

folgt oder, wenn die Bezeichnungen

$$b_1 = \frac{O}{A_i + A_L + A_a}, b_2 = c_P, b_3 = r \text{ und } b_4 = V \cdot \rho$$

eingeführt werden,

$$q_w = b_1 \cdot (\vartheta_i - \vartheta_a) + [b_2 \cdot (\vartheta_i - \vartheta_a) + b_3 \cdot \Delta x] \cdot b_4 \cdot z \quad (10)$$

Diese Beziehung ermöglicht es, die Wärmeabgabe des Gewächshauses an die Umgebung auf Grund der Differenz von Temperatur und Feuchte zwischen Gewächshaus und Freiland sowie der Luftwechselszahl zu berechnen. Der Faktor b_1 ist abhängig von den meteorologischen Bedingungen, insbesondere von der Windgeschwindigkeit, die Faktoren b_2 , b_3 und b_4 können als weitgehend konstant angesehen werden. Das erweiterte Blockschaltbild für die Simulation des Temperaturverhaltens ergibt sich dann aus Gl. (6), (7) und (10), wobei T_1 und T_2 die Zeitkonstanten für den Meßfühler und die Heizung darstellen (Bild 4).

Der durch die Globalstrahlung verursachte Wärmestrom wird näherungsweise durch Multiplikation der Gewächshausgrundfläche mit der mittleren Strahlungsbilanz S berechnet:

$$q_S = F \cdot S. \quad (11)$$

Zur Simulation des Regelvorgangs auf dem Analogrechner „Endim 2000“ ist es zweckmäßig, die physikalischen Größen zu normieren und das Blockschaltbild weiter zu vereinfachen. Durch Umformung und Einführung der Solltemperatur ϑ_s folgt aus Gl. (9):

$$q_w = a_1 \cdot (\vartheta_i - \vartheta_s) + a_1 \cdot (\vartheta_s - \vartheta_a) + V \cdot \rho \cdot z \cdot r \cdot \Delta x \quad (12)$$

mit

$$a_1 = b_1 + V \cdot \rho \cdot z \cdot c_P. \quad (13)$$

Weiterhin ergibt sich aus Gl. (12) mit

$$q_1 = a_1 \cdot (\vartheta_s - \vartheta_a) + V \cdot \rho \cdot z \cdot r \cdot \Delta x \quad (14)$$

für den Wärmestrom zur Umgebung

$$q_w = a_1 \cdot (\vartheta_i - \vartheta_s) + q_1 \quad (15)$$

Der Wärmestrom, der dem Gewächshaus durch Heizen zugeführt werden muß, um einen vorgegebenen Sollwert zu erreichen, beträgt

$$q_E = q_S - q_1. \quad (16)$$

Durch Normierung auf die maximale Heizleistung q_{Hmax} erhält man das in Bild 5 dargestellte Signalflußdiagramm.

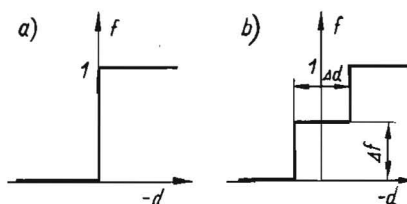


Bild 7. Kennlinie der untersuchten unstetigen Regler; a) Zweipunktregler, b) Dreipunktregler

Vereinfachend wird angenommen, daß die Außentemperatur im Vergleich zur Gewächshausatemperatur als eine langsam veränderliche Größe aufgefaßt werden kann. Damit folgt als endgültiges Signalflußdiagramm Bild 6 mit folgenden normierten Größen:

$$e = - \frac{q_E}{q_{Hmax}} \quad (17)$$

$$f = \frac{q_H}{q_{Hmax}} \quad (18)$$

$$d = \frac{(\vartheta_i - \vartheta_a) \cdot a_1}{q_{Hmax}} \quad (19)$$

$$T_0 = \frac{1}{C \cdot a_1} \quad (20)$$

Entsprechend der Möglichkeit, die Luftheizer gruppenweise zu schalten, erstrecken sich die Untersuchungen mit dem Analogrechner auf Zwei- und Dreipunktregler mit äquidistanter Anordnung der Schaltpunkte und konstanten Amplitudensprüngen (Bild 7).

(Fortsetzung folgt im nächsten Heft)

Literatur

- [1] FÜRSTCH, CH. / A. HEISSNER: Der Einsatz von Re-Reglern zur Temperaturregelung in Gewächshausanlagen. Deutscher Gartenbau 12 (1965) Nr. 11, S. 296 bis 298
- [2] Autorenkollektiv: Anwendung der Regeltechnik im Gewächshaus. Deutsche Agrarwissenschaftliche Gesellschaft, Internationale Gartenbauausstellung, Erfurt 1966, 92 S.
- [3] HEISSNER, A. / CH. FÜRSTCH / R. SAHRMÜLLER: Anwendungsmöglichkeiten der Steuer- und Regeltechnik im Treibgemüsebau. Fortschrittsbericht für die Landwirtschaft, DAL zu Berlin 1967 (im Druck)
- [4] KRASPER, P. / W. WILHELMI: Variantenvergleich für die Regelung der Lufttemperatur im Gewächshaus auf dem Analogrechner. Abschlußbericht, VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow, 1965 (unveröffentlicht) A 7031/1

Prof. Dr. E. SEIDEL, Direktor des Instituts für Gärtnersche Betriebsökonomik der Humboldt-Universität zu Berlin

Zum betriebswirtschaftlichen Nutzen der Anwendung der BMSR-Technik im sozialistischen Gartenbau

Mit der auf dem VII. Parteitag der SED beschlossenen Aufgabe, das entwickelte gesellschaftliche System des Sozialismus zu gestalten, fällt uns allen bei der Entwicklung seines Kernstückes, des ökonomischen Systems des Sozialismus, eine umfassende Arbeit zu. Es gilt, im Kampf der weltweiten Auseinandersetzung zwischen Imperialismus und Sozialismus einen entscheidenden Beitrag zur Stärkung unserer Republik zu leisten, indem dem Gesetz der Ökonomie der Zeit immer besser Rechnung getragen wird. Das aber erfordert die Meisterung der wissenschaftlich-technischen Revolution, die Intensivierung des gesellschaftlichen Reproduktionsprozesses, die komplexe sozialistische Rationalisierung, die Steigerung der Arbeitsproduktivität, die Senkung der Kosten [1].

