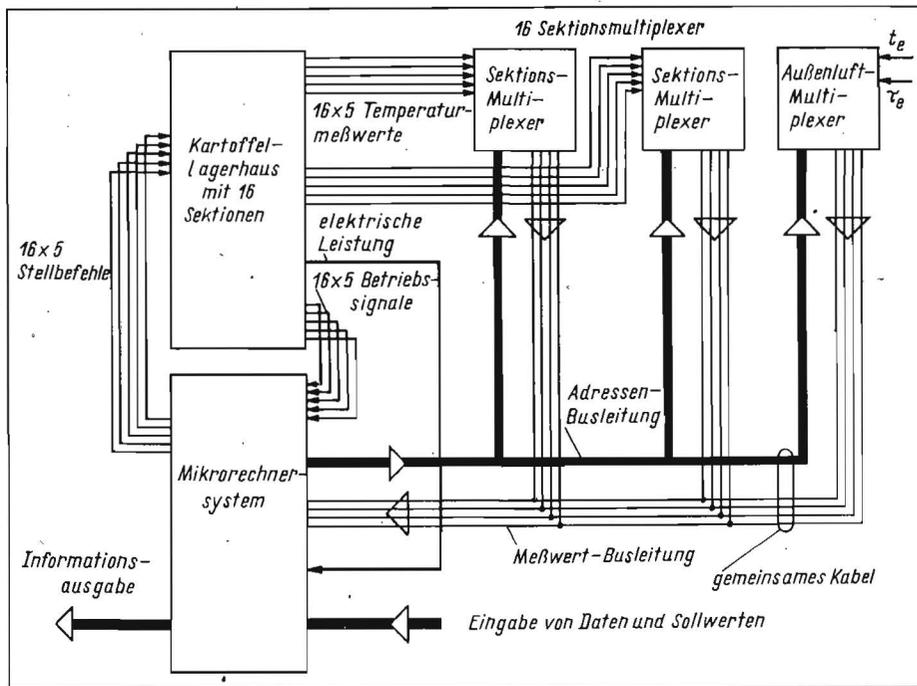


Bild 5. Signalflußbild der mikrorechnergesteuerten Belüftung in einem Kartoffellagerhaus mit 16 Sektionen (Betriebssignale: Lüfter laufen, linke Klappen geschlossen, rechte Klappen geschlossen, Frost im Zuluftkanal, Handbetrieb; Stellbefehle: Lüfter ein, linke Klappen öffnen, linke Klappen schließen, rechte Klappen öffnen, rechte Klappen schließen; Meßwerte: 3 x Stapeltemperatur, Kanaltemperatur links, Kanaltemperatur rechts). Im Forschungsexperiment des FZM in Wittbrietzen werden linker und rechter Zuluftkanal gemeinsam angesteuert

Stellbefehle

- Lüfter ein
- linke Klappen öffnen
- linke Klappen schließen
- rechte Klappen öffnen
- rechte Klappen schließen.

Bei gekoppelten Klappen reduziert sich die Anzahl der Stellbefehle auf drei.

In einem Lagerhaus mit 16 Sektionen müssen somit bei sektionsweiser Außenlufttemperaturmessung, 4 Lagergutfühler je Sektion und getrennter Klappenbetätigung insgesamt installiert werden:

- 112 Temperaturmeßleitungen (7 je Sektion)
- 80 Betriebs-signalleitungen (5 je Sektion)
- 80 Stellsignalleitungen (5 je Sektion).

Als Temperaturmeßfühler haben sich Platin-Widerstandsthermometer Pt 100 bewährt. Bei über 100 m Meßleitung hat die Schaltungsart erheblichen Einfluß auf den Meßfehler und den erforderlichen Leitungsquerschnitt.

Bei Zweileiterschaltung (Bild 1) gehen der Leitungswiderstand und die temperaturabhängige Leitungswiderstandsänderung direkt in die Messung ein; es werden deshalb große Leitungsquerschnitte erforderlich, z. B. 3 mm² Cu je Ader.

Bei Dreileiterschaltung (Bild 2) beeinflusst nur noch die Differenz der Leitungswiderstände einschließlich ihrer Temperaturabhängigkeit zwischen 2 Adern das Meßergebnis. Mehr als ungefähr 20 Ohm je Ader dürfen jedoch auch bei Dreileiterschaltung nicht vorhanden sein, weil bereits 0,4 Ohm Widerstands-differenz einen Temperaturfehler von rd. 1 K hervorruft.

Eine wesentliche Verbesserung bringt die Kelvin-Vierleiterschaltung. Bei Konstantstromspeisung (Bild 3) haben die Leitungswiderstände R_{L1} bis R_{L4} überhaupt keinen Einfluß auf die zu messende Spannung, wenn diese Messung stromlos erfolgt. Für diese stromlose Messung sind entsprechende Geräte verfügbar. Künftig wird der Einbeziehung der Energie-

inanspruchnahme in die Entscheidungen über die Belüftungsmaßnahmen eine immer größere Bedeutung zukommen. Als Meßgeber eignet sich hierfür ein Impulsgeber, der durch die Energieversorgung in den entsprechenden Elektroenergiezähler eingebaut wird. Auf diese Weise wird die gleiche Meßeinrichtung für die Automatisierung nutzbar wie für die Energiekostenberechnung.

