

2. Fall: Trennung des Korngemisches in einer Saatgutreinigungsmaschine, wobei jede Fraktion außer der Hauptkomponente eine Anzahl anderer Komponenten enthält:

$$\begin{aligned} A; a_1; b_1; c_1; \dots i_1 \\ B; a_2; b_2; c_2; \dots i_2 \\ \dots \dots \dots \\ I; a_n; b_n; c_n; \dots i_n \end{aligned}$$

Nach Einsetzen dieser Werte in (13) ist $0 < \eta < 1$, was auch den Trennvorgang richtig widerspiegelt.

3. Fall: Alle Fraktionen haben das gleiche Komponentenverhältnis wie das Ausgangsgemisch:

$$\begin{aligned} a_1 = a_2 = a_3 = \dots = a_n = a_0 \\ b_1 = b_2 = b_3 = \dots = b_n = b_0 \\ \dots \dots \dots \\ i_1 = i_2 = i_3 = \dots = i_n = i_0 \end{aligned}$$

Aus Gleichung (13) folgt $\eta = 0$, da die Maschine im betreffenden Fall nur als Teiler arbeitet und nicht reinigt.

In den betrachteten Fällen entspricht daher der Wert von η dem tatsächlichen Trennvorgang, und die Gl. (13) kann zur Bestimmung der Sichtgüte eines Gemisches aus „n“ Komponenten benutzt werden. Nach GORJACKIN und NEWTON [2] [3] kann die Sichtgüte aus einer beliebigen Fraktion ermittelt werden.

Damit ergibt sich:

$$\eta = \frac{B(a_0 - a_2) + C(a_0 - a_3) + \dots + I(a_0 - a_n)}{Q_0 a_0 (1 - a_0)} \quad (14)$$

Durch Umformung erhält man:

$$\eta = \frac{B(1 - a_2) + C(1 - a_3) + \dots + I(1 - a_n)}{Q(1 - a_0)} \quad (15)$$

$$\frac{Ba_2 + Ca_3 + \dots + Ia_n}{Q_0 a_0}$$

Da jedoch die Bestimmung der Sichtgüte aus den Gl. (14) und (15) mehrere Analysen erfordert, sind sie nicht für die Praxis zu empfehlen.

Die in den Arbeiten [4] [2] [4] [5] [6] dargelegten Methoden können für ein Korngemisch aus zwei Komponenten als universal betrachtet werden, da mit ihnen die Sichtgüte nach dem Komponentenanteil für alle Arten der Trennorgane in Saatgutreinigungsmaschinen mit beliebiger Korngemischmenge bestimmt werden kann. Die hier vorgeschlagene Methode ist auch für ein Gemisch aus „n“ Komponenten als universal anzusehen, obwohl in den Gl. (12) und (13) die Massen der Komponenten vorhanden sind. Bei kontinuierlicher Arbeit der Saatgutreinigungsmaschinen bedeuten die

Werte von Q_0 , $Q_0 a_0$ und A die Maschinenbelastung bzw. die Masse der Komponente „a“ in der Fraktion A für die Zeit der Probenahme. Die Größen Q und $Q_0 a_0$ werden aus der Belastung der Saatgutreinigungsmaschine berechnet. A wird durch Wägen der Probe ermittelt. Nach unserer Methode werden die Anteile der Komponenten für die gesamte Fraktion A ermittelt, die einige kg betragen können.

Die Analyse kann mit Hilfe von Labormaschinen erfolgen, die den Aufwand an Handarbeit beim Sortieren der Proben beseitigen und eine ausreichende Genauigkeit der Untersuchungsergebnisse gewährleisten. Zu diesem Zweck können folgende Labormaschinen des VEB Petkus-Wutha benutzt werden: Siebmaschine K 294, Windsichter K 293 und Trieur K 292.

