

Heike Fröschle, Markus Ströbel, Joschko Geiss und Karlheinz Köller

# Hohenheimer Modul und Berechnungsmodell zur Simulation der Taubildung

Blattnässe und damit auch die in Mitteleuropa im Frühjahr und Sommer häufig auftretende nächtliche Taubildung sind kritische Faktoren bei der Entstehung und Kontrolle von Pflanzenkrankheiten. Um die Taubildung und deren Entstehung sowie Einflüsse auf Ackerkulturen auf Laborebene nachstellen zu können, wurden ein Tausimulationsmodul und ein zugehöriges Berechnungsmodell entwickelt.

## Schlüsselwörter

Tausimulation, Modellierung

## Keywords

Dew simulation, modelling

## Abstract

Fröschle, Heike; Ströbel, Markus; Geiss, Joschko and Köller, Karlheinz

The Hohenheim module and calculation model for dew simulation

Landtechnik 67 (2012), no. 3, pp.188–190, 3 figures, 8 references

Leaf surface wetness along with dewfall, which frequently occurs during spring and summer in Central Europe, are critical factors regarding the formation and control of plant diseases. A simulation module and a corresponding calculation model were created in order to reproduce dewfall and the formation of dew, as well as its impact on arable crops on a laboratory scale.

Die Blattnässedauer ist ein wichtiger Aspekt bei der Kontrolle von Pflanzenkrankheiten, da die Sporen vieler Erreger einen Wasserfilm auf der Blattoberfläche benötigen, um zu keimen und den Wirt infizieren zu können [1–5]. Tau ist in Bezug auf die Infektion von Pflanzenblättern durch eine Anzahl von pathogenen Pilzen besonders wichtig [6].

Um Zusammenhänge wie das Bildungsverhalten von Tau und das Verhalten von Tautropfen auf unterschiedlichen Oberflächen bzw. Kulturen sowie den Ausschluss standortbedingter Einflussfaktoren auf die Taubildung im Labor nachbilden zu können, wurde ein Messaufbau zur Tausimulation angefertigt und ein zugehöriges Berechnungsmodell erstellt.

## Messaufbau

Der Messaufbau besteht aus zwei Teilen: Einem Sensorteil mit Infrarotthermometer (Optris CS LT 15K, Optris GmbH, Deutschland) zur Bestimmung der Oberflächentemperatur und einem Temperatur- und Feuchtesensor (HYT 271, Hygrosens, Deutschland) sowie der Temperaturregelung mittels eines regelbaren Peltierelementes (TEC1 12708, HB Electronic Components, USA) zur Kühlung der Blätter. Das Peltierelement verhält sich im Messaufbau wie eine Wärmepumpe: Eine Seite wird gekühlt

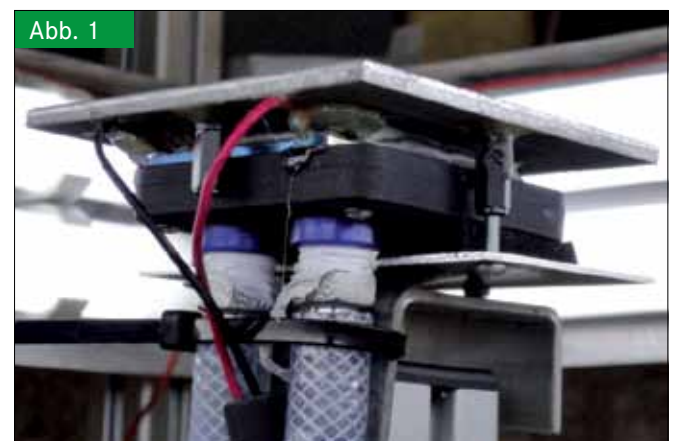


Abb. 1

Messaufbau mit Peltierelement und Wasserkühlung  
 Fig. 1: Test setup along with Peltier element and water cooling system (Foto: H. Fröschle)

Abb. 2



Berechnungsverfahren schematisch  
Fig. 2: Schematical calculation method

und kann zur Tausimulation genutzt werden, wohingegen sich die andere Seite erwärmt. Die Unterseite des Peltierelementes wird durch eine Wasserkühlung vor Überhitzung geschützt (**Abbildung 1**). Das gesamte System wird durch die hierfür entwickelte DewAlyzer Software (ILFtec, Deutschland) gesteuert.

