

chend den angeführten Rationalisierungsbeispielen kann durch den Einsatz von Verleseautomaten der Schälprozeß so geführt werden, daß im Interesse einer höheren Marktwareausbeute bereits geringe Anteile mangelfreier Kartoffeln abgeschöpft werden. Sowohl aus der Sicht der konsequenten Ablösung von Handarbeit als auch wegen der geringeren Anforderungen an Verleseauto-

maten mit Zweistromtrennung gegenüber der Dreistromtrennung werden dem Verfahren C die besseren Chancen für eine künftige Praxiseinführung gegeben.

Literatur

[1] Alisch, H.-J.: Ergebnisse und Aufgaben bei der Versorgung mit geschälten Speisekartoffeln.

Referat zur 6. wissenschaftlich-technischen Tagung des FA Kartoffelwirtschaft der KDT „Technologie der Schälung von Speisekartoffeln“ vom 23. bis 25. April 1985 in Frankfurt (Oder).
[2] Dreessen, W.; Hempel, H.; Linke, F.: Untersuchungen zur Weiterentwicklung des Trockenschälblocks Typ 20. agrartechnik, Berlin 34 (1984) 8, S. 369–373.

A 5066

Temperatur- und Luftfeuchte-Meßtechnik sowie Automatisierungsstrukturen für die Lagerklima-Mikrorechnersteuerung

Prof. Dr. sc. techn. W. Maltry, KDT/Dipl.-Ing. B. Thinius, KDT

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

1. Aufgabenstellung

Die in der DDR geschaffenen Lageranlagen für landwirtschaftliche Produkte, wie Speisekartoffeln, Pflanzkartoffeln, Kohl und Äpfel, repräsentieren mit Lagerkapazitäten mit z. T. über 20 kt je Standort einen jeweils großen volkswirtschaftlichen Wert. Die in ihnen installierten technischen Einrichtungen sind prinzipiell in der Lage, durch Lüftungstechnische Maßnahmen diejenigen klimatischen Bedingungen im Lagergut zu gewährleisten, die auch bei ausgedehnter Lagerdauer zu geringstmöglichen Qualitätseinbußen und Lagerverlusten führen. Die im Lager einzuhaltenden klimatischen Bedingungen sind biologisch begründet. Sie sind für die verschiedenen Gutarten und für die einzelnen Lagerabschnitte weitgehend bekannt.

Für Speisekartoffellager gilt z. B. die „Lüftungsempfehlung“ des VEB Ingenieurbüro für Lagerwirtschaft Obst, Gemüse und Speisekartoffeln Groß Lüsewitz [1] und für Pflanzkartoffeln der Standard TGL 21240/04 [2].

Zur Minimierung der Kosten wird bei der normalen Kartoffellagerung ohne technische Kühlung, Heizung oder Befeuchtung gearbeitet. Die Einhaltung der Lagerklimaparameter wird durch Lüftung in solchen Zeitabschnitten gewährleistet, in denen der Außenluftzustand das Lagerklima in der gewünschten Richtung verändern kann.

In den großen Apfellagern wird mit leistungsfähigen Kältemaschinen nicht nur die Temperatur des Lagergutes im jeweils gewünschten Bereich gehalten, sondern durch möglichst dichte Lagerzellengestaltung und evtl. Zusatzgeräte auch die atmosphärische Zusammensetzung im Lager beeinflußt [3].

Zur erfolgreichen Beherrschung des Lagerungsprozesses gehören somit die kontinuierliche, sichere und ausreichend genaue Erfassung der jeweils relevanten Lagerklimaparameter und die aufgrund der gewonnenen Meßdaten abgeleitete sachgerechte Betätigung der Lüftungstechnischen Einrichtungen. Wegen der z. T. erheblichen elektrischen Anschlußwerte dieser Einrichtungen (Ventilatoren, Kältemaschinen) müssen bei ihrer Inbetriebnahme auch energiewirtschaftliche Beschränkungen beachtet werden, ohne daß dadurch die Einhaltung der

erforderlichen Klimaparameter gefährdet werden darf. Der wichtigste Lagerklimaparameter ist die Temperatur. Obwohl auch die Luftfeuchtigkeit maßgebend das Lagergut beeinflusst, sind Luftbefeuchtungseinrichtungen bislang nur selten im Einsatz. Unter den Parametern der atmosphärischen Gaszusammensetzung in Apfellagern sind vor allem der CO₂-Gehalt und der O₂-Gehalt von Bedeutung.

