

Der Einfluß des Wärmebedarfs auf den zur Erreichung einer ausreichenden Temperaturhomogenität erforderlichen Luftwechsel

Dipl.-Gärtner Ing.
Chr. FÖRTSCH,
KDT, Berlin

Die Anwendung der Luftheizung im Gewächshausbau seit dem Jahre 1958 führte zu neuen Problemen bei der Heizung von Gewächshäusern. In den ersten Jahren zeigte es sich z. B., daß die installierte Leistung der Luftherhitzer nicht ausreichend war, eine für die frühe Gurkenkultur optimale Temperaturhomogenität in allen Luftschichten eines Gewächshauses zu erzielen. Besonders in den bodennahen Luftschichten traten Kältezonen auf. Dadurch konnte im Februar/März nicht der Gurkenertrag erreicht werden, der bei Anwendung der Warmwasserheizung erzielt worden war. Da hohe Erträge aber für die Rentabilität einer Gurkenkultur und die Versorgung der Bevölkerung mit Frühgemüse von großer Bedeutung sind, mußten Maßnahmen getroffen werden die eine bessere Temperaturgestaltung ermöglichen.

Zur Lösung dieses Problems könnten zwei Wege beschritten werden. Von der gärtnerischen Praxis (GPG „Pionier“ Werder) wurden in Anlehnung an die bisher bekannte Warmwasserheizung, zusätzlich zu der installierten Leistung der Luftherhitzer, Schnellkupplungsrohre als Fußrohrheizung eingebaut. Dadurch wurden die bodennahen Luftschichten optimal erwärmt. Der andere Weg zur Verbesserung der Heizung besteht in einer direkten Erhöhung der Heizleistung der Luftherhitzer. Damit hängt natürlich die Erhöhung der Luftleistung der Luftherhitzer eng zusammen. Ergebnisse mit dieser Verbesserung liegen zwar noch nicht vor, es ist aber zu erwarten, daß der gewünschte Erfolg eintritt.

Es soll hier versucht werden, den zur Aufheizung der Gewächshausluft auf die geforderte Temperatur unbedingt erforderlichen Luftwechsel rechnerisch zu ermitteln. Gleichzeitig soll nachgewiesen werden, wie durch ungenügende Heizleistung und damit auch ungenügende Luftleistung der Luftherhitzer die Temperaturhomogenität im Gewächshaus verschlechtert wird. Voraussetzung und von ausschlaggebender Bedeutung ist dabei die richtige Ermittlung des Wärmebedarfs. Darauf braucht hier nicht näher eingegangen zu werden, da bereits ausführlich darüber berichtet wurde.

Der Gesamtwärmebedarf setzt sich zusammen aus dem Transmissionswärmebedarf QT dem Lüftungswärmebedarf QL und dem Wärmebedarf zum Verdampfen von Wasser QW .

Der Gesamtwärmebedarf beträgt für eine Gewächshausanlage mit 6000 m² Gewächshausfläche bei -20 °C Außentemperatur und +25 °C Innentemperatur

im günstigsten Fall $Q_{ges.} = 2148000$ kcal/h und

im ungünstigsten Fall $Q_{ges.} = 2528000$ kcal/h.

Damit beträgt der durchschnittliche k -Wert im günstigsten Fall $k_D = 6,5$ und im ungünstigsten Fall $k_D = 7,5$.

Da der Wärmebedarf für den notwendigen Luftwechsel von Bedeutung ist, soll die erforderliche Luftwechselzahl von beiden Werten errechnet werden.

