

German Society of Horticultural Sciences (DGG)  
Lentzeallee 55/57  
Humboldt-Universität zu Berlin  
D-14195 Berlin



# DGG-Proceedings, Vol. 5, 2015

Short Communications – Annual Conference DGG and BHGL  
24.02. - 28.02. 2015, Weihenstephan, Germany

***Peer Reviewed***

## Editorial Board

Dirksmeyer, Walter *Braunschweig*  
Flachowsky, Henryk *Dresden*  
Förster, Nadja *Berlin*  
Geyer, Martin *Potsdam*  
Hardeweg, Bernd *Hannover*  
Mibus-Schoppe, Heiko *Geisenheim*  
Michaelis, Gerlinde *Bad-Zwischenahn*  
Rath, Thomas (Editor in Chief) *Osnabrück*  
Richter, Ellen *Braunschweig*  
Thomas, Jens *Osnabrück*  
Winkelmann, Traud *Hannover*  
Zinkernagel, Jana *Geisenheim*

Stefan Röder, Heike Bohne\*

Vergleich unterschiedlicher Methoden zur Bewertung der Trockenstresstoleranz von Gehölzen am Beispiel von *Corylus avellana* L.

---

\*Corresponding Author:

Heike Bohne  
Leibniz Universität Hannover, Institut für gartenbauliche Produktionssysteme  
Abteilung Gehölz- und Vermehrungsphysiologie  
Germany  
Email: bohne@baum.uni-hannover.de

## Vergleich unterschiedlicher Methoden zur Bewertung der Trockenstresstoleranz von Gehölzen am Beispiel von *Corylus avellana* L.

Stefan Röder, Heike Bohne

Leibniz Universität Hannover, Institut für gartenbauliche Produktionssysteme  
Abteilung Gehölz- und Vermehrungsphysiologie

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

Der Einfluss von Trockenstress auf Gehölze kann mit verschiedenen Methoden erfasst werden. Die Methoden, die hierbei zum Einsatz kommen, unterschieden sich unter anderem in ihrem zeitlichen und finanziellen Aufwand, ihrer Aussagekraft, sowie ihrer Sensitivität und Spezifität. In diesem Versuch wurde die Auswirkung von Trockenstress auf ausgewählte biochemische (Prolin, Glucose, Fructose und Saccharose) und physiologische (Blattwasserpotenzial, Chlorophyllfluoreszenz und stomatäre Leitfähigkeit) Parameter untersucht. Ziel dieses Versuches ist die Identifizierung von geeigneten Parametern, um die Trockenstresstoleranz von Gehölzen zu bewerten. Im Anschluss sollen Empfehlungen für zukünftige Trockenstressversuche abgeleitet werden.

### 2. Material und Methoden

Für den Versuch wurden einjährige *Corylus avellana* Sämlinge aus einer Baumschule bezogen. Diese wurden im März 2014 in drei Liter Container getopft. Der Versuch wurde vom 07.07.2014 bis 16.07.2014 in einem Gewächshausabteil der Leibniz Universität Hannover durchgeführt. Die Solltemperatur betrug am Tag 26 °C und in der Nacht 16 °C. Ab einer Einstrahlung von 25 klux wurde die Schattierung geschlossen. Die 100 Versuchspflanzen wurden zufällig eine der drei Behandlungen (100 %, 50 % oder 0 %) zugeordnet. Die Kontrollvariante (100 %) wurde täglich bewässert, während bei der 50 % - Variante alle zwei Tage 50 % des Wasserverlustes ersetzt wurden. Bei der 0 % - Variante wurde keine Bewässerung durchgeführt. Während des Versuchszeitraums wurden 5 Messtermine angesetzt. An jedem Messtermin wurden vier Pflanzen pro Behandlung analysiert. Von jeder Pflanze wurde ein Trieb aus dem oberen, mittleren und unteren Drittel der Pflanze ausgewählt. Die Triebe wurden wiederum in zwei Bereiche (Triebspitze und Triebbasis) halbiert. Somit ergaben sich an jeder Pflanze sechs Messpositionen. Die Chlorophyllfluoreszenzkinetik wurde mit einem portablen Fluorometer (Handy-PEA, Hansatech, Norfolk, England) bei 3500  $\mu\text{mol Photonen m}^{-2} \text{s}^{-1}$  gemessen. Die Messungen fanden im Zeitraum von 03.30 bis 04.30 Uhr statt. Aufgrund der pre-dawn Messung wurde keine Dunkeladaptation der Blätter durchgeführt. Das pre-dawn Blattwasserpotenzial wurde mit einer Scholander-Bombe (Model 3115, UMS, München, Deutschland) gemessen. Die Messungen wurden im Zeitraum von 05:00 bis 07:00 Uhr durchgeführt. Zeitgleich wurde die visuelle Bonitur der Welkesymptome durchgeführt. Zur Messung der stomatären Leitfähigkeit wurde ein Porometer (AP4 Leaf Porometer, Delta-T Devices, Cambridge, England) eingesetzt.