In den großen landwirtschaftlichen Lageranlagen gehört die meßtechnische Erfassung der o. g. Lagerklimaparameter zu den wichtigsten und verantwortungsvollsten Aufgaben der mit der Führung des Lagerungsprozesses befaßten Mitarbeiter. Dabei lassen es die Fülle der Meßdaten und die atmosphärische Gaszusammensetzung in Apfellagern nicht zu, daß die Meßwerte durch den Lagerverantwortlichen z. B. mit Mietenthermometern u. a. Ablesegeräten einzeln vor Ort direkt am Gut gewonnen werden. Deshalb wurden bereits zusammen mit dem Aufbau der ersten 10-kt-Speisekartoffellager Einrichtungen zur Fernmessung von Temperatur und Feuchte installiert.

Die automatische, von den gewonnenen Meßwerten abhängige Betätigung der Lüftungstechnischen Einrichtungen wurde zunächst vorwiegend über Tastbügel- oder Sofortregler mit Zeigermeßwerk verwirklicht [3]. Dabei wurde ermittelt, daß der Aufwand für die Zuleitungen zu den zahlreichen Meßfühlern einen erheblichen Anteil an den Gesamtkosten der Automatisierung umfaßt und der Kupferverbrauch hierfür erheblich ist.

Die mikrorechnergesteuerte Lagerklimaautomatisierung für Speisekartoffellager gestattet speziell in bezug auf den Kabelaufwand für die Meßtechnik erhebliche Einsparungen [4, 5]. Gleichzeitig konnten der Meßfehler verringert und die Betriebssicherheit erhöht werden.

Die konsequente Weiterentwicklung der meß- und regelungstechnischen Strukturen für mikrorechnergesteuerte Klimaautomatisierung ermöglicht erhebliche weitere Verbesserungen, über die nachfolgend berichtet wird.

2. Temperaturmeßprinzipie und Schaltungsarten

Zur Temperaturmessung eignet sich jede physikalische Eigenschaft, die sich gesetzmäßig und reproduzierbar mit der Temperatur ändert. Als elektrisches Fernthermometer hat sich das Platin-Widerstandsthermometer Pt 100 entsprechend Standard TGL 0-43 760 bewährt. Charakteristisch für das Pt 100 ist die recht gleichmäßige Widerstandsänderung um rd. 0,385 % seines 0°C-Wertes je K Temperaturänderung und die in der genauesten Fertigungsklasse lieferbare Toleranz von $\pm 0,3$ K [6]. Bei einem maximal zulässigen Dauerstrom von 5 mA stehen je K Temperaturänderung rd. 2 mV Spannungsänderung für die Messung zur Verfügung.

Die Schaltungsart hat erheblichen Einfluß auf Meßfehler und Kabelaufwand, wenn, wie in Lageranlagen, zwischen Meßort und Auswertort Kabellängen von 100 m und mehr liegen können. Bei mit konstanter Spannung gespeister Wheatstone-Brücke in Zweileiterschaltung (Bild 1a) sind die Zuleitungswiderstände Bestandteil des Meßbrückenzweiges und gehen vor allem mit ihren durch Temperaturschwankungen der Leitungen verursachten Widerstandsänderungen auch dann als Fehler in die Messung ein, wenn durch einen Abgleichwiderstand eine sog. „Eichung“ vorgenommen wurde. Als Maßnahme zur Fehlerbegrenzung müssen große Leitungsquerschnitte, z. B. 2×3 mm² vorgehen werden, was einen entsprechend hohen Kupferaufwand zur Folge hat. Bei Dreileiterschaltung (Bild 1b) wirkt nur noch die Widerstandsdifferenz der beiden oberen Zuleitungen auf den Meßfehler, so daß die Kupferquerschnitte kleiner, z. B. $2 \times 1,5$ mm², gewählt werden können. Seit es durch die Entwicklungen der Mikroelektronik möglich geworden ist, Gleichspannungen praktisch stromlos und mit sehr geringem Fehler zu messen, hat die seit langem bekannte Kelvin-Vierleiterschaltung (Bild 1c) für die Temperaturmessung mit Widerstandsthermometer eine neue, wirtschaftliche Bedeutung gewonnen [5]. Bei dieser Schaltung fließt der konstante Meßstrom über die äußeren beiden Leiter, während die stromlose Spannungsmessung über die inneren beiden Leiter durchgeführt wird. Da in diesem Fall die Zu-

leitungswiderstände überhaupt keinen Einfluß auf das Meßergebnis haben, können wesentlich kleinere Zuleitungsquerschnitte (z. B. $4 \times 0,2 \text{ mm}^2$) Verwendung finden als bei der Zwei- oder Dreileiterschaltung.

