

eine vollkommene Behandlung der unteren Seite der Blätter erzielt wird. Eine Grenze ist hier jedoch gegeben, weil die zur Sicherung einer gleichmäßigen Verteilung des Mittels in der Maschinenarbeitsbreite notwendige minimale Entfernung nicht unterschritten werden darf. Deshalb erscheinen uns die Düsen mit größerem Spritzwinkel und größerer Düsenbohrung günstiger, weil sie einen geringeren Abstand zu den Pflanzen ermöglichen und die Düsen nicht verstopfen. Die Entfernung der Düsen vom Bestand ist wahrscheinlich von der Ausnutzung der Vorteile der sogenannten direkten Behandlung (direct spraying) abhängig.

### 3. Typ der Spritzdüse

In Tafel 5 sind die wichtigsten Parameter dieser Düsen und die Endwerte ihrer Arbeitsqualität zusammengefaßt.

Aus der angeführten Düsencharakteristik und den erreichten Ergebnissen in der Qualität der Behandlung mit Fungiziden bei Kartoffelbeständen lassen sich zwei mehr oder weniger klare Beziehungen ableiten:

- Am besten arbeiten, vor allem beim Spritzen von unten, die Düsen, die einen sogenannten Fächer von Tröpfchen bilden.
- Düsen mit größerem Spritzwinkel bedecken die untere Seite der Blätter ebenfalls.

### Schlußfolgerungen und Empfehlungen

1. Die günstigste Einrichtung für die Behandlung der Kartoffelfäule ist in Hinsicht auf die Arbeitsqualität eine Feld-

spritze, die speziell für die Behandlung der Bestände von unten umgebaut ist, wobei sich also die Tröpfchen der Brühe von unten nach oben ausbreiten. Die Kosten dieser Behandlung werden allerdings höher als bei der Flächenbehandlung durch Sprühen oder Spritzen sein, weil sich der Anschaffungspreis um die Kosten für den speziellen Düsenrahmen und die Betriebskosten wegen der geringeren Leistung des Aggregats erhöhen. Trotzdem wird diese Behandlungsart wenigstens für das erste Spritzen gegen Phytophthora und bei anfälligen Kartoffelsorten und bei Saatgutbeständen auch für die zweite Behandlung empfohlen. Damit wird die vollständige primäre Verteilung des Wirkstoffes in der gesamten Höhe des Kartoffelbestands, und zwar auch auf der unteren Blattseite, gesichert und damit ein Schutz gegen die frühe Infektion erreicht, da die Pflanzen besonders in den unteren Schichten (Zonen) der Bestände und überwiegend die untere Seite der Blätter von den Phytophthoraceregern befallen werden.

2. Weitere Behandlungen gegen die Phytophthora mit Sprühmaschinen sind notwendig, bei Einsatz der S 0/1 empfehlen wir eine Fahrgeschwindigkeit von etwa 4 km/h und eine Dosierung von etwa 300 l/ha.

3. Die übrigen Arten der Behandlung gegen die Kartoffelfäule, wie Flächenspritzung mit Traktorenmaschinen oder durch Flugzeugeinsatz, sollte man nur in Notfällen anwenden, falls eine günstigere Behandlungsart gegen diese Krankheit nicht möglich ist.

