

## **Untersuchungen möglicher Methoden zur Steuerung der Tröpfchenbewässerung**



Jakob Münsterer  
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft,  
Arbeitsgruppe Hopfenbau, Produktionstechnik, Wolnzach

## **Untersuchungen möglicher Methoden zur Steuerung der Tröpfchenbewässerung**

Jakob Münsterer, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Arbeitsgruppe Hopfenbau, Produktionstechnik, Wolnzach

### **Ziel**

Nicht nur in Trockenjahren, sondern auch in niederschlagsreichen Jahren mit hohem Ertragsniveau erbrachten in zahlreichen Versuchen die bewässerten gegenüber den unbewässerten Versuchsvarianten deutliche Mehrerträge. Dies zeigt, dass nicht nur die Niederschlagsmenge sondern vor allem eine gleichmäßige Wasserversorgung für ein stabiles Ertragsniveau eines Standortes entscheidend ist.

Durch Tröpfchenbewässerung soll die optimale Pflanzenentwicklung dadurch gesichert werden, dass einerseits eine optimale Bodenfeuchte im Hauptwurzelbereich gehalten wird und andererseits eine ausreichende Wasserversorgung in witterungsbedingten Stresssituationen für die Pflanze zur Verfügung steht, ohne dabei Nährstoffe aus dem Boden ins Grundwasser auszuwaschen.

Um dies zu gewährleisten, sind Messmethoden und Parameter erforderlich, damit der aktuelle Wasserbedarf der Pflanzen erkannt und eine gezielte Steuerung der Bewässerung möglich wird.

### **Mögliche Methoden zur Beurteilung der Bodenfeuchte bzw. des Wasserbedarfs des Hopfen**

Auf einem Sandboden mit einer nutzbaren Feldkapazität (nFK) von 11 Vol.-% und einer standortbedingten Hauptdurchwurzelungstiefe von bis zu 40 cm wurden im Rahmen eines Bewässerungsversuches unterschiedliche Messmethoden zur Beurteilung des Wasserbedarfs der Hopfenpflanze eingesetzt. Durch die geringe nutzbare Feldkapazität aber gleichzeitig bei ausreichender Wasserversorgung hohen erzielbaren Ertragsniveaus, kann auf diesem Standort die Reaktion der Pflanze auf unterschiedliche Wassergaben über Tröpfchenbewässerung sehr gut erforscht werden. Bei Wassermangel sind hier Wachstums- und Ertragsdepressionen optisch sehr schnell zu erkennen. Zugleich konnten in den letzten Jahren bedingt durch Tröpfchenbewässerung Erträge erzielt werden, welche das genetische Ertragspotential der Sorten zeigen.

## **1. Messung der Saugspannung**

### **1.1. Tensiometer**

Die Messung der Saugspannung liefert Informationen, mit welcher Kraft Wasser im Boden gebunden ist oder den Pflanzen zur Verfügung steht. In der Praxis haben sich zur direkten Messung der Saugspannung Tensiometer bewährt. Ein Tensiometer besteht aus einem mit Wasser gefüllten Plexiglasrohr, an dem unten luftdicht eine Keramik- oder Tonzelle und oben ein Manometer angeschlossen ist. Das Wasser des Tensiometers steht über die Poren der Zelle, welche in einer definierten Bodentiefe eingebaut ist, mit dem Bodenwasser in Verbindung. Wird der Boden durch Wasserentzug durch die Pflanze oder durch Verdunstung trockener, steigt die Saugspannung an; im Tensiometer entsteht ein Unterdruck, welcher der Saugspannung entspricht, der über das Manometer in mbar oder cbar angezeigt wird. Nachteilig ist, dass bei starker Trockenheit die Wassersäule ab ca. 800 mbar Saugspannung, ein Bereich der im Hopfen mitunter sehr schnell erreicht wird, im Tensiometer abreißt.

## 1.2. Watermarkensensoren

Im Versuch wurden zum Messen und Aufzeichnen der Saugspannung Watermarkensensoren auf Gipsblockbasis eingesetzt. Durch zwei eingebaute Elektroden im Sensorinneren wird der gemessene Widerstand in Saugspannungswerte umgerechnet. Dieser wartungsfreie Sensor liefert Messwerte bis 2000 mbar. Über die Watermark-Monitor-Datalogger konnten in den einzelnen Versuchsvarianten sämtliche Messwerte kontinuierlich aufgezeichnet, abgespeichert und ausgewertet werden.