Seit einigen Jahren wird durch die Bauelementeindustrie der DDR als Temperatursensor der integrierte Schaltkreis B511 produziert [7], dessen Meßstrom bei einer angelegten Gleichspannung zwischen 4 und 40 V streng temperaturabhängig ist. Er wirkt folglich wie eine temperaturabhängige Stromquelle, deren Strom mit etwa $1 \mu\text{A/K}$ der („absoluten“) Kelvin-Temperatur proportional ist und bei der es ausreicht, mit nur zwei Zuleitungen (z. B. $2 \times 0,2 \text{ mm}^2$) zu arbeiten, wobei die Zuleitungswiderstände nicht in das Meßergebnis eingehen. Dadurch verringert sich einerseits gegenüber der Kelvin-Vierleiterschaltung der Verkabelungsaufwand auf die Hälfte, andererseits sind die Fertigungstoleranzen des Schaltkreises B511 mit bestenfalls $\pm 1 \text{ K}$ größer als die des günstigsten Widerstandsthermometers Pt 100, so daß auf jeden Fall für die Zwecke der Lagertemperaturmessung für jeden Fühler eine individuelle Meßfehlerkorrektur anzubringen ist. Die Schaltung zur Strommessung kann unterschiedlich aufgebaut sein. Steht eine hochauflösende und hochohmige Spannungsmeßeinrichtung zur Verfügung, so ist die direkte Messung des vom Meßstrom in einem Widerstand erzeugten Spannungsabfalls möglich (Bild 2a). Anderenfalls ist die Messung der Differenzspannung zwischen den Anschlußpunkten des vom Meßstrom durchflossenen Widerstands und des von einem Vergleichsstrom durchflossenen Vergleichswiderstands möglich (Bild 2b). Wird jedem Fühler eine solche Widerstandskombination zugeordnet, so ist durch jeweils zwei Einstellregler die erforderliche individuelle Korrektur (Nullpunkt- und Anstiegskorrektur) möglich.

Heißleiter oder NTC-Widerstände (NTC: mit negativem Temperaturkoeffizienten) mit $-4\%/K$ sind besonders temperaturabhängige Fühler [8]. Sie sind billig und haben eine etwa 10fach größere Signaländerung je K Temperaturänderung als die Fühler Pt 100 oder B511. Nachteilig sind ihre mit rd. $\pm 20\%$ Widerstandsstreuung großen Fertigungstoleranzen und eine stark nichtlineare Temperatur-Widerstand-Kennlinie. Ein individueller Abgleich jedes einzelnen Fühlers ist deshalb unabdingbar.

Als Schaltungsarten sind wie bei den Widerstandsthermometern Pt 100 Zwei-, Drei- und Kelvin-Vierleiterschaltung anwendbar, wobei wegen des großen Meßsignals bereits bei der Zweileiterschaltung geringere Leiterquerschnitte (z. B. $2 \times 0,2 \text{ mm}^2$) zulässig sind. Andere Temperaturfernmessprinzipie (Thermoelemente, Emitter-Basis-Spannung von Transistoren, PTC-Widerstände) konnten sich bislang für die Lagerklimakontrolle noch nicht durchsetzen [8].

3. Luftfeuchtemeßprinzip

Die Messung der Luftfeuchtigkeit ist wesentlich schwieriger als die Temperaturmessung.

Trotz einiger Nachteile ist das *Haarhygrometer* bei entsprechender Wartung eines der zuverlässigsten Feuchtemeßgeräte. Da mit ihm eine Meßwert-Fernübertragung schwierig ist, läßt sich die relative Luftfeuchtigkeit über dem Lagergut auch durch registrierende Haarhygrometer z. B. mit Wochenum-

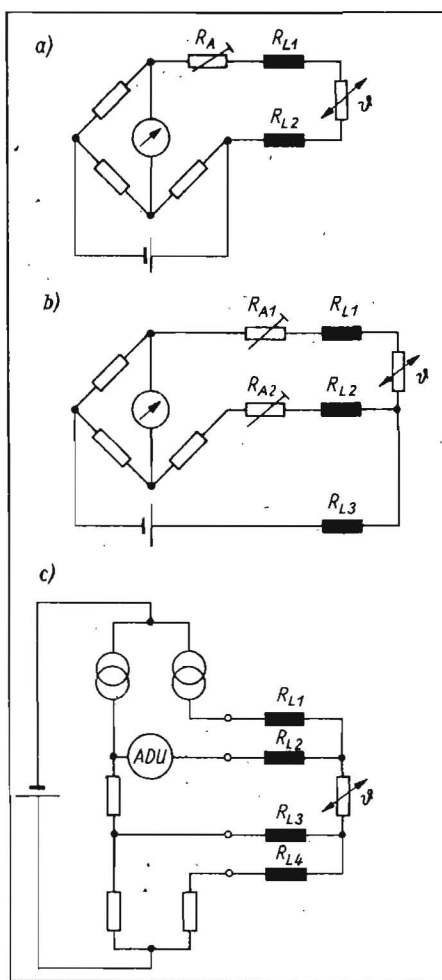


Bild 1. Schematische Darstellung der Schaltungsarten für die Temperaturmessung mit Widerstandsthermometer und Wheatstone-Brückenschaltung;
a) Zweileiterschaltung
b) Dreileiterschaltung
c) Kelvin-Vierleiterschaltung
 $R_{L1} \dots R_{L4}$ Zuleitungswiderstände, R_A, R_{A1}, R_{A2} Abgleichwiderstände, ADU Analog/Digital-Umsetzer

lauf überwachen, wie sie von der Messung der meteorologischen Parameter in den Wetterhütten her bekannt sind.