A 7135

M. BARTSCH  
F. FRÖHLICH\*

## Ein Sprühgerät für Labor-Untersuchungen über die Wirksamkeit flüssiger Pflanzenschutzmittel

### 1. Einleitung und Zusammenfassung

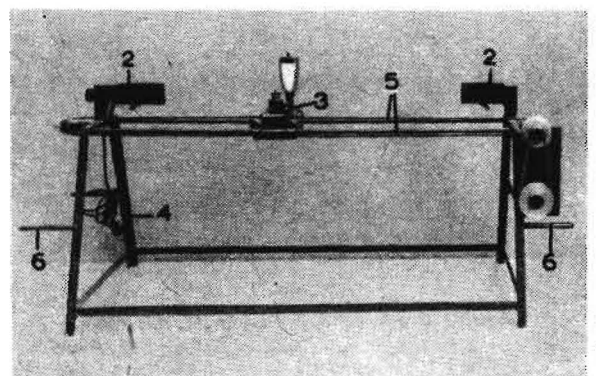
Im Hinblick auf eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit im Pflanzenschutz werden in letzter Zeit immer mehr flüssige Pflanzenschutzmittel entwickelt, die unter geeigneten Applikationsverfahren eine wesentliche Reduzierung der Aufwandmengen gestatten (vgl. z. B. DÜNNEBEIL [1]). Die biologische Wirksamkeit neu entwickelter Pflanzenschutzmittel muß zunächst quantitativ im Labormaßstab untersucht werden. Dazu sind Sprühgeräte notwendig, mit denen sich die Vorgänge in der landwirtschaftlichen Praxis simulieren lassen. Auf Anregung und in Zusammenarbeit mit Dr. H. KRÜGER von der Forschungsabteilung des VEB Elektrochemisches Kombinat Bitterfeld wurde das nachfolgend beschriebene Laborsprühgerät entwickelt, das diesen Forderungen weitgehend entspricht. Mit ihm können flüssige Pflanzenschutzmittel auf einer rechteckigen Fläche von 50 × 130 cm gleichmäßig ausgebracht werden. Die homogene Sprühbreite von 50 cm wird durch die spezielle Konstruktion der Sprühdüse erreicht. Diese wird mit Hilfe eines Wagens auf einem Gestell in 65 cm Höhe über den Boden in definiert wählbarer Geschwindigkeit transportiert. Die Düse arbeitet mit einem Preßluft-Überdruck von 0,3 bis 0,7 at. Die Aufwandmenge ist zwischen 10 l/ha und 1000 l/ha einstellbar und wird im wesentlichen von der Flüssigkeitszufuhr zur Düse und der Transportgeschwindigkeit des Wagens bestimmt. Die Tröpfchengrößen sind von Feinsprühen bis Spritzen variierbar und hängen von Preßluftdruck und Flüssigkeitszufuhr zur Düse ab.

### 2. Aufbau des Gerätes

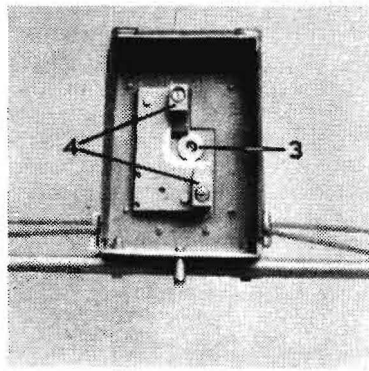
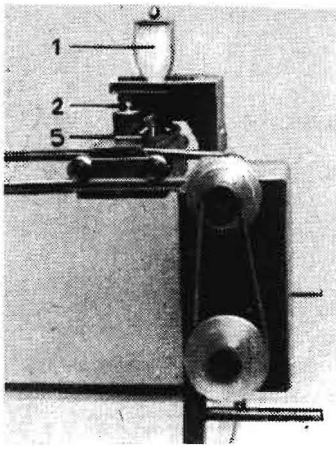
Die Gesamtansicht des Sprühgerätes zeigt Bild 1. Die drei wichtigsten Funktionsgruppen, der Motor mit dem Getriebe, die elektrischen Schaltelemente und der Wagen mit dem

Sprühaufsatz, sind in einem transportablen Gestell untergebracht, das gleichzeitig als Laufschiene für den Wagen des Sprühaufsatzes dient. Zum Antrieb des Wagens wird ein Synchronmotor (Typ WSKM 74/40, Hartha, für 220 V Netzanschluß) verwendet, dessen Drehzahl durch ein Schneckengetriebe und eine Stufenscheibe untersetzt wird. An der Stufenscheibe sind die drei Geschwindigkeiten 0,19 km/h; 0,3 km/h und 0,8 km/h einstellbar. Von der Stufenscheibe wird die Bewegung auf einen Rundriemen übertragen, der am Wagen befestigt ist. An den Enden des Gestells befinden sich elektrische und mechanische Endschalter, die bei den Endstellungen des Wagens den Motor ausschalten und gleichzeitig die Flüssigkeitszufuhr unterbrechen. Die Bilder 2a und 2b zeigen den Wagen mit dem Sprühaufsatz. Der Sprühaufsatz besteht aus den Flüssigkeitsbehältern 1, dem reproduzierbar einstellbaren Nadelventil 2, der Hauptdüse 3 und

