

# Direkteinspeisung von Pflanzenschutzmitteln

*Eine ganzflächige Ausbringung von Herbiziden ist verbunden mit einer hohen Fehlapplikationsrate. Die Kenntnisse über die Unkrautverteilung, die im Rahmen des präzisen Pflanzenbau in den letzten Jahren erarbeitet wurden, besagen, dass behandlungswürdige Unkrautbereiche zu identifizieren sind. So wurden Technologien zur Unkrauterkenntnis entwickelt. Ebenso notwendig sind aber auch Techniken der teilschlagspezifischen Applikation, die ein präzises Ausbringen der Wirkstoffe ermöglichen. So genannte Direkteinspeisungssysteme stellen einen Weg zur Realisierung dieser technischen Entwicklungsaufgabe dar.*

Dipl.-Ing. P. Hlobeň und Dr. M. Sökefeld waren als Stipendiaten in dem DFG Graduiertenkolleg 722 (Einsatz von Informationstechnologien zur Präzisierung im Pflanzenschutz) tätig, Prof. Dr.-Ing. P. Schulze Lammers leitet den Bereich Systemtechnik in der Pflanzenproduktion am Institut für Landtechnik der Universität Bonn, Nussallee 5, 53115 Bonn, e-mail: [lammers@uni-bonn.de](mailto:lammers@uni-bonn.de)  
**Referierter Beitrag der LANDTECHNIK, die Langfassung finden Sie unter LANDTECHNIK-NET.com.**

## Schlüsselwörter

Verzögerungszeiten, Viskositäten, Messtechnik

## Keywords

Lag time, viscosity, measurement techniques

## Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 05501 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

Die Erkennung und Unterscheidung von Unkräutern unter Praxisbedingungen, zum Zweck einer teilschlagspezifischen Herbizidapplikation und einer Unkrautkartierung, wurde in den zurückliegenden Jahren mehrfach erfolgreich durchgeführt und dokumentiert [1, 2, 3, 4, 5]. Um das aus der Unkrauterkenntnis resultierende Wissen über die Unkrautverteilung eines Schlages in vollem Umfang zu nutzen, und so sowohl ökonomische als auch ökologische Vorteile daraus zu gewinnen, sind bei der Herbizidapplikation Techniken erforderlich, die einen schnellen Wechsel der Aufwandmengen und der verwendeten Wirkstoffe während der Applikation ermöglichen. Stand der Technik bei heute verwendeten Pflanzenschutzspritzen ist jedoch das Mischen von Trägerflüssigkeit und Wirkstoff in einem großen Vorratsbehälter und das gleichmäßige Ausbringen über die gesamte Zielfläche. Diese Vorgehensweise widerspricht nicht nur der Idee des präzisen Pflanzenbau, sondern streng genommen auch den Richtlinien der guten fachlichen Praxis, in denen gefordert wird: „Alle Pflanzenschutzmaßnahmen standort-, kultur- und situationsbezogen durchzuführen und die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln auf das notwendige Maß zu beschränken“.

Eine weitere Möglichkeit zur Variation des Wirkstoffes und dessen Menge während der Überfahrt besteht in der Verwendung von sogenannten Direkteinspeisungssystemen, bei denen die auszubringenden Wirkstoffe

an einer definierten Stelle in den Wasserstrom des hydraulischen Systems einer Pflanzenschutzspritze eingespeist werden [6]. Das einzige zurzeit auf dem deutschen Markt erhältliche und von der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft geprüfte Direkteinspeisungssystem benötigt aufgrund des zentralen Einspeisungsortes unmittelbar vor der Förderpumpe eine Reaktionszeit von bis zu 40 s [7]. Der Nutzen der dezentralen Einspeisung an der Teilbreite oder direkt an der Düse ist in einer Verringerung der Strecke zwischen Einspeisungsort und Zerstäuber und somit einer Reduzierung der Reaktionszeit zu sehen.