Die *psychometrische Luftfeuchtemessung* ist nach wie vor die zuverlässigste und genaueste Methode der Luftfeuchtebestimmung, die die Feuchtemessung auf die Messung von zwei Temperaturen, die Trockenthermometer- und die Feuchttthermometertemperatur, zurückführt und deshalb im Prinzip auch zur Fernübertragung geeignet ist, wenn die Probleme der Zufuhr von destilliertem Wasser und der Erzeugung einer Luftgeschwindigkeit von mindestens 2 m/s am Feuchttthermometer gelöst sind. Für die Ermittlung der

relativen Luftfeuchte aus den beiden Temperaturmessungen stehen Berechnungsgleichungen und Tabellen [9] zur Verfügung, die auf der Basis thermodynamischer Zusammenhänge aufgestellt worden sind.

Das elektrisch beheizte *Lithiumchlorid-Taupunkttthermometer* [6, 10] wandelt ebenfalls die Meßgröße „Luftfeuchtigkeit“, und zwar die Taupunkttemperatur, in eine Temperatur um, die sich über Widerstandsthermometer Pt 100 oder über Heißleiter zur Fernübertragung eignet. Die in Kartoffellagern gewonnenen Erfahrungen mit diesen Feuchtefühlern besagen jedoch, daß die Meßfehler und ihr Anwachsen im Laufe der Zeit ihre Eignung für die Zwecke der Lagerklimaüberwachung in Frage stellen.

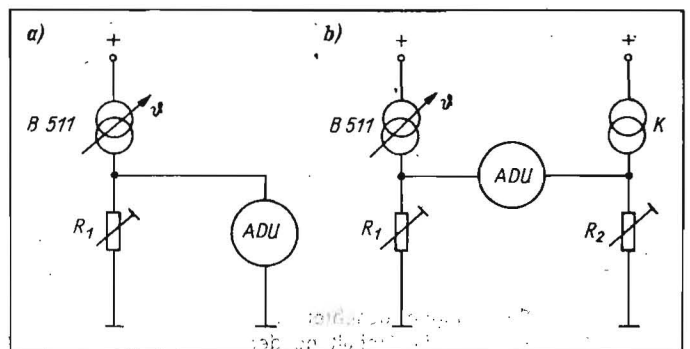
Im Rahmen von Forschungsarbeiten wurde auch ein *Taupunkt-Thermometer* mit Peltier-Kühlelement im Zusammenhang mit der Mikrorechnersteuerung der lüftungstechnischen Einrichtungen zur kontinuierlichen Erfassung der Außenluft-Taupunkttemperatur eingesetzt. Dabei zeigte sich, daß der Meßfehler von anfangs $\pm 0,2 \text{ K}$ durch Verschmutzung der Sensorfläche allmählich auf über $+1 \text{ K}$ ansteigt (ständige Reinigung erforderlich) und daß bei Frost erhebliche Meßfehler auftreten können.

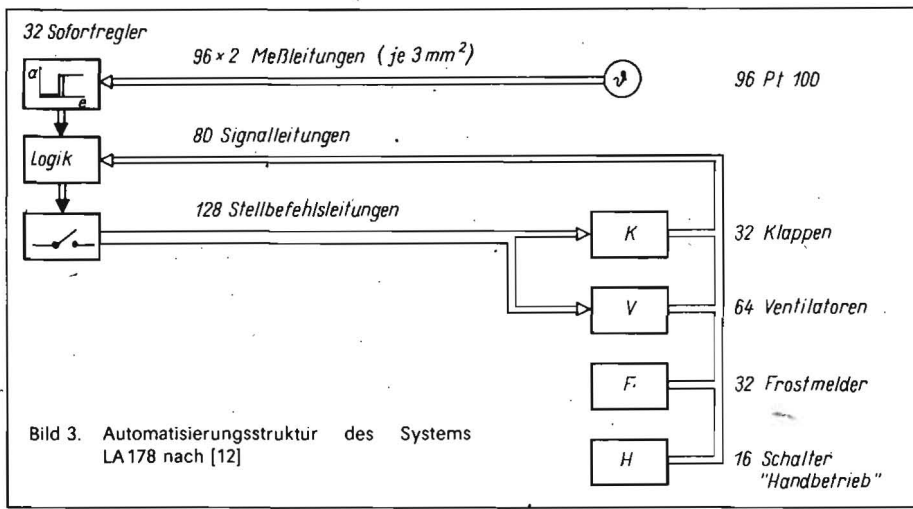
Unter den verschiedenen Luftfeuchtemeßprinzipien, die mit hygroskopischen Substanzen arbeiten und in Abhängigkeit von der relativen Feuchte ihren Widerstand [6] oder ihre Kapazität [11] ändern, konnte sich bislang keines für die betriebssichere und ausreichend genaue Fernübertragung der relativen Feuchte in landwirtschaftlichen Lageranlagen durchsetzen, obwohl ein entsprechendes Meßgerät für die Feuchteüberwachung in den Lagersektionen bzw. -zellen besonders bei mikrorechnergesteuerter Klimatisierung erforderlich wäre.