Auf dem Peltierelement ist eine Aluminiumplatte aufgebracht. Darauf liegt ein durch ein Kontaktmedium verbundenes Blatt, das während des Messvorganges über einen PID-Regler auf die gewünschte Oberflächentemperatur gekühlt wird. Hierzu wird von der Steuerungssoftware eine Temperaturkurve mit vorgewählten Temperaturschritten angefahren. Diese legt fest, nach welcher Zeiteinheit die gewünschte Oberflächentemperatur erreicht ist. Die Oberflächentemperatur wird während der gesamten Messung durch das Infrarotthermometer erfasst und an die Steuerungssoftware weitergegeben, welche die prozentuale Betauung der Blattoberfläche unter Berücksichtigung von Taupunkttemperatur, Umgebungstemperatur und Feuchte errechnet (**Abbildung 2**).

### Berechnungsmethode des Modells

Der Taupunkt ist ein Feuchtemaß, das durch die Taupunkttemperatur  $td$  festgelegt ist. Analog zum Taupunkt gibt es den Frostpunkt oder den Eispunkt [7]. Bei Erreichen dieser Punkte entstehen verschiedene Ablagerungen in flüssiger oder fester Form (Tau und Reif), die als Beschlag bezeichnet werden. Sie entstehen durch Kondensation oder Sublimation des Wasserdampfes in der Luft und kommen vor allem bei Nacht, bei klarem Wetter und schwachem Wind vor, wenn sich die Erdoberfläche wirksam abkühlt [8]. Da am Taupunkt  $td$  [°C] der Dampfdruck dem Sättigungsdruck entspricht, wird dieser im Modell durch das Umstellen der Magnus-Formel, wie in Gleichung 1 dargestellt, errechnet:

$$td = 237,2 \text{ °C} \lg\left(\frac{e}{6,1 \text{ hPa}}\right) / \left[7,5 - \lg\left(\frac{e}{6,1 \text{ hPa}}\right)\right] \quad (\text{Gl. 1})$$

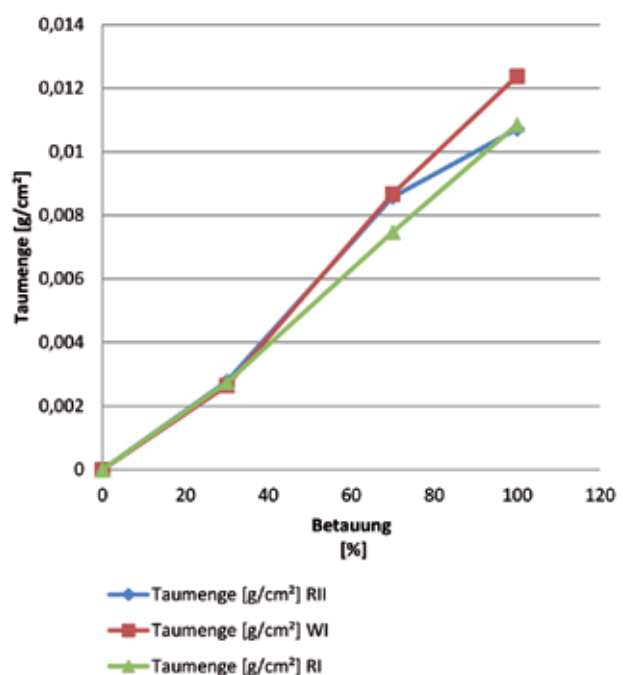
$$e = 6,1 \text{ hPa} \cdot 10^{(7,5 \text{ td}) / (\text{td} + 237,2 \text{ °C})}$$

Darüber hinaus wird nach [7] als Maß für die Feuchte auch die Taupunktdifferenz  $\Delta Td$  angegeben (Gleichung 2), wobei  $T$  der Blatttemperatur und  $td$  dem Taupunkt entspricht.

$$\Delta Td = T - td \quad (\text{Gl. 2})$$

Darauf aufbauend, erfolgt die Berechnung der auf den Blättern entstandenen Taumenge  $Qd$  im Klimamodell, indem das Integral der Differenztemperatur von Taupunkttemperatur und Temperatur der Blattoberfläche über die Zeit  $t$  (Gleichung 3) gebildet wird.