## Untersuchungen an einem Versuchsstand

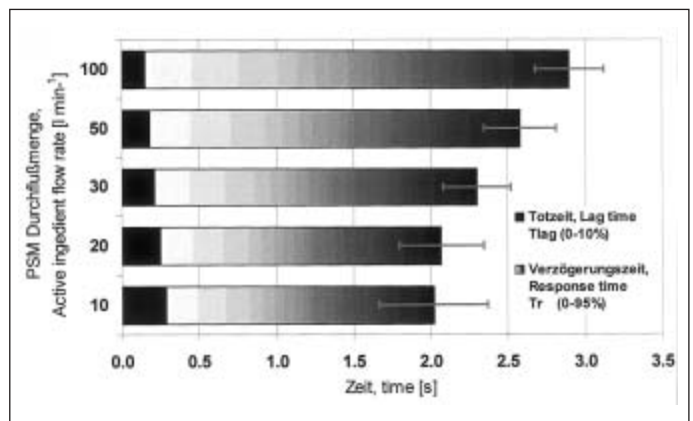
Schwerpunkt der bisherigen Arbeiten war die Entwicklung von Online-Verfahren zur Konzentrationsmessung in Leitungssystemen von Pflanzenschutzspritzen, um Informationen über die Dynamik des Konzentrationsaufbaus und -abbaus während der Einspeisung zu erhalten.

Die Untersuchungen befassten sich mit dem Einfluss der Viskosität der Wirkstoffe sowie des Ortes der Einspeisung (Teilbreite, Düse) auf den Konzentrationsaufbau. Dazu wurde ein Versuchsstand entwickelt und aufgebaut. Über Teilergebnisse wird in diesem Beitrag berichtet.

An die Dosierpumpen und Dosierventile eines Direkteinspeisungssystems werden,

*Bild 1: Vergleich der Totzeiten ( $T_{lag}$ ) und der Verzögerungszeiten ( $T_r$ ) bei einer Erhöhung der Wirkstoffeinspeisemenge bei konstanter Durchflussmenge des Trägerstoffes von  $1,14 \text{ l min}^{-1}$  an der Düse*

*Fig. 1: Comparing lag and response time at constant nozzle flow rate ( $1.14 \text{ l min}^{-1}$ ) for different active ingredient flow rates*



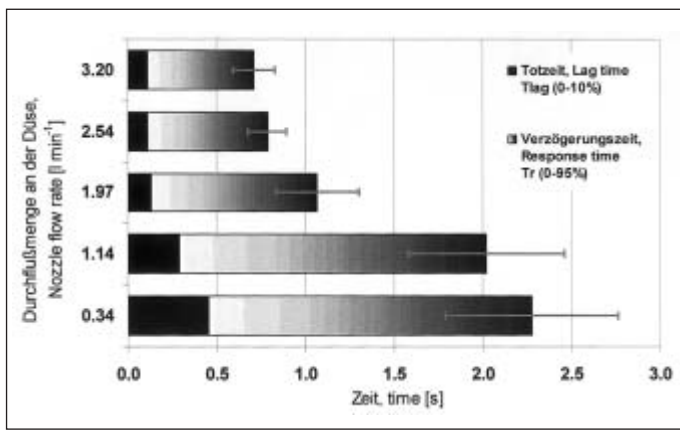


Bild 2: Vergleich der Totzeiten ( $T_{lag}$ ) und der Verzögerungszeiten ( $T_r$ ) bei unterschiedlichen Trägerstoff-Durchflussmengen und konstanter Wirkstoffeinspeisemenge von  $10,0 \text{ ml min}^{-1}$  an der Düse

Fig. 2: Comparing lag and response time for different carrier nozzle flow rates at a constant active ingredient flow rate ( $10.0 \text{ ml min}^{-1}$ )

bedingt durch die stark variierende Aufwandmenge einzelner Herbizide, hohe Anforderungen gestellt. Derzeit sind Herbizide mit weniger als  $100 \text{ ml/ha}$  Aufwandmenge und mit bis zu  $5 \text{ l/ha}$  Aufwandmenge üblich. Bei Vorfahrtsgeschwindigkeiten zwischen  $6$  und  $12 \text{ km/h}$  ergeben sich für eine Teilbreite bestehend aus sechs Düsen Herbizidmengen von  $3$  bis  $300 \text{ ml}$ , die pro Minute in den Wasserstrom der Pflanzenschutzspritze eingespeist werden müssen.

