

Joschko Geiß, Heike Fröschle, Markus Ströbel-Fröschle und Karlheinz Köller

# Messsystem zur qualitativen Erfassung der Salzverteilung in Wasser

Direkteinspeisungssysteme sind im Bereich des teilschlagspezifischen chemischen Pflanzenschutzes zukunftsweisend. Um deren Regelverhalten besser verstehen zu können, muss der Flüssigkeitsstrom innerhalb des Systems beschrieben werden. Zu diesem Zweck wurde eine Messeinrichtung entwickelt, welche es erlaubt, die Verteilung von Salz (NaCl) und die dadurch verursachte Änderung der elektrischen Leitfähigkeit des Trägerstroms (Wasser) zu erfassen. Dieses System gibt Rückschlüsse über das Regelverhalten von Pflanzenschutzspritzen und ist somit für die Beschreibung von Direkteinspeisungssystemen geeignet.

## Schlüsselwörter

Pflanzenschutzspritze, Direkteinspeisungssysteme, Leitfähigkeit, Pflanzenschutz

## Keywords

Sprayer, direct injection systems, conductivity, plant protection

## Abstract

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

## Measuring device for detecting the salt distribution in water

Landtechnik 68(1), 2013, pp. 30–32, 2 figures, 1 table, 9 references

For a better understanding of the control characteristics of direct injection systems, which are a promising technology in the field of site-specific chemical plant protection, it is crucial to be able to describe the flow of fluid within the system. Therefore, a measuring device was developed allowing to detect the distribution of salt (NaCl) and the resultant change in the electrical conductivity of the carrier stream (water). This should provide conclusions about the control behaviour of sprayers. It is, for that reason, suitable for the description of direct injection systems.

Die Verteilung von Unkräutern im Feld ist keineswegs homogen, vielmehr bilden einzelne Unkräuter aggregierte Nester aus. Daraus leitet sich aus ökonomischer und ökologischer Sicht der Bedarf einer teilschlagspezifischen Applikation von Herbiziden oder Fungiziden ab [1]. Die Applikation über eine automatisierte Teilbreitenschaltung kann die ausgebrachte Menge zwar je nach Feldform reduzieren [2], es wird aber immer noch eine zuvor festgelegte Aufwandmenge (l/ha) ausgebracht. Eine Weiterentwicklung davon ist daher die Etablierung von Direkteinspeisungssystemen, welche das Pflanzenschutzmittel (PSM) und den Trägerstoff (zumeist Wasser) getrennt transportieren und das PSM bedarfsgerecht in den Trägerstrom dosieren. Diese Technik kann aber nur dann Bestand haben, wenn zentrale Aspekte wie Mischqualität bzw. Homogenität und Verzögerungszeiten zuverlässig erforscht und beschrieben werden können. Die Verzögerungszeit wird als Zeitdauer zwischen der Vorgabe einer neuen Zielkonzentration von PSM bis zur Erreichung dieser Zielkonzentration an den Düsen definiert [3]. Mit der Messung der elektrischen Leitfähigkeit und der spektralen Absorption des Trägerstoffes, in der Regel Wasser, sind bisher zwei Methoden beschrieben worden [4; 5]. Für die vorliegende Untersuchung ist der elektrische Leitwert zur Bestimmung der elektrischen Eigenschaften des Trägerstoffes verwendet worden. Im Unterschied zur beschriebenen elektrischen Leitfähigkeit, welche auch als spezifischer Leitwert bezeichnet wird, kann der Leitwert ohne die Zellkonstante  $K$  bestimmt werden [6]. Die Zellkonstante  $K$  beschreibt das Verhältnis der Strecke  $l$  [m] zwischen zwei Messelektroden und der Fläche  $A$  [m<sup>2</sup>] der Messelektroden und somit Länge und Querschnitt des Leiters, in diesem Fall des salzhaltigen Wassers. Der elektrische Leitwert ist

durch Sensoren des Messsystems an verschiedenen charakteristischen Stellen eines Direkteinspeisungssystems (Einspeisungspunkt, Homogenisierungseinrichtung und Düsen) erfasst worden.