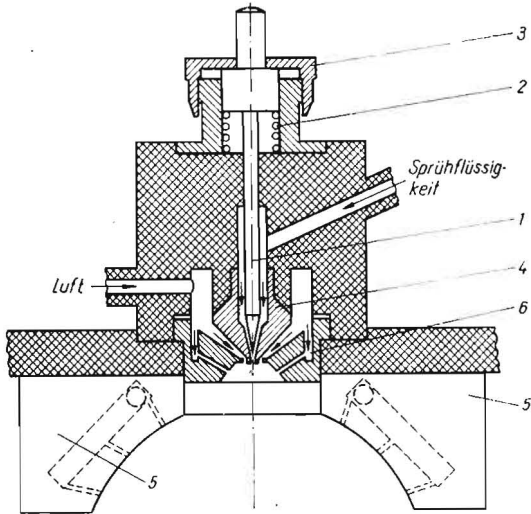
Bild 1. Gesamtansicht des Sprühgerätes. 2 Endschalter, 3 Wagen mit Sprühaufsatz, 4 Winkeleisengestell, 5 Laufschienen, 6 Traggriffe



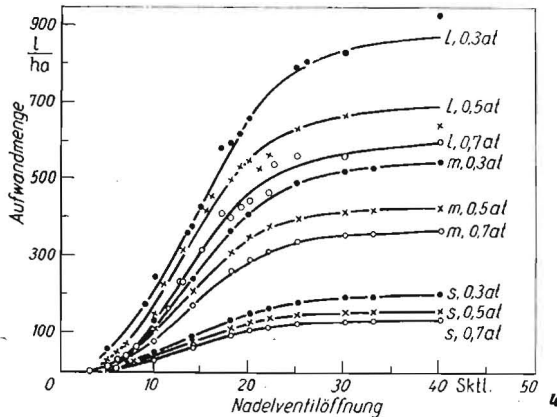
\* Institut für experimentelle Physik der Universität Halle



2b



3



4

den Verteilerdüsen 4 sowie dem Preßluftanschluß 5. Der Flüssigkeitsbehälter ist auf dem Sprühaufsatz auswechselbar angebracht. Durch ein PVC-Rohr ist er mit dem Nadelventil der Sprühdüse verbunden.

Eine schematische Darstellung der Sprühdüse zeigt Bild 3. Das Nadelventil 1 wird durch eine Spiralfeder 2 offengehalten. Den Anschlag bildet eine Stellmutter 3, an der durch eine Skala die Öffnung des Ventils abgelesen werden kann. Das Bauteil 4 enthält den Innenkegel des Nadelventils und wurde gleichzeitig als Außenkegel der Hauptdüse ausgeführt. Die Hauptdüse dient zum Versprühen der Flüssigkeit. Sie ist als Ringdüse ausgeführt. Um die erforderliche Sprühbreite von 50 cm aus möglichst geringer Höhe zu erreichen und die An- und Auslaufverluste möglichst klein zu halten, ist es günstig,

Bild 2. a und b. Wagen mit Sprühaufsatz. a in Endstellung, b von unten gesehen; 1 Flüssigkeitsbehälter, 2 Nadelventil, 3 Hauptdüse, 4 Verteilerdüsen, 5 Preßluftanschluß

Bild 3. Schnittzeichnung der Sprüheinrichtung (schematisch). 1 Nadelventil, 2 Spiralfeder, 3 Stellmutter, 4 Düsenkegel, 5 Verteilerdüsen, 6 Hilfsdüsen

Bild 4. Die Aufwandmenge als Funktion der Nadelventilöffnung; Skalenteile (Sktl.) bei verschiedenen Wagengeschwindigkeiten und Preßluftdrücken

