

Zu neuen Wegen im Gewächshausbau

Vor Landwirtschaft und Gartenbau steht die Aufgabe, auch während der Wintermonate ständig Frischgemüse in die Verbrauchszentren zu liefern. Hierbei durch neue Technik, Technologien und Bauweisen schneller und besser voran zu kommen, löste u. a. Versuche mit modernen Baustoffen und Verfahren aus. Die Initiative von Gartenbauwissenschaftlern vor allem im Institut für Gemüsebau Großbeeren hat nach mehrjähriger intensiver Forschungsarbeit Ergebnisse gezeitigt, über die in drei anschließenden Beiträgen näher berichtet wird. Man darf daraus entnehmen, daß in der Verwendung von Plasten für den neuzeitlichen Gewächshausbau auch in der DDR wertvolle Erkenntnisse und Erfahrungen gewonnen werden konnten, die für eine breite Anwendung dieser Baustoffe im Gewächshausbau sprechen. Zusammenhängend damit konnten Vorteile beim Luftaustausch in Plastgewächshäusern gegenüber den traditionellen Glasbauten festgestellt werden. Im abschließenden Beitrag wird die Möglichkeit der Verwendung von Tragluflhüllen für Gewächshäuser positiv beurteilt.

Wir würden eine Diskussion über diese Fragen an dieser Stelle begrüßen, sie könnte die weitere Entwicklung vorantreiben.
Die Redaktion

Dr. G. VOGEL, KDT*

Gewächshaus aus glasfaserverstärktem Polyester in Schalenbauweise

Die Bemühungen, den Material- und Kostenaufwand auch beim Bau und bei der Wartung von Gewächshäusern zu senken, führten bisher nicht zum gewünschten Erfolg [1]. Das liegt in erster Linie in der Bauweise der Gewächshäuser begründet, die außerordentlich materialintensiv ist und bei Verwendung von Glas kaum noch statische Vereinfachungen zuläßt. Entwicklung und Produktion von Gewächshäusern in Stahl-, Holz- oder Betonkonstruktion bzw. in Stahlbeton- und Stahlholzkonstruktion als kombinierte Bauweise bei Verwendung von Glas haben einen Stand erreicht, der entscheidende qualitative und quantitative Verbesserungen nicht mehr erwarten läßt. Das ist nur möglich, wenn die klassische Bauweise abgelöst wird und neue Werkstoffe gefunden und eingesetzt werden, die statische und bauliche Vereinfachungen mit sich bringen, und die es ermöglichen, auf tragende Konstruktionselemente weitgehend oder ganz zu verzichten.

Der Einsatz von Plasten eröffnet dazu neue Möglichkeiten, wie sich im Bauwesen abzuzeichnen beginnt [2]. Im Institut für Gemüsebau Großbeeren werden deshalb und in Auswertung der Beschlüsse von Partei und Regierung, die auf verstärkte Anwendung von Plasten auch in der Landwirtschaft orientieren, seit nunmehr einem Jahrzehnt Versuche zum Einsatz von Plastwerkstoffen im Gemüsebau durchgeführt [3]. Die Arbeiten beschäftigten sich zunächst mit der Anwendung von Thermoplasten (PVC- und Polyäthylenfolie, in geringem Umfang auch Polyamidfolie). Ergebnis dieser Arbeiten sind eine stattliche Anzahl von praxisreifen Verfahren der Plastfolienanwendung im Gemüsebau, wie beispielsweise das Verfahren der kurzzeitigen Überdeckung der Gemüsekulturen mit Plastfolienzelteln, das in Japan, der UdSSR, den VR Bulgarien und Rumänien, England, Frankreich und der DDR auf großen Flächen zur Gemüseernteverfrüherung angewendet wird; oder das Verfahren der Innenverkleidung von Gewächshausstehwänden mit Plastfolie, das heute in nahezu allen mittel-, ost- und nordeuropäischen Ländern eingeführt ist. Über diese Verfahren wurde bereits berichtet [4] [5].

