

## Zusammenfassung

Ausgehend von Meßergebnissen zur eindimensionalen Verteilung von Pflanzenschutzmitteln bei der Applikation mit Spritzdüsen wird mit Hilfe der Korrelationsrechnung der rein periodische Anteil der Verteilungsfunktion von der Wirkung stochastischer Einflußfaktoren getrennt. Die prinzipielle Anwendbarkeit der Methode wird an Beispielen durch die Darstellung der Autokorrelationsfunktion und anhand ihrer Eigenschaften nachgewiesen. Es wird die prinzipielle Funktion sowie die Größe der zufälligen Abweichungen bestimmt. Die Methode ist für die Bestimmung der Arbeitsbreite bei Einhaltung eines minimalen bzw.

festgelegten reproduzierbaren Variationskoeffizienten und zur Beurteilung der Fertigungsqualität von Spritzdüsen anwendbar.

## Literatur

- [1] Rechenprogramm zur Auswertung von Verteilungsmessungen bei der Applikation von Düngemitteln und Pflanzenschutzmitteln. Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim 1980.
- [2] Koron, J.; Olszowka, R.: Technika Lotnicza i Astronautyczna, Warszawa 35 (1980) H. 12, S. 11—12.
- [3] El-Awady, M. N.: Spray and Dust Stagnant Patterns, Treated as Gaussian Functions. Transactions of the ASAE 19 (1976) H. 4, S. 654—656.

- [4] Lange, F. H.: Korrelationselektronik, Berlin: VEB Verlag Technik 1962.
- [5] Effmann, B.: Rechnerische Verfahren zur Beschreibung des thermischen Verhaltens von Produktionsbauten. TU Dresden, Sektion Architektur, Diplomarbeit 1973 (unveröffentlicht).
- [6] Franković, B.; Petras, S.; Skakala, J.; Vykouk, B.: Automatisierung und selbsttätige Steuerung. Berlin: VEB Verlag Technik 1970.
- [7] Kaul, P.: Temperaturverhalten von Tierproduktionsanlagen. TU Dresden, Dissertation 1976.

A 3164

# Einfluß der Arbeitsbreite von Pflanzenschutzmaschinen im Feldbau auf die Ökonomie des Verfahrens

Dr.-Ing. P. Kaul, KDT, Institut für Pflanzenschutzforschung Kleinmachnow der AdL der DDR

## Verwendete Formelzeichen

$A_i$	m	Auslenkung der Düse i
a	m	halber Düsenabstand
B	mm	Differenz in der Höhe zwischen rechter und linker Fahrspur
b	m	Arbeitsbreite
$b_{sp}$	m	Spritzbreite einer Düse
D	l/h	mittlerer Kraftstoffverbrauch
E	l/ha, kg/ha	durch Auslegerschwan- kung bedingter Mittelmehraufwand
F	l/ha, kg/ha	gegenüber Wirkungsschwelle bedingter Mehraufwand durch Ver- teilungsungenauigkeit ohne Aus- legerschwan- kung
$h_0$	m	mittlere Arbeitshöhe
$K_D$	M/ha	Kraftstoffkosten
$K_L$	M/ha	Lohnkosten
$K_{PSM}$	M/ha	Pflanzenschutzmittelkosten
n	St.	Düsenanzahl
$P_D$	M/l	Kraftstoffpreis
$P_{PSM}$	M/l, M/kg	Pflanzenschutzmittelpreis
$P_v$	M/h	Stundenlohn
$Q_m$	l/ha, kg/ha	mittlere Soll-Aufwandmenge mit Auslegerschwan- kung
$Q_m'$	l/ha, kg/ha	mittlere Soll-Aufwandmenge ohne Auslegerschwan- kung
S	m	Spurweite
s	m/h	zur Behandlung durchfahrene Strecke in $T_{07}$
ü	m	Überdeckung der Spritzbreiten zweier Düsen
V	—	Übertragungsfaktor der Aus- legerschwan- kung gegenüber Bo- denunebenheiten

## Problem

Die Entwicklung der Pflanzenschutztechnik wurde während der letzten Jahre durch Forderungen nach Erhöhung der Arbeitsproduktivität gekennzeichnet. Das führte u. a. dazu, daß die in der DDR zum Einsatz kommenden Pflanzenschutzmaschinen für den Feldbau mit relativ breiten Spritzbalken bis zu 18 m bei einem Systemmaß von 4,5 m ausgerüstet wer-

den. Daneben konnte die Arbeitsgeschwindigkeit durch Einsatz von Applikationseinrichtungen auf LKW bis maximal 18 km/h erhöht werden.