### Messen des Leitwertes

Der elektrische Leitwert von Wasser kann durch die Zugabe von Speisesalz (NaCl) verändert werden. Das Salz dissoziiert im Wasser in Na<sup>+</sup>- und Cl<sup>-</sup>-Ionen. Durch ein elektrisches Feld werden Kationen und Anionen in entgegengesetzte Richtungen bewegt [7]. Je mehr dissoziierte Ionen vorhanden sind, desto besser kann elektrischer Strom durch das Wasser geleitet werden und desto geringer wird der elektrische Widerstand. Neben der Anzahl der Ionen ist der Leitwert abhängig von der Wassertemperatur, da die Bewegungsenergie der Teilchen mit der Temperatur korreliert. Für das geschlossene System einer Pflanzenschutzspritze kann eine homogene Temperaturverteilung angenommen werden. Daher ist für den Vergleich einzelner Messstellen im System keine gesonderte Temperaturerfassung notwendig. Der Messaufbau besteht aus einer Reihenschaltung zweier Widerstände R<sub>1</sub> und R<sub>2</sub>. Während R<sub>1</sub> ein fester Widerstand von 220 Ω zugeordnet ist, wird R<sub>2</sub> durch das salzhaltige Wasser gebildet und ist daher variabel. Den Gesetzen der Reihenschaltung von Widerständen folgend ist die Stromstärke I [A] an jedem Widerstand gleich groß. Die Spannung U [V] an jedem Widerstand R [Ω] berechnet sich nach Gleichung 1 [9].

$$U_x = I \cdot R_x \quad (\text{Gl. 1})$$

Durch Umformen nach der Stromstärke I und Gleichsetzen kann ein Widerstand aus der Gleichung 1 nach dem in Gleichung 2 dargestellten Zusammenhang bestimmt werden.

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2} \rightarrow R_2 = \frac{U_2 \cdot R_1}{U_1} \quad (\text{Gl. 2})$$

Der elektrische Leitwert G [S] berechnet sich aus dem Kehrwert des Widerstandes [8]. Am Widerstand R<sub>2</sub>, welcher durch das salzhaltige Wasser repräsentiert wird, kann der Leitwert G<sub>2</sub> nach Gleichung 3 ermittelt werden.

$$G_2 = \frac{U_1}{U_2 \cdot R_1} \quad (\text{Gl. 3})$$

G<sub>2</sub> = Leitwert der salzhaltigen Lösung [S]

U<sub>1</sub> = Spannung an Widerstand R<sub>1</sub> [V]

U<sub>2</sub> = Spannung an Widerstand R<sub>2</sub> [V]

R<sub>1</sub> = fester Widerstand mit 220 Ohm [Ω]

R<sub>2</sub> = veränderbarer Widerstand der salzhaltigen Lösung [Ω]

I = Stromstärke der Reihenschaltung [A]

Abb. 1



Sensor für Messung in Schlauchleitung und an Düsenhalterung  
Fig. 1: Sensor for in-tube and nozzle holder measurement  
(Foto: J. Geiß)

Tab. 1

Exemplarische Versuchsreihe

Table 1: Exemplary experimental run

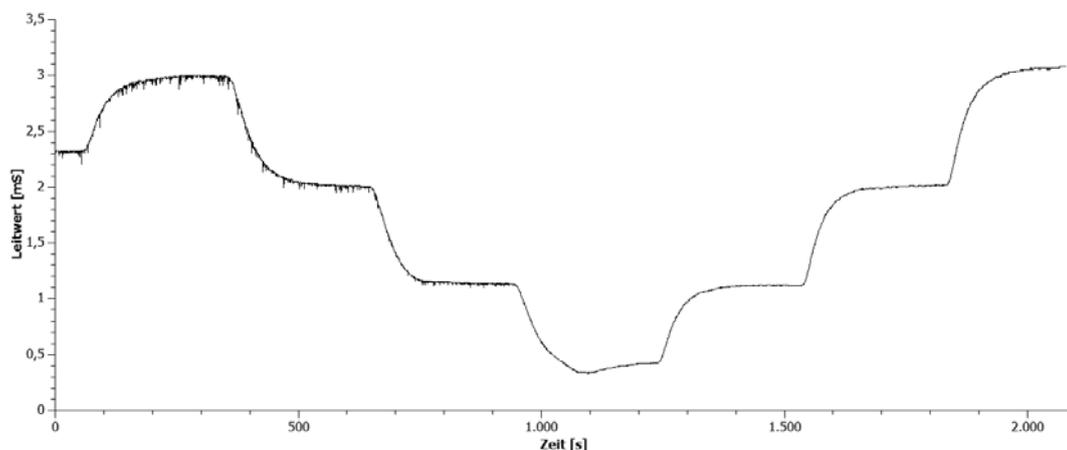
Zeit Time [s]	Applikations- menge Application rate [l/ha]	Salzwasser Salt water [l/ha]	Reinwasser Clean water [l/ha]	Geschwindigkeit Speed [km/h]
0	50	25	25	12,8
300	100	25	75	6,4
600	200	25	175	3,2
900	400	25	375	1,6
1200	200	25	175	3,2
1500	100	25	75	6,4
1800	50	25	25	12,8

Die Sensoren des Messaufbaus können entweder mittels eines T-Stückes in eine Schlauchleitung oder an einer Standarddüse eingebaut werden (**Abbildung 1**).

