

## **Elektronische Systeme bei Pflanzenschutzgeräten**

Andreas Herbst,  
Julius-Kühn-Institut, Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz, Braunschweig

### **Kurzfassung**

In den letzten Jahren wurden verschiedene elektronische Systeme entwickelt, um die Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel zu verbessern. Ein Überblick wird gegeben, einzelne Systeme werden im Detail erläutert und Testergebnisse vorgestellt, die deren Leistungsfähigkeit charakterisieren. Elektronische Systeme tragen dazu bei, angestrebte Applikationsparameter, wie beispielsweise die Dosierung der Pflanzenschutzmittel, besser einzuhalten und unbeabsichtigte Auswirkungen auf die Umwelt zu reduzieren. Gleichzeitig helfen Spritzcomputer und automatische Regelungen, die Produktivität zu erhöhen und den Anwender zu entlasten.

### **Schlüsselwörter**

Pflanzenschutzgeräte, Elektronik, Steuerung, Regelung, Prüfung

## **Electronic systems for sprayers**

Andreas Herbst,  
Julius-Kühn-Institut, Institute for Application Techniques in Plant Protection, Braunschweig

### **Abstract**

In recent years, an increasing number of electronic systems has been developed in order to improve the performance of chemical application techniques. An overview is given, particular systems are explained in detail and test results characterizing their performance are presented. Electronic systems help to achieve intended application parameters, such as chemical dose rate, more accurately and to reduce unintended environmental impact. At the same time, spray computers and automatic controls help to increase productivity and to relief operators.

### **Keywords**

Chemical application techniques, electronics, controls, testing

## **Einführung**

Bei der Applikation von Pflanzenschutzmitteln kommt es darauf an, die beabsichtigte Wirkung zu erzielen und dabei Nebenwirkungen auf die Umwelt zu vermeiden. Gleichzeitig soll der Arbeitsaufwand minimiert werden. Spritzcomputer mit verschiedenen Assistenzsystemen in Kombination mit elektronisch gesteuerten Baugruppen können helfen, diese Ziele zu erreichen. In Deutschland werden kaum noch Pflanzenschutzgeräte ohne diese elektronischen Helfer verkauft. In den letzten Jahren sind viele neue Lösungen auf den Markt gekommen. Dieser Beitrag gibt einen Überblick über elektronische Systeme bei Feldspritzgeräten sowie Sprühgeräten für den Obst- und Weinbau. Ausgewählte Systeme werden näher besprochen.

## **Elektronische Systeme**

Bereits vor einigen Jahren wurden Spritzcomputer entwickelt, deren Hauptaufgabe darin besteht, die Aufwandmenge und damit die Dosierung des Pflanzenschutzmittels unabhängig von Fahrgeschwindigkeit und Pumpendrehzahl konstant zu halten. Dazu werden der Flüssigkeitsvolumenstrom zu den Düsen und/oder der Spritzdruck sowie die Fahrgeschwindigkeit gemessen, daraus die Aufwandmenge berechnet und das Druckeinstellventil bzw. die Pumpendrehzahl gesteuert, um einen vorher gewählten Sollwert einzuhalten. Standardisierte Tests haben gezeigt, dass diese Systeme sehr genau arbeiten und ausreichend schnell beispielsweise auf Änderungen der Fahrgeschwindigkeit reagieren [1].

In den letzten Jahren haben diese Spritzcomputer weitere Aufgaben übernommen. Bei Feldspritzgeräten werden elektronische Systeme, teilweise bereits mit großer Verbreitung, für folgende Funktionen eingesetzt:

- automatische Teilbreitenschaltung,
- Regelung des Zielflächenabstandes,
- Überwachung und Steuerung der Düsenfunktion,
- Direkteinspeisung von Pflanzenschutzmitteln,
- automatische Innenreinigung.

Auch Sprühgeräte für Raumkulturen werden zunehmend mit Elektronik ausgestattet, neben der Aufwandmengenregelung für:

- Lückenschaltung,
- Regelung des Luftvolumenstroms.