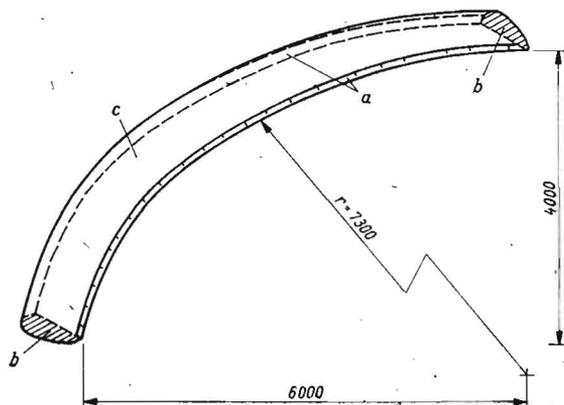
Seit drei Jahren wird im Institut für Gemüsebau Großbeeren ein bisher noch wenig bekannter Plastwerkstoff untersucht, der neue Perspektiven für den Bau von Gewächshäusern und Gemüseproduktionsstätten eröffnet. Es handelt sich dabei um eine Duroplaste in Form von glasfaserverstärktem Polyester (GFP). Der aus Glasfasern in Form von Matten oder Geweben und Kunstharzen (ungesättigter Polyester) bestehende Werkstoff bietet sich im Gewächshaus-

bau deshalb an, weil er durch seine hohen spezifischen Festigkeiten und eine Reihe anderer vorzüglicher Eigenschaften den Leichtbau nicht nur in stofflicher sondern auch in festigkeitsbezogener Hinsicht ermöglicht. Im Ergebnis von Vorversuchen wurde in Gemeinschaftsarbeit zwischen den Instituten für Kunststoffe Berlin-Adlershof und für Gemüsebau Großbeeren 1963 ein erster Experimentalbau aus freitragenden, glasfaserverstärkten Polyesterhalbschalen von 12 m Breite errichtet. Da die erstmalig in der DDR angewendete Schalenbauweise nicht nur für Gewächshäuser und Gemüseproduktionsstätten sondern auch für andere landwirtschaftliche und industrielle Bauvorhaben interessant und von großer Bedeutung ist, und sich dafür starkes Interesse zeigte, sollen hier die bisher vorliegenden Erfahrungen und Ergebnisse kurz mitgeteilt werden.

Konstruktion und Kennzahlen des Experimentalbaues

Für den Experimentalbau wurde im Ergebnis von Modellversuchen eine gekrümmte Randträgerschale gewählt, deren Mittellinie eine Ellipse darstellt (Bild 1). Sie erfüllt sowohl tragende als auch raumanschließende Funktionen. Statik, Dimensionierung und Tragfähigkeit der Einzelschalen wurden von GERMANN [2] berechnet und von RABISCH¹ geprüft. Die technologischen Untersuchungen zur Fertigung der lichtstabilisierten Schalen sind von LUBISCH [6] durchgeführt worden, während die Produktion der 64 Halbschalen nach dem Folienziehverfahren im VEB Yachtwerft Berlin-Köpenick erfolgte. Die Schalenelemente sind 0,75 m breit und haben in Spannrichtung die Form einer Ellipse (Bild 1),

Bild 1. Abmessungen einer Einzelschale aus glasfaserverstärktem Polyester. a Randglieder 3 mm dick, b Endscheibe 6 mm dick, verschraubt und verklebt, c Bogen (Schale) 10 bis 12 mm dick



* Institut für Gemüsebau Großbeeren der DAL zu Berlin (Leiter: Dr. J. DEHNE).

¹ Professur für Theorie und Konstruktion der Flächentragwerke der TU Dresden.

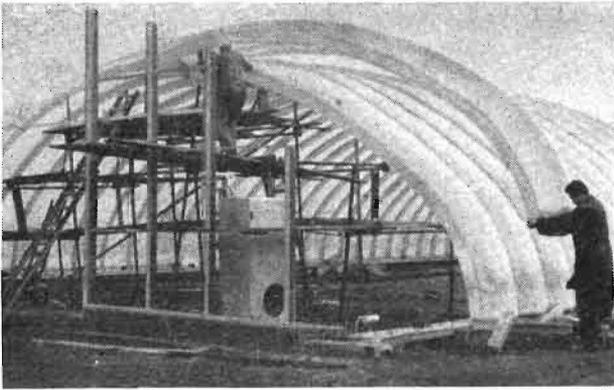


Bild 2. Montage einer glasfaserverstärkten Polyesterschale. Die Schale hat eine Masse von 30 bis 32 kg und kann von 2 Ak getragen und montiert werden