2.2. Regeleinrichtung

Gegenwärtig sind mehrere Lösungen zur Automatisierung des Belüftungsbetriebs bekannt und in Lagerhäusern der DDR installiert [2, 3, 4]. Eine industriell gefertigte komplexe BMSR-Einrichtung [4] mit Frostschutz, Klappenbetätigung und Sicherheitseinrichtungen verursacht jedoch für ein 10-kt-Lagerhaus mit 16 Sektionen Kosten in Höhe von über einer halben Mill. Mark. Mit den durch Mikrorechnersysteme gegebenen neuen Möglichkeiten lassen sich nicht nur umfassender die bestehenden Anforderungen an die Automatisierung berücksichtigen, sondern auch in z. T. erheblichem Umfang die Aufwendungen für die zu installierende Meßtechnik senken.

Bei allen Automatisierungssystemen (Bild 4) wird durch Vergleich des Meßwerts der Lagerguttemperatur mit dem jeweils geltenden Sollwert entschieden, ob Lüftungsbedarf besteht oder nicht. Ferner ergibt eine Bewertung des Außenluftzustands im Vergleich zur Lagerguttemperatur eine Entscheidung darüber, ob Lüftungsmöglichkeit besteht oder nicht. Unter Berücksichtigung der zulässigen Leistungsanspruchnahme besonders während der Spitzenbelastungszeit ist ferner zu prüfen, ob Lüftungserlaubnis gegeben werden kann oder nicht. Nur wenn alle drei Entscheidungen positiv ausfallen, dürfen die Lüfter eingeschaltet werden.

In Automatisierungssystemen, die die Klappenverstellung einbeziehen, wird die Zulufttemperatur als Meßgröße verwendet, um die

Differenz zwischen Luftzustand im Lagergut und Zuluftzustand innerhalb des zulässigen Bereichs zu halten. Hierfür hat sich eine I-ähnliche Impulsregelung bewährt.

Die Regeleinrichtung für die Automatisierung der Belüftung in Lagern für Kartoffeln besteht somit aus einer Vielzahl von Regelkreisen und Steuerketten, die zu einem Komplex zusammengefaßt sind.

2.3. Mikroprozessorgesteuerte Automatisierungseinrichtung

Die Vorzüge der Mikrorechen-technik werden für die Automatisierung der Lagerhausbelüftung besonders wirksam, wenn nach den Vorschlägen von Treybe [5] die Meßeinrichtung aus einer durch das ganze Lagerhaus geführten Busleitung mit adressierbaren Multiplexern besteht, die den jeweils angesteuerten Meßfühler in Kelvin-Vierleiterschaltung mit dem zentralen Analog-Digital-Umsetzer des Mikrorechnersystems verbinden (Bild 5). In diesem Fall reduzieren sich die mindestens 80 Fühlerleitungen (Gesamtquerschnitt $80 \times 2 \times 3 \text{ mm}^2 \triangleq 480 \text{ mm}^2$) auf eine Busleitung mit maximal 40 Adern, die aus normalem 40-adrigem Telefonkabel besteht (Gesamtquerschnitt $40 \times 0,2 \text{ mm}^2 \triangleq 8 \text{ mm}^2$). Der Kupferaufwand reduziert sich dadurch auf weniger als 5%!

Die nach den Vorschlägen von Treybe gestalteten Multiplexer bestehen aus 5 gasgeschützten Relais mit jeweils 4 Kontakten, die über eine einfache Diodenmatrix so betätigt werden, daß bei Ausgabe der Adressensignale „Sektions-Nr.“ und „Fühler-Nr.“ das eine betreffende Relais anspricht und die Vierleiterverbindung zwischen Widerstands-fühler und Meßgerät im Mikrorechner herstellt.

Beim Forschungsexperiment des FZM¹⁾ im Kartoffellagerhaus Wittbrietzen (Bezirk Potsdam) wird ein Mikrorechnersystem K 1510 mit einer derartigen Meßtechnik mit der traditionellen Stelltechnik des Automatisierungssystems LA 178 des VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow verknüpft. Der Informationsaustausch zum System LA 178 umfaßt 80 Betriebszustandssignale und 48 Stellbefehle. Letztere werden über potentialfreie Schutzgaskontakte realisiert. Die gesonderte Temperaturmeßtechnik des Mikrorechnersystems gestattet derzeit den Anschluß von 85 Widerstandsthermometern Pt 100. Sie werden durch 17 vor Ort angebrachte Multiplexereinrichtungen einzeln und nacheinander auf eine 4adrige Meßleitung geschaltet. Die Meßwerte werden am Rechner analog mit Hilfe von Gleichspannungsverstärkern und Filtern aufbereitet und einem Analog-Digital-Umsetzer zur Eingabe in den Rechner zugeführt. Betriebsbedingungen, die der Hersteller der Temperaturfühler angibt, werden dabei in jedem Fall eingehalten. Ein besonderes Prüfprogramm im Mikrorechner, das in das umfassende Rechenprogramm eingearbeitet wurde [6], sorgt dafür, daß Montagefehler, Kurzschlüsse, Leitungsunterbrechungen, Fühlerbrüche und andere Fehler und Defekte jederzeit erkannt und lokalisiert werden können, was sich als eine wesentliche Erleichterung gegenüber der traditionellen Meßtechnik erwiesen hat. Es wurde ferner auf den aufwendigen mechanischen Abgleich des Fühler-Restfehlers mit Hilfe von Abgleichwiderständen verzichtet; statt dessen werden

1) Die rechen-technischen Vorarbeiten und die Programmierung des Mikrorechnersystems wurden durch die Abt. Rechentechnik des FZM Schlieben/Bornim, Betriebsteil Potsdam-Bornim, realisiert.

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 automatisierten 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