Die Viskosität flüssig formulierter Herbizide deckt einen Bereich zwischen  $10$  und  $500 \text{ mPa s}$  ab (zum Vergleich: Wasser  $\approx 1 \text{ mPa s}$ , Olivenöl  $\approx 84 \text{ mPa s}$ , Schmieröle  $\approx 350$  bis  $3500 \text{ mPa s}$ ). Die Viskosität der mehrheitlich verwendeten Herbizide liegt jedoch unterhalb von  $100 \text{ mPa s}$ . [8] konnte zeigen, dass die Viskosität eines Herbizides Einfluss auf die Homogenität des Wirkstoff-Wassergemisches hat.

### Online Messung der Wirkstoffkonzentration im hydraulischen System

Für die Messung der Wirkstoffkonzentration innerhalb des hydraulischen Systems wurden zwei Methoden entwickelt, die auf unterschiedlichen Messverfahren basieren. Beide Messsysteme bestehen aus einer Messzelle, die an jedem beliebigen Ort des Leitungssystems eingebaut werden kann, und aus einer zugehörigen Elektronik.

Die erste Methode basiert auf der spektralen Absorptionsmessung. Als Wirkstoffersatz wurde ein Farbstoff (E 161) eingespeist. Das Absorptionsmaximum des Farbstoffes wurde mit Hilfe eines Spektrophotometers bei  $570 \text{ nm}$  bestimmt.

Die zweite Methode basiert auf der Ermittlung der elektrischen Leitfähigkeit einer Natriumchlorid-Lösung ( $\text{NaCl}$ ), welche zwischen zwei Edelstahl Elektroden durch eine Messzelle fließt.

### Versuchsergebnisse

Um die Eignung der untersuchten Systeme für die variable Dosierung während der Herbizidbringung zu ermitteln, wurden Parameter bestimmt, mit denen eine Aussage über die Reaktionszeiten gemacht werden konnte. Die Verzögerungszeiten der beiden untersuchten Varianten -Einspeisung an der Düse und Einspeisung an der Teilbreite- wurden unmittelbar an der Düse bei allen verwendeten Düsendrücken und Systemdrücken ermittelt. Um die Verzögerungszeiten der Einspeisungsvarianten zu beurteilen, wurden zwei Übergangsparameter innerhalb der Durchflusszellen ermittelt.

Bild 1 zeigt die Gesamtverzögerungszeiten beim Öffnen und Schließen des Proportionalventils. Die Wirkstoffzufuhr lag im Bereich von  $10$  bis  $100 \text{ ml min}^{-1}$  und erfolgte unmittelbar an der Düse. Aus der Abbildung geht hervor, dass mit Verringerung der Einspeiserate eine Reduzierung der Verzögerungszeit ( $T_r$ ) verbunden ist. Die Ergebnisse zeigen, dass die Einspeisemengen des PSM an der Düse ein entscheidender Parameter für die Verzögerungszeit ist. Geringere Einspeiseraten von PSM in den konstanten Trägerflussstrom führen zu einem schnelleren Stofftransport innerhalb des hydraulischen Systems.

Weiterhin wurde das Verhalten des hydraulischen Systems bei Änderung der Durchflussrate für den Trägerstoff entsprechend der Ausbringung pro ha bei konstanter Einspeisemenge von PSM-Ersatzstoffen untersucht. In Bild 2 werden die Totzeiten (Zeit bis zum Erreichen der Konzentration von  $10 \%$  des PSM im Trägerstoff) und der Verzögerungszeit dargestellt. Bei Erhöhen der Trägerstoffdurchflussrate von  $0,34$  auf  $3,20 \text{ l min}^{-1}$  ändert sich die Verzögerungszeit von  $2,28 \text{ s}$  auf  $0,6 \text{ s}$ . Diese Zeitspanne ergibt innerhalb des geänderten Durchflussmengenbereiches für den Trägerstoff einen insgesamt größeren Ein-