Der Luftbedarf zur Aufheizung der Gewächshausluft ergibt sich aus folgender Formel:

$$VL = \frac{Q_{ges.}}{(i(1+x_{60^\circ}) - i(1+x_{25^\circ})) \cdot \gamma_L} \text{ [m}^3/\text{h]}$$

Bei einer frühen Gurkenkultur wird verlangt, daß die relative Luftfeuchtigkeit 100% beträgt. Die Luft hat bei 25 °C und totaler Sättigung einen x -Wert von 20,77 g Wasser je kg Luft. Die aus dem Luftherhitzer ausströmende Luft ist ungesättigt. Sie hat eine relative Luftfeuchtigkeit von

$$\varphi = \frac{100 \cdot 20,77}{158,5}$$

$$\varphi = 13\%$$

Da die Luft also beim Austritt aus dem Luftherhitzer ohne Zufuhr von Feuchtigkeit nur eine relative Feuchtigkeit von 13% hat, bedeutet das, daß Gurken, die von diesem Luftstrahl berührt werden, infolge der trockenen Luft gegen Krankheiten und Schädlingsbefall besonders anfällig sind (Rote Spinne).

Der Wärmehalt dieser ausströmenden Luft ist:

$$i(1+x_{60^\circ}) = c_p \cdot t + \varphi \cdot x(c_D \cdot t + r) \text{ kcal/kg}$$

Darin bedeuten: c_p spezifische Wärme der Luft

φ relative Luftfeuchtigkeit

c_D spezifische Wärme des Dampfes

r Verdampfungswärme des Wassers

$$i(1+x_{60^\circ}) = 0,24 \cdot 60 + 0,13 \cdot 0,158 (0,46 \cdot 60 + 597)$$

$$= 14,4 + 0,0205 (27,6 + 597)$$

$$i(1+x_{60^\circ}) = 27,2 \text{ kcal/kg Luft}$$

$$i(1+x_{25^\circ}) = 18,6 \text{ kcal/kg Luft}$$

Die Dichte der Luft bei 25 °C beträgt $\gamma_L = 1,16$ kg/m³ Luft.

Der Luftbedarf zur Aufheizung der Gewächshausluft wird mithin im günstigsten Fall

$$V_L = \frac{2148000}{(27,2 - 18,6) \cdot 1,16}$$

$$V_L = 214000 \text{ m}^3 \text{ Luft/h}$$

und im ungünstigsten Fall

$$V_L = 252000 \text{ m}^3 \text{ Luft/h}$$

betragen.

Aus dem Luftbedarf zur Aufheizung der Gewächshausluft ergibt sich dann der theoretische Luftwechsel

$$\zeta_{\text{theor.}} = \frac{V_{\text{ges.}}}{V_{\text{Gewächshaus}}}$$

im günstigsten Fall

$$\zeta_{\text{theor.}} = \frac{214000}{15200}$$

$$\zeta_{\text{theor.}} = 14,1$$

und im ungünstigsten Fall

$$\zeta_{\text{theor.}} = 16,6$$

Die Gewächshausluft eines Schiffes muß also mindestens 14mal ungewälzt werden, um die notwendige Wärme in das Gewächshaus zu bringen. Welcher Luftwechsel trat aber nun in Wirklichkeit auf? Bis zum Jahre 1961 werden die Luftherhitzer Größe 2 des VEB VENTA Erfurt in Gewächshausanlagen eingebaut. Diese Luftherhitzer haben eine Luftleistung von 3000 m³/h.

Der tatsächliche Luftwechsel beträgt mithin bei Verwendung von zwei Gebläsen

$$\zeta_{\text{tats.}} = \frac{V_{\text{Gebläse}}}{V_{\text{Gewächshaus}}} = \frac{6000}{505}$$

$$\zeta_{\text{tats.}} = 11,9$$

Das bedeutet, daß infolge des etwa 12fachen Luftwechsels das Gewächshaus selbst nur ungenügend geheizt werden kann, da ja zu einer ausreichenden Heizung der Luftwechsel mindestens $\zeta = 14$ bzw. 17 betragen muß. Da bei der Anwendung der Luftheizung im allgemeinen immer die ungünstigsten Werte angenommen werden, d. h. eine gewisse Überdimensionierung der Heizung erfolgt, ist hier auf jeden Fall mit einem 17fachen Luftwechsel zu rechnen. Bei Anwendung der nächsthöheren Luftherhitzergröße (Größe 3) beträgt die Luftwechselzahl

$$\zeta_{\text{tats.}} = \frac{10000}{505}$$

$$\zeta_{\text{tats.}} = 19,8$$

In diesem Fall ist eine ausreichende Wärmezufuhr in das Gewächshaus gewährleistet. Wenn zur Gewächshausheizung mindestens $17 \cdot 505 = 8600$ m³ Luft in der Stunde benötigt werden, dann ist der Luftherhitzer Größe 2 mit $2 \cdot 3000 = 6000$ m³/h mit 30% unterdimensioniert und der Luftherhitzer Größe 3 mit 16% überdimensioniert. Es ist also auf jeden Fall richtig, bei ausschließlicher Anwendung der

