



# DGG-Proceedings

## Vol. 1, 2011

Short Communications - Annual Conference DGG and BHGL  
23.02. - 26.02.2011, Hannover, Germany  
*Peer Reviewed*

### Editorial Board and Review

Balder, Hartmut *Berlin*  
Damerow, Lutz *Bonn*  
Dirksmeyer, Walter *Braunschweig*  
Drüge, Uwe *Erfurt*  
Michaelis, Gerlinde *Bad-Zwischenahn*  
Rath, Thomas *Hannover*  
Schreiner, Monika *Großbeeren*  
Schuster, Mirko *Dresden*  
Winkelmann, Traud *Hannover*

German Society of Horticultural Sciences (DGG)  
Herrenhäuser Str. 2  
30419 Hannover  
Germany

© DGG, 2011

DGG-Proceedings, Vol. 1 (2011), No. 9, 1-5. DOI: 10.5288/dgg-pr-01-09-dd-2011

---

Dennis Dannehl \*, Ingo Schuch, Thorsten Rocksch, Susanne Huyskens-Keil, Abraham Rojano Aguilar und Uwe Schmidt

Anlaufphase ZINEG - Auswirkungen von einem geschlossenen Gewächshaus auf das Pflanzenwachstum und die Fruchtqualität von Tomaten

---

\*Corresponding Author:

Dennis Dannehl

Humboldt-Universität zu Berlin, FG Biosystemtechnik  
Albrecht-Thaer-Weg 3  
14195 Berlin  
Germany  
Email: [Dennis.Dannehl@agrar.hu-berlin.de](mailto:Dennis.Dannehl@agrar.hu-berlin.de)

## **Anlaufphase ZINEG - Auswirkungen von einem geschlossenen Gewächshaus auf das Pflanzenwachstum und die Fruchtqualität von Tomaten**

<sup>1</sup>Dennis Dannehl, <sup>1</sup>Ingo Schuch, <sup>1</sup>Thorsten Rocks, <sup>2</sup>Susanne Huyskens-Keil, <sup>3</sup>Abraham Rojano Aguilar und <sup>1</sup>Uwe Schmidt

<sup>1,2</sup>Humboldt-Universität zu Berlin, <sup>1</sup>Fachgebiet Biosystemtechnik und <sup>2</sup>Fachgebiet Urbane Pflanzenökophysiologie, 14195 Berlin; <sup>3</sup>Universidad Autónoma Chapingo, km 38.5 Carretera México-Texcoco, CP 56230, Chapingo, Edo. México

### **1. Einleitung, Stand des Wissens, Zielsetzung**

Durch moderne Gewächshauskonstruktionen kann die benötigte Heizenergie in den Wintermonaten zwar reduziert werden, die Preise der eingesetzten fossilen Brennstoffe werden jedoch weiter ansteigen. Andererseits prognostiziert der WBGU längere Hitzeperioden in den Sommermonaten (WBGU, 2008). Diese Veränderungen können die Pflanzenentwicklung sowie die Fruchtqualität in Gewächshäusern nachteilig beeinflussen (Adams et al., 2001). Um diesen Auswirkungen gegenzusteuern, wurde 2009 das Verbundprojekt ZINEG gestartet. Am Standort Berlin sollen im ZINEG-Teilprojekt in der geschlossenen Betriebsweise von Gewächshäusern (Kollektorhaus) innovative Methoden der technischen Kühlung entwickelt und eine Energieeinsparung durch Verwendung der ohnehin verfügbaren Solarenergie und durch maximale Wärmedämmung (Energieschirme) erzielt werden. Neben den technisch ausgelegten Schwerpunkten werden in den kommenden Jahren die Auswirkungen des Kollektorhauses auf die Pflanzen- und Ertragsentwicklung am Beispiel von Tomatenpflanzen untersucht.

### **2. Material und Methoden**

**-Experimentieranlage-** Um die Auswirkungen eines geschlossenen Kollektorhauses mit einer in der Praxis üblichen Klimaregelung zu vergleichen, wurden an der HU-Berlin 2 Venlo-Gewächshäuser (je 300 m<sup>2</sup>) errichtet. Im Kollektorhaus wird neben der sensiblen Wärmeenergie der Globalstrahlung der energiereiche Wasserdampf, der durch die Transpiration der Pflanzen freigesetzt wird und durch Kühlrippen im Dachbereich in thermische Energie konvertiert, gesammelt und in einem Regenwassertank gespeichert. Die kombinierte Anwendung der Kühlrippen sowie der Schlauchgebläse- und Aluflügelrohrwärmetauscher ermöglicht eine Reduzierung der Temperatur bei geschlossener Lüftung in den Sommermonaten. Zusätzlich dienen Teile dieses Anlageregimes als Wärmezufuhr in kühleren Perioden.