Die Anwendung der vorgeschlagenen Methode zur Beurteilung der Sichtgüte von Saatgutreinigungsmaschinen sollen einige Zahlenbeispiele aus der Praxis demonstrieren. Ausgangswerte für die Rechnung wurden aus [7], Tafel 2 und 4, entnommen.

$$\text{Versuch 4) } \eta = \frac{0,96}{1} \left(\frac{0,996}{0,98} - \frac{1 - 0,996}{1 - 0,98} \right) = 0,784$$

$$\text{Versuch 7) } \eta = \frac{0,94}{1} \left(\frac{0,992}{0,96} - \frac{1 - 0,992}{1 - 0,960} \right) = 0,783$$

$$\text{Versuch 10) } \eta = \frac{0,92}{1} \left(\frac{0,985}{0,940} - \frac{1 - 0,985}{1 - 0,94} \right) = 0,734$$

Die vorliegende Methode zur Beurteilung der Sichtgüte eines Korngemisches aus „n“ Komponenten gewährleistet hinsichtlich der vorhandenen Saatgutreinigungsmaschinen ausreichende Genauigkeit, fordert nur wenige Labor-Analysen, reduziert die Rechenoperationen und setzt dadurch den Zeitaufwand wesentlich herab. Diese Methode ist für den Forscher und den Konstrukteur ein konkretes Hilfsmittel für die Beurteilung der Arbeitsweise von einzelnen Trennelementen und ihre Kombinationen in Saatgutreinigungsmaschinen.

Literatur

- [1] MINAJEV, V. N. u. a.: Methode zur Auswertung experimenteller Untersuchungsergebnisse von Trennorganen der Saatgutreinigungsmaschinen. Deutsche Agrartechnik 18 (1968) H. 8, S. 389
- [2] NEWTON, I. u. a.: Untersuchung der Sichtgüte. Sammelwerk: „Separirovanie sypueich tel“. Akademie Verlag der UdSSR 1937
- [3] GORJACKIN, V. P.: Einige Überlegungen über die Arbeit von Reinigungsmaschinen. Sammelwerke, Bd. 5, 1940
- [4] CECINOVSKIJ, V. M.: Sichtgüte der Trennung von Korngemischen. Trudy VNIIZ, Bd. 20, 1956
- [5] MINAJEV, V. N.: Bestimmung der Sichtgüte von Schüttgütern. Trudy VIM, Bd. 40, Moskau 1966
- [6] VERCHOVSKIJ, I. M.: Projektierungs- und Bewertungsgrundlagen der Anreicherung von Bodenschätzen. Ugletechizdat, 1949
- [7] —: Prüfbericht Nr. 395 von der Zentralen Prüfstelle für Landtechnik Potsdam-Bornim A 7153

Seit einigen Jahren wird in vielen Ländern mit hoher Gemüse- und Zierpflanzenproduktion in immer stärkerem Umfang die Luftheizung als Heizungssystem für Gewächshäuser angewendet. Auch in der DDR bestand durch den verstärkten Bau von Gewächshauswirtschaften die Notwendigkeit, von den traditionellen Formen der Beheizung von Gewächshäusern abzugehen. Bei der Anwendung der Luftheizung trat jedoch eine Vielzahl von Problemen auf, die einer Klärung bedurften. In folgendem soll über einige wichtige Ergebnisse berichtet werden, die in experimentellen Untersuchungen zur optimalen Gestaltung der Luftheizung in Gewächshäusern ermittelt wurden (FÖRTSCH 1966).

Die Vielzahl von Gewächshäustypen, wie sie in der gärtnerischen Praxis vorhanden sind, soll auf zwei Grundtypen beschränkt werden. Deshalb wird hier zwischen Kleinraumgewächshäusern und Großraumgewächshäusern unterschieden. Kleinraumgewächshäuser sind Gewächshäuser mit einer Spannweite bis zu 6 m, sie haben eine größte Höhe (Firsthöhe) bis zu 4 m. Großraumgewächshäuser haben eine Spannweite über 6 m und eine größte Höhe von mehr als 4 m.

* Institut für Gemüsebau der Humboldt-Universität zu Berlin in Großbeeren (Direktor: Prof. Dr. habil. TH. GEISSLER)