Die Messungen fanden zwischen 10.00 und 11.30 Uhr statt. Zu Beginn jeder Messreihe wurde das Gerät mit einer Kalibrierplatte nach den Vorgaben des Herstellers kalibriert. Die Bestimmung des Prolingehaltes erfolgte nach dem Protokoll von Bates et al. (1973). Die Probenentnahme fand im Zeitraum von 10.00 bis 12.00 Uhr statt. Die Konzentrationen an Glucose, Fructose und Saccharose wurden enzymatisch bestimmt. Das genaue Protokoll kann beim Autor angefordert werden. Die statistische Auswertung wurde mit dem Programm R (R Development Core Team 2011) durchgeführt. Zur Interpretation der Haupt- und Interaktionseffekte wurde ein lineares gemischtes Modell mit dem Packet „nlme“ (Pinheiro et al. 2014) angepasst. Signifikante Effekte wurden anschließend über multiple Vergleiche mit dem Packet „multcomp“ (Hothorn et al. 2008) ausgewertet. Zur Berechnung der Grenzwerte wurde das Packet „tsDyn“ (Stigler 2010) verwendet. In den nachfolgenden Diagrammen wurden jeweils die einzelnen Messpunkte (24 Messwerte von 4 Pflanzen pro Termin und Behandlung) abgebildet.

### 3. Ergebnisse

Positionseffekte an der Pflanze konnten unter anderem für die Effizienz der Photosystem-II-Aktivität ( $F_v/F_m$ ) ( $df = 5$ ,  $F = 19,3812$ ,  $p = 3,905e^{-16}$ ) und der Saccharosekonzentration ( $df = 5$ ,  $F = 12,8229$ ,  $p = 1,281e^{-10}$ ) nachgewiesen werden. In beiden Fällen zeigten die Blätter im Bereich der Triebbasis höhere Werte als im Bereich der Triebspitze. Dieser Trend wurde an allen untersuchten Trieben gefunden, unabhängig davon, ob sie aus dem apikalen oder basalen Teil der Pflanze stammten. Die mittlere Differenz betrug beim  $F_v/F_m$ -Wert 0,007564 und bei der Saccharosekonzentration 0,8740 %. Keine Positionseffekte konnten bei dem Blattwasserpotenzial ( $df = 5$ ,  $F = 0,0904$ ,  $p = 0,9937$ ), dem Prolingehalt ( $df = 5$ ,  $F = 0,6179$ ,  $p = 0,6863$ ) sowie den Konzentrationen an Glucose ( $df = 5$ ,  $F = 1,0455$ ,  $p = 0,3926$ ) und Fructose ( $df = 5$ ,  $F = 1,3798$ ,  $p = 0,2341022$ ) nachgewiesen werden. Die stomatäre Leitfähigkeit zeigte einen Abfall, sobald das Blattwasserpotenzial unter  $-0,45$  MPa gesunken war. Ab einem Blattwasserpotenzial unter  $-1$  MPa wurde nur noch eine stomatäre Leitfähigkeit von unter  $45 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  gemessen (Abb. 1).