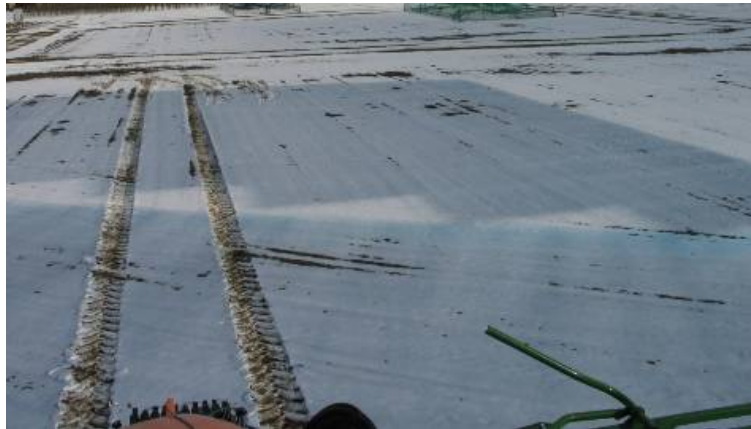
Elektronische Systeme leisten wichtige Beiträge zur Sicherung der Arbeitsqualität von Pflanzenschutzgeräten und eröffnen neue Möglichkeiten bei der Applikation von Pflanzenschutzmitteln. Potenzieller Nutzen entsteht durch:

- Konstant halten von Applikationsparametern, unabhängig von den Einsatzbedingungen,
- Automatische Anpassung von Applikationsparametern an Einsatzbedingungen,

- Verminderung des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln und dadurch Verringerung der Umweltbelastung,
- Entlastung des Bedieners, dadurch höhere Produktivität.

#### *Automatische Teilbreitenschaltung*

Bei der Applikation auf unregelmäßig geformten Ackerflächen lässt es sich kaum vermeiden, dass beim Schalten der Teilbreiten von Hand an bereits behandelten Teilstücken, wie beispielsweise Vorgewenden, mehr oder weniger große Bereiche entweder nicht oder mehrfach behandelt. Untersuchungen in den USA belegen, dass in Abhängigkeit vom Verhältnis Umfang/Flächeninhalt auf Praxisschlägen die doppelt behandelten Flächen bei Verwendung einer automatischen Teilbreitenschaltung halbiert werden können [2]. Besonders bei unregelmäßig geformten Schlägen ist es vorteilhaft, beispielsweise am Vorgewende die Teilbreiten GNSS-gesteuert automatisch zu schalten (**Bild 1**). Dies entlastet auch den Bediener.



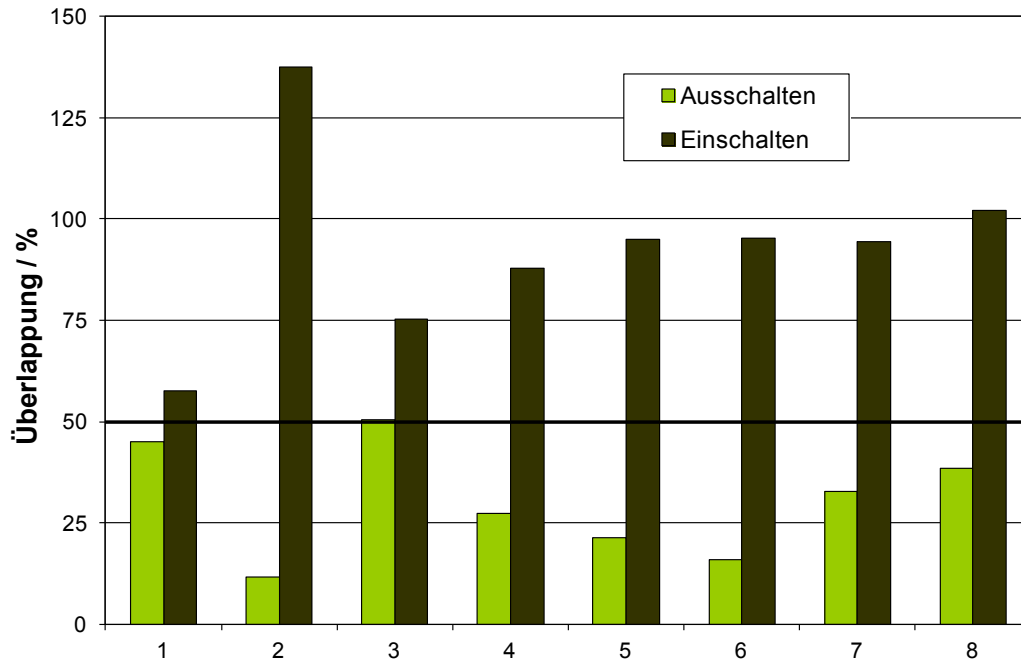
**Bild 1:** Demonstration einer automatischen Teilbreitenschaltung auf Schnee.