### Einbau der Tensiometer und Watermarkensensoren im Versuch

Da die Messung der Saugspannung eine punktuelle Messung ist und aufgrund von Bodenheterogenität und unterschiedlichen Wurzelwachstum der Pflanzen unterschiedliche Bodenfeuchten natürlich sind, wurden in den Versuchsvarianten jeweils 3 Tensiometer oder 3 Watermarkensensoren im Bifang in Höhe der Schneidsohle eingebaut. Die Platzierung erfolgte genau in Bifangmitte zwischen 2 Hopfenstöcken unmittelbar bei der Tropfstelle des Bewässerungsschlauches. Der Bewässerungsbeginn in Abhängigkeit von der Saugspannung orientierte sich am Durchschnittswert der 3 oben eingebauten Sensoren. Zusätzlich wurden zu diesen Sensoren im Bifangbereich jeweils 3 Sensoren 30 cm unterhalb der Schneidsohle eingebaut. Die Auswirkungen der Bewässerung konnte über die unteren Sensoren über die Veränderung der Bodenfeuchte beobachtet werden.

### Einbautiefe von Tensiometern oder Watermarkensensoren zur Messung der Saugspannung

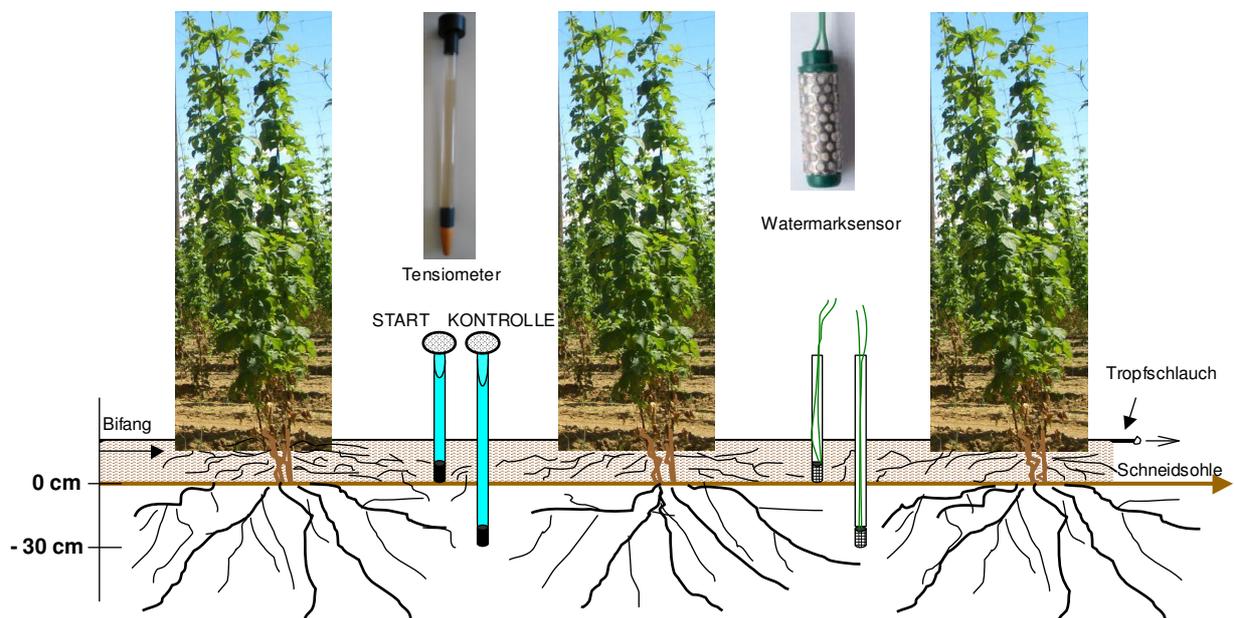


Abb.1: Anordnung der Tensiometer und Watermarkensensoren im Bewässerungsversuch

## 2. Berechnen des Bewässerungsbedarfs über EDV-Wasserhaushaltsmodell HyMoHop

In den Jahren 2004 und 2005 wurde von Dr. Rötzer das Wasserhaushaltsmodell HyMoHop entwickelt und programmiert. HyMoHop berechnet in täglichen Schritten aus meteorologischen Daten die potentielle und tatsächliche Verdunstung, die Interzeption, Abfluss, Bodenwassergehalt und den Bewässerungsbedarf.