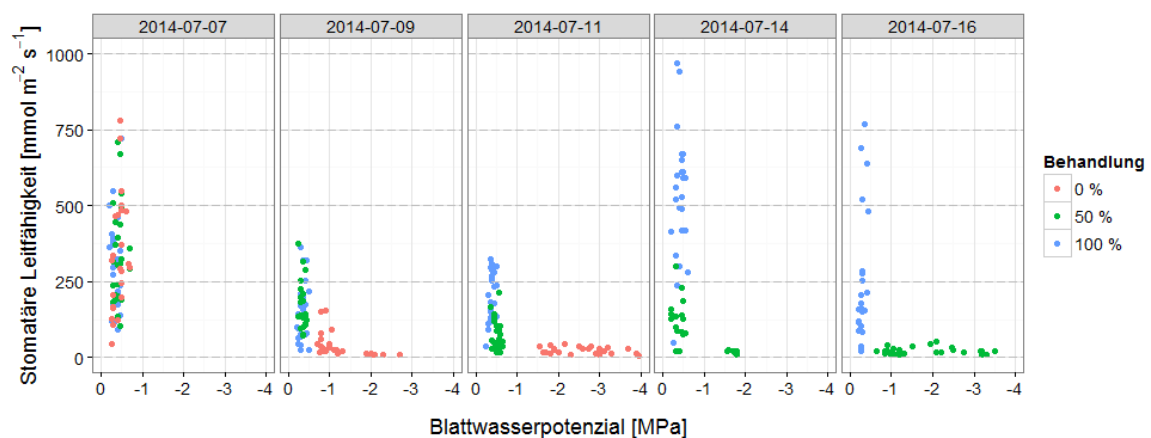


Abb. 1: Zusammenhang zwischen pre-dawn Blattwasserpotenzial und stomatärer Leitfähigkeit bei verschiedenen Bewässerungsbehandlungen in Abhängigkeit von der Zeit.

Der Prolingehalt in den Blättern erhöhte sich, sobald das Blattwasserpotenzial unter -1,8 MPa gesunken war (Abb. 2). Im Vergleich zur 50 % - Variante zeigte die 0 % - Variante bei abnehmenden Blattwasserpotenzialen eine stärkere Zunahme.

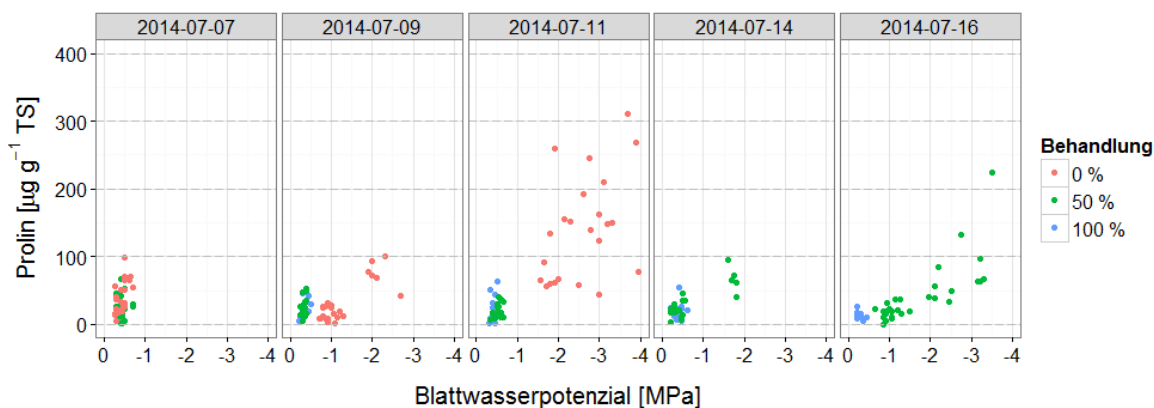


Abb. 2: Zusammenhang zwischen pre-dawn Blattwasserpotenzial und Prolingehalt bei verschiedenen Bewässerungsbehandlungen in Abhängigkeit von der Zeit.

Weder der Messtermin ( $df = 4$ ,  $F = 1.7$ ,  $p = 0,1707$ ) noch die Behandlung ( $df = 2$ ,  $F = 1,0$ ,  $p = 0,3673$ ) hatten einen signifikanten Einfluss auf die Effizienz der Photosystem-II-Aktivität ( $F_v/F_m$ ). Die Werte der beiden Stressvarianten bewegten sich immer im Bereich der Kontrollvariante (Abb. 3).

