

keiten für dieses Problem ergeben sich beispielsweise durch die Verwendung eines zentralen Regelgerätes für mehrere Regleinheiten, indem in Verbindung mit geeigneten Umschalteneinrichtungen Meßgeber und Stellglieder der verschiedenen Regleinheiten nacheinander mit dem Zentralgerät zu Regelkreisen vereinigt werden.

Schließlich ist es notwendig, systematische Untersuchungen über den Einfluß der physikalischen Umweltfaktoren auf die Ertragsbildung von gärtnerischen Pflanzenarten durchzuführen, um detailliertere und präzisere Empfehlungen, als sie auf Grund unserer jetzigen Kenntnisse möglich sind, für die Einstellung der im Gewächshaus angewendeten Regel- und Steuereinrichtungen geben sowie die Anforderungen an solche Einrichtungen ökonomisch exakt begründen zu können.

## Temperaturregelung in Gewächshäusern unter Berücksichtigung einer Störgrößenaufschaltung

Ing. P. KRASPER, KDT\*

### 1. Einleitung

Die Ausführungen beschränken sich auf Gewächshäuser, die mit Luftheizgeräten für Pumpenwasser 90/70 °C und Ventilatorlüftung ausgestattet sind. Bisher erfolgte die Regelung der Gewächshausinnentemperatur durch Zu- und Abschalten von Luftheizern bzw. Lüftungsventilatoren. Der Vorteil der un stetigen Regelung liegt in dem geringen gerätetechnischen Aufwand, von Nachteil ist das Auftreten von Dauerschwingungen und das dadurch bedingte häufige Schalten der Stellglieder.

Hauptstörgröße  $Z$  für die Temperaturregelung ist die Witterung. Im folgenden werden einige Verfahren zur meßtechnischen Erfassung der Witterung aufgezeigt. An Beispielen soll die Aufschaltung der Hauptstörgröße erläutert werden.

### 2. Meßtechnische Erfassung der Störgröße

Ein Gewächshaus besitzt eine geringe Wärmespeicherefähigkeit und einen relativ hohen Wärmedurchgang, d. h. Änderungen der Witterung wirken sich ungedämpft auf die Regelgröße aus. Dadurch treten zeitweise erhebliche Abweichungen vom Sollwert auf. Um die Regelgüte zu erhöhen, soll als Führungsgröße ein Summensignal sämtlicher Witterungseinflüsse auf die Regelung der Gewächshausinnentemperatur einwirken. Neben der Höhe der Außentemperatur interessiert die Windgeschwindigkeit in Nähe der Gewächshausoberfläche, die Wandnässe während und nach Regenfällen und die Sonneneinstrahlung.

Diese vier Faktoren können prinzipiell mit handelsüblichen Geräten gemessen und dann zu einem Signal zusammengefaßt werden. Dabei muß die Möglichkeit bestehen, den Einfluß der einzelnen Komponenten auf das Summensignal einzustellen. Diese Lösung erscheint aber ökonomisch nicht vertretbar.

Da der Wärmeverlust des Gewächshauses im wesentlichen vom Wärmestrom durch die Gewächshaus hülle bedingt ist, scheint die Messung des Wärmestroms nach der „Hilfswandmethode“ als geeignet.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, mit Hilfe eines Gewächshausmodells die Veränderungen der Witterung zu erfassen.

Da die Regelung der Innentemperatur durch Heizung und Lüftung unabhängig voneinander sein soll, um Energieverluste zu vermeiden, werden beide Regelungen nacheinander erläutert.

### Literatur

- [1] FÜRTSCH, CH./A. HEISSNER: Der Einsatz von Re-Reglern zur Temperaturregelung in Gewächshausanlagen. Deutscher Gartenbau 12 (1965) Nr. 11, S. 296 bis 298
- [2] VOGEL, G.: Gewächshaus aus freitragenden glasfaserverstärkten Polyesterschalen — Mikroklimatische, pflanzenbauliche und ökonomische Untersuchungen — Habilitationsschrift, Landwirtschaftlich-gärtnerische Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin 1965, 176 S.
- [3] HEISSNER, A./CH. FÜRTSCH/R. SAHRMÜLLER: Anwendungsmöglichkeiten der Steuer- und Regeltechnik im Treibgemüsebau. Fortschrittsbericht für die Landwirtschaft, Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin 1967 (im Druck)
- [4] Autorenkollektiv (unter Leitung von J. REINHOLD): Ratgeber für den Gemüsebau unter Glas, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, 3. Aufl., Berlin 1966, 407 S.
- [5] KRASPER, P./W. WILHELMJ/U. HILBIG: Simulation der Temperaturregelung der Gewächshäuser auf dem Analogrechner. Abschlußbericht, VEB Geräte- und Reglerwerke Teltow, 1966 (unveröffentlicht) A 7024