**-Klimaführungsstrategien-** In der Anlaufphase der Versuche wurde im Referenzhaus eine Ablüftungstemperatur von 24 °C festgesetzt. Im Gegensatz dazu betrug der Grenzwert für die geschlossene Betriebsweise im Kollektorhaus 30 °C, um Pflanzenschäden zu vermeiden (Camejo et al., 2005). Bis zum Öffnen der Lüftung wurde das Kollektorhaus ab einer Temperatur von 19 °C im Frühsommer und 22 °C im Spätsommer gekühlt. Für Heizungszwecke wurde die im Regenwassertank gespeicherte

Energie verwendet ( $> 7 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Sank die Temperatur im Regenwassertank unter  $35 \text{ }^{\circ}\text{C}$  ab, wurde die Vorlauftemperatur im System durch eine Wärmepumpe erhöht. Die Wärmeabgabe im Gewächshaus erfolgte über die Alu-Flügelrohrheizung (Soll= $16 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ), die Schlauchgebläseheizung (Soll= $17 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) und über die Bodenrohrheizung (Soll= $17 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ). In der Anlaufphase wurden nur die Effekte der Temperatur und der relativen Luftfeuchte auf die Pflanzenentwicklung untersucht. Die  $\text{CO}_2$ -Anreicherung wurde auf 400 ppm eingestellt.

**-Bonitierung der Pflanzen- und Ertragsentwicklung-** Die Nettoanbaufläche im Kollektor- und Referenzgewächshaus beträgt jeweils  $200 \text{ m}^2$ . Die einheitlich angezogenen Tomatenpflanzen der Sorte 'Pannov' wurde am 09.07.10 auf Steinwollmatten (Hohe Rinne) überführt und während des gesamten Versuchs bis November 2010 über ein Tropfbewässerungssystem und automatischer Fertigation versorgt. Während der ersten 6 Wochen wurde das vegetative und generative Wachstum der Tomatenpflanzen wöchentlich erfasst. Neben der Blattfläche/Pflanze wurde zusätzlich die Blütenanzahl der Rispen sowie die Fruchtanzahl der selbigen Rispen aufgenommen, um den prozentualen Anteil der Fruchtanzahl im Vergleich zur Blütenanzahl zu bestimmen. Um den Einfluss der beiden Klimaführungsstrategien auf den Ertrag zu untersuchen, wurde wöchentlich von jeder Pflanze das Gesamtgewicht sowie die Gesamtstückzahl erfasst. Schwerpunktmäßig wurde weiterhin die Qualität der Früchte in verschiedene Gewichtsklassen (A-Früchte  $> 70 \text{ g}$ ; B-Früchte  $50\text{-}70 \text{ g}$ ; C-Früchte  $< 50\text{g}$ ), geplatze Früchte (Platzer) und mit Braunfäule befallene Früchte (Kranke) kategorisiert.

**-Extraktion und Analyse von Carotinoiden-** Zur Untersuchung der sekundären Pflanzeninhaltsstoffe wurden im Sommer Tomaten ( $>70 \text{ g}$ ) im Reifestadium 9 randomisiert geerntet. Anschließend wurde das frische Material zur Bestimmung des Lycopin- und  $\beta$ -Carotingehaltes verwendet. Die Extraktion der Carotinoide erfolgte nach der Methodik von Fish et al. (2002) und die spektralphotometrische Vermessung bzw. Kalkulierung der Inhaltsstoffe nach Nagata und Yamashita (1992).

**-Statistische Analysen-** Die statistische Auswertung der Gesamterträge und der Carotinoide wurde mittels der Varianzanalyse (ANNOVA) mit SPSS durchgeführt. Die signifikanten Unterschiede wurden mit Hilfe des *t-Tests* bei einem Signifikanzniveau von  $p < 0,5$  kalkuliert.

### 3. Ergebnisse

Im Vergleich der Versuchsanlage wurde beobachtet, dass durch den Einfluss des Kollektorhauses die Blattfläche des Pflanzenstandes signifikant erhöht war (Abb. 1-A).

In Bezug auf den mittleren Anteil der Fruchtanzahl an der Blütenanzahl wurde ermittelt, dass sich das Kollektorhaus sehr positiv auf den beschriebenen Untersuchungsparameter auswirkte und dieser signifikant im Vergleich zum Referenzhaus erhöht wurde (Abb. 1-B).