Neuere Forschungsarbeiten in der DDR und auch in anderen Ländern mit intensiver Landwirtschaft sind auf die Entwicklung und Einführung eines von der Aussaat über die Pflege bis zur Ernte reichenden einheitlichen Fahrspurprinzips gerichtet. Diese Bemühungen würden die maximal mögliche Arbeitsbreite im Pflanzenschutz ohne Sondermaßnahmen auf rd. 18 m begrenzen bzw. die Forderung nach 36 m entstehen lassen. Für Pflanzenschutzmaschinen mit derart großer Arbeitsbreite gibt es international bereits Lösungen, z. B. von der französischen Firma Evrad.

Unter den gegenwärtigen wirtschaftlichen Bedingungen kann jedoch die Beachtung nur eines oder einiger weniger Parameter, wie z. B. der Arbeitsbreite von Pflanzenschutzmaschinen bzw. deren Arbeitsproduktivität, zu falschen Ergebnissen bei der Bewertung dieses Arbeitsprozesses führen. Werden Ergebnisse angestrebt, die den volkswirtschaftlichen Effekt und seine positive Beeinflussung berücksichtigen sollen, so sind alle Parameter in die Betrachtung einzubeziehen, die volkswirtschaftlich relevant sind. In dem zu untersuchenden Problem führt die Vergrößerung der Arbeitsbreite zur Erhöhung der Arbeitsproduktivität und zur Einsparung von Dieseldieselkraftstoff und Lohnkosten. Andererseits sind damit infolge der mit den vergrößerten horizontalen und vertikalen Auslegerschwan-  
kungen verbundenen Ungleichmäßigkeiten in der Mittelverteilung bei jeder Behandlung höhere Aufwendungen an Pflanzenschutzmitteln je Flächeneinheit zur Sicherung des Bekämpfungserfolgs erforderlich. So gesehen, ist das

Verhältnis von Arbeitsbreite, DK-Verbrauch, Einsatz von Arbeitskräften und wirksamer Nutzung der eingesetzten Pflanzenschutzmittel als Optimierungsproblem anzusehen und zu behandeln. Anliegen dieses Beitrages ist es, unter Beachtung der genannten Faktoren die ökonomischen Auswirkungen von Arbeitsbreitenänderungen zu kennzeichnen und Richtwerte für den Einsatz von Pflanzenschutzmaschinen mit kostengünstiger Arbeitsbreite anzugeben.

## Auslegerschwan- kungen und Querverteilung

Die bei Pflanzenschutzmaschinen auftretenden Auslegerschwan-  
kungen und ihre Auswirkung auf die Verteilung der Pflanzenschutzmittel werden von Schmidt-Ott [1] ausführlich diskutiert. Danach werden Verteilungsfehler vor allem durch vertikale und horizontale Auslegerschwan-  
kungen hervorgerufen.

Ursache der vertikalen Bewegung sind die durch Bodenunebenheiten bedingten rotatorischen Bewegungen des Fahrgestells um die Längsachse. Auf Verteilungsfehler dieser Art wird auch in mehreren anderen Literaturquellen (z. B. [2]) hingewiesen. Diese Verteilungsfehler führen zu vertikalen Abstandsänderungen zwischen Düsen und Zielfläche und damit zu nicht mehr akzeptablen Verteilungsschwankungen in Form einer „Streifigkeit“ des Verteilungsbildes.

Ursache der horizontalen Bewegungen sind rotatorische Bewegungen des Fahrgestells um die senkrechte Achse, die sich mit der Fahrgeschwindigkeit überlagern. Diese Bewegungen werden bei selbstfahrenden Maschinen vor allem durch die Lenkausschläge zur Einhaltung einer Fahrtrichtung und bei gezogenen Maschinen durch Bodenunebenheiten hervorgerufen.

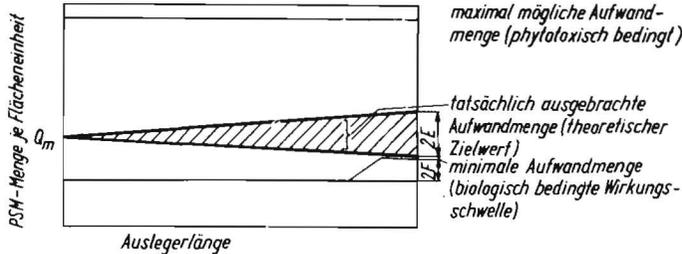


Bild 1. Realisierte Aufwandmenge als Funktion der Arbeitsbreite (prinzipiell); E durch Auslegerschwingungen bedingte Abweichungen vom Mittelwert F Sicherheitsabstand zur Wirkungsschwelle