Abb. 3



Taubildung [g/cm²] für die Kulturen Weizen und Raps  
Fig. 3: Dew formation [g/cm²] regarding the cultivations of rapeseed and wheat

$$Qd = \int_{t_1}^{t_n} \Delta T d(t) |\Delta T d(t)| dt \quad (\text{Gl. 3})$$

### Ergebnisse

Durch den Einsatz eines genormten Saugvlieses (Procter & Gamble GmbH & Co Operations oHG, Deutschland) konnte das Taubildungsverhalten hinsichtlich Linearität und Nichtlinearität untersucht und die Menge an Tau [g/cm<sup>2</sup>] für verschiedene Kulturen bestimmt werden. Durch die in **Abbildung 3** beispielhaft dargestellten Taubildungskurven für die Kulturen Raps (RI: BBCH 15 - 18 und RII: BBCH 62 - 65) und Weizen (WI: BBCH 12 - 21) konnte auf den betrachteten Kulturen ein linearer Verlauf für die Zunahme der Taumenge nachgewiesen werden.

### Schlussfolgerungen

Das System wurde bisher vorwiegend zur Darstellung von Taubildungsverläufen und Verweildauern bei vorgegebener Umgebungstemperatur und variierender Luftfeuchte eingesetzt. Durch Nachweis der Eigenschaften unterschiedlicher Tauverläufe auf verschiedenen Ackerkulturen, konnte das bisherige Berechnungs- und Simulationsmodell verifiziert und verbessert werden. Dadurch kann die Taubildung während der Vegetationsphase genau bestimmt und der Zeitpunkt eines Pestizideinsatzes optimiert werden.

### Literatur

- [1] Pedro, M.J., Jr; Gillespie, T.J.(1982): Estimating dew duration. I. Utilizing micrometeorological data. *Agric. Meteorol.* 25, pp. 283–296
- [2] Shoemaker, J.B.; Lorbeer, J.N. (1977): The role of dew and temperature in the epidemiology of Botrytis leaf blight of onion. *Phytopathology* 67, pp. 1267–1272
- [3] Madden, L.; Pennypacker, S.P.; MacNab, A.A. (1978): FAST, a forecast system for Alternaria solani on tomato. *Phytopathology* 68, pp. 1354–1358
- [4] Sutton, J.C.; Swanton, C.J.; Gillespie, T.J. (1978): Relation of weather variables and host factors to incidence of airborne spores of Botrytis squamosa. *Can. J. Plant Sci.* 56, pp. 2460–2469
- [5] MacHardy, W.E. (1979): A simple quick technique for determining apple scab infection periods. *Plant Dis. Rep.* 63, pp. 199–204
- [6] Pedro, M.J., Jr; Gillespie, T.J. (1982): Estimating dew duration. II. Utilizing standard weather station data, *Agric. Meteorol.* 25, pp. 297–310
- [7] Zmarsly E.; Kuttler W.; Pethe H. (2007): *Metereologisch-klimatologisches Grundwissen*. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer KG, 3. Aufl.
- [8] Liljequist, G. H.; Cihak K. (1994): *Allgemeine Metereologie*. Braunschweig, Wiesbaden, Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, 3. Aufl.

### Autoren

**M.Sc. Heike Fröschle** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin, **Markus Ströbel** technischer Mitarbeiter und **B.Sc. Joschko Geiss** Student im Fachbereich Verfahrenstechnik in der Pflanzenproduktion (Leitung **Prof. Dr. Karlheinz Köller**) am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim, Garbenstraße 9, 70599 Stuttgart, E-Mail: h.froeschle@uni-hohenheim.de