4. Kabelaufwand und Automatisierungsstrukturen

Der Kabelaufwand für die Automatisierung der lüftungstechnischen Einrichtungen in Lageranlagen entsteht durch die Übertragung von Meßsignalen, von Betriebszustandssignalen und von Steuerbefehlen für die Stellglieder. Die Struktur des jeweiligen Automatisierungssystems hat erheblichen Einfluß auf den Kabelaufwand, der in einem 10-kt-Speisekartoffellager allein für die Temperaturmeßtechnik über 1 t Kupfer (!) betragen kann. Eine für Kartoffel- und Gemüsesektionslager auf der Basis mikroelektronischer und traditioneller elektrischer Bauteile (Relais, Sofortregler) zweckmäßig konzipierte und industriell gefertigte Automatisierungslösung stellt das *System LA 178* aus dem Jahr 1978 dar [12]. In zwei Schaltschränken sind für jeweils 4 Sektionen alle Meß- und Schalteinrichtungen zentral zusammengefaßt, wobei

Bild 2. Schema der Temperaturmessung mit Temperaturfühler B 511;
a) Messung einer der Kelvintemperatur proportionalen Spannung
b) Messung einer der Celsius-temperatur proportionalen Spannung mit Abgleichmöglichkeit für Anstieg R_1 und Nullpunkt R_2 (K Konstantstromquelle)





jeder der 6 Pt-100-Temperaturfühler je Sektion in Zweileiterschaltung mit den Schaltschränken verbunden ist. Da ferner je Sektion 5 Schalter zweipolig mit der Schaltzentrale verbunden und getrennte Steuerleitungen von den Schaltrelais bis zu den Lüftungstechnischen Einrichtungen (Ventilatoren, Stellmotoren für die Luftklappen zur Einstellung von Außenluft-, Mischluft- oder Umluftbetrieb) geführt sind, umfaßt diese Automatisierungsstruktur für ein Lagerhaus mit 16 Sektionen mindestens folgendes Leitungssystem (Bild 3):

- 192 Temperaturmeßadern mit je einem Kupferquerschnitt von rd. 3 mm²
- 160 Adern für die Betriebssignale

- 81 Adern für die Steuerleitungen (davon 1 gemeinsame Nulleitung); bei Einzelansteuerung der jeweils 4 Ventilatoren je Sektion sind es insgesamt 129 Adern.

Bei einer durchschnittlichen Entfernung von 50 m zwischen dem zentralen Schaltschrank und den Verteilerschränken in der Nähe der Sektionen erfordert diese Struktur insgesamt eine Aderlänge von 21,6 bis 24 km!

Eine wesentliche Verminderung des Aufwands besonders für die Temperaturmeßtechnik brachte die Einführung der Mikrorechenteknik in die Lagerklimaautomatisierung (bei gleichzeitiger Verbesserung von Betriebssicherheit und Meßgenauigkeit), die

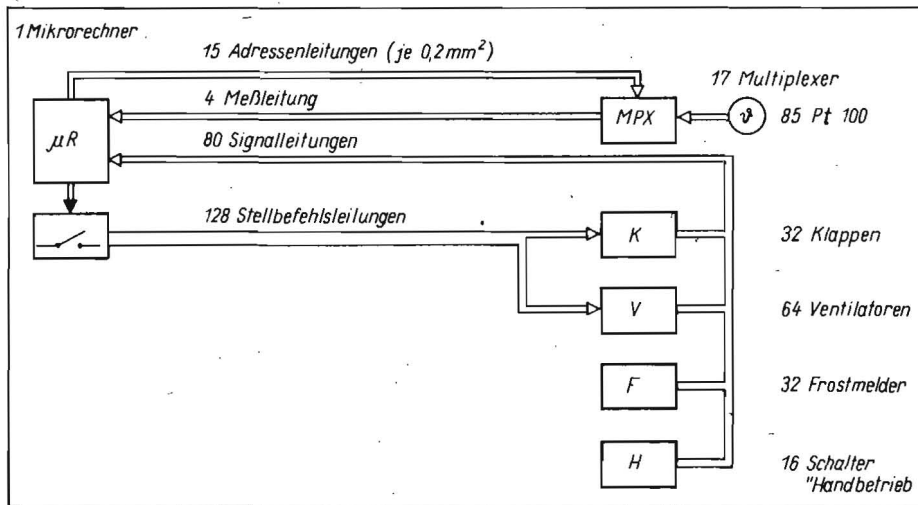


Bild 4. Automatisierungsstruktur des Systems LA 81 [4] und der Forschungsvariante [5]