Nachdem sich unter den Bedingungen der sozialistischen gärtnerischen Produktion in den letzten Monaten in zunehmendem Maße die vertikale Kooperation als unabdingbare Voraussetzung zur Anwendung industriemäßiger Prozesse abzeichnet, sind in Form von Kooperationsketten, die ihren organisatorischen Ausdruck in Kooperationsverbänden finden, die entscheidenden Bedingungen für eine rationelle Organisation der Produktion, der Verarbeitung und des Handels von Gemüse und Obst, und damit die entscheidenden Voraussetzungen für die Erfüllung der auf dem VII. Parteitag genannten Bedingungen geschaffen.

Die zunehmende Konzentration führte über die Arbeitsteilung zur Spezialisierung in Verbindung mit der Heraus-

bildung von Spezialbetrieben und -abteilungen, die schließlich objektiv die Kooperation erfordern.

Mit der Einführung erster Elemente des neuen ökonomischen Systems der Planung und Leitung in der Gemüse- und Obstproduktion und der Entwicklung moderner Produktionsinstrumente, die objektiv einen hohen Grad der Konzentration erfordern, vollzogen sich bei einzelnen Arten und in speziellen Zweigen beachtliche Prozesse, in denen bereits gegenwärtig in entscheidenden Abschnitten eine durchgängige Anwendung der BMSR-Technik, auch bei der Feldproduktion, möglich wird.

Einsatzbereiche der BMSR-Technik im Gartenbau

Es besteht noch ein weites Feld intensiver Forschung zum Zusammenfassen bzw. Erarbeiten der für die Regelung erforderlichen Primärdaten aller Prozesse in den Betrieben mit gärtnerischer Produktion. Der gesamte Produktionsprozeß umfaßt folgende Stufen:

1. Stoffproduktion

1.1. auf dem Felde, unter Bedingungen und Einfluß aller natürlichen Faktoren (sie entsprechen im wesentlichen den mobilen Prozessen nach GRUNER [2])

1.1.1. Feldgemüsebau

1.1.2. Obstbau einschließlich Obstbaumschulen

1.1.3. Zierpflanzenbau einschließlich Ziergehölzbaumschulen

1.1.4. Arznei- und Gewürzpflanzenbau

1.2. unter weitgehender Kontrolle der natürlichen Bedingungen z. B. der Temperatur, des Wassers, z. T. des Bodens (sie entsprechen den statischen Prozessen nach GRUNER [2])

1.2.1. Produktion von Gemüse und Zierpflanzen unter Glas

1.2.2. Produktion unter Plaste, Folien u. ä. Leichtbauten mit Automatisierung der Frischwasserversorgung (Hydrokultur), Flüssigdüngung, Bewässerung, Temperatur, die erheblich an Bedeutung gewinnen.

2. Erhöhung des Gebrauchswertes über stationäre Taktstraßen in Sortierungs-, Aufbereitungs-, Vermarktungs- und Verpackungsstationen [1] [3]

2.1. durch Vermarktung, Sortierung, Aufbereitung, Verpackung

2.2. durch küchenfertige Vorbereitung (Verarbeitungsstufe 1) für Kinderhorte, Großküchen, gesellschaftliche Speiserversorgung

2.3. Herstellung von Tiefgefrierkonserven

3. Erhaltung des Gebrauchswertes über die Lagerung (vgl. statische Prozesse bei GRUNER [2])

3.1. Normallagerung

3.2. Kühllagerung

3.3. Gaslagerung von Obst

Alle drei Gruppen zusammen dienen zur Erzielung der Kontinuität in Produktion und Versorgung der Bevölkerung sowie in der Nutzung des Arbeitszeitfonds und schaffen so Bedingungen für eine industriemäßige Produktion in der Landwirtschaft. Schon hier bieten sich vielfältige Möglichkeiten der BMSR-Anwendung in Verbindung mit der Automatisierung. Es geht nicht nur um einzelne Arbeitsgänge oder Prozeßstufen. In jedem Fall handelt es sich bei den vorgenannten Maßnahmen zur Ergänzung, Erhöhung oder Erhaltung von Gebrauchswert spezieller Erzeugnisse, um Prozesse, die den Charakter von Hauptprozessen tragen und mit einem System von Hilfsprozessen integriert sind. Während die Abschnitte 1.2, 2 und 3 viele Einzeldaten für eine Prozeßsteuerung verlangen, stößt die Automatisierung der feldmäßigen Prozesse (Pkt. 1.1) auf gewisse Schwierigkeiten, da Arbeits- und Produktionsphase noch relativ weit auseinanderfallen, Maßnahmen der Intensivierung nur

eingeschränkt wirken und nur einzelne Arbeitsgänge oder Teilprozesse zu automatisieren sind. Ein Weg der Rationalisierung ist hierbei das Ausgliedern von Hilfsprozessen, wie Düngung, Pflanzenschutz, Transport, und ihre zentrale Zusammenfassung zu Dienstleistungen, die als Hauptprozeß organisiert und später über EDV-Anlagen gesteuert werden können.

Wie bereits festgestellt wurde [1] [4], bedarf die ökonomische Anwendung der BMSR-Technik einer entscheidenden Voraussetzung, nämlich des Übergangs zur Fließproduktion, weil eine entsprechende Losgröße für die rationelle ökonomische Anwendung erforderlich ist. Im Maße des Übergangs zur Massenproduktion im sozialistischen Gartenbau, vor allen Dingen im Gemüse- und Obstbau, zunehmend in der Zierpflanzen- sowie Arznei- und Gewürzpflanzenproduktion, werden günstige Voraussetzungen für die Fließproduktion geschaffen.