Die Abbildung 1-C beschreibt den relativen Gesamtertrag im Kollektorhaus im Verhältnis zum Referenzhaus. Unter Einbezug aller geernteten Früchte unterschied sich der Gesamtertrag um  $1,5 \%$ . Zur Bewertung der Qualitätsabstufungen wurden die einzelnen Kategorien ins Verhältnis zu dem Gesamtertrag im jeweiligen Gewächshaus gesetzt. Gegenüber dem Referenzhaus wurden im Kollektorhaus mehr A-Früchte ( $0,7 \text{ } \%/ \text{m}^2$ ) sowie mehr B-Früchte ( $7 \text{ } \%/ \text{m}^2$ ) produziert und der Anteil an C-Früchten um fast  $7,5 \text{ } \%/ \text{m}^2$  reduziert. Der Anteil K-Früchte sank geringfügig um  $0,3 \text{ } \%/ \text{m}^2$ . In einer weiteren Kalkulation des Gesamtertrages wurden die nicht zu vermarktenden C-Früchte, Platzer und Kranke herausgerechnet. Infolge dessen stieg der Gesamtertrag (A,B-Früchte) im Kollektorhaus

um 8,6 % im Vergleich zum Referenzhaus an (Abb. 1-C,D).

In Laboruntersuchungen wurden die Carotinoide analysiert. Unter Einfluss des Kollektorhauses konnte der Lycopingehalt um 44,4 % und der  $\beta$ -Carotiningehalt um 7,7 % signifikant gegenüber den Tomaten im Referenzhaus erhöht werden (Abb. 1-E).

Weiterhin konnte bei extremen Außentemperaturen durch den gezielten Einsatz der Kühlung im Kollektorhaus eine Temperaturdifferenz von 6,2 K im Vergleich beider Gewächshäuser beobachtet werden (Abb. 1-F). Die relative Luftfeuchtigkeit lag im Tagesverlauf im Kollektorhaus zeitweise bis zu 40 % höher als im Referenzgewächshaus und erreichte Maximalwerte von 93 % (Abb. 1-F).