Bild 5. Kabelaufwand für die Meßtechnik der Forschungsvariante im Kartoffellagerhaus Wittbrietzen (2 Telefonkabel) im Vergleich zum Meßkabelaufwand des Systems LA 178 (96 zweiadrige Kabel)

als *Automatisierungssystem LA 81* installiert [4] und als eine Forschungsvariante zur Mikrorechnersteuerung [5] unter Praxisbedingungen getestet wurde. Dieses System repräsentiert als *Lüftungsautomat LA 85* den derzeit erreichten hohen industriellen Stand auf diesem Gebiet. Während die Kabelführung zur Betriebszustandsübermittlung und zur Steuerung gegenüber der Anlage LA 178 im wesentlichen unverändert blieb, wurde zur Temperaturmeßwertgewinnung je Sektion ein Multiplexer vorgesehen, der durch speziell codierte Signale 1 von insgesamt 85 oder mehr vierpoligen gasgeschützten Relais betätigt und dadurch die Verbindung zwischen der zentralen Widerstandsmeßeinrichtung und diesem einen Widerstandsthermometer Pt100 in Kelvin-Vierleiterschaltung herstellt. Zwei gesonderte Prüflösungen sorgen im Rahmen eines speziellen Prüfprogramms für eine hohe Betriebssicherheit, Fehlererkennung, Fehlerlokalisierung sowie für automatische Gegenmaßnahmen bei bestimmten Fehlern. Entsprechend der Struktur (Bild 4) vermindert sich der Verkabelungsaufwand für die Temperaturmeßtechnik auf rd. 30 Adern mit einem Kabelquerschnitt von je 0,2 mm² (Telefonkabel). Dadurch wird für ein 10-kt-Speisekartoffellagerhaus rd. 1 t Kupfer eingespart (Bild 5). Speziell für die Mikrorechnersteuerung der Klima- und Lüftungsanlagen in Apfel-, Kartoffel- und Gemüselagerhäusern wurde im Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim eine erste dezentrale Automatisierungslösung erarbeitet, die aus folgenden Teilen besteht (Bild 6):

- Vor-Ort-Einkartenrechner mit Einchipmikrorechner (EMR) UB8820D und zusätzlicher Speichererweiterung 2KRAM, 2KROM, A/D-Umsetzer auf der Basis des Analogprozessors C500D (gesteuert vom EMR), Analogmultiplexern zum Zuschalten der Analogeingänge, seriellen Interface für Empfang und Ausgabe von Signalen über Lichtwellenleiter sowie gepufferter Stromversorgung
- An den Vor-Ort-Baustein können derzeit angeschlossen werden:
 - 8 digitale Ein- oder Ausgänge (TTL), galvanisch durch Optokoppler getrennt
 - Die 8 digitalen Ein- oder Ausgänge sind auf 64 Ein- oder Ausgänge (TTL) erweiterbar und können Ventilatoren, Luftklappen, Abtauvorrichtungen usw., aber auch die Ventile von Meßeinrichtungen für die Gaszusammensetzung (Infralyt, Permolyt) in den einzelnen Zellen ansteuern.
 - 8 Analogeingänge 0 bis 2 V, hochauflösend (rd. 15 bit) für alle in eine Spannung umsetzbaren Meßgrößen, darunter auch Gaszusammensetzung und Feuchte
 - 8 Temperaturschaltkreise B511 mit zweiparametrigem Abgleich.
- Zentralrechner mit Zusatzbaugruppe zum seriellen Datenaustausch mit mehreren Vor-Ort-Rechnern erstmals über Lichtwellenleiter-Kurzstreckenübertragung oder über eine Zwei-Draht-Stromschleife IFSS, wobei der Zentralrechner in einer problemorientierten höheren Sprache programmierbar ist
- Am Zentralrechner sind vollgrafikfähiger Monitor, externer Datenspeicher und grafikfähiger Matrixdrucker anschließbar.
- Die Vor-Ort-Rechner arbeiten für Grund-