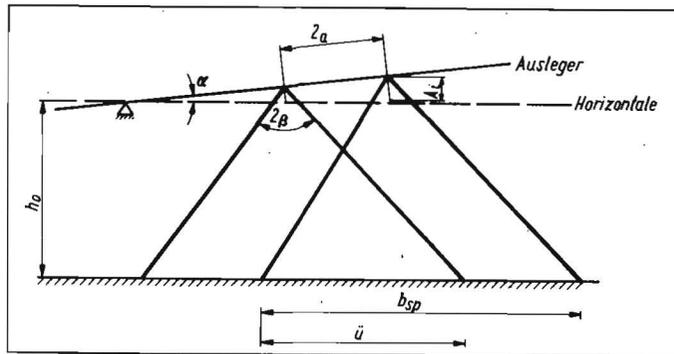


Bild 2. Horizontale Auslegerschwingung

Sie führen dazu, daß eine Seite des Auslegers eine zusätzliche Beschleunigung in horizontaler Richtung erfährt, während die andere abgebremst wird. Die dadurch hervorgerufenen Verteilungsungenauigkeiten machen sich als „Welligkeit“ des Verteilungsbildes bemerkbar. Da eingeschätzt werden kann, daß die durch sie hervorgerufenen Verteilungsungenauigkeiten über der Arbeitsbreite nicht größer sind als die durch vertikale Schwankungen verursachten, sollen sie ebenso wie kinematische Deformationen des Auslegers infolge auftretender Beschleunigungskräfte bei den weiteren Betrachtungen unberücksichtigt bleiben.

Weiterhin spielen in den nachfolgenden Betrachtungen solche Ursachen für die Verteilungsungenauigkeit keine Rolle, die bei Veränderung der Arbeitsbreite annähernd konstant bleiben. Als Beispiel dafür seien die durch Schlupf der Räder hervorgerufenen Abweichungen der Arbeitsgeschwindigkeit bei Maschinen ohne Dosierautomatik genannt. Im Interesse der Vereinfachung der mathematischen Behandlung sind einige weitere Voraussetzungen zu treffen, wie sie auch in der entsprechenden Fachliteratur üblich sind:

- Das Verteilungsbild der Düsen entspricht in Abhängigkeit von der Höhe über der Meßfläche einer idealen Dreiecksverteilung.
- Die Düsen bewegen sich bei Auslegerschwingungen rein vertikal in Form von harmonischen Schwingungen, wobei alle anderen die Aufwandmenge je Flächeneinheit beeinflussenden Parameter als konstant anzusehen sind (z. B. Arbeitsgeschwindigkeit, Düsendurchflußmenge).
- Die Fluggeschwindigkeit der Flüssigkeitstropfen ist gegenüber der Schwinggeschwindigkeit groß.

Die durch Auslegerschwingungen hervorgerufenen Verteilungsfehler führen in ihren Auswirkungen schließlich dazu, daß die Sollaufwandmenge an Pflanzenschutzmitteln höher gewählt werden muß, als zur Sicherung des Bekämpfungserfolgs erforderlich ist (Betrag E im Bild 1). Diese Maßnahme ist zwingend, weil der Erfolg der Pflanzenschutzmaßnahmen über der gesamten Arbeitsbreite zu sichern ist. Diese Erhöhung der Sollaufwandmenge ist als volkswirtschaftlicher Verlust anzusehen. Möglich sind auch

- Pflanzenschädigungen und Ernteverluste infolge lokaler Überdosierung
- Ernteverluste infolge nicht ausreichenden Bekämpfungserfolgs durch lokale Unterdosierung.

Die aus technoloischer Sicht dabei bestehenden Zusammenhänge sind im Bild 1 definiert. Es muß davon ausgegangen werden, daß die beiden letztgenannten Verluste in jedem Fall auszuschließen sind, da Fehler dieser Art die Pflanzenschutzmaßnahme selbst in Frage stel-

len würden. Durch die Summe der Verteilungsungenauigkeiten bedingte Erhöhungen des Sollwertdurchsatzes setzen sich aus der Summe  $2E + 2F$  zusammen, wobei der Wert für  $2E$  eine Funktion der Auslegerlänge ist. Bei Verbesserung der Arbeitsqualität von Pflanzenschutzmaschinen durch Verringerung der Auslegerschwingungen wird die Strecke  $2E$  vermindert. Aus der bildlichen Darstellung ist jedoch zu erkennen, daß prinzipiell die Überdosierung von Pflanzenschutzmitteln mit größer werdender Arbeitsbreite zunehmen muß, auch wenn gleichzeitig das technische Niveau der Pflanzenschutzmaschinen derart verbessert wird, daß Auslegerschwingungen eingeschränkt werden.

