

# Praxisorientierte Blatttemperaturmessung in beheizten Gewächshäusern

*Für die Klimaregelung in Gewächshäusern ist die Erfassung und Verwendung der Blatttemperatur wünschenswert. Der Einsatz unterschiedlicher Verfahren zur Blatttemperaturmessung (Blattanlegefühler, -einstichfühler; Infrarot-Punktsensoren und -Kamerasystem) wurde praxisnah an Zierpflanzen untersucht. Die große Bedeutung der Blatttemperaturverteilung im Gewächshaus und die Einsetzbarkeit von Einstichtemperaturmessfühlern und Blattanlegefühlern zur Klimaregelung konnte gezeigt werden. Der Einsatz von Infrarotthermometern war schwierig. Die Blatttemperaturmessung mit einem Infrarot-Kamerasystem führte zu keinen zufriedenstellenden Ergebnissen.*

Prof. Dr. Thomas Rath ist tätig am Institut für Technik in Gartenbau und Landwirtschaft der Universität Hannover, Herrenhäuser Str. 2, 30419 Hannover, email: [rath@itg.uni-hannover.de](mailto:rath@itg.uni-hannover.de)  
Dipl.-Ing. agr. Sabine Masemann ist wissenschaftliche Mitarbeiterin der Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau der Landwirtschaftskammer Hannover, Heisterbergallee 12, 30453 Hannover, e-mail: [lvg.ahlem@lawikhan.de](mailto:lvg.ahlem@lawikhan.de)

Referierter Beitrag der **LANDTECHNIK**, die Langfassung finden Sie unter **LANDTECHNIK-NET.com**.

## Schlüsselwörter

Gewächshausklimatisierung, Blatttemperatur

## Keywords

Greenhouse climate control, leaf temperature

Die Pflanzenproduktion in Gewächshäusern setzt eine optimale Wärme-, Wasser- und Nährstoffversorgung voraus. Bisherige Produktionssysteme regeln dabei die Heizung und Lüftung nach der Lufttemperatur. Die Verwendung der Blatttemperatur als Klimaregelgröße erfolgt in der Praxis aufgrund produktionstechnischer Schwierigkeiten bei deren Ermittlung, fehlender Sollwertvorgaben für Kulturen und fehlender Informationen über die räumlichen Blatttemperaturverteilungen nicht, obwohl die Vorteilhaftigkeit seit langem bekannt ist [1]. Das Wiederaufkommen von strahlungsorientierten Heizungssystemen im Gewächshausbereich [2] hat die Frage nach optimalen Regelungsgrößen erneut aufleben lassen. Es wird nach Alternativen zum Einsatz der Lufttemperatur gesucht.

## Messungen

An der Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau, Hannover-Ahlem, wurden verschiedene Topfpflanzen (Elatior-Begonien und Neu-Guinea-Impatiens) in zwei unterschiedlich beheizten, ansonsten aber gleich ausgestatteten Gewächshäusern (12,20 m • 9,20 m) kultiviert. In einem Haus erfolgte die Heizenergiezufuhr mit zwei, unterhalb der Energieschirme quer zum First verlaufenden Dunkelstrahlerheizrohren. In dem anderen

Haus war eine konventionelle Untertischrohrheizung, gekoppelt mit einer Stehwandrohrheizung installiert.

Während der gesamten Versuchsdauer wurden in beiden Häusern verschiedene Messungen der Blatt- und Lufttemperaturen durchgeführt. Zur Messung der räumlichen Verteilung der Blattoberflächentemperaturen kamen dabei Anlegefühler zum Einsatz, die an der Blattunterseite der Laubblätter angebracht waren (Bild 1, links). Die Fühler mussten im Durchschnitt aufgrund des Pflanzenwachstums zweimal die Woche kontrolliert und justiert werden. Die Regelung der Strahlungsheizungssysteme erfolgte anhand der Blattspreitentemperatur, die mit Hilfe von Einstichfühlern in der Mitte der Häuser an zwei unterschiedlichen Pflanzen positioniert waren. Die Fühler wurden in die Blattspreite in vorher gestochene Löcher ~ 3 cm eingeführt (Bild 1, rechts). Nach etwa einem Monat wurden jeweils neue Blätter als Messorte verwendet.

Zusätzlich wurde der Pflanzenbestand an drei Terminen mit Hilfe thermografischer Verfahren analysiert. Zum einen kam dabei ein Infrarot-Strahlungsthermometer zum Einsatz. Zum anderen wurde der Pflanzenbestand mit einer Thermographie-Kamera schräg von oben bei laufendem Heizbetrieb und geöffnetem oder geschlossenem Energieschirm vermessen.