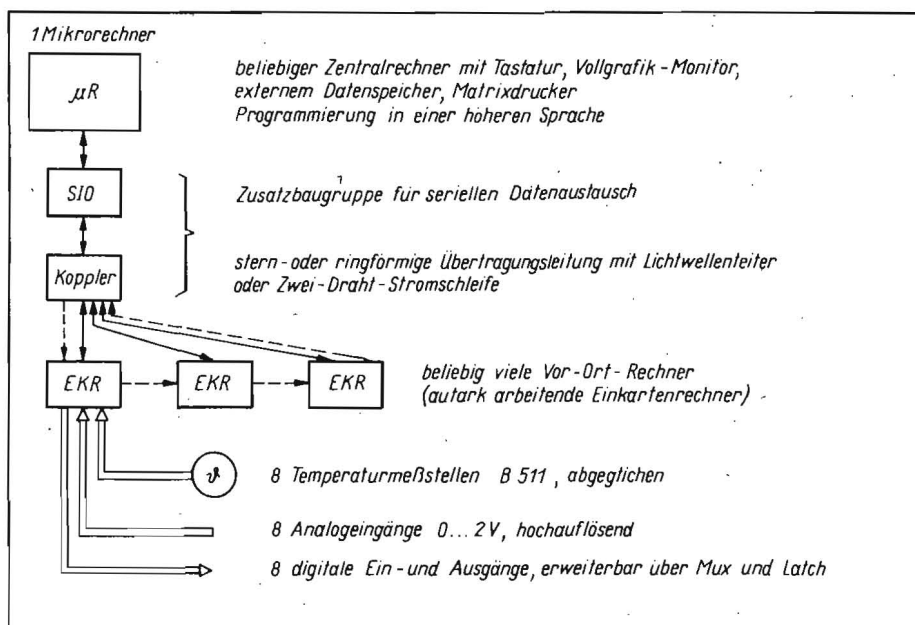


Bild 6. Automatisierungsstruktur der Mikrorechnersteuerung mit Zentralrechner, dezentralen Einkarten-Vor-Ort-Rechnern und serieller Lichtwellenleiter-Datenübertragung

funktionen autark, z. B. für die Kältemaschinenansteuerung mit Hysterese in Apfellagern, für die Zwischenspeicherung von Meßwerten und für die Überwachung von Störungsmeldungen. Für die zentrale Meßwerterfassung, für die Sollwertvorgabe und zur zentral gesteuerten Überwachung der Energieinanspruchnahme des gesamten Lagerhauses wird zeitweilig Verbindung zwischen Zentralrechner und Vor-Ort-Rechnern aufgenommen. Im Zentralrechner erfolgt nach Übernahme der Meßwerte deren Aufbereitung, Weiterverarbeitung, grafische Darstellung und Ausgabe bzw. Abspeicherung. Weiterhin können einzelne kompliziertere Teilprozesse, z. B. die optimierte Steuerung des Abtauvorgangs am Verdampfer der Kältemaschine, direkt vom Zentralrechner gesteuert werden. Mit diesem System ist es auch möglich, z. B. eine Experimentautomatisierung mit einer Vielzahl von Temperaturfühler und einem zusätzlichen Vor-Ort-Rechner zu realisieren, um gezielt Erwärmungs- und Abkühlungsvorgänge in einer Zelle eines Apfellagers zu analysieren und aufzuklären.

Als Zentralrechner ist derzeit in der Kooperativen Einrichtung Apfellagerung Fahrland, Bezirk Potsdam, ein Kleincomputer KC85/3 mit 16-KByte-RAM-Modul im Erprobungseinsatz, der über Lichtwellenleiter mit dem ersten im Forschungszentrum für Mechanisierung gefertigten Vor-Ort-Rechner in Verbindung steht. Dieser Vor-Ort-Rechner kann über ein Anpassungs-Schaltgerät auf kürzestem Weg die beiden Kältemaschinen der Zelle mit einer Lagermasse von 1,5 kt Äpfel betätigen.

Mit der Anordnung von Vor-Ort-Rechnern in unmittelbarer Nähe der jeweiligen Meß- und Stellorte vermindert sich der Verkabelungsaufwand für die Übertragung von Meßwerten, Betriebszustandssignalen und Stellbe-

fehlen auf ein Minimum. Die Informationsübertragung mit Lichtwellenleitern zwischen Zentralrechner und Vor-Ort-Rechnern erspart nicht nur Kupferkabel, sondern macht darüber hinaus die Signalübertragung besonders gegenüber den von Starkstromkabeln ausgehenden Magnetfeldspitzen störungsfrei. Die Lichtwellenleiter dürfen, ohne daß Störungen zu befürchten sind, in der Nähe von stromführenden Leitungen verlegt werden. Die Dämpfung der Lichtleistung spielt bei den in Lageranlagen zu überbrückenden Entfernungen noch keine Rolle.