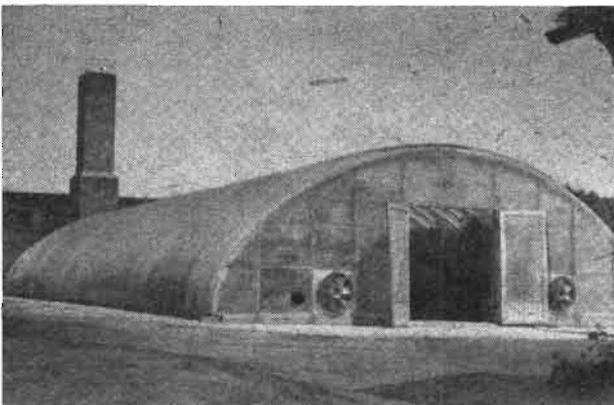
Zwei Randträgerschalen werden jeweils zusammengespannt und ergeben einen halbelliptischen Bogen, die aneinandergereihten Bogen bilden die Hülle des freitragenden Gewächshauses (Bild 2). Die Einzelschale ist am Kämpfer und am Scheitel mit je einer Endscheibe, die auf dem Fundament aus Betonfertigteilen oder am Scheitel mit der Gegenschale eine sichere Verbindung ermöglichen, abgeschlossen. Die Gegen- und Parallelschalen sind untereinander verklebt und mit Polyamid- oder Stahlschrauben verschraubt. Das Verkleben und Verschrauben der Schalen erfolgte in verschiedenen Varianten.

Die Spannweite des Gewächshauses beträgt 12 m, die Länge 24 m, die Firsthöhe — die sich aus der Geometrie der glasfaserverstärkten Polyesterschalen ergab — 4 m [7]. Für den Gewächshaussockel der beiden Längswände sind 6 m lange Betonfertigteile, die auf Einzelfundamenten (Mastenfundamente) lagern, verwendet worden. Diese Fertigteile besitzen Steinschrauben zum Befestigen der Gewächshauschalen. Die Giebelsockel wurden in Ortbeton hergestellt. Für die beiden Giebel benutzte man ebene glasfaserverstärkte Polyesterplatten, ebenso für die Füllung des Stahltores (Bild 3).

Mikroklimatische Eignung des Gewächshauses aus GFP in Schalenbauweise

Mikroklimatische Untersuchungen und pflanzenbauliche Versuche waren notwendig, um zu klären, ob das Gewächshaus mit dem neuen Werkstoff den pflanzenbaulichen Forderungen genügt und ob das Mikroklima infolge der veränderten Bauweise entscheidenden Einfluß auf die Höhe der Lichtfülle, auf die Höhe des Heizaufwandes sowie auf die Temperaturgestaltung nimmt. Systematische Messungen zum Wärmebedarf von Gewächshäusern aus freitragenden, glasfaserverstärkten Polyesterschalen liegen nicht vor, so daß für den Versuchsbau die experimentell und empirisch er-

Bild 3. Gesamtansicht des Experimentalbaues aus GFP in Schalenbauweise, 24 m lang, 12 m breit und 4 m hoch



mittelte Wärmedurchgangszahl des Glasgewächshauses von $k = 6,5 \text{ kcal/m}^2 \text{ h grad}$ eingesetzt werden mußte. Entscheidend für den Wärmebedarf ist nicht nur die Wärmedurchgangszahl des neuen Werkstoffes, die ebenso wie die Wärmeübergangszahl und Wärmeleitfähigkeit bekannt ist, sondern vor allem die Komplexwirkung eines Gewächshausdaches, das den überragenden Teil des Wärmedurchgangs besitzt und im vorliegenden Fall erheblich von der üblichen Stahl-Glas-konstruktion abweicht. Deshalb und weil der Wärmebedarf ein entscheidendes Kriterium für die Eignung eines Gewächshauses darstellt, ist die experimentelle Bestimmung von Wärmedurchgangszahlen von besonderer Bedeutung.