### 3. Temperaturregelung durch Heizung

Die Regelgröße, die Gewächshausinnentemperatur  $\vartheta_i$ , kann über zwei Stellglieder beeinflusst werden. Stellgröße  $y_1$  ist die Anzahl der eingeschalteten Luftheizer, Stellgröße  $y_2$  ist die Stellung des Ventils zur Rücklaufbeimischung. Mit der Stellgröße  $y_2$  soll die Heizleistung je Luftheizer variiert werden. Da die Messung der übertragenen Wärmemenge aufwendig ist, wird auf Grund der Beziehung zwischen Heizleistung und Vorlauftemperatur letztere meßtechnisch erfaßt.

Das erste Beispiel zeigt Bild 1:

Die Störgröße  $Z$  wirkt auf die Stellgröße  $y_1$ , d. h. entsprechend dem Summensignal des Witterungsgebers wird eine Anzahl von Luftheizern eingeschaltet. Das Stellglied  $y_2$ , das Mischventil, ist der Regelgröße  $\vartheta_i$  zugeordnet. Dadurch kann es vorkommen, daß durch Eingriff der Innentemperaturregelung auf Grund einer Störung das Stellglied eine dieser Begrenzungen erreicht, ohne daß die Regelabweichung beseitigt werden konnte. In diesem Fall wird durch Zu- oder Abschalten eines Luftheizers der Regelbereich für die Innentemperaturregelung verändert, die Störung kann dann ausgeregelt werden. Zur Erhöhung der Regelgüte kann noch die Vorlauftemperatur als Hilfsregelgröße auf den Regelkreis über einen Verschwindimpuls aufgeschaltet werden.

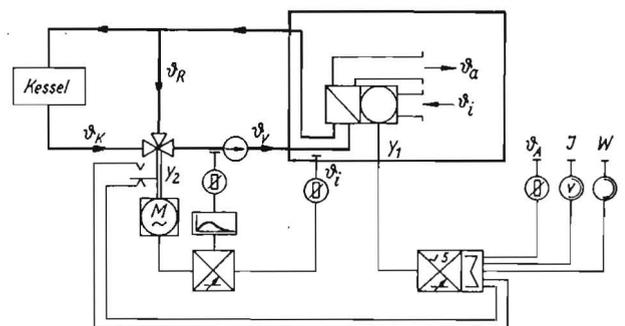


Bild 1. Regelschema für Heizung (Beispiel 1)

\* VEB GRW Teltow, Betriebsteil Berlin, Abt. Analogtechnik

Diese Art der Verknüpfung von Regelgröße, Störgröße und den zwei Stellgliedern ist regelungstechnisch die günstigste Lösung, wobei jedoch der gerätetechnische Aufwand relativ groß ist. Bei dieser Variante treten keine Dauerschwingungen der Innentemperatur mehr auf. Die Schalthäufigkeit der Luftheizer wird auf ein Minimum herabgesetzt. Vorteilhaft ist weiterhin, daß durch Einsatz eines PI-Reglers eine bleibende Regelabweichung vermieden wird.

Das zweite Beispiel zeigt Bild 2:

Die Stellgröße  $y_1$ , die Anzahl der Luftheizer, ist der Regelgröße  $\vartheta_i$  zugeordnet. Die Störgröße  $Z$  wirkt auf das Mischventil. Diese Störgrößenaufschaltung, bei der einem bestimmten Witterungszustand eine Ventilstellung zugeordnet ist, hat einen Nachteil. Zwischen der Heizleistung je Luftheizer, die in Abhängigkeit von der Störgröße  $Z$  variiert werden soll, und der Anzahl der eingeschalteten Luftheizer tritt eine Verkopplung auf. Deshalb wird die Vorlauftemperatur, die proportional der Heizleistung ist, zusätzlich auf die Stellgröße  $y_2$  aufgeschaltet.