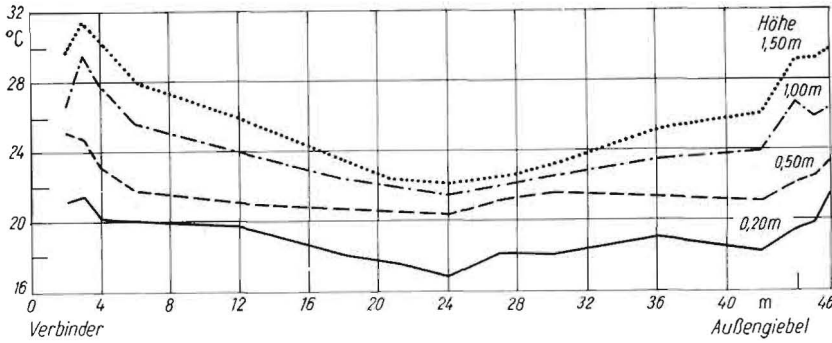


Bild 1
Temperaturverteilung (Längsprofil) im MZG 0/55 (4 m Schiffbreite) bei 5000 m³/h Luftleistung und einer Außentemperatur von -18 °C ohne Fußrohrheizung; Temperaturen sind Mittelwerte aus 5 Messungen, beide Luftheizer laufen; Höhe der Ausblasöffnungen über dem Erdboden 1,45 m, Ansaugtemperatur 19 bis 25 °C, Ausblasttemperatur 53 bis 60 °C, mittlere Raumtemperatur 23,2 °C

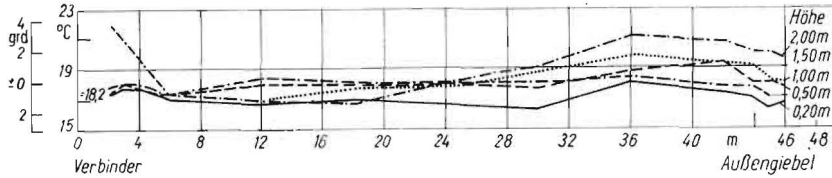


Bild 2
Temperaturverteilung (Längsprofil) im MZG 0/55 bei 5000 m³/h Luftleistung und einer Außentemperatur von -20 °C mit Fußrohrheizung; Temperaturen sind Mittelwerte aus 3 Messungen, mittlere Raumtemperatur 18,0 °C

Temperaturprofile in Gewächshäusern

Um die unterschiedlichen Luftheizungsarten vergleichen zu können, mußte ein Wert verwendet werden, der für die Qualität aller Heizungsarten kennzeichnend ist. Dieser Maßstab ist die jeweils auftretende Temperaturschichtung im Gewächshaus. Nach KOLLMAR (1962) ist das Temperaturprofil eine die „Behaglichkeit“ kennzeichnende Kurve, vorausgesetzt, daß der Raum ausreichend beheizt wird. Auch im Gemüsebau unter Glas kann das Temperaturprofil als Maßstab für die Güte eines Heizungssystems gelten, da bei Außentemperaturen von -20 °C, also bei größter Wärmeabgabe der Heizung, möglichst keine Temperaturunterschiede in der Horizontalen und Vertikalen auftreten sollen. Ein spezieller „Behaglichkeitsfaktor“ wurde für den Gemüseanbau unter Glas bisher noch nicht ermittelt.

Bei einer Rohrheizung, die vorwiegend in Erdbodennähe installiert ist, konnten sowohl in der Vertikalen als auch in der Horizontalen keine wesentlichen Temperaturunterschiede festgestellt werden (FÖRTSCH, 1966)¹. Bei der Luftheizung treten dagegen auf Grund der physikalischen Gesetzmäßigkeit zwangsläufig vertikale Temperaturdifferenzen auf, für die von den verschiedensten Autoren Werte bis zu 6 grd und mehr je 2 m Höhe angegeben werden. In der Horizontalen wird ein Temperaturabfall bis 1 grd je 10 m Gewächshauslänge erwartet.

Bei Anwendung der Luftheizung in Kleinraumgewächshäusern der DDR (Mehrzweckgewächshäuser vom Typ MZG 0/55) zeigte sich, daß die Temperaturverteilung in der Horizontalen und Vertikalen den Vorstellungen der Gärtner nicht entsprach. Da die Ursachen nicht bekannt waren, suchten die Gärtner anfangs selbst nach Möglichkeiten zur Verbesserung der inhomogenen Temperaturverteilung. Der von SCHNEIDER (1961) in der GPG „Pionier“ Werder eingeschlagene Weg, die Luftheizung vor allem beim Anbau wärmeliebender Kulturen durch das zusätzliche Verlegen einer Fußrohrheizung zu verbessern, erwies sich für das MZG-0/55 als brauchbare Lösung (Bild 1 und 2).