**Figure 1:** Demonstration of boom section control on snow.

Der Grad der Überlappung beim Schalten lässt sich entsprechend den Eigenschaften des applizierten Pflanzenschutzmittels einstellen. Soll beispielsweise ein Herbizid ausgebracht werden, das bei Überdosierung die Kulturen schädigen könnte, wählt man wie beim Beispiel in Bild 1 eine Überlappung von 0%. Für Fungizide könnten 100% Überlappung angebracht sein. Zwischenwerte sind möglich.

Mit welcher Genauigkeit automatische Teilbreitenschaltungen arbeiten, wurde beim Julius-Kühn-Institut (JKI) getestet. Die dazu entwickelte Methode basiert auf einem terrestrischen Referenzsystem und einer Druckmessung in den Teilbreiten zur simultanen Erfassung der Zeitpunkte der Ein- und Ausfahrt an einem bereits behandelten, unter einem Winkel von 45° angelegten Streifen bzw. der Druckverläufe in den einzelnen Teilbreiten. Aus diesen Signalen und der Fahrgeschwindigkeit lässt sich berechnen, welche Überlappung jeweils tatsächlich erzielt wurde [3]. Einige Ergebnisse sind in **Bild 2** dargestellt.

In den Tests zeigte sich, dass einige Systeme sehr genau arbeiten. Teilweise wurden jedoch erhebliche Abweichungen vom angestrebten Überlappungsgrad von 50% ermittelt, die auf Abweichungen der Schaltposition von der Sollposition von bis zu 2 m zurück zu führen sind.



**Bild 2:** Überlappung beim Ein- und Ausfahren (Aus- und Einschalten der Teilbreiten) an einer bereits behandelten Fläche für verschiedene Geräte bei einer Fahrgeschwindigkeit von 8 km/h.

**Figure 2:** Actual values of overlap when entering and leaving (switching sections off and on) the sprayed swath for several sprayers at a travel speed of 8 km/h.

Die Ungenauigkeiten können sich aus Abweichungen bei der GNSS-Positionsbestimmung ergeben. Separate Messungen zum Druckaufbau an den Düsen nach Betätigung der Teilbreitenventile zeigen jedoch, dass es je nach Aufbau der Flüssigkeitssysteme unterschiedliche Zeiten vergehen können, bis an der Düse der Spritzstrahl vollständig aufgebaut ist. Dies muss bei der Einstellung der automatischen Teilbreitenschaltungen berücksichtigt werden.

Inzwischen kann bei vielen Geräten über Druckluft- oder elektrische Ventile jede einzelne Düse geschaltet werden. Es ist zwar heute immer noch üblich, dabei die Düsen in Gruppen als Teilbreiten zusammenzufassen, es ist jedoch abzusehen, dass künftig tatsächlich jede einzelne Düse als Teilbreite geschaltet wird. Damit und durch weitere Verbesserung der Satelliten-Navigation kann der Anteil von Fehlbehandlungen weiter reduziert werden.