Luftheizung im Gewächshaus den Lufterhitzer Größe 3 einzubauen. Bei der Verwendung des Lufterhitzers Größe 2 können infolge des fehlenden Luftwechsels die bodennahen Luftschichten nicht auf die erforderliche Temperatur gebracht werden.

Da bis heute leider noch keine Erfahrungen bei der Anwendung dieses größeren Lufterhitzers unter extremen Außentemperaturen vorliegen, kann über den Erfolg noch nichts Endgültiges gesagt werden. Sollte es sich aber herausstellen, daß auch diese Luftwechselzahl noch nicht zur gleichmäßigen Beheizung des Gewächshauses bei einer frühen Gurkenkultur ausreicht, dann müßte die optimale Luftwechselzahl experimentell ermittelt werden. Dieser Zustand könnte dadurch eintreten, daß der relativ kühle Boden auf die bodennahen Luftschichten einen gewissen Einfluß ausübt (konnte bisher noch nicht experimentell ermittelt werden), und zum anderen würde diese Tendenz noch durch die infolge der hohen relativen Luftfeuchtigkeit ständig aufwärtssteigenden Luft unterstützt. In diesem Fall wäre es jedoch notwendig, einen für die Belange des Frühgemüseanbaues im Gewächshaus speziell konstruierten Lufterhitzer einzusetzen, da hier das Verhältnis Luftleistung/Wärmeleistung infolge der höheren Ansprüche an die Temperaturhomogenität höher als bei den handelsüblichen Lufterhitzern liegt. Sollte die Entwicklung dieses Lufterhitzers jedoch nicht möglich sein, ist auf jeden Fall der Einbau einer Fußrohrheizung ratsam.

Die Erhöhung des Luftwechsels (Erhöhung des Verhältnisses Luftleistung zu Wärmeleistung) ist immer mit einer Erhöhung der Betriebskosten verbunden. Daher wurde wahrscheinlich die Luftheizung bisher bei wärmeliebenden und an die Temperaturhomogenität anspruchsvollen Kulturen nicht angewendet. Im allgemeinen kann man feststellen, daß die theoretisch notwendige Luftwechselzahl von der gewählten Ausblasttemperatur abhängig ist: je höher die Ausblasttemperatur ist, desto geringer ist der Luftwechsel und umgekehrt.

Bei Kulturen mit geringen Wärmeansprüchen, wie z. B. Tomaten, Kohlrabi, Salat usw. ist die Temperaturhomogenität von nicht so entscheidender Bedeutung, zum anderen liegt infolge des geringen Wärmebedarfs die theoretisch erforderliche Luftwechselzahl nicht so hoch wie bei einer wärmeliebenden Kultur, z. B. der Gurke.

Bei Kulturen mit geringem Wärmebedarf können auf der anderen Seite aber durch ungehinderten (waagerechten) Austritt der Luft aus dem Lufterhitzer in das Gewächshaus die Austrittstemperatur höher und damit Luftwechselzahl und Betriebskosten niedriger sein.

Um über die Anwendung der Luftheizung endgültige Aussagen machen zu können, sind von unseren wissenschaftlichen Instituten folgende Fragen zu klären:

1. Der tatsächliche minimale und maximale Wärmebedarf bei einer frühen Gurkenkultur in den bodennahen Luftschichten. Dabei ist gleichzeitig das Verhältnis der Lufttemperatur der bodennahen Luftschichten zu den Luftschichten in 2 m Höhe festzulegen.
2. Der unter unseren Verhältnissen tatsächliche Wärmeverlust einer 6000 m² großen Gewächshausanlage bei extremen Außentemperaturen.
3. Der für eine frühe Gurkenkultur zur Erzielung einer optimalen Temperaturhomogenität optimale Luftwechsel.