Nach Auswertung der ersten Messungen in sozialistischen Gartenbaubetrieben über die bei unterschiedlichen Luftheizungssystemen auftretenden Temperaturprofile zeigte es sich, daß die horizontalen und vertikalen Temperaturdifferenzen im wesentlichen von der Außentemperatur unabhängig sind, sofern bei allen Messungen das gleiche Heizungssystem, bei Luftheizung die gleiche Luftmenge je Luftheizer, annähernd die gleiche Ausblasttemperatur und die gleichen Meßpunkte verwendet wurden. Die weiteren Untersuchungen könnten also weitgehend unabhängig von der

jeweiligen Außentemperatur erfolgen. Eine Temperaturdifferenz zwischen der Raum- und Außentemperatur von 20 grd wurde jedoch nie unterschritten.

Lufführung in Gewächshäusern

Einen großen Einfluß auf die Temperaturdifferenzen in luftbeheizten Gewächshäusern hat dagegen die gewählte Lufführung. Die untersuchten Luftheizungssysteme beruhen im wesentlichen auf der Ausnutzung des „freien Strahls“, der sich immer dann bildet, wenn ein Medium (z. B. Luft) in einen genügend großen Raum einströmt, der mit dem gleichen Medium angefüllt ist (BATURIN, 1959, REGENSCHEIDT, 1959). Zwangsumlaufheizungen in Kanälen wurden nicht untersucht, da nur bei sehr verzweigten Kanalnetzen eine günstigere Temperaturverteilung zu erzielen ist.

Der von einem Strahl beeinflusste Luftraum (Bild 3) läßt sich wie folgt aufgliedern:

In der Entfernung s_0 von der Luftaustrittsöffnung befindet sich der Pol des Strahls. Bis zum Pol des Strahls bleibt im Strahl ein sogenannter Kern erhalten, in dem die gleiche axiale Geschwindigkeit wie beim Ausströmen der Luft aus dem Luftheizer herrscht. Ebenso bleiben alle anderen Eigenschaften der Strahlungsgrundmasse, wie z. B. Temperatur, erhalten. Nach einer Kegelspitze (Pol) folgt der sogenannte Hauptabschnitt des Strahls, der durch eine abnehmende Geschwindigkeit auf der Strahlachse gekennzeichnet ist. Im Gewächshaus müssen alle Zonen, in denen die gleichen oder nur geringfügig verringerte Luftgeschwindigkeiten und -temperaturen wie unmittelbar an der Luftaustrittsöffnung des Luftheizers vorhanden sind, immer außerhalb des Pflanzenwachstumsbereiches liegen. Dieses ist in Kleinraumgewächshäusern

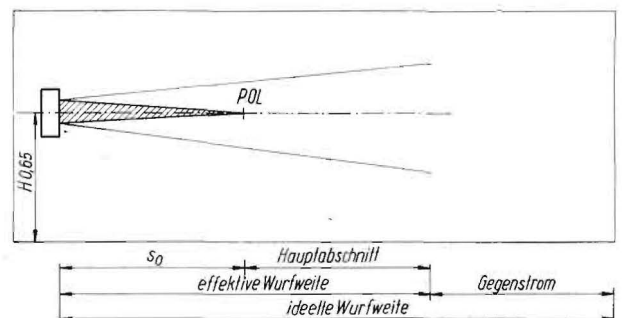


Bild 3. Aufgliederung des Luftraumes eines mit einem freien Strahl beheizten Gewächshauses

¹ s. Aufsatz H. 8, S. 392

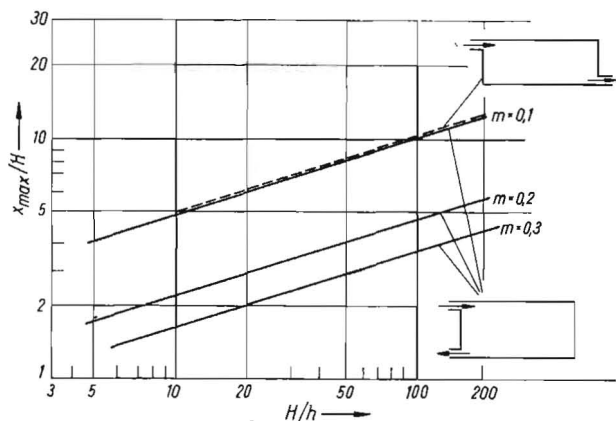


Bild 4. Abhängigkeit der Eindringtiefe x_{max} von der Raumhöhe H und dem Turbulenzgrad m , Einfluß der Abströmrichtung praktisch vernachlässigbar, ($\eta = 0,8$) (REGENSCHNEIT, 1959)

häusern nur schwer zu verwirklichen. Die Luftheizung wirkt daher am günstigsten in Großraumgewächshäusern.

