Technische Universität Braunschweig

Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge

Forschungsberichte

Ulla Marggraf

Ermittlung der Prozessqualität bei der Vermischung der Wirkstoffe in Pflanzenschutzspritzen

Herausgeber:
Freundes- und Förderkreis des Instituts
für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge e.V.

Shaker Verlag

Ermittlung der Prozessqualität bei der Vermischung der Wirkstoffe in Pflanzenschutzspritzen

Von der Fakultät für Maschinenbau
der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig

zur Erlangung der Würde einer
Doktor-Ingenieurin (Dr.-Ing.)

genehmigte Dissertation

von:	Dipl.-Ing. Ulla Marggraf
geboren in:	Mönchengladbach

eingereicht am:	16.05.2019
mündliche Prüfung am:	24.07.2019

Gutachter:	Prof. Dr. Ludger Frerichs
	Prof. Dr.-Ing. Henning Jürgen Meyer
Vorsitz:	Prof. Dr.-Ing. Thomas Vietor

2019

Forschungsberichte aus dem
Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge

Ulla Marggraf

Ermittlung der Prozessqualität bei der Vermischung der Wirkstoffe in Pflanzenschutzspritzen

Shaker Verlag
Düren 2019

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 2019

Copyright Shaker Verlag 2019
Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-6915-0
ISSN 2196-7369

Shaker Verlag GmbH • Am Langen Graben 15a • 52353 Düren
Telefon: 02421 / 99 0 11 - 0 • Telefax: 02421 / 99 0 11 - 9
Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Vorwort

Besonders danken möchte ich Herrn Prof. Dr. Ludger Frerichs als Leiter des Instituts für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge der Technischen Universität Braunschweig für die vielseitigen Einblicke, die ich als wissenschaftliche Mitarbeiterin erhalten habe und durch die ich meinen Horizont stetig erweitern und meine eigenverantwortliche Arbeitsweise weiter schulen konnte. Während der Bearbeitung meines Forschungsprojektes finanziert von den Amazonen-Werken habe ich die Möglichkeiten und den Freiraum erhalten intensiv in die Forschung zu möglichen Prüfmethoden für die Pflanzenschutztechnik einzusteigen. Für die fachliche und persönliche Unterstützung als mein Doktorvater danke ich Herrn Prof. Frerichs ebenfalls herzlich. Das entgegengebrachte Vertrauen und die enge Zusammenarbeit haben wesentlich zum Gelingen der Promotion beigetragen.

Herrn Prof. Dr.-Ing. Henning Jürgen Meyer, Leiter des Fachgebietes Konstruktion von Maschinensystemen der Technischen Universität Berlin, möchte ich für das Koreferat meiner Arbeit und die Begeisterung bezüglich meines Forschungsthemas danken. Für den Vorsitz der Prüfungskommission bedanke ich mich bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Thomas Vietor, Leiter des Institutes für Konstruktionstechnik der Technischen Universität Braunschweig.

Weiterhin gilt mein persönlicher Dank den Mitarbeitern der Amazonen-Werken und insbesondere Herrn Volker Ehlen für die zahlreichen fachlichen Diskussionen und den Austausch zur Praxis und Technik des Pflanzenschutzes.

Den Kolleginnen und Kollegen, die mich während meiner Institutszeit begleitet und für fachliche und persönliche Diskussionen immer zur Verfügung gestanden haben, danke ich. Besonderer Dank gilt hier Herrn Ralf Titz, Herrn Thees Vollmer und Herrn Lukas Poppa für ihre Bereitschaft sich in meine Themen ein zudenken und mich durch Anregungen immer wieder weiter zu bringen. Die kollegiale Unterstützung in allen Lebenslagen wird mir immer in positiver Erinnerung bleiben.

Mein herzlichster Dank gilt meinem Mann Ole Marggraf, der selbst mitten in der Promotion, immer bereit war mich zu unterstützen und zu motivieren, sodass ich die Zeit und Konzentration für diese Arbeit aufbringen konnte. Unseren beiden Kindern danke ich für die vielen liebevollen Momente und die Ablenkung durch die kindlichen Themen, die meine fachliche Denkfähigkeit gestärkt haben. Auch meinen Eltern danke ich für ihre ganzheitliche Unterstützung, insbesondere meiner Mutter Heike Grünert, für den Glauben an meine Fähigkeiten, der mich in meinen unterschiedlichen Lebensphasen immer wieder vorwärts gebracht hat.