einen schmalen, aber ausreichend langen Sprühfleck zu erzeugen. Das wird durch die zwei Verteilerdüsen 5 möglich, die den Sprühkegel der Hauptdüse in der angeblasenen Richtung verbreitern. Zu diesem Zweck besitzen die zur Hauptdüse parallel versetzt angeordneten Verteilerdüsen je drei Bohrungen, die mit der Richtung des Sprühstrahls aus der Hauptdüse verschiedene Winkel bilden. Damit der Sprühstrahl breit genug ist, um vom Luftstrom aus den Verteilerdüsen erfaßt zu werden, wird er zunächst unmittelbar nach dem Austreten aus der Ringdüse durch eine Hilfsdüse 6 radialsymmetrisch verbreitert. Alle Düsen haben einen gemeinsamen Preßluftanschluß (vgl. Bild 2). Der sowohl den Anschluß an eine Preßluftflasche wie auch an einen Kompressor gestattet. Auf diese Weise erhält man einen Sprühfleck, der etwa 60 cm lang und 15 cm breit ist und in einem mittleren Bereich von 50 cm Länge eine gleichmäßige Verteilung der Sprühflüssigkeit aufweist. Dies wurde bei verschiedenen Drücken und Nadelventilöffnungen visuell durch Versprühen von Tinte auf Filterpapier und durch Bestimmung der Aufwandmengen in kleinen Teilbereichen der besprühten Fläche überprüft. Die Homogenität der Verteilung in Fahrtrichtung ist durch die konstante Transportgeschwindigkeit der Düse garantiert.

### 3. Aufwandmenge und Tropfengröße

Mit Aufwandmenge bezeichnet man allgemein die Flüssigkeitsmenge in Litern, die auf eine ebene Fläche von einem Hektar auftreffen würde. Bei der vorliegenden Anordnung wurden die Aufwandmengen durch Wägung bestimmt, indem 1000 cm<sup>2</sup> große, abgewogene Flichpapierbogen unter definierten Bedingungen mit Wasser besprüht und anschließend gewogen wurden. Die Verdunstungsverluste (in der Zeit zwischen Sprühen und Beendigung der Wägung) wurden an Hand einer gesondert aufgenommenen Verdunstungskurve korrigiert. Bei kleinen Aufwandmengen wurde die Genauigkeit der Messung durch mehrmaliges Besprühen vor einer Wägung erhöht.

Die Aufwandmengen wurden bei Überbrücken von 0,3 at, 0,5 at und 0,7 at für verschiedene Stellungen (Skalenteile) des Nadelventils bestimmt. Die Ergebnisse sind für die drei wahlweise verwendbaren Wagengeschwindigkeiten in Bild 4 dargestellt. Man erkennt, daß die Aufwandmenge im wesentlichen durch die Nadelventilöffnung und die Wagengeschwindigkeit bestimmt ist. Der steile Anfangsverlauf der Kurven bis zu etwa 20 Sktl. ist durch die Konstruktion des Nadelventils bedingt. Bei höheren Drücken macht sich eine Überschreitung der Sprühbreite von 60 cm bemerkbar, was zu vergleichsweise kleineren effektiven Aufwandmengen auf der vorgesehenen Fläche von 50 × 130 cm führt. Außer der integralen Aufwandmenge ist weiter bekanntlich die Tropfengröße, in der die Substanz appliziert wird, von entscheidender Bedeutung. Als repräsentativ für die Tropfengröße wird