#### Mathematisches Modell

Zur Optimierung der Arbeitsbreite sind alle wesentlichen bei der Behandlung von Feldkulturen mit Bodenmaschinen auftretenden Kosten zu erfassen, die durch die Arbeitsbreite der Maschine beeinflusst werden. Das sind die Lohnkosten  $K_L$ , die Kraftstoffkosten  $K_D$  und die Pflanzenschutzmittelkosten  $K_{PSM}$ . Die Zielfunktion läßt sich wie folgt formulieren:

$$K_L + K_D + K_{PSM} \rightarrow \text{Minimum.} \quad (1)$$

Aus den bisherigen Betrachtungen geht hervor, daß die Kostenanteile in Gl. (1) gegenläufige Tendenzen aufweisen. Mit zunehmender Arbeitsbreite verringern sich die Kosten für Lohn und Kraftstoff, während die Pflanzenschutzmittelkosten infolge größerer Auslegerschwingungen zunehmen.

Die auf die behandelte Fläche bezogenen Lohnkosten können wie folgt berechnet werden:

$$K_L = \frac{\sum P_V}{b s} \quad (2)$$

Entsprechend lassen sich die Kraftstoffkosten berechnen:

$$K_D = \frac{D P_D}{b s} \quad (3)$$

Für die Berechnung der Strecke E im Bild 1 als Kennzeichnung der durch Auslegerschwingungen verursachten Mittelverluste werden die im Bild 2 festgelegten Verhältnisse zugrunde gelegt.

Die Auslenkung der Düse  $i$  erhält man unter der Voraussetzung einer harmonischen Schwingung des Auslegers zu

$$A_i = (2i - 1) a \sin \alpha. \quad (4)$$

Mit der Düsenanzahl  $n$  ergibt sich die maximale Auslenkung

$$A_{\max} = (n - 1) a \sin \alpha. \quad (5)$$

Unter der Voraussetzung, daß

$$\alpha \ll \beta \quad (6)$$

und damit Gleichverteilung über der Spritzbreite einer Düse angenommen werden kann, erhält man für die Spritzbreite einer Düse bei  $\alpha = 0$ :

$$\frac{b_{sp}}{2} = h_0 \tan \beta. \quad (7)$$

Für die Spritzbreite der außenliegenden Düse bei maximaler Auslenkung ergibt sich aus den Gln. (5) und (7)

$$\frac{b_{sp \max}}{2} = [h_0 + (n - 1) a \sin \alpha] \tan \beta. \quad (8)$$

Die relative Erhöhung der auszubringenden Mittelmenge als Verhältnis von  $(Q_m' + E)/Q_m'$  (Bild 1) erhält man zu

$$\frac{Q_m' + E}{Q_m'} = 1 + \frac{(n - 1) a \sin \alpha}{h_0}, \quad (9)$$

wobei die durch Auslegerschwingungen bedingten Mehraufwendungen an Pflanzenschutzmitteln durch den Summanden  $[(n - 1) a \sin \alpha / h_0]$  ausgedrückt werden. Die Arbeitsbreite ergibt sich aus

$$b = 2(n - 1)a. \quad (10)$$

Die Pflanzenschutzmittelkosten als Funktion der Arbeitsbreite können dann wie folgt definiert werden:

$$K_{PSM} = Q_m P_{PSM} \left[ 1 + \frac{b \sin \alpha}{2 h_0} \right]. \quad (11)$$

Die sich bei einer harmonischen Schwingung ergebende Verteilung unter einer Düse ist im Bild 3 veranschaulicht.

Unter realen Bedingungen ist jedoch zu beachten, daß der Ausleger nicht mit einer reinen harmonischen Schwingung schwingt, sondern daß es sich um eine Summe harmonischer Schwingungen handelt, die ein relativ breites Frequenzspektrum umfassen. Ihre Kenntnis ist als Grundlage zur Bestimmung der Größe des Winkels  $\alpha$  in Gl. (11) erforderlich.

Ursache der Auslegerschwingungen sind Bodenunebenheiten, die sich an verschiedenen Standorten in ihrer Frequenz und in ihrer Amplitude unterscheiden können. Für ihre Beschreibung stehen derzeit nur Erfahrungswerte zur Verfügung, die beispielsweise auch in der englischen Norm BS 4220 ihren Niederschlag gefunden haben, in der eine Fahrstrecke mit ihren Unebenheiten als Basis zur Beurteilung von Auslegerschwingungen standardisiert ist.