Ökonomische Bewertung des Einsatzes der BMSR-Technik

Hinsichtlich der ökonomischen Struktur und Charakteristik der BMSR-Technik kann folgende Feststellung getroffen werden. Sie führt

1. zur Erhöhung des Grundmittelbedarfs

2. zur Einsparung im Umlaufmittelbereich durch verminderten Materialverbrauch (Hilfsmaterial) als Folge günstigeren Prozeßverlaufs

3. zu erhöhtem Grundmaterialverbrauch als Folge intensiven Wachstums → schnelleren Umschlags

4. zur Erweiterung der Produktionsfonds.

Die Notwendigkeit der Nutzeffektbestimmung insbesondere der Fondseffektivität ergibt sich aus dem zunehmenden Anteil der vergegenständlichten Arbeit, wozu die BMSR-Technik beiträgt. Sie aber ist in der Lage, eine rationelle Nutzung der Grundmittel zu gewährleisten [5].

Für die Bestimmung des ökonomischen Nutzeffekts sollte folgendes Schema als Grundlage dienen:

1. Investitionsaufwand	3. Ökonomischer Nutzen
– Struktur	– Steigerung der Produktion
– spezifischer Aufwand	– Steigerung des Reineinkommens
	– Steigerung des Bruttoeinkommens
2. Betriebskosten	– Einsparung Kosten für
– Lohn	o Material
– ELT-Kosten	o Brennstoff
– Material (Ersatzteile)	o ELT
– für Instandsetzung (ELT)	o Lohn
– Instandhaltung	
– Fremdrepaturen	
– Abschreibung	
– Versicherung	
– Bereichsgemeinkosten	
6. Koeffizienten	
– Rückflußdauer	Jahre
– Rentabilitätsrate	%
– Nutzkoeffizient	%
– Fondsrentabilität	MDN/MDN
– Fondsintensität	MDN/MDN
– Fondsquote	MDN/MDN
– Arbeitsproduktivität	Bruttoproduktion je Ak (Bp/Ak)
	TMDN je Vollbeschäftigteneinheit
	(TMDN/VBE)
– Arbeitsproduktivität	Bruttoeinkommen je Ak (BE/Ak)
	TMDN/VBE
– Bedienungsaufwand	m ² /Ak
– Ertragssteigerung	%
	kg/m ² (dt/ha)

Dabei sind auf der Erlösseite zugrundegelegt:

- | | |
|-------------------------|-----------------------------|
| a) Mehrproduktion durch | b) Kostensenkung durch Ein- |
| – Ertragssteigerung | sparungen |
| – Verlustsenkung | – Material |
| – Qualitätsverbesserung | – Lohn |

Da vorerst vorwiegend Temperatur-Regelanlagen projektiert und ausgeführt sind, sollen diese näher behandelt werden.

Ergebnisse bei Temperaturregelung in der GPG Nauen

In der GPG Nauen wurden Dreipunkt-Regler zur Regelung der Heizung (Lufterhitzer) und der Lüftung eingesetzt sowie Meßstellen für die einzelnen Zierpflanzenarten in den

verschiedenen Gewächshausblocks unterschiedlicher Konstruktion installiert. Weitere Einrichtungen dienen zum Messen der Rauchgas- sowie der Außentemperatur und Temperatur-Schreibgeräte zum Erfassen der Vor- und Rücklufttemperaturen des Heizmediums.

Dabei wurde (in Übereinstimmung mit ersten eigenen Erfahrungen der GPG) davon ausgegangen, daß die Lufterhitzer-Regelung im Gewächshaus erst sinnvoll genutzt wird, wenn zugleich eine Wärmeregulierung des Vor- und Rücklaufs erfolgt.

Der Investitionsaufwand betrug 3,60 MDN/m² Gewächshausfläche (für 11000 m² insgesamt).

Die Jahres- und Betriebskosten (Verfahrenskosten) wurden unter Verwendung von Angaben des Betriebes kalkuliert, da Abrechnung der BMSR-Technik als Kostenträger noch nicht erfolgt, und in Tafel 1 zusammengefaßt.

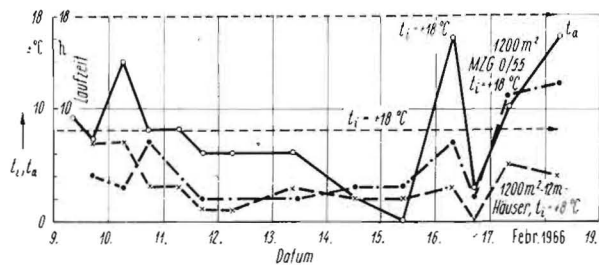


Bild 1
Zusammenhang zwischen Außentemperatur (t_a) und Betriebsdauer (Laufzeit) bei unterschiedlicher Innentemperatur (t_i) und Hausbreite (12 m, 2×4 m); die Punkte auf der Abszisse deuten die Uhrzeiten der Messung an

Tafel 2
Einzusparende Stromkosten durch die Regeltechnik auf 11000 m² Gewächshausfläche im Versuchszeitraum (10 Tage)

t_i [°C]	Hausfläche Typ [m ²]	Anzahl Lufterhitzer	install. Leistung [kW]	Laufzeit x [h]	ELT-Kosten bei 0,08 MDN/kWh [MDN]	ELT-Kosten bei max. Laufzeit = 240 h [MDN]	eingesparte ELT-Kosten in 1. Näherung [MDN]
+ 8	12 m 1×600	1×7 = 7	5,8	27	12,50	111,50	99,00
	3×1200	3×14 = 42	34,9	18	50,00	665,00	615,00
+ 18	1×600	1×7 = 7	5,8	71	35,50	111,50	76,00
	MZG 1×1000	1×9 = 9	10,8	208	180,00	208,00	28,00
	0/55 2×1200	6 + 7 = 13	15,6	151	190,00	300,00	110,00
	2×1400	7 + 8 = 15	18,0	185	266,00	345,00	79,00
Σ	11000	—	90,9	—	734,00	1741,00	1007,00

Die Kosten für Maßnahmen, die sich durch die Produktionssteigerung infolge Temperaturkonstanz ergeben (Wasser, Dünger u. ä.), blieben unberücksichtigt.