Die Messungen zur Bestimmung der durchschnittlichen Wärmedurchgangszahl im Gewächshaus aus GFP erfolgten im Januar bei unterschiedlichen Witterungsbedingungen zwischen 16,00 und 8,00 Uhr, da in dieser Zeit störende Einflüsse weitgehend vermeidbar sind und somit ein guter Beharrungszustand ermöglicht wurde. Gemäß der Definition der Wärmedurchgangszahl k

$$k = \frac{Q}{F \cdot \Delta t}$$

wurde die zugeführte Wärmemenge Q , die Temperaturdifferenz ($t_i - t_a$) zwischen innen und außen Δt sowie die Versuchsdauer gemessen. Die dem Gewächshaus zugeführte Wärmemenge wurde aus Abkühlung und Menge des Warmwassers berechnet. Die Wassermenge konnte mit einem selbstschreibenden Ringwaagen-Warmwassermengenmesser, die Wassertemperatur des Vor- und Rücklaufs mit Widerstands- und Glasthermometern bestimmt werden.

Aus den bisher gemessenen 52 Einzelwerten der Wärmedurchgangszahlen ergibt sich ein Mittelwert von $5,2 \text{ kcal/m}^2 \text{ h grad}$, mit einer mittleren Abweichung von $\pm 0,17 \text{ kcal/m}^2 \text{ h grad}$. Dieser Wert ist insofern interessant, als hierbei alle Einflüsse, die den gesamten Wärmedurchgang bestimmen, eingewirkt haben. Danach kann der Wärmehaushalt im Polyester-gewächshaus gegenüber dem Glashaus als wesentlich günstiger eingeschätzt werden. Experimentell ermittelte und empirisch überprüfte Wärmedurchgangszahlen liegen beim Glashaus zwischen $6,2$ bis $7,0 \text{ kcal/m}^2 \text{ h grad}$. Das bedeutet — wird die ermittelte Wärmedurchgangszahl von $5,2 \text{ kcal/m}^2 \text{ h grad}$ beim Gewächshaus aus GFP zugrunde gelegt — einen um 17 bis 25% geringeren Wärmedurchgang beim glasfaserverstärkten Polyester-gewächshaus. Im Wärmedurchgang der beiden Werkstoffe (Glas, GFP) läßt sich dagegen kein nennenswerter Unterschied nachweisen, obwohl die Wärmeleitfähigkeit bei GFP ($\lambda = 0,15 \text{ kcal/m}^2 \text{ h grad}$) weit geringer ist als bei Glas ($\lambda = 0,65 \text{ kcal/m}^2 \text{ h grad}$) [8]. Diese Unterschiede werden jedoch durch die unterschiedliche Dicke der verwendeten Stoffe (Glas = $0,004 \text{ m}$, GFP = $0,0012 \text{ m}$) wieder weitgehend kompensiert. Die Wärmeübergangszahlen sind für beide Werkstoffe gleich, da diese auch in Normschriften nicht nach Materialien definiert werden.

Der Wärmebedarf eines für eine bestimmte Temperaturdifferenz ausgelegten Gewächshauses wird aber nicht nur vom Wärmedurchgang, der aus der Summe der Einzelwärmewiderstände für die verschiedenen Baustoffe gebildet wird, bestimmt, sondern auch vom Lüftungswärmeverlust [8]. Bei der Dimensionierung von Heizkesselanlagen zur Gewächshausheizung ist es üblich, den Lüftungswärmeverlust in die Wärmedurchgangszahl k für das Gewächshaus einzubeziehen. Da sich die Konstruktion und vor allem auch die Verbindungstechnik der Konstruktionsteile des glasfaserverstärkten Polyester-gewächshauses erheblich von derjenigen eines Glasgewächshauses in Stahlkonstruktion unterscheidet, konnte der geringere Wärmedurchgang beim Gewächshaus aus GFP nur auf die geringeren Lüftungswärmeverluste zurückgeführt werden. Durch das lückenlose Kleben der Schalenelemente wurde eine große Dichtigkeit des Gewächshauses erreicht. Darüber gaben Luftaustauschmessungen mit radioaktivem Krypton 85 Auskunft, die in Zusammenarbeit mit dem Isotopenlabor des IFL Potsdam-

Bornim durchgeführt wurden. Dabei zeigte sich, daß im geschlossenen Stahl-Glasgewächshaus bei annähernd gleicher Windgeschwindigkeit und gleicher Temperaturdifferenz der stündliche Luftwechsel etwa sechsmal größer ist als im geschlossenen Gewächshaus aus GFP in Schalenbauweise. Über die Ergebnisse dieser Arbeiten wird anschließend berichtet [9].