Ein verstärktes Mischen der austretenden Warmluft mit der Raumluft erfolgt, wenn die Turbulenz m des Strahls erhöht wird. Der Pol des Strahls nähert sich dann der Luftaustrittsöffnung. Die Reichweite des Strahls geht infolge größerer Geschwindigkeitsabnahme zurück. Umgekehrt kann man notwendigenfalls die effektive Wurfweite des Luftheizers erhöhen, in dem der Turbulenzgrad der aus dem Luftheizer austretenden Warmluft verringert wird (Bild 4).

Die Strahlausbreitung im begrenzten Raum wird im wesentlichen von der Querschnittsfläche des Raumes bestimmt. Im Gewächshaus sind bei Wandluftheizung im allgemeinen die Zu- und Abluftöffnungen am gleichen Giebel angeordnet. In diesem Falle hängt das allgemeine Strömungsbild vom Verhältnis L/H (Länge des Gewächshauses zur Höhe) ab. Der aus der Zuluftöffnung austretende Strahl erreicht die gegenüberliegende Wand nur, wenn das Verhältnis $L/H < 2,2$ ist (BATURIN, 1959). Bei einem größeren Verhältnis strömt die Zuluft nicht bis zur gegenüberliegenden Wand, sondern kehrt um und bewegt sich als Gegenstrom zur Abluftöffnung. Der Raum hinter der Strahlumkehrung ist durch einen Wirbel ausgefüllt, der sich in entgegengesetzter Richtung zum Hauptstrahl dreht. Eine derartige Luftführung konnte in 12 m breiten Gewächshäusern durch Rauchversuche bestätigt werden.

Anordnung der Luftheizer

BATURIN stellte weiterhin fest, daß sich der sonst immer infolge des Wechselspiels von Auftriebs-, Trägheits- und Zähigkeitskräften an eine Wand anliegende Strahl erst bei

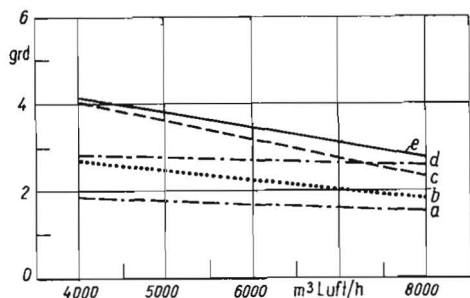


Bild 5. Der Einfluß von Ausblashöhe, Luftmenge und Anzahl der Luftheizer auf die Temperaturdifferenz zwischen der mittleren Temperatur (horizontale Meßpunkte) in 0,20 m und 1,50 m Höhe,

	a	b	c	d	e
Anzahl der Luftheizer bei 12 m Hausbreite	3	2	1	3	2
Ausblashöhe über dem Erdboden in m	3,35	2,65	2,65	2,65	3,35

einer Ausblashöhe der Luft von weniger als $0,65 H$ von den Seitenflächen trennt und annähernd waagrecht verläuft. In 12 m breiten Häusern bedeutet das, daß der Luftauslaß bei einer mittleren Raumhöhe von 4 m max. in 2,65 m Höhe über dem Erdboden liegen soll.

Die effektive und damit maximale Wurfweite des Luftheizers ist dadurch gekennzeichnet, daß die mittlere Luftgeschwindigkeit im Strahl noch über 0,1 bis 0,15 m/s liegt. Die effektive Wurfweite eines Luftheizers im 12-m-Haus beträgt nach theoretischen Bestimmungen und praktischen Untersuchungen 12,5 m. Diese effektive Wurfweite des Luftheizers von 12 m entspricht der Entfernung zwischen dem Luftheizer bis zur Umkehrung des Luftstrahls. Da der bereits genannte 2. Kreislauf der Luft nach der Strahlumkehrung (Wirbel) auch zur Erwärmung des Raumes beiträgt, kann er praktisch zur effektiven Wurfweite hinzugerechnet werden. Ein Luftheizer mit einer Luftaustrittsgeschwindigkeit von rund 5 m/s hat eine ideale Wurfweite von 20 bis 24 m.