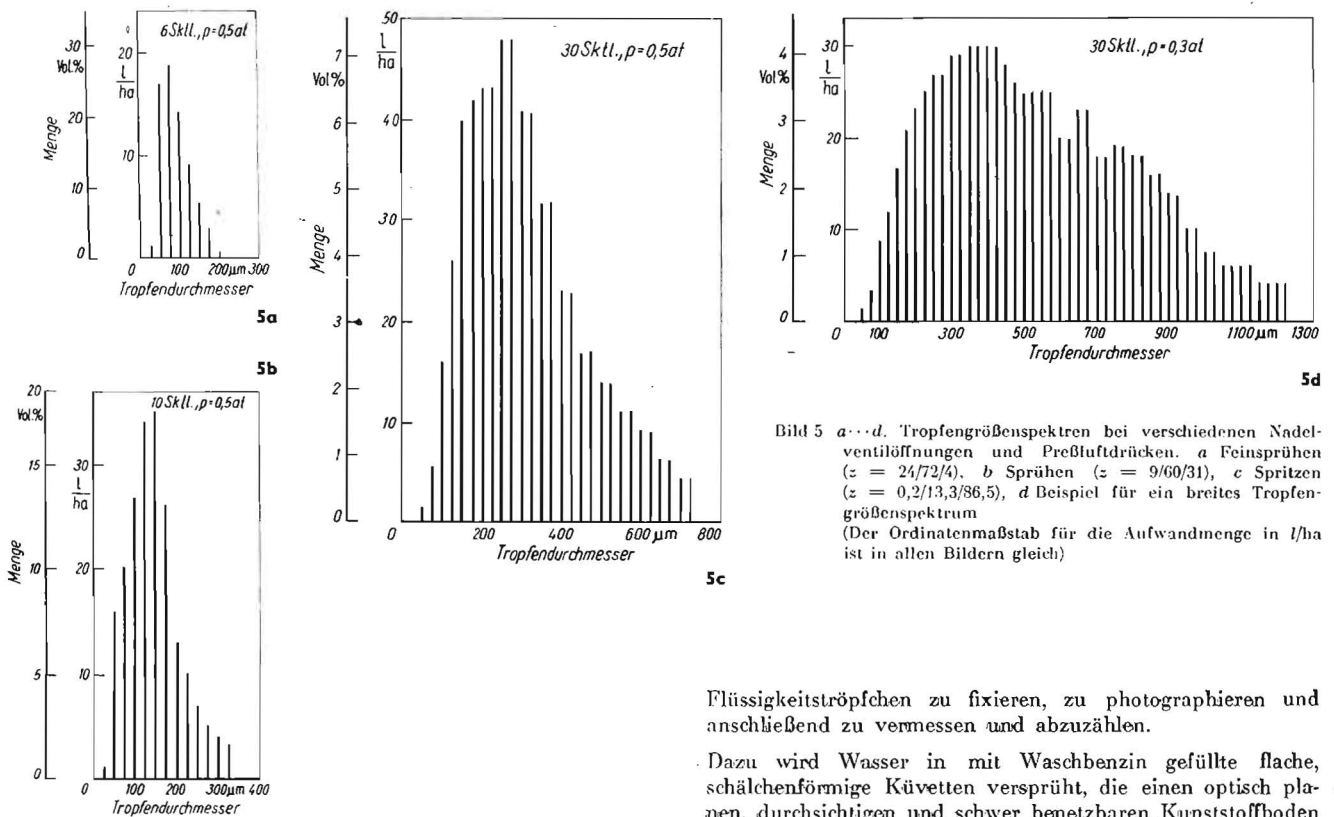


Bild 5 a...d. Tropfengrößenspektren bei verschiedenen Nadelventilöffnungen und Preßluftdrücken. a Feinsprühen ( $z = 24/72/4$ ), b Sprühen ( $z = 9/60/31$ ), c Spritzen ( $z = 0,2/13,3/86,5$ ), d Beispiel für ein breites Tropfengrößenspektrum (Der Ordinatenmaßstab für die Aufwandmenge in  $l/ha$  ist in allen Bildern gleich)

im allgemeinen der Tropfendurchmesser angegeben, und im Anschluß daran findet nach GALLWITZ [2] auch eine Einteilung der Applikationsverfahren statt:

- Nebeln < 50  $\mu m$
- Sprühen 50  $\mu m$  bis 150  $\mu m$
- Spritzen > 150  $\mu m$

Neuerdings wird auch der Begriff „Feinsprühen“ für Tropfengrößen von 25  $\mu m$  bis 125  $\mu m$  angewendet (DÜNNEBEIL [1]). Bei einer vorgegebenen Düse wird (wenn nicht extreme Zurlüstungen getroffen werden) die Flüssigkeit niemals in Tropfen einheitlichen Durchmessers abgesprüht, sondern es existiert ein Tropfengrößenspektrum, das man erhält, wenn man den Volumenanteil (in Prozent) der Gesamtausbringung, der auf die einzelnen Tropfengrößensbereiche entfällt, über der Tropfengröße aufträgt (vgl. z.B. die Bilder 5a bis 5d). Dieses Tropfengrößenspektrum ist charakteristisch für die Sprüheigenschaften der Düse. Je nach dem Tropfengrößensbereich, auf den der überwiegende Anteil des ausgebrachten Volumens entfällt, teilt man die Düsen nach den oben angegebenen Applikationsverfahren ein. Diese Einteilung ist sehr grob und sagt nichts Quantitatives über den Volumenanteil der ausgebrachten Flüssigkeit aus, der gleichzeitig auf Tropfengrößen der anderen Applikationsbereiche entfällt. Deshalb wurde von BALTIN [3] eine Düsenzahl  $z$  zur Charakterisierung der Sprüheigenschaften einer Düse vorgeschlagen, die quantitativ die Volumenanteile angibt, die auf „Nebeln“, „Sprühen“ und „Spritzen“ entfallen. Zum Beispiel hätte die in der vorliegenden Arbeit beschriebene Düse bei einem Überdruck von 0,5 at für eine Nadelventileinstellung (Ausbringung) von 10 Sktl. (Spektrum von Bild 5b) eine Düsenzahl  $z = 9/60/31$  (Sprühdüse) und für eine Nadelventileinstellung von 30 Sktl. (Spektrum von Bild 5c) eine Düsenzahl  $z = 0/14/86$  (Spritzdüse).