Ziel ist es langfristig, der Praxis über eine Internetanwendung eine Bewässerungsempfehlung anzubieten. Im Bewässerungsversuch sollte das Modell erprobt und Grundlagen für eine Weiterentwicklung erarbeitet werden. Die angelegten Varianten unterschieden sich im Bewässerungsbeginn in Abhängigkeit von der berechneten Bodenfeuchte. So ergaben sich bei einem Bewässerungsbeginn ab 70 %, 80 % und 90 % der nFK unterschiedliche Bewässerungsmengen und -zeitpunkte.

## Ergebnisse

Durch die Messung der Saugspannung mit Tensiometern oder Watermarksensoren ist es möglich, die Bodenfeuchte direkt im Hauptwurzelbereich der Pflanze zu messen und zu beurteilen. Bei einer ausreichenden Wasserversorgung ergeben sich beim Hopfen, in Abhängigkeit von der Bodenart, Saugspannungswerte im Hauptwurzelbereich von 150 - 500 mbar. Für diesen Messbereich liefern sowohl die „klassischen“ Tensiometer als auch Watermarksensoren gute reproduzierbare Werte. Der beschriebene Einbau und die Positionierung der Tensiometer oder Sensoren in verschiedenen Tiefen ergeben einen ersten Ansatz einer gezielten Bewässerungssteuerung. So kann über den oberen Saugspannungswert der Bewässerungsbeginn festgelegt werden. Die Auswirkung bzw. Kontrolle der Bewässerung ist über die unteren Saugspannungswerte möglich. Über deren Veränderung können die Bewässerungsintervalle und die Dauer der Bewässerung eingestellt werden.

Ein Vorteil der Saugspannungsmessung ist die Übertragbarkeit bzw. Vergleichbarkeit der Messwerte. Definierte Optimalbereiche sind bei gleicher Einbauart auf allen Bodenarten gültig.