Braunschweig, im Juli 2019 Ulla Marggraf

Kurzfassung

Direkteinspeisungssysteme ermöglichen einen gezielten Einsatz von Pflanzenschutzmitteln. Sie bringen möglichst düsennah die benötigte Menge an Pflanzenschutzmittel in den Wasserstrom ein, um die Brühe anschließend bedarfsgerecht zu applizieren. Sie produzieren dabei fast keine Restmengen in der Pflanzenschutzspritze, die aufwendig entsorgt werden müssen, und bieten dadurch die Chance, Verfahrensweisen im Pflanzenschutz mit reduziertem Pflanzenschutzmittelbedarf zu unterstützen. Bisher konnten sich Direkteinspeisungssysteme jedoch nicht in der Landwirtschaft etablieren, da Anforderungen aus der Praxis, beispielsweise die erforderlichen unterschiedlichen Aufwandmengen und die variantenreichen Eigenschaften der verschiedenen Pflanzenschutzmittel, durch die Systeme nur eingeschränkt abgedeckt werden. Um die Entwicklung von praxistauglichen Direkteinspeisungssystemen zu unterstützen, wird eine effektive und einfache Prüfmethode benötigt, welche die Schwächen und Stärken eines entwickelten Systems schon in den frühen Phasen bei der Prüfung variantenreicher Funktionsmuster aufzeigt.

In dieser Arbeit wird eine Methode entwickelt und untersucht, die diese Unterstützung im Entwicklungsprozess von Pflanzenschutztechnik ermöglicht. Die echtzeitfähige Prüfmethode (EPM) nutzt dazu Aspekte von Verfahrensweisen der automatischen Sichtprüfung für die Qualitätsprüfung. Zur Anwendung der EPM nimmt eine Prüfeinrichtung ein digitales Bild der zu untersuchenden Flüssigkeit auf, die zuvor mit einem fluoreszierenden Markierungsstoff versehen und für die Aufnahme mit dem anregenden Lichtspektrum des Markierungsstoffes direkt beleuchtet wird. Ein Algorithmus berechnet anhand einer Auswertung der Farbwerte den Mischungszustand der Flüssigkeit. Hierdurch kann eine Aussage über die Prozessqualität des Direkteinspeisungssystems getroffen werden. Durch die schnelle Arbeitsweise in Kombination mit der mobilen Einsatzmöglichkeit verbessert die EPM die Prüfung der Mischqualität von Pflanzenschutzspritzen. Während die derzeitigen Verfahren aufwendige Auswertungen und teure Messgeräte erfordern, kann die EPM durch eine einfache Prüfeinrichtung angewendet werden und liefert das Messergebnis direkt. Der ausgewählte gesundheitlich unbedenkliche Versuchsstoff ermöglicht der EPM, Direkteinspeisungssysteme ohne reale Pflanzenschutzmittel zu erproben.

Konventionelle Methoden zur Überprüfung der Mischqualität helfen, die Validierung der EPM durchzuführen. Hier werden Versuche durchgeführt, die verschiedene Mischqualitäten zwischen Pflanzenschutzmitteln und Wasser simulieren. Anhand der festgestellten Mischqualität der simulierten Mischungen aus der konventionellen Prüfung werden die Ergebnisse aus der Betrachtung der Versuchsaufnahmen berechnet. Eine Berechnungsvorschrift für die EPM wird hergeleitet und mit weiteren konventionell ausgewerteten Versuchen in ihrem Verfahren bestätigt. Durch die vergleichende Fehlerbetrachtung der Methode und eine daraus resultierende Abschätzung der

Methodengenauigkeit, wird die EPM als genauere Prüfmethode gegenüber gängigen Methoden ermittelt. Die EPM vereinfacht die Prüfung von Pflanzenschutzspritzen gegenüber den heute eingesetzten Verfahren. Eine Kostenreduktion und ein vielfältiger Einsatz verschiedener Prüfungen bei Pflanzenschutztechnik sind mit der EPM möglich.