Bei den im Februar 1966 an zehn Tagen durchgeführten Messungen mußten verschiedene Bedingungen berücksichtigt werden. Sowohl zahlenmäßig (1,10 Lufterhitzer je 100 m² bei 12-m-Beeten gegenüber 0,55 Lufterhitzer je 100 m² bei MZG 0/55) als auch hinsichtlich installierter Anschlußleistung der Lufterhitzer ($\approx 10,0$ W/m² gegenüber 6,5 W/m²) verhielten sich die Bedingungen umgekehrt wie die Wärmeanforderungen ($t_{12m} = +8$ °C gegenüber $t_{MZG} = +18$ °C) in den beiden untersuchten Haustypen ($t_a = 0 \dots -16$ °C).

Werden ähnliche Versuchsvoraussetzungen zusammengefaßt, ergeben sich die in Tafel 2 und Bild 1 bis 4 festgehaltenen Resultate.

Tafel 1. Kosten der BMSR-Anlage in der GPG Nauen

	ME	MDN/Jahr
Abschreibung	10 %	3960,—
Instandhaltung (Material, Leistungen von Fremden, Hilfsenergie)		1980,—
Lohn (1 Facharbeiter)	600,— MDN/Mon. + 9 % SV	7800,—
Insgesamt	MDN	13740,—
rel.	MDN/m ²	1,25

Bild 2. Zusammenhang zwischen Außentemperatur und Laufzeit der Lufterhitzer bei Nelken. a (Temperatur 6 ... 10 °C, 3 Häuser je 1200 m², 12-m-Häuser), b (Temperatur 6 ... 10 °C, 1 Schüff = 600 m², 12-m-Haus) a: $y = 0,54 - 0,104x$; $B = 0,3554$; $p < 0,05$; $n = 13$; b: $y = -0,43 - 0,32x$; $B = 0,527$; $p < 0,01$; $n = 13$

Bild 3. Summenkurve der Laufzeiten bei unterschiedlichen Bedingungen

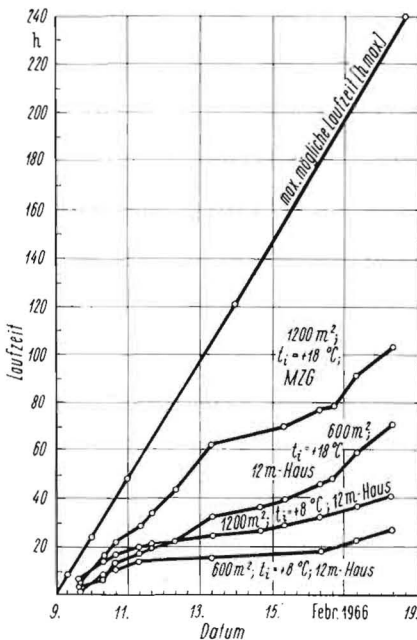
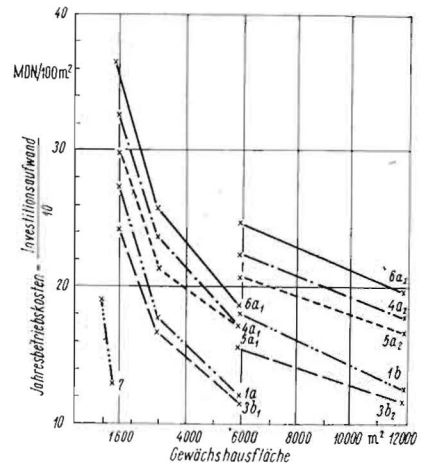


Bild 4. Zusammenhang zwischen Flächengröße und Investitionsaufwand sowie Betriebskosten der Regeltechnik.

Erläuterung: 1a Investitionsaufwand 1 RE (Regelinheit) 36 m Hauslänge; 1b Investitionsaufwand 2 RE, 36 m Hlg.; 3b₁ Betriebskosten, Gurken, 1 RE, 72 m Hlg.; 3b₂ Gurken, 2 RE, 72 m Hlg.; 4a₁ Tomaten, 1 RE, 36 m Hlg.; 4a₂ Tomaten, 2 RE, 36 m Hlg.; 5a₁ Nelken, 1 RE, 36 m Hlg.; 5a₂ Nelken, 2 RE, 36 m Hlg.; 6a₁ Rosen, 1 RE, 36 m Hlg.; 6a₂ Rosen, 2 RE, 36 m Hlg.; 7 Jahresbetriebskosten, im Durchschnitt MDN je m²



Der nachweisbare ökonomische Nutzen in MDN/Jahr ergibt sich wie folgt:

- 1a. Einsparung an Stromkosten durch verminderte Laufzeit der Lufterhitzer bei 2800 Heizstunden je Jahr normal (2800 h/Jahr · 90,9 kW · 0,08 MDN/kWh) und Einsparungen entsprechend Tafel 2; bei Festlegung der Heizstundenanzahl wurde $t_4 = 8^\circ\text{C}$ berücksichtigt. 11700,—
- 1b. Wärmeeinsparung: 9 % von 2500 t Braunkohlenbriketts (bei obigen Bedingungen von t_4 und unmittelbar durch BMSR-Technik zu beeinflussende Faktoren nach [6] bei Kessel-Regelung und fehlenden McBinstrumenten) 225 t · 50,— MDN/t (in Nauen) 11250,—
- 1c. Geschätzte Produktionssteigerung durch optimale Temperaturbedingungen, gleich 5 % von 49,— MDN/m² Bruttoproduct (entspricht Ergebnis der GPG im Jahre 1966, wobei die Ertragssteigerung auf 10 % geschätzt und davon 5 % für die Deckung der Folgekosten angenommen wurde) MDN 26950,—
- 1d. Einsparungen zusammen 1a bis 1c (entspricht dem Bruttoproduct) MDN 49900,—
2. Kosten MDN 13740,—
3. Gewinn MDN 36160,—

Aus diesen Werten ergeben sich die resultativen Verhältniskennzahlen für 11000-m²-Gewächshauswirtschaft der GPG Nauen in Tafel 3.