Einfluß der Luftführung auf die Temperaturverteilung

Bei einer veränderten Führung des Freistrahls ergeben sich folgende Veränderungen der Temperaturdifferenzen im Gewächshaus:

Im Großraumgewächshaus vergrößert sich bei Wandluftheizung die Temperaturdifferenz zwischen 0,20 m und 1,50 m Höhe bei einer um 0,70 m höheren Ausblashöhe um etwa 1 grad (Bild 5). Eine Erhöhung der Luftheizeranzahl je m^2 Grundfläche und die Erhöhung der Luftleistung je Luftheizer (sofern annähernd die gleiche Ausblastemperatur erzielt wird) haben keinen wesentlichen Einfluß auf die vertikalen Temperaturdifferenzen im Gewächshaus. Die Temperaturverteilung in Großraumgewächshäusern ist bei Wandluftheizung ausgeglichen, die mittlere Raumtemperatur steigt bis zu 24 m nach Austritt der Warmluft aus dem Luftheizer um 1 bis 2 grad an (Bild 6). Dieser Temperaturanstieg ist der Höhe der Wärmezufuhr proportional. Wand- und Deckenluftheizung können in Großraumgewächshäusern in pflanzenbaulicher Hinsicht als gleichwertig angesehen werden, sofern die Ausblasöffnung gleich hoch und die Luftaustrittsgeschwindigkeit ebenfalls gleich sind (Tafel 1).

Da jedoch beim hoch aufgehängten Deckenluftheizer die Luftaustrittsöffnung bei Bedarf nur sehr schlecht bis zum Boden herabgeführt werden kann, um eine bessere Temperaturverteilung wie beim niedrigen Aufhängen der Luftheizer zu erreichen, sollten in Gewächshäusern vor allem zur Überbrückung großer Temperaturdifferenzen zwischen der Außenluft und der Gewächshautemperatur vorwiegend Wandluftheizer zur Anwendung kommen. Hier können die zum Ansaugen der kalten Luft am Erdboden erforderlichen

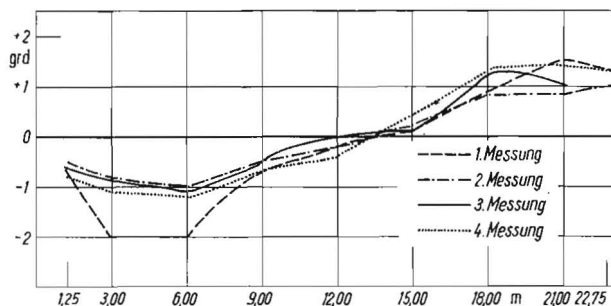


Bild 6. Temperaturdifferenzen (Längsprofil) im 18 m breiten Polyester-gewächshaus zwischen der mittleren Temperatur des Meßprofils und der mittleren Temperatur der vertikalen Meßpunkte. (Der Wandluftheizer ist am Giebel (= 0 m) angebracht), Luftheizung eines Luftheizers 4900 m^3/h , Höhe der Ausblasöffnung über dem Erdboden 2,40 m, Ausblastemperatur 54 °C, Ansaugtemperatur 22 °C, ohne bis zum Boden verlängerte Luftansaugöffnung, Außentemperatur + 1,7 °C,

Messung	1	2	3	4
Mittlere Raumtemperatur in °C	18,6	18,5	18,9	19,7

Ansaugschächte leicht ohne größere Beeinträchtigung des Pflanzenbestandes angebracht werden. Das Ausblasen der Warmluft kann dann so hoch über dem Pflanzenbestand erfolgen, daß Pflanzenschädigungen nicht mehr auftreten. Bei der Anwendung von Wandluftheizern ist es möglich, die Wurfweite eines Luftheizers maximal auszunutzen und so die Anzahl der Luftheizer auf ein Minimum zu reduzieren. Beim Absaugen der Kaltluft unterhalb des Deckenluftheizers wird im Gegensatz zum Absaugen der Kaltluft oberhalb des Deckenluftheizers infolge der unter gleichen sonstigen Bedingungen erzielten höheren Raumtemperatur eine um rd. 10 % bessere Ausnutzung der zugeführten Wärme erreicht (BUSINGER, 1956). Durch die Erhöhung der Luftgeschwindigkeit im pflanzenbestandenen Raum können vor allem bei Deckenluftheizern mit einer Luftansaugöffnung unterhalb eines Luftheizers hochwachsende Kulturen geschädigt werden.