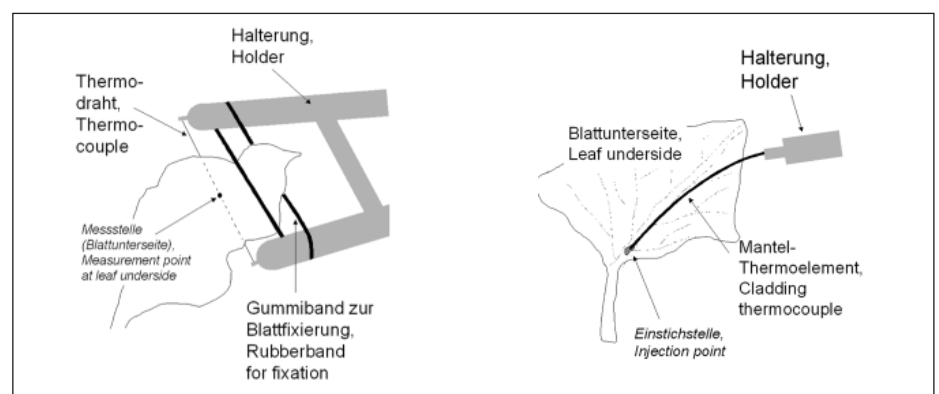


Bild 1: Prinzipskizze der Blatttemperaturmessung mit Anlegefühler (links) und Einstichfühler (rechts)

Fig. 1: Outline of the leaf temperature measurement with contact thermocouples at the leaf underside (left) and injection sensors at the leaf basis (right)

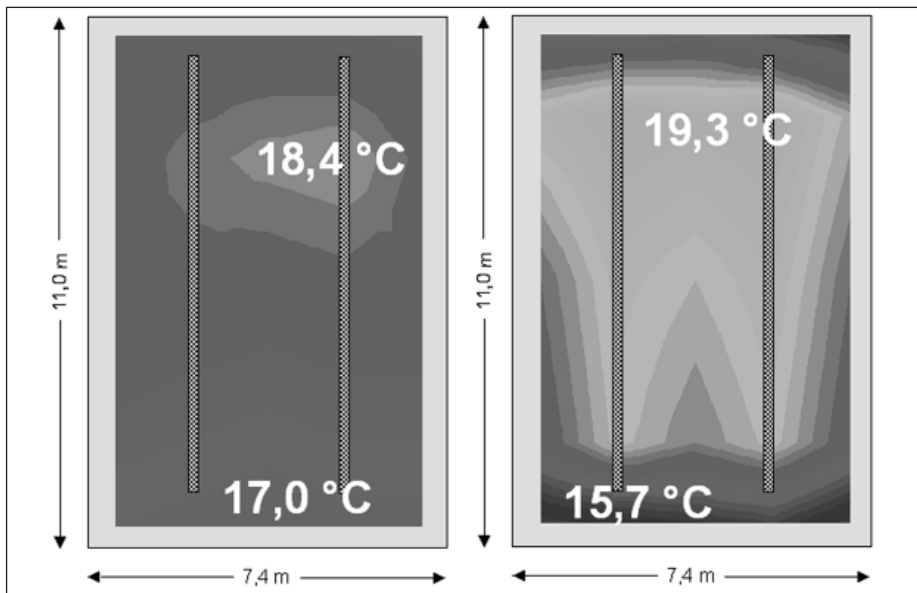


Bild 2: Durchschnittliche Lufttemperaturen (links) und Blatttemperaturen (rechts) während der Kulturzeit beim Einsatz einer Strahlungsheizung (schraffierte Balken markieren Positionen der Strahlerrohre)

Fig. 2: Mean air temperature (left) and mean leaf temperature (right) during the growing period using a radiation heating system (hatchings: positions of the radiation tubes)

### Ergebnisse

Die Versuche zeigten, dass besonders bei Gewächshausystemen, bei denen die Heizenergiezufuhr hauptsächlich in Form von Strahlung erfolgt, die Blatttemperaturen und deren räumliche Verteilung im Gewächshaus eine entscheidende Klimaführungsgröße darstellen (Bild 2). Wie aus Bild 2 hervorgeht, ist in diesen Situationen die alleinige Verwendung der Lufttemperatur als Führungsgröße unzureichend.

Anlegefühler und Einstichfühler können auch unter Praxisbedingungen zur Messung der Blatttemperatur verwendet werden. Eine funktionierende Zwei-Punkt-Regelung konnte mit Einstichfühlern realisiert werden, so dass die bisher vorherrschende „Scheu“ in der Praxis, an der Pflanze direkt zu messen, unbegründet ist oder zumindest überdacht werden sollte. Der Wartungsaufwand bei der Verwendung von Anlege- oder Einstichfühlern ist jedoch zu berücksichtigen.