Ökonomische Werte bei Temperaturregelung in einer Intensivwirtschaft

Die von der GPG Nauen zugrundegelegten Parameter entsprechen jedoch noch nicht denen fortgeschrittener Betriebe der Republik, wie aus einer speziellen Untersuchung ersichtlich ist [7]. Berücksichtigt man weiter, daß die größten Brennstoffverluste durch unregelmäßige Heizung gerade in der Übergangsperiode im Frühjahr entstehen, weil mit der BMSR-Technik die träge Reaktion des Heizsystems zwar noch nicht aufgehoben (vgl. Totzeit), jedoch stark eingeschränkt wird, deuten sich weitere Vorteile sowohl für Heizer wie Gärtner an, ohne sie vorerst erfassen zu können.

Es kann allgemein bei intensivster Nutzung ($\Delta t_{\text{max}} = 45^\circ\text{C}$) mit folgenden Ergebnissen in MDN/10000 m² gerechnet werden:

1. Investitionsaufwand	36000,—
2. Verfahrenskosten	12500,—
3. Einsparungen je Jahr	
3.1a. ELT-Stromaufwand [100 kW · (3200 - 1920) h/Jahr · 0,08 MDN/kWh]	10240,—
3.1b. Wärmeeaufwand (14 % von 2700 t · 60,— MDN/t) (unberücksichtigt Folgeeinsparungen, wie Löhne u. a.)	22680,—
3.2. Produktionssteigerung: 10 %, wobei 5 % aufgehoben werden sollen durch Folgekosten (Dünger u. a.) = 5 % v. 70,— MDN/m ²	35000,—
3.3. insgesamt (3.1 und 3.2)	67920,—
4. Gewinn	55420,—

Die Verhältniskennzahlen sind in Tafel 4 zusammengefaßt. Nicht erfaßt und untersucht wurden bisher Ertragssteigerungen, Verminderung des Arbeitszeitaufwands, Einsparung an Wärmeenergie, die hier angenommenen Werte basieren auf Kalkulationen.

Ökonomische Ergebnisse nach einer repräsentativen Untersuchung

Die von RADONS u. a. auf Grund von vergleichenden Untersuchungen vom 18. Januar bis 18. März 1966 in 18 Gewächshauswirtschaften vorgenommenen Berechnungen der innerhalb eines Jahres erreichbaren ökonomischen Auswirkung einer Temperatur-Regelung² auf ELT- und Wärmeverbrauch in Einheiten von 1000 bis 1500 m² Gewächshausfläche ergaben im Vergleich zu den Berechnungen in der GPG Nauen und den Kalkulationen einer Intensivanlage die in Tafel 5 genannten Werte.

Tafel 3. Verhältniskennzahlen bei Einsatz der BMSR-Technik in der 11000-m²-GHW der GPG Nauen

	ME	BMSR-Technik
1a. Investitionsquote	%	125,0
1b. Investitionsrate	%	92,0
2. Rückflußdauer	Jahre	1,1
3. Rentabilitätsrate	%	265,0
4. Kostensatz	%	27,6
5. Selbstkostensenkung	%	—
6. Arbeitsproduktivität	TMDN/Ak	49,9

Tafel 4. Resultative Verhältniskennzahlen der Intensivanlage

		BMSR Regelung in GHW	ohne Temp.- Regelung	GHW mit Temp.- Regelung
1a. Investitionsquote	[%]	540,0	32,0	33,0
1b. Investitionsrate	[%]	188,0	4,5	5,5
2. Rückflußdauer	[Jahre]	0,5	22,0	18,4
3. Rentabilitätsrate	[%]	440,0	16,6	19,2
4. Kostensatz	[%]	18,6	86,0	83,0
5. Selbstkostensenkung ¹	[%]	—	—	5,5
6. Arbeitsproduktivität (Bruttoproduct)	[TMDN/Ak]	67,8	44,0	46,0
¹ BP neu	TMDN		735,00	
Kosten				
(600,00 + 35,00				
+ 12,50)	TMDN		637,50	
= Kostensenkung	TMDN		32,84	
= Kosten	TMDN		614,66	
= Gewinn	TMDN		120,34	

Tafel 5. Vergleich der Ergebnisse für verschiedene Verhältnisse

		n. RADONS	Nauen ¹	Intensiv- anlage
1. ELT-Verbrauch				
Bedarf	[kWh/ha]	284000,—	232000,—	320000,—
Einsparung rel.	[%]	20,0 ... 25,0	57,5	40,0
stofflich	[kWh/ha]	78000,—	134000,—	128000,—
wertmäßig bei				
0,08 MDN/kWh	[MDN/ha]	6240,—	10600,—	10240,—
2. Wärmeverbrauch				
Bedarf	[t BB/ha]	2370,—	2500,—	2700,—
Einsparung rel.	[%]	20,—	9,—	14,—
stofflich	[t/ha]	474	225	378
wertmäßig	[MDN/ha]	18960,—	11250,—	22600,—
bei MDN/t		(40,—)	(50,—)	(60,—)
Einsparungen				
zusammen 1 + 2	[MDN/ha]	25200,—	21850,—	32840,—
Investitions- aufwand	[MDN/ha]	22000,—	39600,—	36000,—

¹ einschließlich Kessel-Regelung und bei einem Verhältnis von $t_4 = +8/+18^\circ\text{C} = 4200/6800 \text{ m}^2$

Tafel 6. Vergleich des Aufwandes für BMSR-Technik in Industrie und sozialistischem Gartenbau

	BMSR-Technik Industrie	Temp.- Regeltechnik in GHW
	(Mittelwerte)	(Mittelwerte)
— Anteil am Investitionsaufwand	6,0 ... 10,0	0,6 ... 1,6
— Rückflußdauer	0,5 ... 2,0	0,5 ... 1,5 ¹ [8]
		1,0 ² [9]
— Betriebsdauer	1700 ... 5100	2500 ... 3200

¹ Kalkuliert auf Basis Einsparung 0,50 MDN/m²
Abschreibung = 10 Jahre
Investaufwand = 3,— MDN/m²

² Ohne Berücksichtigung produktionssteigernder Maßnahmen

Wird weiter berücksichtigt, daß der BMSR-Anteil am Gesamtinvestitionsaufwand nur rund 0,6 bis 1,0 % (d. h. rund 1/10 des Investitionsaufwandes in der Industrie) beträgt, andererseits aber ökonomische Werte mit denen der Industrie identisch sind (Rückflußdauer 0,5 bis 2,0 Jahre nach [4]), wird der in Tafel 6 gezeigte Vergleich der Effektivität aufschlußreich für weitere volks- und zweigwirtschaftliche Entscheidungen.