Danach ergibt sich ein Differenzprofil zwischen der rechten und linken Fahrspur, das aus

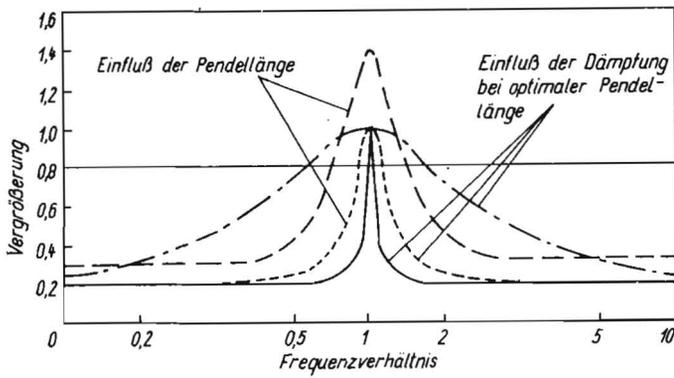


Bild 4. Prinzipieller Verlauf des Frequenzgangs eines vertikal schwingenden Auslegers (nach [1])

Bild 5. Kosten als Funktion der Arbeitsbreite (Parameter entsprechend dem Berechnungsbeispiel)

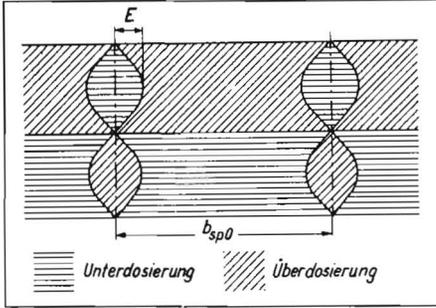
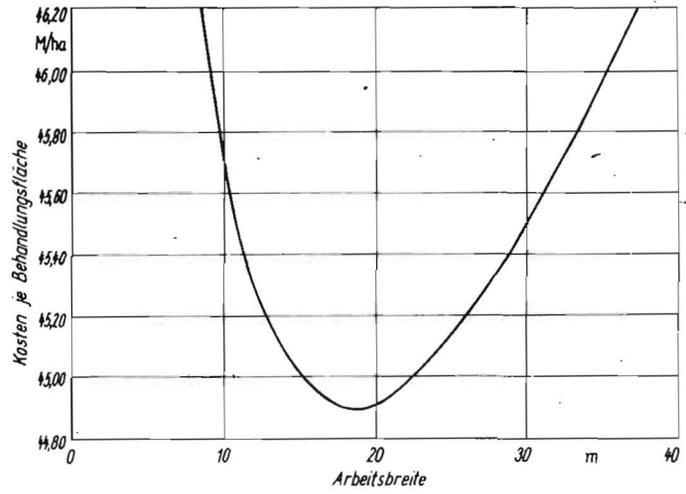
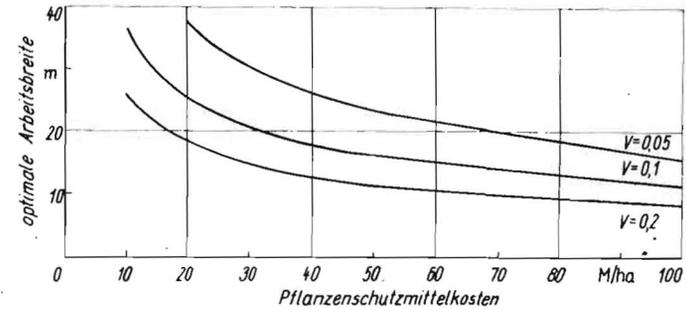


Bild 3 Mittelverteilung unter den Düsen bei sinusförmiger Auslegerschwingung

Bild 6 Zusammenhang zwischen kostenoptimaler Arbeitsbreite und Pflanzenschutzmittelkosten



einem Frequenzgemisch besteht. Die Amplitude der Grundschiwingung beträgt 10 cm, Aussagen zu den Oberschwingungen und den Frequenzen sind nicht möglich. Entsprechend diesen als einzige Grundlage zur Verfügung stehenden Expertenschätzungen wird die Grundschiwingung mit einer Amplitude von 10 cm als Basis der weiteren Berechnung verwendet. Die Berechtigung zu dieser Vorgehensweise ergibt sich auch aus dem Frequenzgang des vertikal schwingenden Auslegers. Ausgehend von einem aus Feder, Masse und Dämpfung einschließlich der entsprechenden geometrischen Abmessungen bestehenden Ersatzmodell des vertikal schwingenden Auslegers und dessen Bewegungsgleichungen werden von Schmidt-Ott [1] die Pendellänge sowie die Feder- und Dämpfungskonstante des optimalen freien Pendels bezüglich seiner Bewegungseigenschaften ermittelt, und es wird der Frequenzgang bestimmt (Bild 4). Durch diese Arbeiten wurde ermittelt, welche Ergebnisse bezüglich des Auslegerverhaltens mit dem derzeitigen Prinzip der Pendelaufhängung maximal erreichbar sind.