Mit 55 bis 60% der Freilandhelligkeit sind die Lichtverhältnisse im Gewächshaus aus GFP als verhältnismäßig günstig einzuschätzen. Im Glasgewächshaus MZG 0/53 ergab sich im Mittel mehrerer Messungen vergleichsweise eine Helligkeit von 50 bis 55%, im 12-m-Stahl-Glasgewächshaus in Montagebauweise eine solche von 65 bis 70% der Freilandhelligkeit. Eine gesicherte Abnahme der Beleuchtungsstärke im GFP-Gewächshaus infolge Alterung des GFP konnte nach einjähriger Prüfung noch nicht ermittelt werden. Das steht in Übereinstimmung mit anderen Arbeiten, nach denen auch bei vierjähriger Nutzung von lichtstabilisierten Polyesterwerkstoffen noch keine nennenswerte Minderung des Lichtdurchganges [10] eintrat. Über die Lichtverhältnisse im GFP-Gewächshaus soll später noch berichtet werden.

Die bisher bei Kopfsalat und Tomate erzielten pflanzenbaulichen Ergebnisse können als gut eingeschätzt werden. 1964 erfolgte im GFP-Gewächshaus eine Nutzung mit Tomate als Hauptfrucht und Kopfsalat als Zwischenfrucht (Bild 4). Kopfsalat bei Pflanzung Ende Januar entwickelte sich entsprechend der im Januar und Februar gegebenen Lichtfülle sehr gut. Die Wachstumszeit von der Pflanzung bis zur Ernte von nur 6 bis 7 Wochen bei Zwischenpflanzung zu Tomate kann als günstig angesehen werden, zumal alle Pflanzen Köpfe ausbildeten und 73,4% der Salatköpfe eine Masse von >100 g und nur 15,9% aller Salatpflanzen eine solche von <100 g aufzuweisen hatten. Diesen 15,9% stehen außerdem 10,7% mit einer Kopfmasse von >150 g gegenüber. Die Ertragshöhe ist bei Tomate mit 10,1 kg je m² Nutzfläche und mit 9,5 kg/m² überbauter Fläche ebenfalls als gut anzusehen. Über die zeitliche Verteilung des Tomatenertrages gibt Bild 5 Auskunft. Der Erlös je m² überbauter Fläche betrug bei Tomate 26,50 MDN, bei Kopfsalat als Zwischenkultur 3,62 MDN, insgesamt also 30,12 MDN. Weitere Versuche sind vorgesehen, um den Einfluß der Alterung des GFP auch pflanzenbaulich zu erfassen. Die bisher bei Kopfsalat und Tomate erzielten Ergebnisse — beide Kulturen stellen hohe Ansprüche an den Wachstumsfaktor Licht — berechtigen zur Schlußfolgerung, daß Lichtfülle und Lichtzusammensetzung im Gewächshaus aus GFP bei neuwertigem Material so gestaltet sind, daß damit ein optimales Wachstum und so ein früher und hoher Ertrag erzielt werden kann.

Material- und Montageaufwand

Beim Gewächshaus aus GFP müssen weit weniger Baustoffe aufgewendet werden. Die größte Einsparung wird bei der Hülle des Gewächshauses erzielt. Der Gesamt-Stahlverbrauch beim MZG 0/55 als dem gegenwärtigen Serienbau beläuft sich, ausgehend von einer 1,2 ha-Anlage, auf 15,75 kg/m². Beim GFP-Gewächshaus in 12 m Breite von nur 24 m Länge beträgt dieser 8,2 kg, das entspricht einer Einsparung von 48%. Bei 100 m langen Häusern von 12 m Breite sind noch 3,89 kg Stahl erforderlich, was gegenüber dem MZG 0/55 eine Einsparung von 75,3% bedeutet [11] [12]. Der Stahlverbrauch liegt noch niedriger, wenn die Gewächshäuser aus GFP von 18 m Breite oder von 12 m Schiffbreite in