Für die oben beschriebene Düse wurden die Tropfengrößenspektren nach einem von BALTIN [3] angegebenen Verfahren bei verschiedenen Drücken und Nadelventilöffnungen bestimmt.<sup>1</sup> Das Verfahren besteht darin, die versprühten

Flüssigkeitströpfchen zu fixieren, zu photographieren und anschließend zu vermessen und abzuzählen.

Dazu wird Wasser in mit Waschbenzin gefüllte flache, schälchenförmige Küvetten versprüht, die einen optisch planen, durchsichtigen und schwer benetzbaren Kunststoffboden besitzen. Die Wassertröpfchen sinken im Waschbenzin zu Boden, wo sie nahezu kugelförmig in Originalgröße liegen bleiben. Die Tröpfchen können so fixiert im Durchlicht photographiert werden. Die Vergrößerungen wurden der zu untersuchenden Tropfengröße angepaßt. Auch bei relativ kleinen Vergrößerungen waren die untersuchten Flächenausschnitte nicht größer als 0,5  $cm^2$ . Um deshalb zu einem brauchbaren statistischen Mittelwert zu gelangen, wurden jeweils zwei Küvetten, senkrecht zur Bewegungsrichtung der Düse, nebeneinandengestellt und von jeder mindestens zwei Aufnahmen an verschiedenen Stellen des Küvettenbodens gemacht. Zur Auswertung der Aufnahmen wurden die Negative projiziert und die Tropfen in Gruppen, die in Durchmesserintervallen von 25  $\mu m$  abgestuft waren, gezählt. Die Tropfengrößenspektren wurden für 0,3 at, 0,5 at und 0,7 at Überdruck bei verschiedenen Öffnungen des Nadelventils aufgenommen und graphisch dargestellt. Einige charakteristische Beispiele zeigen die Bilder 5a bis 5d. Man erkennt ein deutliches Maximum im Tropfengrößenspektrum. In Richtung kleiner Tropfengrößen ergibt sich ein steiler Abfall, in Richtung größerer Tropfengrößen ein weniger steiler Abfall der zugehörigen Volumenanteile. Bei relativ kleinen Drücken ergibt sich ein Spektrum mit flachem Maximum (vgl. Bild 5d), bei relativ großen Drücken ein Spektrum mit scharf ausgeprägtem Maximum (vgl. Bild 5c). Bei einem so scharf ausgeprägten Maximum entfällt der überwiegende Volumenanteil der Sprühflüssigkeit auf einen schmalen Teilchengrößensbereich. Die Lage des Maximums ändert sich in definierter Weise mit der Nadelventileinstellung. Kleine Nadelventilöffnungen führen zu einer Verschiebung in Richtung kleiner, große Nadelventilöffnungen in Richtung großer Tropfengrößen (vgl. dazu auch die Bilder 5a bis 5d).

Aus den Tropfengrößenspektren lassen sich die charakteristischen Düsenzahlen ermitteln. Für Überdrücke von 0,3, 0,5 und 0,7 at und für einen breiten Bereich von Nadelventilöffnungen sind die Düsenzahlen in Tafel 1 zusammengefaßt. In der ersten Spalte ist der verwendete Preßluftüberdruck

<sup>1</sup> Prof. Dr.-Ing. F. BALTIN, der vor kurzem verstorbene Direktor des Landmaschineninstituts der Universität Jena, hat uns wertvolle Hinweise bei der Bestimmung der Tropfengröße gegeben und auch die Küvetten überlassen. Wir möchten diese freundliche Unterstützung auch an dieser Stelle dankbar vermerken.