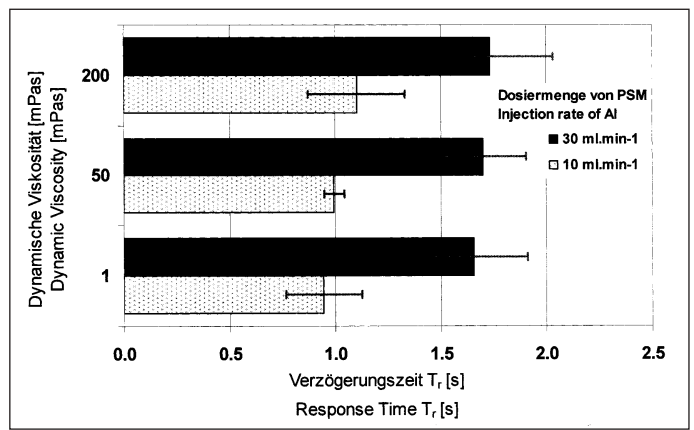


Bild 3: Vergleich der Verzögerungszeiten ( $T_{lag}$ ) für drei dynamische Viskositäten ( $1$  bis  $200 \text{ mPa s}$ ;  $1 \text{ mPa s}$  entspricht Viskosität von Wasser) des PSM bei konstanter Trägerstoff-Durchflussrate ( $1,97 \text{ l min}^{-1}$ ) und zwei Wirkstoffeinspeisemengen an der Düse

Fig. 3: Comparing lag and response time for three dynamic viscosities of plant protection agent at a constant carrier flow rate ( $1.97 \text{ l min}^{-1}$ ) and with two flow rates of active ingredient

fluss auf die Verzögerungszeit als die Änderungen der Durchflussmengen des PSM.

Schließlich wurde der Einfluss der Viskosität des PSM auf das Verzögerungsverhalten bei der Direkteinspeisung an der Düse untersucht. In Bild 3 sind die Ergebnisse von drei verschiedenen dynamischen Viskositäten bei konstanten Durchflussmengen der Trägerstoffe ( $1,97 \text{ l min}^{-1}$ ) und zwei Einspeisemengen ( $10$  und  $30 \text{ ml min}^{-1}$ ) an der Düse dargestellt. Wird der Einfluss der Viskositätsänderung bei einer Einspeiserate betrachtet, so sind sehr geringere Änderungen der Verzögerungszeiten von unter  $0,2 \text{ s}$  bei der geringeren Einspeisemenge und von  $0,15 \text{ s}$  bei der höheren Einspeisemenge zu verzeichnen. Der Einfluss der Viskosität auf die Verzögerungszeiten liegt damit noch deutlich unter dem Einfluss der Änderung der Durchflussmengen für den Trägerstoff.

### Fazit

Die Untersuchungen zeigen, dass die Verzögerungszeiten, die sich bei einer Einspeisung in Düsen ergeben, in erster Linie von der Durchflussmenge des Trägerstoffes beeinflusst werden und weniger von der Einspeisemenge des Pflanzenschutzmittels und der Viskosität des PSM. Bei Einspeisung an der Düse entstehen Anpassungsstrecken bei einer Fahrgeschwindigkeit von  $7 \text{ km/h}$  zwischen  $1$  und  $4,4 \text{ m}$ . Ein wesentlicher Entwicklungsschritt bei der Realisierung von Systemen zur Direkteinspeisung an einer Einzeldüse wird die Auswahl und die Spezifikationen der Ventile und Pumpen für sehr geringe Durchsatzmengen sein.

Darüber hinaus ist zu beachten, dass bei einer Einspeisung an der Düse die Leitungen mit konzentrierten Wirkstoffen bis an jede Düse zu verlegen sind, hieraus ergeben sich Sicherheitsfragen hinsichtlich Anwender- und Umweltschutz. Durch die Verwendung geeigneter Schutzvorrichtungen kann diesen Risiken entgegengewirkt werden.