Die Auswertung des Frequenzgangs des vertikal schwingenden Auslegers als derzeitige beste und praxisübliche Methode der Auslegerstabilisierung führt zu folgenden Aussagen:

- Im Resonanzfall übertragen sich die Schwingungen des Fahrzeugs voll auf den Ausleger.
- Außerhalb des Resonanzfalls ist mit einer Verringerung der Amplitude auf das rd. 0,1- bis 0,2fache zu rechnen.
- Die Breite des Resonanzgebiets wird durch die Dämpfung und die Vergrößerung durch die Pendellänge beeinflusst.

Für praktische Abschätzungen ist von einer Maschine mit einer solchen Pendelaufhängung auszugehen, bei der im Betrieb der Resonanzfall nahezu nie auftritt. Für alle anderen tatsächlich auftretenden Schwingungen kann mit einer Verringerung der Auslegerschwingung

im Verhältnis zur Fahrzeugschwingung auf 10 bis 20 % gerechnet werden. Es ergibt sich:

$$\sin \alpha = v \frac{B}{S} \quad (12)$$

Damit erhält man die Kostenfunktion:

$$K = \frac{\sum P_V}{b s} + \frac{D P_D}{b s} + Q_m P_{PSM} \left[ 1 + \frac{b v \frac{B}{S}}{2 h_0} \right] \quad (13)$$

deren Differentiation die Bestimmung des Extremwerts für die Arbeitsbreite  $b$  ermöglicht:

$$K' = - \frac{\sum P_V}{s b^2} - \frac{D P_D}{s b^2} + \frac{Q_m P_{PSM} v B}{2 h_0 S} \quad (14)$$

$$\text{Wegen } K'' > 0 \quad (15)$$

ist die Bedingung für ein Minimum der Kosten erfüllt. Man erhält die optimale Arbeitsbreite der Maschine als Ergebnis der Kostenrechnung:

$$b_{opt} = \sqrt{\frac{(\sum P_V + D P_D) 2 h_0 S}{Q_m P_{PSM} v B s}} \quad (16)$$

In einem Berechnungsbeispiel werden folgende Parameterwerte angenommen:

- $P_V = 12, - M/h$
- $D = 71/h$
- $P_D = 1,5 M/l$
- $h_0 = 1,0 m$
- $S = 1,5 m$
- $Q_m = 21/ha$
- $P_{PSM} = 20 M/l$
- $B = 0,1 m$
- $s = 5000 m/h$
- $v = 0,1$

Danach ergibt sich die optimale Arbeitsbreite  $b_{opt} = 18,4 m$ .

Unterstellt man die im Berechnungsbeispiel angesetzten Parameter, so lassen sich die Kosten entsprechend Gl. (13) in M/ha als Funktion der Arbeitsbreite der Pflanzenschutzmaschine darstellen (Bild 5). Daraus ist ersichtlich, daß die Funktion bei etwa 18 m ein Minimum hat und beim Übergang zu kleineren Arbeitsbreiten stärker ansteigt als beim Übergang zu größeren. Weiterhin ist ersichtlich, daß sich die untersuchten Kostenanteile bei relativ großen Abweichungen in der Arbeitsbreite vom Optimalwert nur wenig ( $\approx 1,5\%$ ) ändern. Dabei ist jedoch zu beachten, daß in den untersuchten Kostenanteilen der relativ hohe Preis für die Pflanzenschutzmittel in der Größenordnung von 400,- M/h miterfaßt ist. Damit ist der Einfluß der Arbeitsbreite von 1,5% der Aufwendungen ebenso hoch einzuschätzen wie der von den Lohnkosten oder vom Preis für Kraftstoff.

Aus Gl. (16) wird deutlich, daß sich die optimale Arbeitsbreite mit steigenden Mittelkosten und Mittelaufwendungen je Hektar verringert. Die Festlegung durchschnittlicher Mittelkosten je Behandlungsfläche als Basis für die Maschinenauslegung erscheint problematisch. Nach Jeske [3] können die durchschnittlichen Kosten an Pflanzenschutzmitteln je Behandlungshektar zwischen 35,- M/ha und 70,- M/ha betragen (Stand 1975). Darüber hinaus ist dabei auch die Entwicklungstendenz zu berücksichtigen. Gl. (16) läßt sich umstellen:

$$b_{opt} = \sqrt{\frac{(\sum P_V + D P_D) 2 h_0 S}{v B s K_{PSM}}} \quad (17)$$

Der Zusammenhang zwischen optimaler Arbeitsbreite und Pflanzenschutzmittelkosten kann dann entsprechend Bild 6 grafisch veranschaulicht werden, wobei die im Berechnungsbeispiel angegebenen Zahlenwerte als Grundlage dienen.