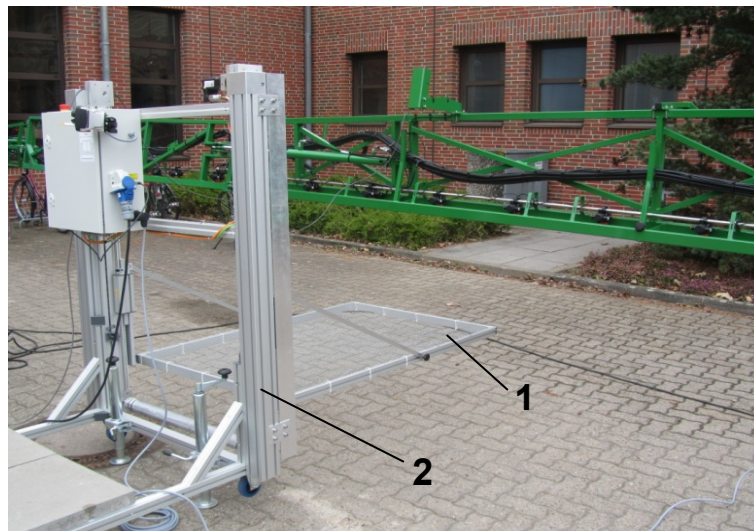
#### *Regelung des Zielflächenabstandes*

Bei der Behandlung von Flächenkulturen ist der Zielflächenabstand, also die Höhe der Düsen über der Zielfläche (Boden oder Pflanzenbestand) ein wichtiger Parameter. Ein optimaler Zielflächenabstand ist wichtig, um eine gleichmäßige Querverteilung der Spritzflüssigkeit zu erreichen und gleichzeitig das Abdriftpotenzial zu begrenzen. Schließlich besteht bei zu geringem Abstand des Spritzgestänges vom Boden die Gefahr, Gestänge und Düsen zu be-

schädigen. Besonders bei sehr großen Arbeitsbreiten in Kombination mit höheren Fahrgeschwindigkeiten hat der Bediener oft Schwierigkeiten, einen optimalen Zielflächenabstand einzuhalten.

Eine automatische Gestängehöhenregelung kann dazu beitragen, den Zielflächenabstand unabhängig vom Bodenprofil, der Bestandeshöhe und von Wankbewegungen des Pflanzenschutzgerätes konstant zu halten. Eine solche Regelung verlangt die permanente Messung des Abstandes zwischen Zielfläche und Düse. Dazu werden mindestens zwei Ultraschallsensoren am Spritzgestänge verwendet. Der Spritzcomputer vergleicht die Messwerte mit dem eingestellten Sollwert und steuert entsprechend den Abweichungen die meist hydraulischen Stellglieder für Höhe und Neigung des Gestänges.