Infolge des zwar im 24-Stunden- und im Jahreszeitenrhythmus diskontinuierlichen Betriebsverlaufs in der Gewächshauswirtschaft — insgesamt in der Betriebsdauer mit der Industrie jedoch identisch — wurden durch die Beeinflussung der Temperatur offenbar optimale Produktionsbedingungen

Tafel 7. Investitionsstruktur bei Temperatur-Regelanlagen in GHW

	[MDN/m ² Grundfläche]		rel. [%]	
	n. RADONS	Nauen ¹	n. RADONS	Nauen
1. Gerätekosten	0,49 ... 1,18	0,97	32,0 ... 26,0	41,5
2. Montage	0,67 ... 1,45	0,75	44,0 ... 32,0	32,0
3. Projektierung	0,37 ... 1,89	0,63	24,0 ... 42,0	26,5
inges. (1 ... 3)	1,53 ... 4,52	2,35	100,0	100,0
Mittelwert \bar{x}	≈ 3,00			

¹ vergleichbare Temperatur-Regelung (ohne Kessel-Regelung) von 5200 m² Gewächshausfläche.

Tafel 8. Anteil des Investitionsaufwandes für die BMSR-Technik

	Gesamtinvestitionsaufwand einschl. Folgeanlagen	Anteil in % an		Literatur
		Investaufwand der zu regelnden Anlagen	dav. unmittelbar betreffender Aufwand f. Ausrüstung	
Industrie (z. vgl.)	6,0 ... 10,0	—	—	[4]
1. Gewächshauswirtschaften — GPG Nauen	1,4 0,6	2,5	6,5 ... 10	—
2. Kühllager	1,2 ... 2,4	2,4 ... 4,7		TÖZ

geschaffen, so daß durch die Pflanzen eine im Vergleich zur Industrie noch stärkere ökonomische Wirkung hervortritt. Ein Vergleich mit Ergebnissen und ökonomischen Daten aus verschiedenen Projekten u. a. Unterlagen vermittelt weitere interessante Aufschlüsse zur Größenabhängigkeit und Investitionsstruktur.

Zusammenhang zwischen Kosten und Flächengröße

Die Regelungstechnik in Gewächshauswirtschaften drängt objektiv vom Gesichtspunkt der Verminderung des Aufwandes sowie der Pflege und Wartung zur Konzentration. Unter Berücksichtigung der erforderlichen Temperaturhomogenität kann mit $F_{\min} \geq 3000 \text{ m}^2$ gerechnet werden. Das deckt sich auch mit anderen Empfehlungen [10] [11] (vgl. Bild 4).

Folgende Gründe sind dafür zu nennen:

1. Mit zunehmender Zahl der Regeleinheiten steigen spezifischer Investitionsaufwand und Betriebskosten je Flächeneinheit.
2. Mit zunehmender Fläche je m Hauslänge sinken Aufwand und Betriebskosten je Flächeneinheit.
3. Investitionsaufwand und Betriebskosten je Flächeneinheit haben einen nahezu parallelen Verlauf; das deutet auf den hohen gerätetechnischen und den praktisch zu vernachlässigenden Umlaufmittelaufwand hin (der proportional mit der Einsatzfläche wachsen würde, z. B. für Energie, Hilfsmaterial, Grundmaterial).
4. Die Betriebskosten der Temperaturregeltechnik nehmen erwartungsgemäß in ihrer absoluten Höhe zu mit verringerten t_4 -Werten, d. h. bei weniger wärmeempfindlichen Kulturen, wie Tomaten, Rosen, und sinken mit höheren t_4 -Ansprüchen (Gurken, Warmhauspflanzen).

Es ergibt sich schließlich eine große Schwankung der spezifischen Investitionsaufwendungen bereits projektierter bzw. errichteter Neuanlagen der Temperaturregelung in Gewächshäusern und keine gesicherte Abnahme in größeren Bereichen. Offenbar gilt die Größenabhängigkeit nur in bestimmten Bereichen je Regeleinheit, was sich auch leicht erklären läßt. Die Größen- und Leistungsparameter der Regeleinheiten erfordern eine bestimmte Fläche, um diese zusätzlichen Investitionen hinsichtlich ihrer Kapazität rationell nutzen zu können.

Offensichtlich sind für ökonomische Berechnungen ferner differenzierte Angaben zur Anlage erforderlich. Es bedarf deshalb exakter Angaben der Art, des Umfangs der Regelung

und ihres Einflusses auf die Kosten, wobei die Erfüllung der Forderungen an den Regelkreis nur alleiniges Kriterium der ökonomischen Unterscheidung verschiedener Varianten der Regeleinheiten sein kann.

Nach RADONS (bei [8] zitiert) und Bestimmungen in der Anlage Nauen können für die Investitionsstruktur bei Temperatur-Reglern die in Tafel 7 genannten Werte angenommen werden.

Daraus wird ersichtlich:

- Der Montageanteil steigt mit zunehmender Größe der Anlage.
- Zur Senkung des Montageaufwandes ist bei Neuerrichtung von Gewächshauswirtschaften u. a. konsequent die Standardisierung zu verwirklichen; ein Standardprojekt mit verschiedenen Varianten sollte deshalb bald verfeinert werden. Die individuellen Projektierungen und Anlagen sollten sich auf Altbauten beschränken, wo sie zur Rationalisierung dienen. Notwendig ist außerdem die volle Nutzung der Kapazität der Regeleinheiten. Den Anteil des Investitionsaufwandes der Temperatur-Regel-Technik an verschiedenen Positionen des Investitionsvorhabens zeigt schließlich Tafel 8.