Weiterhin wird deutlich, daß mit steigender

Arbeitsgeschwindigkeit eine Verminderung der optimalen Arbeitsbreite verbunden ist. Dieses Ergebnis wird dadurch verursacht, daß bei steigender Arbeitsgeschwindigkeit der Einfluß der Lohnkosten abnimmt. Mathematisch ausgedrückt würde sich die gleiche Wirkung für die Kraftstoffkosten ergeben, jedoch ist bei höherer Arbeitsgeschwindigkeit gleichzeitig ein höherer DK-Verbrauch anzusetzen. Positiven Einfluß auf die optimale Arbeitsbreite haben die Spurweite und die Arbeitshöhe, wobei eine Vergrößerung der Arbeitshöhe aus anderen Gründen (z. B. Abdrift) nicht wünschenswert ist. Werden die Unebenheiten des Bodens mit geringer Verstärkung auf den Ausleger übertragen, kann die optimale Arbeitsbreite größer gewählt werden, und bei größerer Verstärkung sollte die Arbeitsbreite aus wirtschaftlichen Gründen kleiner werden.

### Schlußfolgerungen

Zur effektiven Nutzung der Pflanzenschutzmaschinen im Feldbau mit Arbeitsbreiten von 18 m sind die gut durchdachte Gestaltung des Auslegers und die Wahl günstiger Parameter für Auslegermasse, Pendellänge, Dämpfung und Federkonstante erforderlich. Dadurch ist zu sichern, daß die Resonanzfrequenz des Auslegers außerhalb der üblicherweise auftretenden Erregerfrequenzen liegt, die durch Bodenunebenheiten und Fahrgeschwindigkeit bestimmt sind. Für den Arbeitsbereich ist ein Übertragungsfaktor von 0,1 bis 0,2 anzustreben.

Weitere Verbesserungen in der Auslegerstabilität und damit in der optimalen Arbeitsbreite sind durch selbstfahrende Maschinen erreichbar, da damit der Übertragungsfaktor weiter vermindert werden kann.

Die Vergrößerung der Spurweite wirkt sich mit der Potenz 0,5 günstig auf die Stabilisierung des Auslegers aus.

Hohe Pflanzenschutzmittelkosten je Behandlungsfläche erfordern aus volkswirtschaftlichen Überlegungen die Verbesserung der Verteilungsgenauigkeit bei der Applikation auch über die Arbeitsbreite.

Die gegenwärtig übliche Arbeitsbreite von 18 m ist bei dem derzeitigen Kostenniveau und dem modernen Prinzip der pendelnden Auslegeraufhängung als optimal anzusehen. Daraus lassen sich eindeutig positive Effekte im Pflanzenschutz bei der eventuellen Einführung des Fahrspurprinzips mit diesen Maßen nachweisen. Überlegungen zum Übergang auf eine Arbeitsbreite von 36 m, die sich aus 18 m Systembreite ergeben, sind nur dann sinnvoll, wenn prinzipiell neue technische Lösungen zur Auslegerstabilisierung eingeführt werden.

Abweichungen in der Arbeitsbreite vom als ökonomisch effektiv anzusehenden Wert können durchaus sinnvoll sein. So lassen sich beispielsweise durch höhere Arbeitsbreiten die Leistung der Maschinen erhöhen (positiver Einfluß auf die Einhaltung günstiger Behandlungszeitspannen) und die Kraftstoffaufwendungen senken. Durch niedrigere Arbeitsbreiten ist eine Erhöhung der Verteilungsgenauigkeit erzielbar.

### Zusammenfassung

Es werden die sich als Funktion der Arbeitsbreite von derzeitig modernen Pflanzenschutzmaschinen im Feldbau ändernden Kosten für Arbeitslohn, Kraftstoff und Pflanzenschutzmittel formelmäßig erfaßt und miteinander verknüpft. Für die sich daraus ergebende Kostengleichung wird durch Extremwertbestim-

mung die volkswirtschaftlich effektive Arbeitsbreite als Funktion der je Behandlungshektar aufzuwendenden Mittelkosten bestimmt. Dabei wird der Übertragungsfaktor von Bodenunebenheiten auf vertikale Auslegerschwingungen über der Frequenz als konstant angesetzt. Aus dem Ergebnis ist abzuleiten, daß die gegenwärtig gebräuchliche Arbeitsbreite von 18 m als günstig anzusehen ist, wobei die nach dem derzeitigen Stand weiterentwickelten Auslegeraufhängungen mit günstigen Parametern bezüglich Masse, Pendellänge, Dämpfung und Federkonstante unterstellt werden. Wesentliche Vergrößerungen der Arbeitsbreite erscheinen aus volkswirtschaftlicher Sicht nur dann rationell, wenn ein neues technisches System der Auslegerstabilisierung zur Anwendung gebracht werden kann. Bedingt durch andere Einflußfaktoren — die in das dargestellte Modell aus sachlichen Gründen nicht einbezogen werden konnten — können in der speziellen Situation des einzelnen Betriebs auch Abweichungen von den als ökonomisch ausgewiesenen Arbeitsbreiten zweckmäßig sein.