Abstract

Direct injection systems enable the targeted use of plant protection products. They feed the required amount of plant protection product into the water stream as close as possible to the nozzle in order to subsequently apply the spray mixture as required. They produce almost no residues in the field sprayer, which have to be extensive disposed of, and thus offer the opportunity to support methods in crop protection with a reduced need for plant protection products. So far, however, direct injection systems have not been able to establish themselves in agriculture, as practical requirements, e. g. handling of different application quantities and varied properties of the plant protection products, are only covered to a limited extent by the systems. In order to support the development of practical direct feed systems, an effective and simple test method is required which shows the weaknesses and strengths of a developed system already in the early phases of the testing of a wide variety of functional patterns.

In this thesis, a method is developed and investigated that enables this support in the development process of crop protection technology. The real-time test method (EPM) uses aspects of automatic visual inspection procedures as part of quality control. To apply the EPM, a test device takes a digital image of the liquid to be tested, which is previously provided with a fluorescent dye and directly illuminated for the recording with the stimulating light spectrum of the dye. An algorithm calculates the mixing state of the liquid on the basis of an evaluation of the color values. This allows a statement to be made about the process quality of the direct injection system. The EPM improves the testing of the mixing quality of crop protection sprayers due to the fast working method in combination with the mobile application possibility. While the current methods require complex evaluations and expensive measuring instruments, the EPM can be applied by a simple testing device and delivers the measurement result directly. The selected test materials, which is harmless to health, enables EPM to test direct injection systems without using real plant protection products.

Conventional methods for testing the mixing quality help to validate the EPM. Tests are carried out which simulate different mixing qualities between plant protection products and water. Experiments are carried out to simulate different mixing qualities between plant protection products and water. The results of the test recordings are calculated on the basis of the determined mixing quality of the simulated mixtures from the conventional test. A calculation rule for the EPM is derived and confirmed with further conventionally evaluated tests. Through the comparative error analysis of the method and the resulting estimation of the method accuracy, the EPM is determined as a more accurate test method than conventional methods. EPM simplifies the testing of crop protection sprayers compared to the methods used today. The EPM allows a cost reduction and a versatile use of different tests in crop protection technology.

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen ..... **XIII**

Abkürzungen und Indizes ..... **XV**

1 Einflüsse auf die Entwicklung von Pflanzenschutztechnik **1**

2 Stand der Technik im Pflanzenschutz und in anderen relevanten Bereichen **5**

2.1 Anforderungen an den praktizierten, ackerbaulichen Pflanzenschutz 5

2.1.1 Pflanzenschutztechnik im Ackerbau 5

2.1.2 Pflanzenschutzmittel und ihre Zusammensetzungen in der Spritzbrühe 12

2.2 Prozessanalyse und Bewertung von Pflanzenschutzsystemen 16

2.2.1 Entwicklungszyklus am Beispiel Direkteinspeisung 16

2.2.2 Prüfungen des Flüssigkeitssystems von Pflanzenschutzspritzen 18

2.2.3 Grundlagen und Anwendung ausgewählter Messmethoden 21

3 Die echtzeitfähige Prüfmethode und ihre Zielsetzung **31**

4 Untersuchung der Mischqualität in Versuch und Auswertung **35**

4.1 Eingesetzte Prüfstoffe 35

4.2 Versuche zur optischen Qualitätserfassung 39

4.2.1 Übertragung anderer Prüfanordnungen auf den Versuchsaufbau 39

4.2.2 Versuchsaufbau der Methode zur optischen Qualitätsuntersuchung 41

4.2.3 Durchführung von Versuchen mit unterschiedlicher Mischqualität 42

4.3 Methoden zur Analyse und Bewertung der Mischqualität 44

5 Drei Prüfmethoden im Daten- und Ergebnisvergleich **55**

6 Plausibilität der echtzeitfähigen Prüfmethode **65**

6.1 Fehlerbetrachtung der Versuchs- und Auswertungsdurchführung 65

6.2 Genauigkeitsabschätzung der Prüfmethoden 74

6.3 Mögliche Prüfeinrichtung 81

6.3.1 Mobiles Endgerät 81

6.3.2 Funktionserweiterungen der EPM 82

6.3.3 Ausblick über die nächsten Schritte zur Erweiterung der EPM 85

7 Zusammenfassung **87**

8 Literaturverzeichnis 89

Anhang 93