Bild 4. Innenansicht des Gewächshauses aus GFP in Schalenbauweise, das versuchsmäßig zunächst mit Tomate und als Zwischenfrucht mit Kopfsalat genutzt wurde

Blockbau zugrunde gelegt werden, die für größere Gewächshäuser — wie sie vorgesehen sind — in Frage kommen und sich z. Z. in Entwicklung befinden. Bei lichtdurchlässigem Werkstoff, wenn Glas und GFP einschließlich der dafür erforderlichen Abdichtmaterialien gegenüber gestellt werden, beläuft sich die Masseinsparung je m² überbauter Gewächshausfläche (Glas = 14,7 kg; GFP = 7,2 kg) auf 51% [11] [12]. Die Gesamtbauwerksmasse liegt beim Gewächshaus aus GFP von 12 m Breite und 100 m Länge gegenüber Stahl-Glasgewächshäusern etwa um 40 bis 50% niedriger [11] [12]. Mit der Entwicklung von Schalenelementen aus GFP ist es gelungen, die Prinzipien der Montagebauweise und des Baukastens zu realisieren. Vorteilhaft ist nicht nur, daß die Bauteile verbindungstechnisch günstig sind, sondern auch tragende und raumabschließende Funktionen in sich vereinigen. Diese Entwicklung wird sich daher auch auf den Montageaufwand günstig auswirken. Beim Experimentalbau aus GFP von 12 m Breite wurde für die Hülle ein Montageaufwand von 0,55 h/m² ermittelt. Das steht in guter Übereinstimmung mit WERMINGHAUSEN [10], der für ein 9 m breites Gewächshaus aus GFP-Schalenelementen einen Montageaufwand von 0,46 h/m² ermittelte, wobei hierin der Montagezeitaufwand für die beiden Giebel nicht enthalten ist. Für den Montageaufwand der Hülle beim MZG 0/55 gibt TITTEL [13] 1,12 h/m², beim Glasgewächshaus H6 aus der CSSR 1,18 h/m² an. Danach würden etwa 50% Montagezeit eingespart werden können. Selbstverständlich bedürfen die Ergebnisse beim GFP-Haus noch einer Bestätigung beim Bau von größeren Gewächshausanlagen. Interessant dürfte vor allem ein Vergleich zwischen Glas- und GFP-Gewächshaus sein, wenn der Gesamtarbeitsaufwand zur Herstellung des Materials, zur Fertigung und Montage der Gewächshäuser ermittelt und verglichen wird. Eine Aufgabe, die von mehreren Institutionen in Angriff genommen werden müßte.

In Auswertung des bisherigen Ergebnisses mit dem Gewächshaus aus GFP von 12 m Breite wird z. Z. ein zweiter Experimentalbau aus GFP in 18 m Breite im Institut für Gemüsebau Großbeeren errichtet und dann geprüft. Notwendig ist ferner Projektierung, Bau und Prüfung eines Gewächshausblockes aus GFP mit 12 m Schiffbreite. Diese Entwicklungsarbeiten in mehreren Instituten werden gewährleisten, daß der GFP-Werkstoff intensiv auf seine technische, pflanzenbauliche und ökonomische Eignung geprüft wird. Ziel ist, den Welthöchststand bei Bau von Gemüseproduktionsstätten mitzubestimmen und die Verwendung von Plasten im Interesse einer Kostensenkung und Materialeinsparung sowie Produktionssteigerung in der Treibgemüseproduktion auf breiter Basis zu ermöglichen.

Zusammenfassung

Es wird ein neuer Plastwerkstoff vorgestellt, der im Bauwesen ständig an Bedeutung gewinnt. Diese glasfaserverstärkten Polyester sind auf Grund ihrer guten Eigenschaften für die Entwicklung und Fertigung von Flächentragwerken

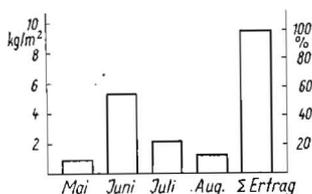


Bild 5. Tomatenerträge je m² überbauter Fläche und deren zeitliche Verteilung beim Anbau im Gewächshaus aus GFP

vorteilhaft. Aus diesem GFP wurde in Gemeinschaftsarbeit ein freitragendes Gewächshaus von 12 m Breite in Schalenbauweise entwickelt und im Institut für Gemüsebau Großbeeren errichtet. Schalenbauweise und Konstruktion werden beschrieben. Im Ergebnis bisher durchgeführter Versuche wird eine Einschätzung des neuen Werkstoffes für den Bau und die Nutzung von Gewächshäusern mit Treibgemüse gegeben.