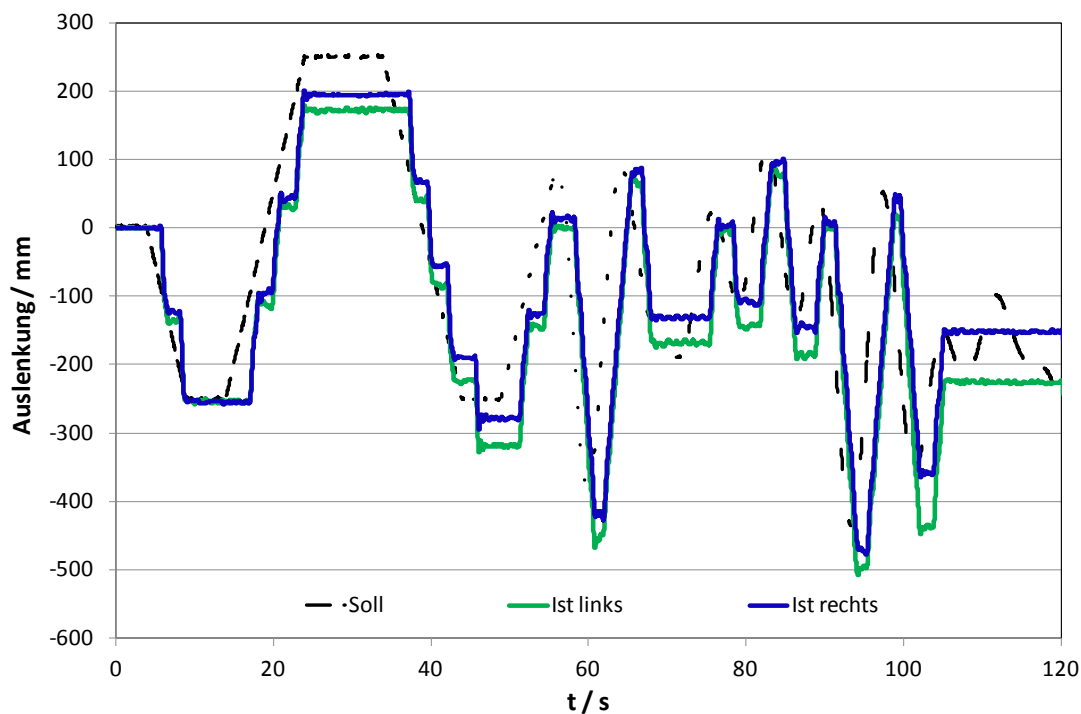
Die objektive Bewertung automatischer Gestängehöhenregelungen ist schwierig. Bisher erfolgt diese nur anhand von Fahrten über reale oder künstlich angelegte Geländeprofile [4]. Für die Prüfung dieser Systeme wurde erstmals beim JKI eine reproduzierbare Methode entwickelt. Dabei erfolgen die Tests im Stand. Ein Prüfstand bestehend aus zwei Zielflächeneinheiten simuliert dabei ein Boden- oder Bestandesprofil (**Bild 3**). Jede Einheit besteht aus einer künstlichen Zielfläche (Drahtgitter), die durch Lineareinheiten vertikal verfahren werden kann. Beide Zielflächen können beliebig und unabhängig voneinander bewegt werden [5]. Die resultierenden vertikalen Bewegungen des Gestänges werden durch Lasersensoren, unabhängig von den Systemsensoren, erfasst.



**Bild 3:** Prüfstand für Gestängehöhenregelung (1 - Zielfläche, 2 - Linearantrieb).

**Figure 3:** Test bench for boom height control systems (1 - target area, 2 - linear drive).

Für die ersten Tests wurde ein Profil synthetisiert, das aus Rampen und einer Überlagerung von harmonischen Schwingungen im Frequenzbereich von (0,01 ... 0,15) Hz mit einer Auslenkung von (-250 ... 450) mm besteht. Im Vergleich zu verschiedenen Feldprofilen ist diese Anregung besonders im höheren Frequenzbereich etwas anspruchsvoller und geeignet, das Verhalten unterschiedlicher Gestängehöhenregelungen zu differenzieren. Die Tests sind sehr gut reproduzierbar.