### Ergebnisse

In Versuchen wurde die stufenweise Ausbringung verschiedener Applikationsmengen (50 bis 400l/ha) über Intervalle von 300 Sekunden simuliert (**Tabelle 1**). Dabei wurde die Geschwindigkeit durch eine Simulationseinheit, welche nicht Gegenstand dieses Artikels ist, passend zur jeweiligen Applikationsmenge simuliert, um den Spritzdruck und somit das Tropfenspektrum (475 µm) konstant zu halten. Die Applikationsmenge setzte sich in jeder Variante aus einem konstanten Salzwasseranteil (25 l/ha) und einem variablen Reinwasseranteil (25 bis 375 l/ha) zusammen. Das Salzwasser hatte eine Konzentration von 3,3% Salz.

Abb. 2



Veränderung des Leitwertes bei verschiedenen Salzgehalten  
 Fig. 2: Change in conductance for different salinities

In diesem Versuch konnte das Messsystem die Veränderung des elektrischen Leitwertes für die Varianten mit unterschiedlichem prozentualen Salzwateranteil erfassen. **Abbildung 2** stellt exemplarisch den Verlauf des Leitwertes für eine Düsen-Messstelle dar. Es ist gut zu beobachten, wie sich nach erfolgter Umstellung auf eine neue Variante alle 300 Sekunden eine neue Konzentration einstellt. Die Sensoren weisen eine geringe Hysterese auf, welche sich als Differenz zwischen verschiedenen gemessenen Leitwerten für ein konstantes Mischungsverhältnis aus Rein- und Salzwasser ausdrückt.

### Schlussfolgerungen

Das Messsystem erlaubt es, die Vorgänge in einer Feldspritze an beliebigen Punkten zu betrachten und liefert somit detaillierte Erkenntnisse über das Regelverhalten und die Charakteristik einer Pflanzenschutzspritze. Dies kann maßgeblich zu einem besseren Verständnis von herkömmlichen Standard-Pflanzenschutzspritzen aber auch zur Entwicklung von zukünftigen Techniken wie beispielsweise Direkteinspeisungssystemen beitragen. Durch das Messsystem können Maschineneigenschaften wie die Verzögerungszeit und die Homogenisierung verschiedener Flüssigkeiten (Reinwasser und PSM), welche als Schlüsselkriterien für ein Direkteinspeisungssystem gelten, beobachtet und beschrieben werden.

Die in diesem Artikel dargestellten Ergebnisse sind vor dem Hintergrund der physikalischen Eigenschaften von Salzwasser zu betrachten: Die Viskosität von Salzwasser ist sehr gering und nimmt daher nur einen geringen Einfluss auf die Strömungsdynamik innerhalb einer Feldspritze. Daher sind Messergebnisse mit Salzwasser nicht vergleichbar mit dem Einsatz eines PSM. Es ist aber dennoch möglich prinzipielle Tendenzen innerhalb des Systems zu erfassen.

### Literatur

- [1] Wartenberg, G. (2000): Teilflächenspezifisches Spritzen von Pflanzenschutzmitteln. *Landtechnik* 55(6), S. 438–439
- [2] Luck, J. D.; Zandonadi, R. S.; Luck, B. D.; Shearer, S. A. (2010): Effects of field shape and size on application errors using manual and automatic boom section control on a self-propelled agricultural sprayer. *American Society of Agricultural and Biological Engineers, Annual International Meeting 2010, Pittsburgh, Pennsylvania, 6*, pp. 5234–5241
- [3] Zhu, H.; Fox, R. D.; Ozkan, H. E.; Brazee, R. D.; Derksen, R. C. (1998): Time delay for injection sprayers. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 41(3), pp. 525–530
- [4] Sökefeld, M.; Hloben, P.; Schulze Lammers, P. (2004): Möglichkeiten und Grenzen der Direkteinspeisung von Pflanzenschutzmitteln zur teil-schlagspezifischen Unkrautkontrolle. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft XIX*
- [5] Downey, D.; Crowe, T. G.; Giles, D. K.; Slaughter, D. C. (2006): Direct nozzle injection of pesticide concentrate into continuous flow for intermittent spray applications. *American Society of Agricultural and Biological Engineers* 49(4), pp. 865–873
- [6] Rommel, K. (1988): Leitfähigkeitsfibel, Einführung in die Konduktometrie für Praktiker. Fa. WTW, Weilheim
- [7] Dickerson, R. E.; Gray, H. B.; Darenbourg, M. Y.; Darenbourg, D. J. (1988): *Prinzipien der Chemie*. Berlin, de Gruyter GmbH, 2. Aufl.
- [8] Frohne, H.; Löcherer, K.-H.; Müller, H.; Harriehausen, T.; Schwarzenau, D. (2011): *Moeller Grundlagen der Elektrotechnik*. Wiesbaden, Vieweg + Teubner Verlag, 22. Aufl.
- [9] Schnabel, P. (2010): *Elektronik-Fibel*. Selbstverlag, 5. Aufl.

### Autoren

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