Literatur

- [1] VOGEL, G.: Entwicklungstendenzen und Probleme beim Einsatz von Kunststoffen in der Gemüsefrühproduktion. Dt. Gartenbau (1964) H. 5, S. 123 bis 126.
- [2] GERMANN, L.: Mit Plast schneller, besser, billiger bauen. Technische Gemeinschaft (1964) H. 3, S. 113 bis 117
- [3] VOGEL, G./G. FLEMMING: Vorläufiger Bericht über die Eignung der in der DDR hergestellten Plaststoffe. Dt. Gartenbau (1957) H. 3
- [4] LANCKOW, J./G. VOGEL: Zur Anwendungstechnik der Stahnwandverkleidung von Gewächshäusern mit Polyäthylenfolie. Deutsche Agrartechnik (1961) H. 10, S. 498 und 499

- [5] VOGEL, G.: Der Einfluß kurzzeitiger Überdeckung mit Folienzellen auf die Ertragsleistung einiger Gemüsearten im Frühjahrs- und Sommeranbau. Arch. f. Gartenbau (1963) H. 1, S. 27 bis 46
- [6] LUBISCH, H. J.: Über die Herstellung von lichtdurchlässigen Schalen aus glasfaserverstärkten Polyestern. Plaste und Kautschuk (1964) H. 3, S. 152 bis 154
- [7] Autorenkollektiv: PV1-Projekt Gewächshaus aus glasfaserverstärkten Polyestern. VEB Typenprojektierung Berlin 1963
- [8] RENARD, W./L. SIEBERT: Wärmebedarf von Gewächshäusern. Heizung, Lüftung, Haustechnik (1962) Nr. 4, S. 101 bis 105
- [9] BEER, M./A. HEISSNER/G. VOGEL: Bestimmung des Luftaustausches in Gewächshäusern. Deutsche Agrartechnik (1965) H. 4, S. 166
- [10] WERMINGHAUSEN, B.: Gewächshäuser aus Kunststoff. Gartenwelt (1962) Nr. 1, S. 12 bis 14
- [11] - Versuchsberichte der Arbeitsgruppe Anbautechnik des Instituts für Gemüsebau Großbeeren 1963 und 1964
- [12] - Vergleichskennzahlen vom VEB Typenprojektierung Berlin zum 12-m-Haus in Montagebauweise und Mehrzweck-Gewächshaus MZG 0/55, Berlin 1962
- [13] TITTEL, E.: Entwicklungsstand und Perspektive des Gewächshausbaues in der DDR. Tagungsberichte der DAL Berlin 1962, Nr. 58, S. 39 bis 67

A 5947

Dr. M. BEER, KDT*, Dr. A. HEISSNER**, Dr. G. VOGEL, KDT**

Bestimmung des Luftaustausches im geschlossenen Gewächshaus aus Glas oder glasfaserverstärktem Polyester¹

Für das Mikroklima in Gewächshäusern ist der Luftaustausch in zweifacher Hinsicht von ausschlaggebender Bedeutung. Erstens wird durch ihn der Wärmehaushalt und mit diesem eng gekoppelt der Wasserhaushalt in Gewächshäusern beeinflusst, zweitens erfolgt durch den Luftaustausch entweder eine Nachlieferung von CO₂ aus dem Freiland — wenn am Tage durch die Assimilation der CO₂-Gehalt unter den Freilandgehalt abgesunken ist, oder eine Abgabe von CO₂ — wenn der CO₂-Gehalt durch Atmung oder durch das bodenbürtige CO₂ über den Freilandgehalt angestiegen ist. Um die Verluste an Wärme, Feuchtigkeit und CO₂ möglichst niedrig zu halten, ist es seit Jahren Ziel der Gewächshauskonstrukteure, dichte Gewächshäuser zu entwickeln und zu projektieren. Mit der konventionellen Glas-Stahlbauweise ist dieses Ziel bisher noch nicht erreicht worden [1] [2] [3]. Nur durch einen erhöhten technischen und ökonomisch kaum mehr vertretbaren Aufwand ist eine spürbare Senkung des Luftaustausches bei Stahl- und Glasgewächshäusern möglich [3]. Günstigere Ergebnisse dürften dagegen bei Verwendung von Kunststoffen, beispielsweise durch den Einsatz von glasfaserverstärktem Polyester [4], erzielbar sein. Durch ein lückenloses Verkleben der einzelnen Schalenelemente wird das Gewächshaus verhältnismäßig dicht [4].