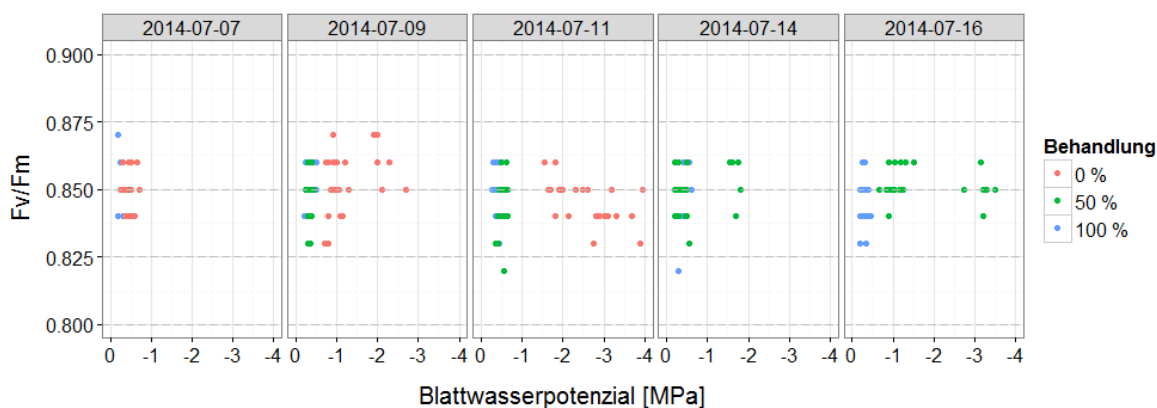


Abb. 3: Zusammenhang zwischen pre-dawn Blattwasserpotenzial und  $F_v/F_m$  bei verschiedenen Bewässerungsbehandlungen in Abhängigkeit von der Zeit.

Die Gehalte an Glucose, Fructose und Saccharose wurden in Abbildung 4 als Gesamtsumme der drei Zucker dargestellt. Die Saccharosekonzentration machte mit 3 - 6 % den größten Teil der drei analysierten Zucker aus. Glucose und Fructose befanden sich jeweils im Bereich von 0,2 bis 1,0 %. Über die Versuchsdauer konnten keine signifikanten Veränderungen nachgewiesen werden. Die Konzentrationen innerhalb der Stressvarianten befanden sich zum größten Teil im Bereich der Kontrollvariante.

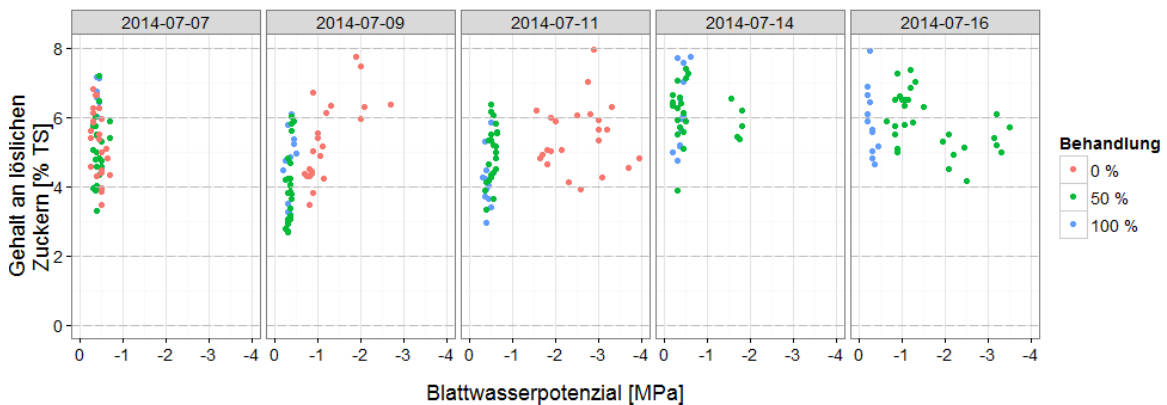


Abb. 4: Zusammenhang zwischen pre-dawn Blattwasserpotenzial und Gehalt an löslichen Zuckern bei verschiedenen Bewässerungsbehandlungen in Abhängigkeit von der Zeit.