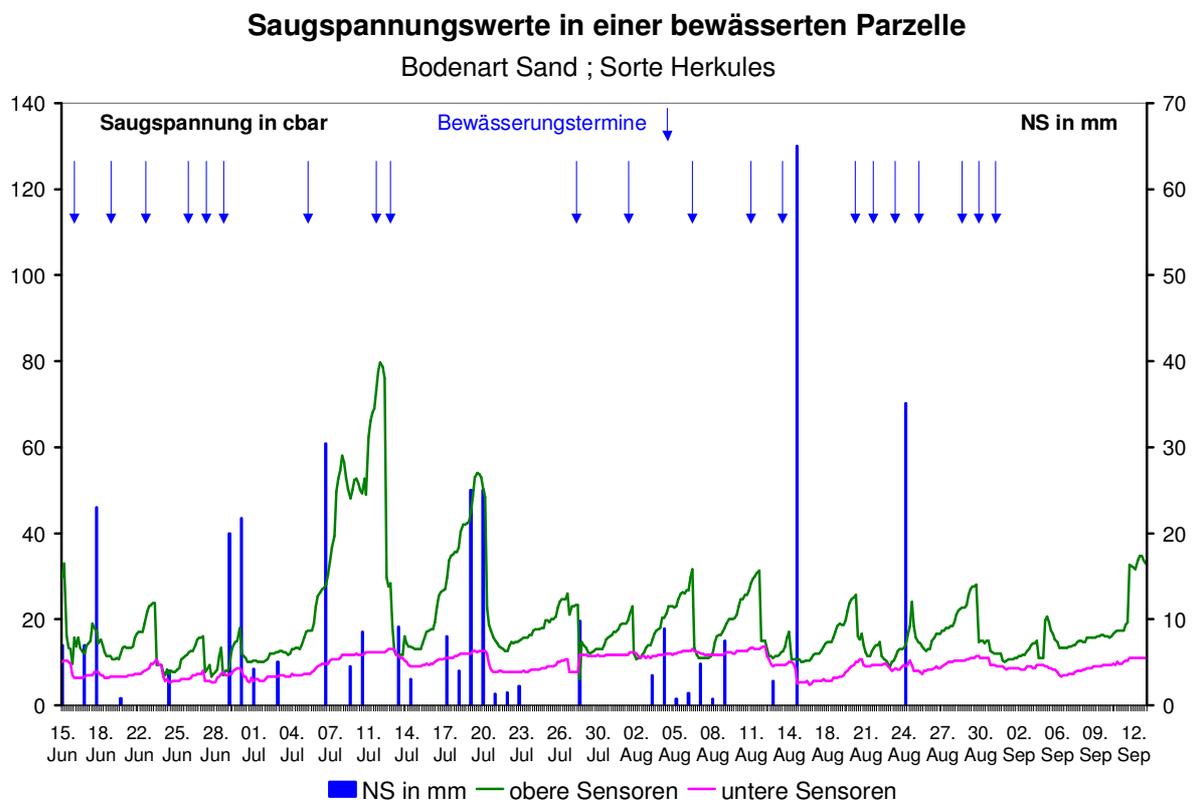


Abb.2: Saugspannungswerte in einer bewässerten Parzelle

### Saugspannungswerte in einer unbewässerten Parzelle

Bodenart Sand ; Sorte Herkules

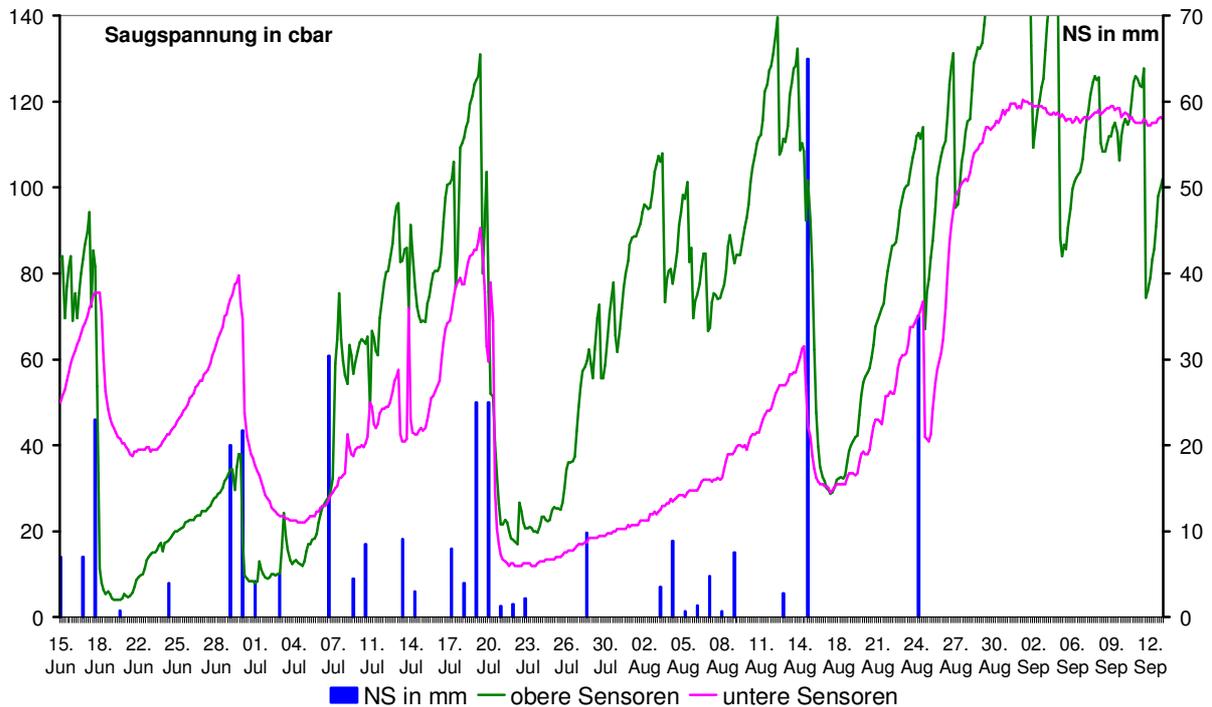


Abb.3: Saugspannungswerte in einer unbewässerten Parzelle

Abb.2 und Abb.3 zeigen die Bodenfeuchte über die Saugspannungswerte im Bifang und im Hauptwurzelbereich 30 cm unterhalb der Schneidsohle. Die geringere Bodenfeuchte in den unbewässerten gegenüber den bewässerten Varianten wird durch die hohen Saugspannungswerte sehr gut beschrieben. Zudem kann man erkennen, dass trotz hoher Niederschlagsmengen im Juli der Boden im Bifangbereich der unbewässerten Parzelle immer wieder sehr schnell austrocknet. Grund dafür ist die über die Fläche ungleichmäßige Verteilung der Niederschläge. Durch dichten Wuchs und starke Belaubung der Hopfenreben wird der Bifang zum Teil von Niederschlägen abgeschirmt. Zusätzlich besteht über die Wurzelmassen des Hopfens ein starker Wasserentzug. Dagegen konnten durch die Bewässerung die Schwankungen der Saugspannungswerte in den bewässerten Parzellen reduziert und auf niedrigem Niveau gehalten werden.