Die Bestimmung des Luftaustausches von Gewächshäusern aus Kunststoffen im Vergleich zu Gewächshäusern in Glas-Stahlbauweise ist daher von außerordentlich großem Interesse. Um erste orientierende Werte zu erhalten, wurden deshalb im Institut für Gemüsebau Großbeeren der DAL zu Berlin entsprechende Messungen in je einem Gewächshaus aus Glas und glasfaserverstärktem Polyester durchgeführt, wobei gleichzeitig Erfahrungen zur Methodik der Bestimmung des Luftaustausches als Grundlage weiterer systematischer Untersuchungen gesammelt werden sollten.

1. Methode der Luftaustauschmessung mit radioaktiven Gasen

1.1. Der Luftaustausch

Die Höhe des Luftaustausches eines geschlossenen Raumes mit seiner Umgebung wird allgemein durch den Lüftungskoeffizienten z ausgedrückt, der die Zahl der Volumina des betrachteten Raumes angibt, die in der Zeiteinheit ausgetauscht werden. Der Lüftungskoeffizient läßt sich aus der

Konzentration eines Indikatorgases ermitteln, wenn man voraussetzen kann, daß die zeitliche Änderung der Konzentration des Indikatorkoeffizienten im geschlossenen Raum $\frac{dc_i}{dt}$ dem Konzentrationsunterschied $c_i - c_a$ zwischen dem Raum und seiner Umgebung proportional ist:

$$\frac{dc_i}{dt} = -z \cdot (c_i - c_a) \quad (1)$$

Im praktischen Fall des Austausches zwischen Gewächshaus und Freiland ist $c_a \ll c_i$. Integration von (1) ergibt:

$$c_i(t) = c_i(0) \cdot e^{-zt} \quad (2)$$

d. h., der Luftaustausch folgt unter der obengenannten Bedingung einer Exponentialfunktion (die in halblogarithmischer Darstellung eine Gerade ergibt). z läßt sich aus dem Anstieg dieser Geraden oder bequemer aus der Halbwertszeit des Luftaustausches² $t_{\frac{1}{2}}$ nach (3) einfach berechnen:

$$\frac{c_i(t)}{c_i(0)} = \frac{1}{2} = e^{-z \cdot \frac{1}{2}}$$

$$\ln 2 = z \cdot \frac{1}{2}$$

$$z = \frac{0.6931}{t_{\frac{1}{2}}} \quad (3)$$

$t_{\frac{1}{2}}$ erhält man aus der halblogarithmischen Darstellung (gegebenenfalls durch einfache Verlängerung der Geraden).

Als Indikatorgase wurden bisher H₂, CO₂ oder Rauch benutzt, die mit Hilfe der Wärmeleitfähigkeit oder Lichtabsorption gemessen wurden [5] [6]. H₂ kann in bewegter Luft mit der genannten Methode nur sehr ungenau bestimmt werden, CO₂ ist Bestandteil der Assimilations- und Bodenprozesse und Rauch führt bei Pflanzenbeständen leicht zu

¹ Institut für Landtechnik, Abt. Isotopenanwendung, Potsdam-Bornim, der DAL zu Berlin

² Institut für Gemüsebau Großbeeren der DAL zu Berlin

³ 4. Mitteilung der Reihe: Isotopenanwendung in der Landtechnik

⁴ Halbwertszeit des Luftaustausches ist die Zeitspanne, bei der die Konzentration eines zu einem Zeitpunkt $t=0$ vorhandenen Indikatorgases auf die Hälfte abgesunken ist.