Der Anteil an den unmittelbar zu regelnden Anlagen (Kessel, Heizkörper, Lüftung, Fußrohr- und Bodenheizung usw.) ist schon beachtlich und bedarf der aufmerksamen Planung, d. h. des Eindringens in die Erfordernisse des Regelkreises, um die Angebote der BMSR-Technik entsprechend beurteilen zu können.

Schlußfolgerungen und Ausblick

Es erweist sich als zweckmäßig, die BMSR-Technik gezielt, konzentriert und durchgängig in den Bereichen zum Einsatz zu bringen, die bereits einen hohen Grad der Mechanisierung und der Fließproduktion erzielt haben. Insbesondere sind dies verschiedene Gemüsearten in der Feldproduktion einschließlich ihrer Aufbereitung und Verarbeitung, Gewächshaustechnik, Temperaturregelung, Lagertechnik, Bewässerungstechnik.

Weiter sollten in dem Maße, wie die Institute und Entwicklungsbüros Vorlauf erreichen bei der Automatisierung von Prozessen und Entwicklung der technischen Grundlagen, für die sich erst im Rahmen des prognostischen Zeitraums eine praktische Anwendung ergibt, die entsprechenden Voraussetzungen dazu in der Produktion durch zweckmäßige Mechanisierung, Qualifizierung, Entwicklung des Wartungsdienstes u. a. geschaffen werden. So ist eine Einheit von Planung des Bedarfs, Projektierung, Montage, Wartung und rationaler Nutzung der BMSR-Technik erreichbar.

Insgesamt gesehen darf die sozialistische gärtnerische Produktion zu den volkswirtschaftlich effektivsten Anwendungsformen der BMSR-Technik gerechnet werden, wenn auch gegenwärtig vornehmlich erst Resultate aus der Temperaturregelung in Gewächshauswirtschaften vorliegen und auch im Programm bis 1970 und bei Kühlanlagen bis 1980 vorgesehen sind.

Für den Betrieb der BMSR-Technik ist es notwendig, einen exakten Service aufzubauen, der ergänzt werden sollte durch betriebseigene Kräfte, die in der Lage sind, etwa der Pflegegruppe 1 bei Traktoren entsprechende einfache Instandhaltungsarbeiten durchzuführen. Dazu ist es aber erforderlich, die Qualifizierung auch der Facharbeiter entsprechend zu gestalten. Im Hochschulbereich wurden entsprechende Konsequenzen gezogen. Das ergibt sich aus den Erfahrungen der LPG Gusow und anderer die BMSR-Technik anwendender sozialistischer Gartenbaubetriebe. Schließlich leitet sich das aus den umfangreichen Projekten der Gewächshauswirtschaft VEG Vetschau-Eichow und Erfurt-Gispersleben ab. Durch die Kreisbetriebe bzw. Bezirkskomitees für Landtechnik sind gemeinsam mit der VVB RGO entsprechende Vereinbarungen zu treffen, die

einen einheitlichen Service für die Landwirtschaft — mit Spezialisten für die BMSR-Technik im Gartenbau — schrittweise einzuführen gestatten.

Literatur

- [1] ULBRICHT, W.: Die gesellschaftliche Entwicklung in der DDR bis zur Vollendung des Sozialismus; Schlußansprache, Rede auf dem VII. Parteitag der SED, Dietz-Verlag Berlin, 1967, S. 5 bis 303
- [2] GRUNER, W.: Probleme der Meß-, Steuerungs- und Regelungstechnik in der Landwirtschaft; Sitzungsbericht DAL, Bd. XV, H. 2, Berlin (1966)
- [3] SEIDEL, E.: Gedanken zum VII. Parteitag; Deutsche Gärtnerpost 19 (1967) Nr. 12, S. 1
- [4] HORNAUER, W.: Industrielle Automatisierungstechnik; VEB Verlag Technik Berlin 1962; 4. Aufl.

- [5] WIEDMER, H.: ND vom 22. Juli 1967
- [6] LORENZ, H.: Bericht über die Anwendung der Regeltechnik in 14 überprüften Gewächshauswirtschaften. Manuskript Zentralstelle für wirtschaftliche Energieanwendung, Außenstelle Rostock-Schwerin; 29. Nov. 1966
- [7] OLBRICHT, D.: Untersuchungen zur ökonomischen Entwicklung der GPG Nauen. Institut für Gärtnerische Betriebsökonomik der Humboldt-Universität zu Berlin, Übungsaufgabe 6. März 1967
- [8] FÖRTSCH, CH.: Möglichkeit der Steuerung und Regelung von Heizung und Lüftung in Gewächshäusern und Anwendung der Regeltechnik im Gartenbau; iga-Broschüre 1966
- [9] RADONS, S.: Regeltechnik und deren Kosten. Dtsch. Gärtnerpost 17 (1965) Nr. 25, Beilage, S. 5 bis 8
- [10] BAKKER, D./VEEN, J. VAN: Automatische Lüftung. De tuinderij (1967) Nr. 7, S. 88 bis 91
- [11] O. A.: Auszug von „Kosten per Jaar von de elektrischmechanische Kasluchting in venlo — Kassen (Ecnzijdige Luchting) per 100 m² Kasoppervlakte“ A 7027

Probleme der Steuerungs- und Regelungstechnik in der Landtechnik

Dipl.-Ing. F. RITZMANN, KDT*

Wie in zahlreichen anderen Zweigen unserer Volkswirtschaft werden seit geraumer Zeit auch in der Landtechnik Anstrengungen unternommen, technische Einrichtungen durch die Anwendung von Elementen der Meß-, Steuerungs- und Regelungstechnik zu vervollkommen. In den folgenden Ausführungen sollen einige besondere Probleme behandelt werden, die sich aus der Anwendung der Steuerungs- und Regelungstechnik in der Landtechnik ergeben.