Durch die Störwertaufschaltung erreicht man, daß bei plötzlichem Regen bzw. bei Sonne die Vorlauftemperatur erhöht bzw. abgesenkt und damit die Heizleistung je Luftheizer in Abhängigkeit von der Witterung verändert wird.

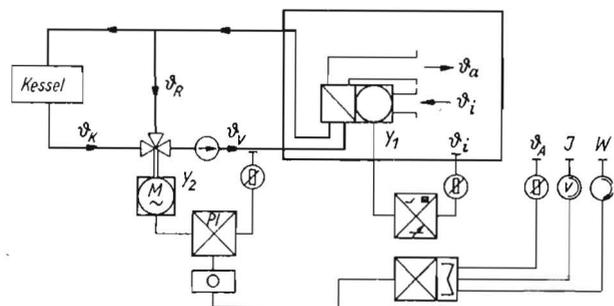


Bild 2. Regelschema für Heizung (Beispiel 2)

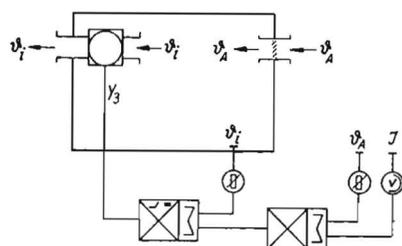


Bild 3. Regelschema für Lüftung

#### 4. Temperaturregelung durch Lüftung

Die Ventilatoren sind in einer Giebelseite des Gewächshauses angeordnet. Sie saugen die Luft aus dem Gewächshaus ab, die Außenluft strömt über den anderen Giebel nach. Die Anzahl der eingeschalteten Ventilatoren ist das Stellglied  $y_3$ . Die Störgrößen sind die Sonnenstrahlung und die Außentemperatur. Auf Grund der Struktur der Regelstrecken wird ein Zweipunktregler mit Hysterese verwendet. Bei Überschreitung des Sollwertes wird eine Anzahl der Ventilatoren eingeschaltet. Die Abschaltung erfolgt erst, wenn der Sollwert um eine einzustellende Temperaturdifferenz unterschritten ist.

Durch diese Umkehrspanne kann der Regler an die Strecke angepaßt werden. Bild 3 zeigt das entsprechende Regelschema.

Für die Störwertaufschaltung sind zwei Fälle zu unterscheiden. Im Sommerbetrieb sollte die Anzahl der Lüfter, die bei Sollwertüberschreitung eingeschaltet werden, in Abhängigkeit von der Sonneneinstrahlung und von der Außentemperatur verändert werden. Während des Heizbetriebes ist es zu empfehlen, den Sollwert für die Lüftung höher festzulegen als den für die Heizung, um zu vermeiden, daß infolge der Dauerschwingungen der Gewächshausinnentemperatur die Lüftung eingeschaltet werden kann. In diesem Fall wird man mit einer geringeren Anzahl von Lüftern zur Regelung auskommen. Während der Heizperiode wird nur die Sonneneinstrahlung als Störgröße aufgeschaltet, wobei voraussichtlich ein Grenzwert für die Strahlung genügt, d. h. es werden ein oder zwei Ventilatoren bei Sollwertabweichung eingeschaltet.

#### 5. Vollständiges Regelschema

Das vollständige Regelschema (Bild 4) ergibt sich aus Bild 2 und Bild 3.

Die Regelgröße wird mit dem Meßfühler 1.1 erfaßt und auf den Dreipunktregler 1.2 aufgeschaltet. Die Stellgröße ist die Anzahl der Luftheizer  $y_1$ . Entsprechend der Aufgabenstellung ist der Sollwert für die Innentemperaturregelung in Abhängigkeit von der Lichtintensität und von der Tageszeit zu verändern. Die entsprechenden Sollwerte sind von Hand einzustellen:

- Sollwertesteller 1.3 — Tag hell
- Sollwertesteller 1.4 — Tag trüb
- Sollwertesteller 1.5 — Nacht

Der Dämmerungsschalter 1.6 betätigt den Umschalter 1.7, während die Schaltuhr 1.8 auf den Umschalter 1.9 wirkt. Damit werden die drei Sollwerte für die Regelung der Gewächshausinnentemperatur durch Heizung automatisch umgeschaltet.