Im Gegensatz zum Großraumgewächshaus legt sich der Luftstrahl in Kleinraumgewächshäusern infolge der geringen Raumhöhe an die Dachhaut an, so daß dadurch ein Abfall der mittleren, sich aus den vertikalen Meßpunkten ergebenden Raumtemperatur von 2 grad je 5 m Entfernung vom Luftheizer eintritt (Bild 7). Quer zur Richtung des Luftstrahls nimmt im Kleinraumgewächshaus die mittlere vertikale Raumtemperatur um 1,5 grad je 4 m ab. Die Temperaturverteilung in nicht unmittelbar beheizten Gewächshaus Schiff entspricht der im direkt beheizten Gewächshaus Schiff.

Da die Luftheizung fast ausschließlich eine Konvektionsheizung ist, werden die die Raumluft umgebenden Glasflächen nur unzureichend erwärmt. Es ist daher angebracht, auch bei der Luftheizung vor allem die Außenflächen mit Rohren gesondert zu beheizen. Aus diesem Grunde sollten 10 bis 20 % des ermittelten Gesamtwärmebedarfs einer Gewächshausanlage von Rohrheizflächen gebracht werden, die vorwiegend an den Außengiebeln zu installieren sind. Das Anbringen von Rohrheizflächen hat weiterhin den Vorteil, daß bei Ausfall der gesamten Luftheizung eine gewisse Reserveheizfläche vorhanden ist, die größere Verluste vermeidet.

Wirtschaftlichkeit der Luftheizung

Die Beurteilung der Luftheizung hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit ist sehr schwer. So können zu einem realen Vergleich der Investitionskosten unterschiedlicher Heizungssysteme natürlich nur Heizungssysteme mit gleicher Heizleistung, die in gleichen Gewächshausstypen und auf gleicher Flächengröße installiert sind, herangezogen werden. Derartige gleichartige Heizungssysteme von verschiedenen Projektanten projektiert, können sogar noch unterschiedliche Kosten aufweisen, die durchaus im Bereich der tatsächlich zu erwartenden Kostenunterschiede liegen. Anhand von Vergleichen unterschiedlicher Projekte und Literaturangaben konnte festgestellt werden, daß die Luftheizung hinsichtlich der Gesamtinvestitionen bis zu 50 % billiger als eine Rohrheizung sein kann.

Neben den Investitionskosten, die für die mögliche Größe einer Gewächshausanlage bestimmend sein können, sind die laufenden Kosten (Betriebskosten) für die wirtschaftliche Nutzung der Gewächshäuser von großer Bedeutung. Sieht man von einem gegebenenfalls auftretenden höheren Wärmeverbrauch infolge fehlerhaft installierter Luftheizung ab, so können im Gegensatz zu einer Rohrheizung bei der Anwendung der Luftheizung höhere Betriebskosten lediglich durch den Stromverbrauch der Luftheizermonteure auftreten. So konnte z. B. bei den Untersuchungen festgestellt werden, daß bei Luftheizung (Luftaustrittsgeschwindigkeiten ab 5 m/s) die Temperaturen im Dachraum im Mittel der Hauslänge im Gegensatz zu der bisher üblichen Rohrheizung niedriger sind als in 2 m Höhe. Infolge der relativ niedrigen Lufttemperatur in Dachhöhe wird der Wärmeverbrauch eines luftbeheizten Gewächshauses nicht höher als der eines mit Rohrheizung versehenen Gewächshauses sein.