### Literatur

- [1] Schmidt-Ott, M.: Konstruktive und regelungstechnische Maßnahmen zur Erhöhung der Verteilungsgüte von Pflanzenschutz- und Düngemaschinen. Technische Universität Berlin (West), Dissertation 1976.
- [2] Jeske, A.: Pflanzenschutztechnik. Berlin: Akademie-Verlag 1978.
- [3] Jeske, A.: Auswertung der Aufwendungen für Pflanzenschutz in Beispielbetrieben der DDR, 1976, unveröffentlichtes Arbeitsmaterial.

A 3025

## Spritz- und Beregnungsgerät für Gewächshäuser

Dr. I. Szepessy/Dr. Z. Cszmazia, Agraruniversität Debrecen  
 Dr. F. Tündik, Landmaschinenwerk Debrecen  
 M. Kecskésné, Landwirtschaftliche Produktionsgenossenschaft Ócsa (UVR)

### 1. Einleitung

Die Pflanzenproduktion in Gewächshäusern hat in den vergangenen Jahren eine zunehmende Bedeutung erlangt. Diese Entwicklung war aber auch nicht ohne Probleme, da es kaum gelang, die Pflanzenschutz- und Beregnungsaufgaben im Gewächshaus mit einem befriedigenden Resultat zu lösen.

Durch das Gewächshausklima wird die Vermehrung der Schädlinge begünstigt. Deshalb ist hier der Pflanzenschutz von besonderer Bedeutung. Hinzu kommt die erhöhte Empfindlichkeit der Kulturpflanzen unter Gewächshausbedingungen.

Es wird also nicht als befriedigende Lösung betrachtet, wenn der Pflanzenschutz durch eine Bedienperson mit handbetätigtem Gerät vorgenommen wird. Die Behandlungsdauer ist in diesem Fall ziemlich groß, und der Gesundheitsschutz der Bedienperson kann nur mit umfangreichen Schutzausrüstungen gewährleistet werden. Das Tragen solcher Schutzmittel ist aufgrund der hohen Temperatur und der

relativen Luftfeuchte im Gewächshaus für die arbeitende Person außerordentlich belastend. Eine höhere Flächenleistung ist mit tragbaren Motorsprüheräten zu erreichen, wobei hier die giftigen Abgase Schwierigkeiten bereiten. Noch effektiver sind die Pflanzenschutzarbeiten mit traktorbetriebenen Maschinen auszuführen. Bei dieser Lösung muß jedoch in der Mitte des Gewächshauses eine freie Durchfahrt für den Traktor gesichert werden, wodurch wertvolle Nutzfläche verlorengeht. Man könnte zwar noch den Einbau von Düsen in Erwägung ziehen, doch wäre mit dieser Lösung kaum eine befriedigende Bedeckung zu erreichen.

### 2. Anforderungen an die Konstruktion eines Geräts

Nach der konstruktiven Aufgabenstellung sollte ein Gerät entwickelt werden, das — ohne jede Veränderung der Gewächshäuser nachträglich eingebaut werden kann — durch seinen Einsatz die Nutzfläche im

Gewächshaus nicht verringert  
 — bei Nichtbenutzung die Bewegungsfreiheit innerhalb des Gewächshauses nicht beeinflusst  
 — die Produktion und Behandlung unterschiedlicher Kulturen zuläßt  
 — außerhalb des Gewächshauses bedient werden kann, um den Aufenthalt einer bedienenden Person während der Pflanzenschutz- und Beregnungsarbeit im Haus zu erübrigen  
 — bei Bedarf automatisiert werden kann  
 — einen geringen manuellen Arbeitsaufwand erfordert  
 — den bisher bekannten Lösungen in der Leistung überlegen ist  
 — eine bessere Arbeitsqualität ermöglicht  
 — eine für mehrere Gewächshäuser nutzbare Versorgungseinheit hat (Kostensenkung).  
 Unter Berücksichtigung dieser Gesichtspunkte wurde eine von außen steuerbare Oberbahnpflanzenschutz- und Beregnungseinrichtung entwickelt (Bild 1).