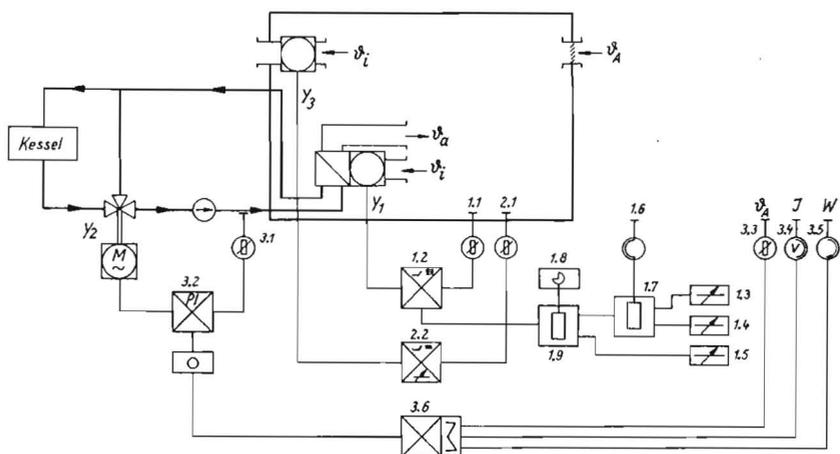
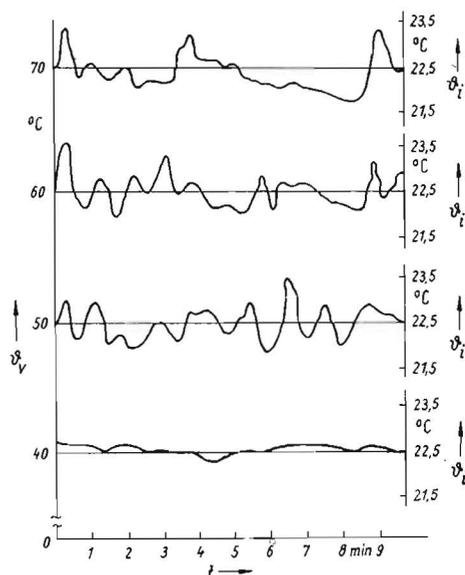


Bild 4. Vollständiges Regelschema (Erläuterung im Text)

Der zweite Regelkreis, die Regelung der Innentemperatur durch Lüftung, besteht aus dem Meßfühler 2.1, einem Zweipunktregler mit Hysterese 2.2, bei dem der Sollwert von Hand eingestellt wird, und dem Stellglied  $y_3$ , der Anzahl der einzuschaltenden Lüftungsventilatoren. Die Vorlauf-temperatur wird mit dem Meßfühler 3.1 gemessen. Als Regler ist der PI-Regler 3.2 eingesetzt. Zur Bildung des Summensignals aus den Komponenten der Witterung erfaßt Meßfühler 3.3 die Außentemperatur, Meßfühler 3.4 die Strahlungsintensität und Meßfühler 3.5 die Windgeschwindigkeit. Die Summierung und entsprechende Bewertung der einzelnen Komponenten erfolgt durch den Regler 3.6, dessen Ausgangssignal als Führungsgröße für die Vorlauftemperaturregelung aufgeschaltet wird. Der Ausgang des Reglers 3.2 wirkt auf das Stellglied  $y_2$ .

Mit dieser Regelung wurde die in Bild 5 dargestellte Abhängigkeit der Dauerschwingungen der Innentemperatur von der Vorlauf-temperatur bei bedecktem Himmel und  $3,5\text{ }^\circ\text{C}$  Außentemperatur aufgenommen. Daraus folgt, daß für die Versuchsbedingungen eine Vorlauf-temperatur von  $40\text{ }^\circ\text{C}$  günstig ist, dabei lief ständig eine Luftheizergruppe



▲ Bild 5  
Abhängigkeit der Dauerschwingungen der Innentemperatur von der Vorlauf-temperatur