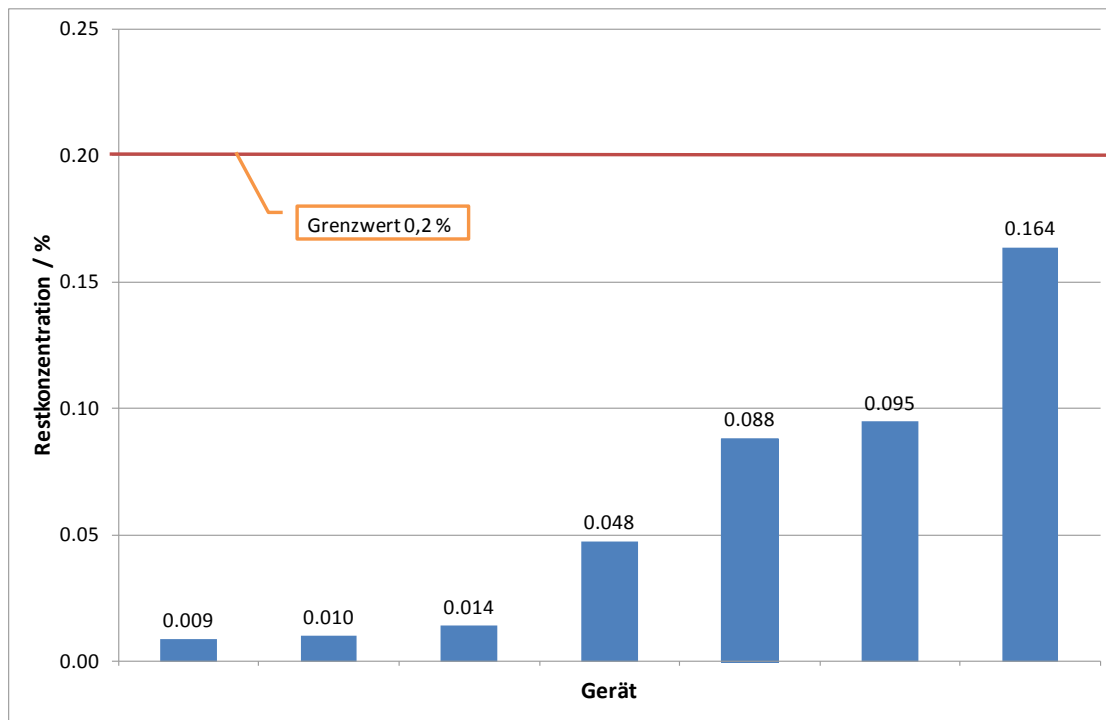
**Bild 4:** So folgt das Gestänge der Zielfläche.

**Figure 4:** This is how the spray boom follows the target area.

#### *Automatische Innenreinigung*

Pflanzenschutzgeräte sind mit wirksamen Einrichtungen zur Innenreinigung auszustatten. Dazu gehören ein Frischwassertank mit einem Volumen von mindestens 10% des Nennvolumens des Spritzflüssigkeitsbehälters und Innenreinigungsdüsen. Dadurch soll ermöglicht werden, die mindestens vor jedem Wechsel des Pflanzenschutzmittels erforderliche Reinigung des gesamten Spritzflüssigkeitssystems auf dem Feld durchführen zu können. So können Schäden bei der Behandlung der Folgekultur vermieden werden. Die Reinigungsflüssigkeit verbleibt auf dem Feld, Punkteinträge durch Kontamination von Hofabläufen werden verhindert. Dieses Vorgehen erfordert jedoch einen gewissen Zeit- und Arbeitsaufwand, zumal bei vielen Geräten eine effektive Reinigung mehrere Zyklen erfordert, bei denen der Bediener abwechselnd mehrere Ventile am Gerät betätigen und die Reinigungsflüssigkeit ausbringen muss. Bedienfehler können den Reinigungserfolg beeinträchtigen. Diese Nachteile werden vermieden, wenn das Pflanzenschutzgerät mit elektrischen Ventilen ausgestattet ist, die in einem automatisierten Reinigungsprozess vom Spritzcomputer gezielt gesteuert werden. Der Bediener muss dann nicht mehr vom Traktor absteigen, der Zeitaufwand für die Reinigung wird minimiert und der Reinigungserfolg optimiert.

Systeme zur Innenreinigung können mit einer in ISO 22368-1 [6] definierten Testmethode geprüft werden. Dabei wird der Spritzflüssigkeitsbehälter komplett mit einer 1%-igen Kupferoxychlorid-Suspension befüllt und über die Düsen ausgebracht. Nach dem durch den Hersteller programmierten oder vorgegebenen Reinigungsprozess wird der Spritzflüssigkeitsbehälter komplett neu mit Wasser befüllt und die Restkonzentration des Kupferoxychlorids bestimmt.