Nach Vorliegen dieser Untersuchungen kann dann eine abschließende Einschätzung vor allem auch über die Ökonomik der Luftheizung gegeben werden.

Literatur

FÖRTSCH, Chr.: Allgemeine Untersuchung der verschiedenen zur Zeit in der DDR bekannten Luftheizungssysteme am Beispiel der LPG „1. Mai“ Berlin-Wartenberg. Ingenieurabschlussarbeit 1962, Ingenieurschule für Landtechnik, Berlin-Wartenberg.
 GARMS, M.: Handbuch der Heizungs- und Lüftungstechnik, Band I und II, 4. Auflage, Fachbuchverlag Leipzig 1959.
 WICHA, A.: Vorlesung an der Ingenieurschule für Landtechnik Berlin-Wartenberg 1961.
 Regeln für die Berechnung des Wärmebedarfs von Gebäuden DIN 4701, Ausgabe Januar 1959. A 4951

Dipl.-Gärtner J. LANCKOW, KDT, und A. HEISSNER*

PA 62 — ein neues Zusatzbelichtungsaggregat für Gemüsejungpflanzen

Der Frühgemüseanbau im Gewächshaus mit Januar-Pflanzung der Tomate erfordert die Anzucht der Jungpflanzen in der lichtungünstigsten Jahreszeit von November bis Januar. In dieser Zeit beträgt die Lichteinstrahlung nur etwa 10% der sommerlichen Werte (Bild 1). Gleichzeitig ist die tägliche Dauer der natürlichen Lichteinstrahlung auf 8 bis 9 h begrenzt. Eine Verbesserung des Jungpflanzenwachstums läßt sich während dieser Zeit durch eine künstliche Zusatzbelichtung im Gewächshaus erreichen. Hierdurch wird das Lichtdefizit aus der natürlichen Lichteinstrahlung aufgehoben (Bild 1). Die Jungpflanzenanzuchtperiode von Gurke und Tomate kann durch Zusatzbelichtung um drei Wochen, die von Salatpflanzen um zwei Wochen verkürzen [1] [2]. Der Ertragsbeginn wird hierdurch um die gleiche Zeitspanne vorverlegt.

* Institut für Gemüsebau Großbeeren der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin (Direktor: Prof. Dr. J. REINHOLD).

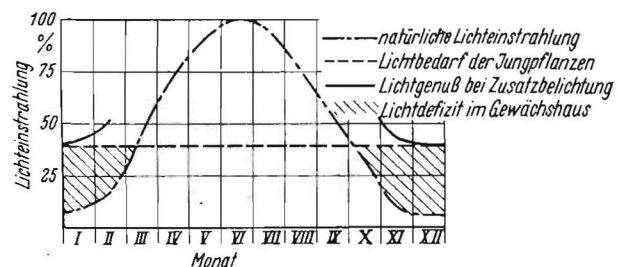


Bild 1. Lichtgenuß im Gewächshaus und dessen Veränderungen bei Zusatzbelichtung von Gemüsejungpflanzen mit dem PA 62

1. Grundaufbau des PA 62

Für die Zusatzbelichtung wurde im Jahre 1953 das Praxisaggregat PA 53 und im Jahre 1957 das verbesserte Aggregat PA 57 entwickelt [3] [4]. Ausgehend von den Bedingungen der sozialistischen Gewächshaus-Großbetriebe fanden die Forderungen zur technischen Verbesserung und zur Erhöhung der Betriebssicherheit des Belichtungsaggregats bei gleichzeitiger Materialeinsparung und Kostensenkung ihren Niederschlag in einer vom VEB Leuchtenbau Berlin entwickelten Leuchte, dem

Bild 2. Belichtungsaggregat PA 62