Tafel 1. Die Temperaturverteilung im Großraumgewächshaus

	mittlere Δt zwischen 0,20 m und 2,00 m Höhe grad	maximaler Schwankungs- bereich grad
Deckenluftheizung, Ansaugöffnung unterhalb des Gerätes, ohne herabgeführte Ansaugöffnung	7	0,5 ... 15
mit herabgeführter Ansaugöffnung	4	0,5 ... 12
Wandluftheizer Ansaugöffnung am Boden	3 ... 4	—
Deckenluftheizer Ansaugöffnung oberhalb des Gerätes	9 ... 10	8 ... 14

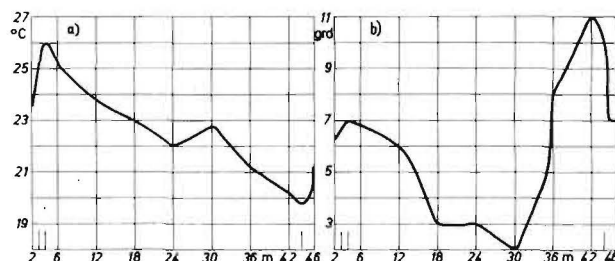


Bild 7. Der Einfluß der Wurfweite eines Luftheizers auf die Temperaturverteilung im Gewächshaus MZG 0/55; a) mittlere Raumtemperatur, b) Differenzen zwischen den mittleren Raumtemperaturen in 0,20 m und 2,00 m Höhe; Breite eines Schiffes 3,90 m, Außentemperatur -3°C , mittlere Raumtemperatur $22,4^{\circ}\text{C}$, ohne Fußrohrheizung, 1 Luftheizer je 200 m^2 Grundfläche

Wird die Luftheizung zur Überwindung eines Temperaturunterschiedes $\Delta t_{in} = 45$ grad eingesetzt und gleichzeitig der Stromverbrauch durch Benutzung einer Regelanlage auf ein Minimum beschränkt, dann wird mit einem mittleren jährlichen Stromverbrauch von rd. 15 kWh/m^2 Grundfläche zu rechnen sein ($= 1,20\text{ M/m}^2$). Infolge ihrer guten Regelbarkeit können gegenüber einer Rohrheizung Heizungskosten eingespart werden, so daß nach BUDZINSKI die Luftheizung um 9 % niedrigere Betriebskosten als eine Rohrheizung aufweist. Die Luftheizung kann daher trotz zusätzlichen Stromverbrauchs gegenüber der Rohrheizung als wirtschaftlicher betrachtet werden.

Zusammenfassung

Die Luftheizung läßt sich als alleiniges Heizungssystem am günstigsten in Großraumgewächshäusern einsetzen. Für Kleinraumgewächshäuser (z. B. MZG 0/55) ist vor allem beim Anbau wärmeliebender Kulturen eine Kombination mit einer Fußrohrheizung zu empfehlen. Auch in Großraumgewächshäusern ist die Kombination von 80 % Luftheizung mit 20 % Rohrheizung zweckmäßig, um vor allem die an den kalten Glaswänden herabfließende Kaltluft aufzuheizen und ein Unterschichten der warmen Raumluft mit Kaltluft zu vermeiden. Der Einfluß der Luftführung auf die Temperaturdifferenzen wird besprochen. Obwohl Decken- und Wandluftheizung im Großraumgewächshaus in pflanzenbaulicher Hinsicht als gleichwertig zu betrachten sind, verdienen auf Grund der günstigeren Luftführung Wandluftheizer den Vorrang. Bei einer mittleren Raumhöhe von 4 m sollte die Luftaustrittsöffnung max. in 2,65 m Höhe liegen. Die ideale Wurfweite eines Wandluftheizers beträgt 24 m. Die Luftheizung ist wirtschaftlich und verdient vor allem bei Anwendung der BMSR-Technik den Vorzug.

Literatur

- BATURIN, W. W.: Lüftungsanlagen für Industriebauten. 2. Aufl., Berlin, VEB Verlag Technik 1959, S. 85 bis 122 und 136 bis 204
 BUSINGER, J. A.: Wärme-luftverarming in kassen. Meded. Dir. Tuim. 19 (1956) Nr. 3, S. 144 bis 150
 FÖRTSCH, CH.: Experimentelle Untersuchungen zu Problemen der Luftheizung in Gewächshäusern. Dissertation, Landw.-Gärtn. Fakultät der Humboldt-Universität Berlin, 1966
 FÖRTSCH, CH.: Die aerodynamischen Grundlagen der Luftheizung in Gewächshäusern. Wiss. Ztschr. Humboldt-Universität Berlin, Math.-Nat. R. 16 (1967) S. 499 bis 509 (Schluß auf Seite 539)