#### 4. Diskussion

Die Versuchspflanzen reagierten frühzeitig mit dem Schließen ihrer Stomatas auf Trockenstress. Dieser Parameter zeigte sich als sehr sensitiv, da er bereits Unterschiede zwischen der Kontroll- und der Stressvariante ab einem pre-dawn Blattwasserpotenzial von unter -0,45 MPa erfassen konnte. Ein Nachteil dieses Verfahrens ist der geringe Messbereich bei *Corylus avellana*. Aufgrund der Tatsache, dass ab einem Blattwasserpotenzial kleiner als -1 MPa keine nennenswerte stomatäre Leitfähigkeit mehr gemessen wurde, kann ab diesem Wert keine weitere Bestimmung des aktuellen Stresslevels erfolgen.

Ab einem Blattwasserpotenzial kleiner als -1,8 MPa konnte ein Anstieg im Prolingehalt beobachtet werden. Die Pflanzen reagierten somit nur knapp vor dem Auftreten erster Welkesymptome (-2 MPa, Ergebnisse nicht dargestellt) mit einer erhöhten Prolinakkumulation auf Trockenstress. Eine Bestimmung des aktuellen Stresslevels der Versuchspflanze ist aufgrund der hohen Streuung zwischen den Werten bei identischen Blattwasserpotenzialen nur bedingt möglich. Desweiteren ist die Stärke der Zunahme abhängig von der Stressintensität. So zeigte die 0 % - Variante (keine Bewässerung) bei abnehmenden Blattwasserpotenzialen eine starke Zunahme als die 50 % - Variante.

Die Effizienz der Photosystem-II-Aktivität ( $F_v/F_m$ ) veränderte sich nicht mit abnehmendem Blattwasserpotenzial. Selbst bei einem Blattwasserpotenzial von -3,5 MPa befanden sich die  $F_v/F_m$ -Werte der Stressvarianten auf dem gleichen Level wie die der Kontrollvariante.

Die Chlorophyllfluoreszenz ist deshalb als frühzeitiger Trockenstressindikator ungeeignet. Die Konzentrationen von Glucose, Fructose und Saccharose veränderten sich ebenfalls nicht unter Trockenstressbedingungen. Der Grund hierfür kann zum einen eine mangelnde osmotische Anpassung von *Corylus avellana* sein. Zum anderen gibt es weitere osmotische Substanzen, wie Mannitol oder Sorbitol, welche in diesem Versuch nicht analysiert wurden.

Die nachgewiesenen Positionseffekte bei der Chlorophyllfluoreszenz und der Saccharosekonzentration können auf das unterschiedliche Entwicklungsstadium der Blätter an der Triebspitze und an der Triebbasis zurückgeführt werden. Bei der Probenentnahme für Laboranalysen sollten daher Blätter aus dem gleichen Triebabschnitt verwendet werden. Sollte ein Triebabschnitt nicht über genügend Blattmaterial für die Analyse verfügen, können die Blätter vom selben Triebabschnitt anderen Trieben verwendet werden.

## 5. Schlussfolgerung

In diesem Versuch konnten gezielte Grenzwerte ermittelt werden, bei denen *Corylus avellana* auf Trockenstress reagierte (-0,45, -1,0, -1,8 und -2,0 MPa). Auf Grundlage der Ergebnisse wird daher im Frühsommer 2015 die Möglichkeit eines grenzwertbasierten Vergleichsverfahrens (threshold based comparison procedure) an 6 Laubbaumarten erprobt. Die Vorteile dieses Verfahrens liegen zum einen in der geringen Anzahl an Versuchspflanzen, welche für die Ermittlung von Grenzwerten benötigt wird ( $n \geq 5$ ). Zum anderen liegt der Focus auf den Blättern, sodass die Versuchspflanzen nach Abschluss des Verfahrens erhalten bleiben. Daher könnte sich dieses Verfahren gerade für größere Gehölze im Freiland anbieten.

## 6. Literatur

**Bates, L. S., Waldren S. P. and Teare, I. D. (1973):** Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant Soil* 39: 205 - 207.

**Hothorn, T.; Bretz, F.; Westfall, P. (2008):** Simultaneous Inference in General Parametric Models. *Biometrical Journal* 50(3), 346 - 363.

**Pinheiro, J.; Bates, D.; DebRoy, S.; Sarkar, D.; R Core Team (2014):** nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. R package version 3.1 - 118. URL: <http://CRAN.R-project.org/package=nlme>.

**R Development Core Team (2011):** R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna. Austria. URL: <http://www.R-project.org/>.

**Stigler, M. (2010):** tsDyn: Threshold cointegration: overview and implementation in R.