Die Begriffe und Benennungen der Steuerungs- und Regelungstechnik sind in TGL 14 591 [1] festgelegt; sie sollen daher hier nicht wiederholt werden. Außerdem sei auf die in das Gebiet der Steuerungs- und Regelungstechnik einführende Literatur [2] [3] [4] sowie die in den Heften 7 bis 10 veröffentlichte Aufsatzfolge zu diesem Problem verwiesen.

1. Aufgaben der Steuerungs- und Regelungstechnik in der Landtechnik

Das Ziel der Anwendung der Steuerungs- und Regelungstechnik in der Landtechnik ist die komplexe Mechanisierung und teilweise Automatisierung landwirtschaftlicher Produktionsprozesse. Steuerungs- und Regelungseinrichtungen sollen in der Landtechnik dazu beitragen, den Anteil an lebendiger Arbeit in der landwirtschaftlichen Produktion zu verringern; vor allem sollen sie den Menschen von monotoner und von körperlich schwerer Handarbeit befreien und weitere Arbeiten erleichtern. Weiterhin sollen sie solche Arbeiten ermöglichen, die auf Grund der begrenzten Leistungsfähigkeit der menschlichen Sinnesorgane vom Menschen nicht oder nur unvollkommen verrichtet werden können.

Zwei Beispiele sollen das verdeutlichen:

In der Rübenpflege muß eine Bedienungsperson laufend die Lage der Arbeitswerkzeuge in bezug auf die Rübenreihe beobachten und bei Abweichungen von der geforderten Lage entsprechende Lenkkorrekturen vornehmen. Die Arbeitsgeschwindigkeit ist durch die Reaktionsfähigkeit der Bedienungsperson nach oben begrenzt. Wird sie überschritten, sind Beschädigungen der Pflanzen die Folge. Erst eine automatisch arbeitende Abtasteinrichtung, die schneller auf Abweichungen aus der Sollstellung reagiert als der Mensch, ermöglicht eine weitere Erhöhung der Arbeitsgeschwindigkeit.

Ein Mähdrescher arbeitet nur bei einem bestimmten Durchsatz optimal. Ist der Durchsatz zu niedrig, wird die Motorleistung des Mähdreschers nur ungenügend ausgenutzt, und die Maschine arbeitet unwirtschaftlich. Ist dagegen der Durchsatz zu hoch, steigen die Körnerverluste im Dreschwerk und im Schütler stark an. Der Durchsatz hängt u. a. von der Arbeitsbreite, der Bestandesdichte, der Schnitthöhe und der Fahrgeschwindigkeit ab. Der optimale Durchsatz wird außerdem von verschiedenen Größen, wie Gutart, Feuchtigkeit,

Grüngutbeimengungen u. a. m., beeinflußt. Setzt man eine konstante Arbeitsbreite und konstante Schnitthöhe voraus und fordert einen konstanten Durchsatz, so können Schwankungen in der Bestandesdichte durch entsprechende Änderungen der Fahrgeschwindigkeit ausgeglichen werden. Der Mähdreschfahrer kann jedoch nur nach subjektiven Erfahrungen schätzen, aber nicht exakt bestimmen, ob seine Maschine im optimalen Bereich arbeitet. Eine automatische Regeleinrichtung kann hingegen den optimalen Durchsatz auf Grund objektiver Meßwerte überwachen und in bestimmten vorgegebenen Grenzen einhalten.

2. Besondere Einsatzbedingungen in der Landwirtschaft

Trotz langjähriger Untersuchungen steht die Anwendung der Steuerungs- und Regelungstechnik in der Landtechnik noch am Anfang. Die Ursache dafür ist u. a. in den besonderen Einsatzbedingungen in der Landwirtschaft zu suchen, die zusätzliche Schwierigkeiten mit sich bringen und zusätzliche Forderungen an die Bauelemente der Steuerungs- und Regelungstechnik stellen.

Diese besonderen Einsatzbedingungen sind:

- a) große Temperaturschwankungen, besonders bei Feldeinsatz;
- b) die Geräte müssen so ausgeführt sein, daß die Funktion auch bei Regen noch einwandfrei gewährleistet ist;
- c) große Aggressivität der Umgebung (z. B. Ammoniak in der Stallluft) oder der verarbeiteten Materialien (z. B. Mineraldünger);
- d) starke Einwirkung von Staub, Sand, Spreu oder anderen Verunreinigungen;
- e) erhebliche Erschütterungen bei Einsatz in fahrbaren Maschinen;
- f) saisongebundener Einsatz; d. h. die Automatisierungsmittel müssen auch nach längeren Einsatzpausen unter ungünstigen Abstellbedingungen noch voll funktionssicher sein. Außerdem wirkt sich eine kurze jährliche Einsatzzeit ungünstig auf die Wirtschaftlichkeit der Automatisierungsmittel aus.
- g) Umgang mit lebender Materie, die in ihren biologischen Eigenschaften nicht geschädigt werden darf;
- h) Ungleichförmigkeit des landwirtschaftlichen Mediums, das im allgemeinen die Meßgröße zur Auslösung des Regelungsvorgangs liefern muß (z. B. Bestandesdichte von Getreide, Verlauf der Pflanzenreihe);
- i) Bedienung vorwiegend durch angelernte Arbeitskräfte, die auch die Wartung und Pflege sowie die Behebung kleinerer Störungen zum Teil unter Feldbedingungen durchführen müssen.

Betrachtet man die z. Z. in der Industrie eingesetzten Automatisierungsmittel, so kann man feststellen, daß sie meist einigen der vorgenannten Besonderheiten nicht gerecht werden.

Im folgenden Abschnitt sollen einige Anwendungsbeispiele von Elementen der Steuerungs- und Regelungstechnik in landwirtschaftlichen Maschinen und Anlagen genannt werden.

* Technische Universität Dresden, Institut für Landmaschinen-technik (Direktor: Prof. Dr.-Ing. W. GRUNER)