**Bild 5:** Ergebnisse der Innenreinigung bei verschiedenen Pflanzenschutzgeräten.

**Figure 5:** Internal cleaning results for several sprayers.

Am JKI ist die Reinigungswirkung verschiedener Systeme zur automatischen Innenreinigung vergleichend getestet worden. Alle diese Systeme haben die in ISO 16119-2 [7] vorgegebene Reinigungswirkung erreicht und den dort definierten Grenzwert der Restkonzentration von 0,2% zum Teil deutlich unterschritten (**Bild 5**). Der Zeitbedarf für den kompletten Reinigungsvorgang lag in vielen Fällen unter 10 min. Bei einigen Systemen blieb noch Klarwasser übrig, um beispielsweise eine Außenreinigung vorzunehmen.

### Zusammenfassung

In den letzten Jahren wurden verschiedene elektronische Systeme für Pflanzenschutzgeräte entwickelt, um die Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel zu verbessern. Immer mehr Geräte werden mit Spritzcomputern ausgestattet, zunehmend auch mit ISO-Bus. Der Funktionsumfang dieser Computer geht inzwischen weit über die klassische Aufwandmengenregelung hinaus. Eine Vielzahl von elektronischen Lösungen zur Automatisierung von Funktionen, wie Teilbreitenschaltung oder Höhenführung des Spritzgestänges, tragen dazu bei, Pflanzenschutzmittel genauer, produktiver und umweltgerechter zu applizieren.

Es ist notwendig, elektronische Systeme im Rahmen der Pflanzenschutzgeräteprüfung zu beurteilen. Dazu wurden am JKI bereits verschiedene Prüfstände und Testmethoden entwickelt. Tests elektronischer Systeme zeigen, dass es nicht immer vollständig gelingt, diese Technologien in die vorhandenen mechanischen und hydraulischen Systeme zu integrieren. Dies erfordert auch die Entwicklung begründeter Testkriterien, die durch die elektronischen Systeme eingehalten werden müssen. Testmethoden und -kriterien müssen dann in die ein-



schlägigen europäischen und internationalen Normen einfließen, um eine einheitliche Bewertung zu gewährleisten.

### **Literatur**

- [1] Rietz, S., B. Pályi, H. Ganzelmeier und A. László: Performance of electronic controls for field sprayers. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 68 (1997) Heft 4, S. 399-407.
- [2] Luck, J.D., R.S. Zandonadi, B.D. Luck und S.A. Shearer: Reducing pesticide over-application with map-based automatic boom section control on agricultural sprayers. *Transactions of the ASABE*, 53 (2010) Heft 3, S. 685-690.
- [3] Herbst, A., H.-J. Osteroth und M. Spranger: A new method for testing GPS based boom section switching systems. *Aspects of Applied Biology*, 114 (2012), S. 137-142.
- [4] Griffith, J.; Strelhoff, B. und J. Schnaider: The Hockley Index. *American Society of Agricultural and Biological Engineers Annual International Meeting 2012, ASABE 2012 Vol. 2*, S. 1325-1332
- [5] Herbst, A., H.-J. Osteroth, W. Fler und H. Stendel: A method for testing automatic spray boom height control systems. *ASABE Paper Number 152150720* (2015).
- [6] ISO 22368-1:2004. Crop protection equipment - Test methods for the evaluation of cleaning systems - Part 1: Internal cleaning of complete sprayers.
- [7] ISO 16119-2:2013. Agricultural and forestry machinery - Environmental requirements for sprayers - Part 2: Horizontal boom sprayers.

### **Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

#### **Wissenschaftliches Review / Scientific Review**

Erfolgreiches Review am 08.02.2017

#### **Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Herbst, Andreas: Elektronische Systeme bei Pflanzenschutzgeräten. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): *Jahrbuch Agrartechnik 2016*. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2017. S. 1-8

#### **Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://publikationsserver.tu-braunschweig.de/get/64178>

#### **Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/284.html>