Derzeit wird unter Federführung des Forschungszentrums für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim in Kooperation mit dem VE Kombinat Landtechnische Instandsetzung Berlin und dem VEB Kombinat Landtechnik Erfurt das „Modulare Steuerungssystem der Landwirtschaft“ (MSL) entwickelt und zur Produktion vorbereitet. Mit dem in der Kooperativen Einrichtung Apfellagerung Fahrland realisierten Automatisierungsobjekt werden im Praxisexperiment Erfahrungen mit eigenständig funktionsfähigen Vor-Ort-Rechnern gewonnen, die in die Vorbereitung einer universelleren Klimasteuerung im Rahmen des o. g. Steuerungssystems einfließen.

5. Schlußfolgerungen

Die Fernübertragung von Temperatur- und Luftfeuchtemeßwerten in Lageranlagen für landwirtschaftliche Produkte, wie Kartoffeln, Gemüse und Obst, ist zur sicheren Erhaltung der Gutqualität erforderlich. Während für die Temperaturmessung mehrere geeignete Meßprinzipie zur Verfügung stehen, existiert bislang noch kein den Ansprüchen in Lageranlagen genügender Feuchtfühler.

Der technische Aufwand für die Meß- und Automatisierungseinrichtungen eines Lagers wird in hohem Maß von der Struktur des In-

formations- und Signalübertragungssysteme bestimmt. Der Verkabelungsaufwand der ersten Lagerklima-Automatisierungssysteme umfaßte mehr als 1 t Kupfer allein für die Temperaturmeßtechnik in einem 10-kt-Kartoffellager. Die Dezentralisierung der Meßtechnik über Multiplexer brachte bereits entscheidende Einsparungen und technische Verbesserungen.

Automatisierungsstrukturen mit Aufbau in mehreren Ebenen und mit seriellem Datentransport ermöglichen eine besonders vorteilhafte Anpassung an die vorhandenen klimatechnischen Einrichtungen einer landwirtschaftlichen Lageranlage mit ≥ 10 kt Lagerkapazität, wobei ein minimaler Verkabelungsaufwand erforderlich wird. Mit dem „Modularen Steuerungssystem der Landwirtschaft“ wird derzeit ein einheitliches, modular aufgebautes System geschaffen, mit dem auch die Einsatzfälle zur Klimasteuerung in Apfel-, Kartoffel- und Gemüselagern beherrscht werden.

In der Phase der Anpassung dieses Steuerungssystems an die jeweiligen Automatisierungsobjekte werden mit Rücksicht auf unterschiedliche Gegebenheiten der Lagerhäuser auch Softwareprobleme zu lösen sein.

Literatur

- [1] Güldner, R.: Lüftungsempfehlung für Speisekartoffel-Lageranlagen. VEB Ingenieurbüro für Lagerwirtschaft Obst, Gemüse und Speisekartoffeln Groß Lüsewitz, 1981.
- [2] TGL 21 240/04 Saat- und Pflanzgut, Pflanzkartoffelproduktion, Lagerung in Lagerhäusern und belüftbaren Großmieten. Ausg. 1980.
- [3] Osterloh, A.; Gröschner, P.: Lagerung von Obst und Gemüse. Berlin: Dt. Landwirtschaftsverlag 1975.
- [4] Treyße, R.; Kaufhold, E.; Witte, J.: Zur technischen Konzeption des Automatisierungssystems IAR81 im Kartoffellagerhaus Weidendorf. agrartechnik, Berlin 34 (1984) 7, S. 300-303.
- [5] Maltry, W.; Gohr, A.: Automatisierung der Belüftung in Lagern für Kartoffeln. agrartechnik, Berlin 33 (1983) 5, S. 211-213.
- [6] ILKA-Ausrüstungskatalog, Abschn. 18.2. VEB Kombinat Luft- und Kältetechnik Dresden, 1980.
- [7] Temperaturfühler B511. VEB Halbleiterwerk Frankfurt (Oder), 1984.
- [8] Maltry, W.: Temperature and Air Humidity Sensors for Microcomputed Ventilation Control of Potato Stores (Temperatur- und Luftfeuchtesensoren für mikrorechnergesteuerte Lüftungsteuerung von Kartoffellagern). International Agrophysics, Budapest 1 (1986) 2, pp. 45-51.
- [9] Döring, R.; Gubatz, F.; Gebauer, M.: Psychrometrische Tabellen. Leipzig: Dt. Verlag für Grundstoffindustrie 1968.
- [10] Häußler, W.: Das Mollier-i,x-Diagramm für feuchte Luft und seine technischen Anwendungen. Dresden/Leipzig: Verlag Th. Steinkopff 1960.
- [11] Luftfeuchte-Sensor 232269190001. VALVO, BRD, 1984 (Eingang).
- [12] Kaufhold, E.; Seyfarth, G.: Einsatz von mikroelektronischen Bauelementen bei der Be- und Entlüftung von Lagerhallen für Kartoffeln und Gemüse. Technische Information Industrieautomation, Teltow 17 (1979) 2, S. 97-101.