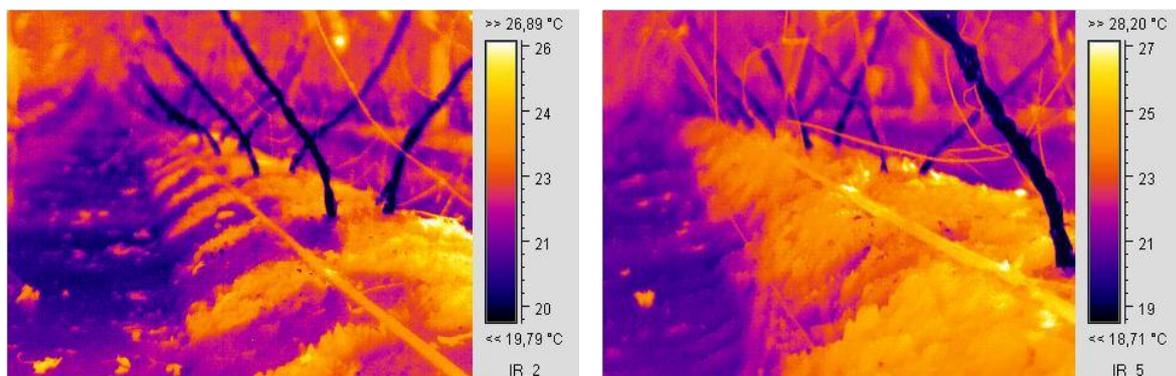


Abb.4: Wärmebildaufnahmen einer bewässerten (links) und unbewässerten Parzelle (rechts)

Die Wärmebildaufnahmen bestätigen die starke Austrocknung des Bifangs. Sehr gut zu erkennen sind die durch Tröpfchenbewässerung durchfeuchteten Zonen (linkes Bild). Der große Unterschied in der Bodenfeuchte zwischen Bifang und Fahrgasse ist zusätzlich in der geringen seitlichen Wasserbewegung des Sandbodens und in dem standortbedingten geringen Wurzelvorkommen in der Fahrgasse begründet.

Mit dem EDV-Wasserhaushaltsmodell HyMoHop wurde erstmals versucht den Bewässerungsbedarf des Hopfens zu berechnen. Grundlage ist die klimatische Wasserbilanz, bei der der Bewässerungsbedarf aus der Bilanz der potentiellen Verdunstung (nach Penman) multipliziert mit den pflanzenspezifischen kc-Faktor abzüglich des natürlichen Niederschlages berechnet wird. Das Verhältnis der aktuellen zur potentiellen Verdunstung ergibt den pflanzenspezifischen kc-Faktor. Da sich die verschiedenen Hopfensorten z. B. in Habitus, Wurzelmasse, Blattfläche, Ertragsniveau und Vegetationszeit wesentlich unterscheiden, muss für eine Weiterentwicklung des Modells nicht nur ein kc-Faktor für die Kultur Hopfen, sondern sogar für jede einzelne Hopfensorten oder vergleichbare Sortengruppen genauer definiert werden. Dies zeigten die unterschiedlichen Saugspannungswerte und die unterschiedlichen gravimetrisch bestimmten Bodenwassergehalte der Sorten Perle, Magnum und Herkules bei gleichem Standort, gleicher Witterung und gleichen Bewässerungszeitpunkten und -mengen.

### **Ausblick**

In dem von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderten Bewässerungsprojekt „Optimierung des Bewässerungsmanagements im Hopfenbau“ wird auf den bisherigen Untersuchungen aufbauend, der Bewässerungsbedarf des Hopfens weiter erforscht. Dabei sollen physiologische Messungen an der Pflanze, korreliert mit der Bodenfeuchte, Rückschlüsse auf den optimalen Bewässerungszeitpunkt geben, welche zukünftig zu einer gezielten Steuerung herangezogen werden können.