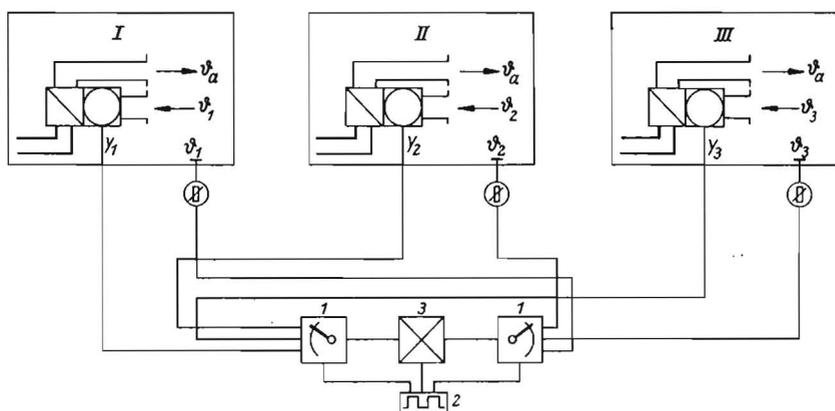


Bild 6  
Simultan-Temperaturregelung

als Grundlast, während die zweite Luftheizergruppe kurzzeitig etwa alle 3 min zugeschaltet wurde. Die Amplitude der Dauerschwingung betrug  $\approx \pm 0,2\text{ }^\circ\text{C}$ .

## 6. Simultan-Temperaturregelung

Für große Gewächshausanlagen ist der Aufbau einer Simultanregelung zu empfehlen. Dabei ist es möglich, die Gesamtanlage in einzelne Regelstrecken aufzuteilen, wobei jede Regelstrecke eine Meßstelle und die entsprechenden Stellglieder besitzt. Für ein MZG 055 mit 1,2 ha werden z. B. acht bis zehn Regelstrecken vorgesehen. Diese einzelnen Regelstrecken werden dann nacheinander mittels einer Umschaltvorrichtung 1, die von einem Taktgeber 2 gesteuert wird, mit dem Regler 3 gekoppelt. In Bild 6 ist als Beispiel ein Regelschema für drei Regelstrecken (I, II, III) dargestellt, wobei zur Vereinfachung als Stellglieder nur Luftheizer vorgesehen wurden. Anhand dieses Beispiels soll die Funktion der Simultanregelung erklärt werden. Ausgehend vom Beharrungszustand, d. h. in allen drei Gewächshäusern ist die Regelabweichung null, erfolgt eine zyklische Umschaltung der Meßglieder und Stellglieder. Tritt plötzlich in der zweiten Regelstrecke eine Sollwert-unterschreitung auf, dann werden während der Zeit, in der Regelstrecke II und Regler gekoppelt sind, die Luftheizer eingeschaltet. Der Abschaltbefehl wird nach einem bzw. mehreren Abtastzyklen erteilt, wenn die Störung in dieser Regelstrecke ausgerollt ist. Die Stellglieder  $y_1$  und  $y_3$

werden nur dann eingeschaltet, wenn auch dort der Sollwert unterschritten ist.

Die Bedingung für den Einsatz der Simultanregelung ist, daß die einzelnen Strecken statisch und dynamisch gleiches Verhalten aufweisen.

### Komplette Temperaturregelungsanlagen für Gewächshäuser ab 1968 vom VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow

Im Zentralen Anlagenbau der BMSR-Technik, dem VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow, wird bis Ende des Jahres 1967 ein Typenprojekt für Gewächshäuser erarbeitet.

Der Betrieb ist weitestgehend daran interessiert, die Wünsche der Betreiber der Anlagen kennenzulernen, um zu einer Maximallösung der Aufgabenstellung zu kommen.

Aus diesem Grunde bittet der Betrieb alle Interessenten einer derartigen Anlage, kurzfristig ihre Wünsche dem VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow, Betriebsteil Berlin, 102 Berlin, Wallstr. 16, bekanntzugeben, so daß diese dann Bestandteil des Typenprojektes werden können und es zu der vom Betrieb angestrebten Maximallösung kommt.

### Literatur

KRASPER, P. / W. WILHELMI: Simulation der Temperaturregelung der Gewächshäuser auf dem Analogrechner. Abschlußbericht, VEB GRW Teltow, 1966 (unveröffentlicht)

KRASPER, P. / W. WILHELMI: Regelung der Gewächshausinnentemperatur. Technische Information des VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow (1968) H. 1 A 7025