Infrarot-Punktsensoren (Infrarot-Thermometer) können zur Bestimmung der Blatttemperaturen nur begrenzt eingesetzt werden. Es ist eine sehr differenzierte Kalibrierung und jeweils sehr exakte Messdurchführung notwendig, um aussagekräftige Werte zu erhalten. Eine Verwendung von Bild gebenden Verfahren auf Infrarot-Basis (Thermokamera) zur Temperaturabschätzung ist problematisch, da neben den Pflanzenbeständen auch reflektierende oder direkt abstrahlende Gegenstände (Heizungsrohre) erfasst werden, die zu Fehlinterpretationen führen.

Zukünftige Arbeiten sollten daher dem Aspekt der Blatttemperaturmessung in praktischen Ansätzen mehr Rechnung tragen. Es müssen Sollwerttabellen erstellt werden, die es dem Gärtner ermöglichen, ohne eigene experimentelle Untersuchungen Kulturprogramme auf Blatttemperaturbasis zu realisieren. Die in den Versuchen ermittelten Eckdaten können als Grundlage dienen. Inwieweit Blattküvetten oder Miniaturanlegensensoren als Messsensoren in der Praxis eingesetzt werden können, werden zukünftige Entwicklungen zeigen.

### Literatur

- [1] Mackroth, K.: Die Blatttemperatur als Führungsgröße zur Regelung des Gewächshausklimas. Gartenbauwissenschaft, 39 (1974), S. 105-134
- [2] Rath, T. und S. Masemann: Dunkelstrahler im Praxistest – Ergebnisse technischer Untersuchungen. Das Taspo Magazin, (2002), H. 5, S. 25 – 28

### Technischer Stand und Zeitbedarf des Transportes von Zuckerrüben als Grundlage für ein Transportmanagementsystem

Von Heiner Johannes Hoogen. VDI-MEG Schrift 380. Vertrieb: Institut für Landtechnik, Nussallee 5, 53115 Bonn; 2001, 217 S., 41 Abb., 10 Tab., 15,- €

Der Transport von Zuckerrüben ist in Deutschland ökologisch und ökonomisch von großer Bedeutung. Die logistischen Anforderungen werden infolge des Strukturwandels der Zuckerindustrie und den dadurch steigenden Transportentfernungen immer anspruchsvoller. Vergleichsweise kurze Ernte- und Verarbeitungs-kampagnen und der Einsatz sehr unterschiedlicher Transportfahrkombinationen erschweren die Organisation des Zuckerrübentransportes.

Der Einsatz von nicht angepasster Transporttechnik kann zu Energie und Ertragsverlusten führen sowie Verkehrswege schädigen. Um in Zukunft den Transport von Zuckerrüben umweltverträglich und standortgerecht durchführen zu können, werden Transportmanagementsysteme erforderlich. Der Aufbau und die Anwendung von Transportmanagementsystemen setzt die Analyse der IST-Situation voraus, die in der vorliegenden Arbeit durchgeführt wird.

Die Planungsgrundlagen werden an drei unterschiedlichen, repräsentativen Zuckerfabrikstandorten ermittelt. Die Ergebnisse werden dokumentiert und die sich daraus ergebenden Konsequenzen diskutiert. Gliederungsschwerpunkte sind dabei die Organisationsformen, die eingesetzte Transportfahrzeugtechnik, das genutzte Straßen- und Wegenetz sowie der Arbeitszeit- und Energiebedarf.

Bei der zeitlichen Organisation der Transportarbeiten wird eine Synchronisation mit den Ernte- und sonstigen Nacherntearbeiten immer wichtiger. Deshalb erfolgt der Transport zunehmend in organisierter Form, also weniger in bäuerlicher Selbstanfuhr. Dabei können mit LKW- und Traktor-gezogenen Transportfahrzeugkombinationen vergleichbare Nutzlasten gefahren werden. Unter arbeitswirtschaftlichen und energetischen Leistungskriterien sind LKW-Transportfahrzeugkombinationen den Traktoren deutlich überlegen. So beträgt die Einsparung an Dieselmotorkraftstoff, unter vergleichbaren Rahmenbedingungen, bis zu 35%. Mit den ermittelten technischen und arbeitswirtschaftlichen Daten werden die Planungsgrundlagen für ein Transportmanagementsystem geschaffen.

Hard- und Softwarekomponenten zur Systemgestaltung werden in der Arbeit erläutert und im Systemzusammenhang dargestellt. Dabei wird vertieft auf die Gewinnung und Verarbeitung georeferenzierter Daten, insbesondere die Verwendung des Satelliten-Ortungssystems (GPS) und der Einsatz Geographischer Informationssysteme (GIS), eingegangen. Zusammenfassend wird die Konzeption eines Transportmanagementsystems zur Realisierung einer optimierten Zuckerrüben-distributions- und Zuckerrübenbeschaffungslogistik vorgestellt.