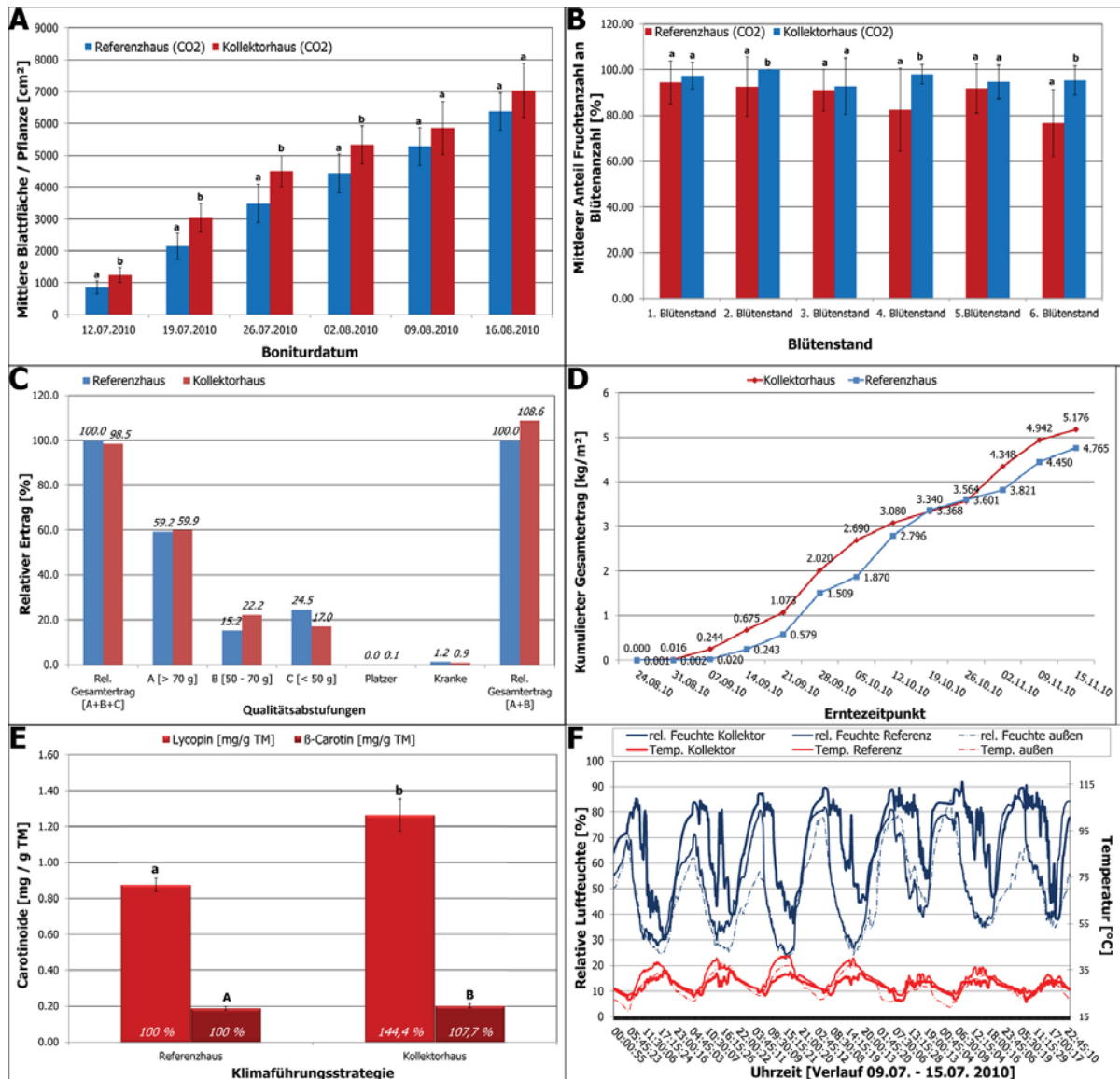


Abb. 1: A - Entwicklung der mittleren Blattfläche/Pflanze; B - Mittlerer Anteil der Fruchtanzahl/Blütenanzahl; C - Relative Erträge; D - Kumulierte Erträge; E - Carotinoide; F - Versuchsanlage bei extremen Außentemperaturen

#### 4. Diskussion

Aus pflanzenphysiologischer Sicht ist der Unterschied der Blattflächen auf die mittleren Temperaturdifferenzen in beiden Gewächshäusern zurückzuführen. Die Maximaltemperaturen lagen im Solarkollektorgewächshaus bei 34,9 °C und im Referenzhaus bei 41,1 °C (Abb. 1-F). In diesem Zusammenhang könnte durch die hohen Temperaturen im Referenzhaus die Photosyntheseleistung (Camejo et al., 2005) und das vegetative Wachstum (Wahid et al., 2007) stark reduziert worden sein. Darüber hinaus könnte auch die höhere relative Luftfeuchte im Kollektorhaus zu einem schnelleren Pflanzenwachstum geführt haben (Armstrong and Kirkby, 1979). Im Gegensatz dazu verweisen andere Untersuchungen auf eine reduzierte Blattfläche bei geringerer Wasserdampfdruckdifferenz (VPD) (Cockshull, 1998).

Die Ergebnisse der prozentualen Erfassung (Blütenanzahl/Fruchtzahl) widerlegen die in der Literatur angegebene Aussage, dass durch eine höhere relative Luftfeuchte die Bestäubung unterdrückt und der Blütenabbruch erhöht wird (Mulholland et al., 2001). Bertin et al. (2000) konnten nachweisen, dass eine höhere Luftfeuchte nicht die Anzahl der entwickelten Früchte beeinflusste. Vermutlich ist ein geringerer VPD erst dann als kritisch einzustufen, wenn die Blütentemperatur gegenüber der Taupunkttemperatur der Luft unterschritten wird und dadurch der Wasserdampf an den Blüten auskondensiert. Dagegen besteht weiterhin die Möglichkeit, dass die nachteilige Fruchtbildung im Referenzhaus durch die hohen Anfangstemperaturen im Versuch ausgelöst wurde (Wahid et al., 2007).

Die anfänglich höher liegenden Erträge im Referenzhaus (Abb. 1-D) sind auf eine Notreife der Tomaten aufgrund hoher Temperaturen zurückzuführen. Im übrigen Versuchszeitraum lagen die kumulativen Erträge im Kollektorhaus fortwährend höher als im Referenzhaus, wobei der Gesamtertrag um 8,6 % anstieg. Vergleichend ähnliche Ergebnisse, durch einen geringeren VPD, wurden von Bertin et al. (2000) nachgewiesen. Adams et al. (2001) dokumentierten geringere Erträge durch eine höhere mittlere Temperatur (26 °C). Weiterhin ist der kurzzeitige Ernterückgang (Oktober) im Kollektorhaus auf eine zu niedrig gewählte Kühltemperatur (19 °C) zurückzuführen (Abb. 1-D). Neben den Gesamterträgen nimmt die Qualität der Früchte einen immer höheren Stellenwert auf dem Absatzmarkt ein. Die verschiedenen Klimaregime wirkten sich unbeträchtlich auf die A-Früchte aus. Dagegen konnte durch Einfluss des Kollektorhauses der B-Anteil erhöht und der C-Anteil reduziert werden. Ähnliche Verschiebungen beobachteten auch Mulholland et al. (2001) und Leonardi et al. (2000) durch Einfluss einer höheren Luftfeuchte.

Durch den Einfluss der geschlossenen Betriebsweise wurden in den Tomaten der Lycopingehalt um 44 % und der  $\beta$ -Carotingehalt um 7,7 % signifikant gegenüber den Tomaten im Referenzhaus erhöht und verweisen auf einen höheren ernährungsphysiologischen Wert. Es ist zu vermuten, dass die zeitweise höheren Temperaturen im Referenzhaus die Biosynthese der Carotinoide hemmten und zur Reduktion des Lycopin- und  $\beta$ -Carotingehaltes führten (Dumas et al., 2003).

#### 5. Schlussfolgerung

Die ersten Ergebnisse verdeutlichen, dass durch den Einfluss des Kollektorhauses der Gesamtertrag der vermarktungsfähigen Tomaten gesteigert und die Qualität der Früchte verbessert werden konnte. Durch die zukünftige CO<sub>2</sub> - Anreicherung und der Reduzierung

der CO<sub>2</sub> - Verluste im geschlossenen Kollektorhaus wird darüber hinaus ein Mehrertrag von 20 % gegenüber dem Referenzhaus erwartet (Reinert et al., 1997). In Anlehnung an den ersten Ergebnissen der Pflanzen- und Ertragsentwicklung konzentrieren sich die Folgeversuche auf die Optimierung des Mikroklimas im Kollektorhaus, um den ernährungsphysiologischen Wert der Früchte um ein Vielfaches zu erhöhen sowie die Vitalität der Tomatenpflanzen nochmals zu verbessern.

## 6. Literatur

- Adams, S.R.**, Cockshull, K.E., Cave, C.R.J., 2001. Effect of temperature on the growth and development of tomato fruits. *Ann. Bot.* 88, 869-877.
- Armstrong, M.J.**, Kirkby, E.A., 1979. Influence of humidity on the mineral-composition of tomato plants with special reference to calcium distribution. *Plant Soil* 52, 427-435.
- Bertin, N.**, Guichard, S., Leonardi, C., Longuenesse, J.J., Langlois, D., Navez, B., 2000. Seasonal evolution of the quality of fresh glasshouse tomatoes under Mediterranean conditions, as affected by air vapour pressure deficit and plant fruit load. *Ann. Bot.* 85, 741-750.
- Camejo, D.**, Rodriguez, P., Morales, A., Dell'Amico, J.M., Torrecillas, A., Alarcon, J.J., 2005. High temperature effects on photosynthetic activity of two tomato cultivars with different heat susceptibility. *J. Plant Physiol.* 162, 281-289.
- Cockshull, K.E.**, 1998. Plant responses and adaptation to water issues in the greenhouse environment. *Acta Hort.* 458, 201-206.
- Dumas, Y.**, Dadomo, M., Di Lucca, G., Grolier, P., 2003. Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. *J. Sci. Food Agric.* 83, 369-382.
- Fish, W.W.**, Perkins-Veazie, P., Collins, J.K., 2002. A quantitative assay for lycopene that utilizes reduced volumes of organic solvents. *J. Food Compos. Anal.* 15, 309-317.
- Leonardi, C.**, Guichard, S., Bertin, N., 2000. High vapour pressure deficit influences growth, transpiration and quality of tomato fruits. *Sci. Hortic.* 84, 285-296.
- Mulholland, B.J.**, Fussell, M., Edmondson, R.N., Basham, J., McKee, J.M.T., 2001. Effect of vpd, K nutrition and root-zone temperature on leaf area development, accumulation of Ca and K and yield in tomato. *J. Hortic. Sci. Biotech.* 76, 641-647.
- Nagata, M.**, Yamashita, I., 1992. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. *J. Jpn. Soc. Food Sci. Technol.-Nippon Shokohin Kagaku Kogaku Kaishi* 39, 925-928.
- Reinert, R.A.**, Eason, G., Barton, J., 1997. Growth and fruiting of tomato as influenced by elevated carbon dioxide and ozone. *New Phytol.* 137, 411-420.
- Wahid, A.**, Gelani, S., Ashraf, M., Foolad, M.R., 2007. Heat tolerance in plants: An overview. *Environ. Exp. Bot.* 61, 199-223.
- WBGU**, 2008. Welt im Wandel: Sicherheitsrisiko Klimawandel. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.