Tafel 1. Düsenzahl

Überdruck [at]	Nadelventilöffnung [Skil.]	Aufwandmenge [l/ha]	Düsenzahl
0,3	3	30	11,5/78,5/10
	6	100	3/35/62
	10	250	1/26,5/72,5
	15	450	0,3/11/88,7
	20	650	0,2/4,8/95
	30	810	0,1/5,2/94,7
0,5	3	25	54/46/0
	6	75	24/72/4
	10	180	9/60/31
	15	400	1,5/18/80,5
	20	590	0,5/16/83,5
	30	690	0,2/13,3/86,5
0,7	3	25	0,2/9,5/90,3
	6	75	
	10	180	
	15	400	
	20	590	
	30	690	

in at. in der zweiten Spalte die Nadelventilöffnung in Skil., in der dritten Spalte die Aufwandmenge bei der langsamsten Wagenschwindigkeit in l/ha und in der letzten Spalte die dazugehörige Düsenzahl angeben.

Prof. Dr.-Ing. T. NOWACKI,

Direktor des Instituts für Mechanisierung der Landwirtschaft an der Landwirtschaftlichen Hochschule Warsawa, VR Polen

## Bewertung der Effektivität des technologischen Prozesses im Pflanzenschutz

### Einführung

In Anknüpfung an die im Heft 10/1966 dieser Zeitschrift dargestellte Methode [1] versuchen wir nun eine Analyse des Einflusses, den das Mechanisierungsniveau des Pflanzenschutzvorgangs auf die Effektivität dieses Prozesses ausübt, durchzuführen.

Trotz der großen Veränderlichkeit der Betriebsbedingungen des in Rede stehenden technologischen Prozesses (Feldgröße und Gestalt, Leistungsfähigkeit des Maschinaggregats, Bewegungswiderstände, Witterungsverhältnisse u.dgl.), besteht die Möglichkeit, statistisch einen Mittelwert sowohl hinsichtlich des Energieverbrauchs für den zu untersuchenden technologischen Prozeß, wie des Arbeitsaufwands der Beschäftigten, der Leistungsfähigkeit, der Arbeitsaufwandstruktur für die einzelnen Arbeitsgänge, wie auch der Gesamtbetriebskosten, abzuleiten. Im letzteren Fall ist noch eine Reihe von Faktoren zu unterscheiden, die die Maschinenbetriebskosten beeinflussen, zu denen vor allem die Tilgungs-, die Treibstoff-, Reparatur-, Bedienungs- und Wartungskosten, sowie andere Faktoren einzureihen sind. Trotz der mannigfaltigen Erschwernisse besteht auch in diesem Fall die Möglichkeit, bestimmte Mittelwerte festzulegen. Die graphische Darstellung der erhaltenen Werte für verschiedene Mechanisierungsstufen ergibt nach entsprechender Interpretation ein Bild der dynamischen Änderungen der einzelnen Faktoren, die die Effektivität des zu untersuchenden Prozesses kennzeichnen, als Funktion der Arbeitsmechanisierungskennziffer. Wiewohl die auf diesem Wege erhaltenen Werte keine Grundlage für unmittelbare Kalkulationen — ohne die örtlichen Verhältnisse zu berücksichtigen — darstellen können, nichtsdestoweniger gestatten sie die Änderungstrends der einzelnen Bilanzkomponenten des zu untersuchenden Produktionsprozesses zu erkennen, was für die Mechanisierungstrendwahl von ausschlaggebender Bedeutung sein kann [2].

Weiter unten wird ein Beispiel der Effektivitätsanalyse des Arbeitsmechanisierungsprozesses im Pflanzenschutz für die in Polen auftretenden Verhältnisse vorgeführt. Es ist einer der am schwierigsten zu analysierenden Prozesse in Anbe-

Man erkennt, daß diese Werte einen breiten Bereich von Tropfengrößen und Aufwandmengen überstreichen. Die beschriebene Düse kann durch entsprechende Wahl der Parameter den jeweils geforderten Bedingungen weitgehend angepaßt werden. Die Aufwandmenge kann weiterhin auch durch die drei wählbaren Wagenschwindigkeiten und durch die Möglichkeit mehrmaliger Besprühung variiert werden.

Die Verwendungsmöglichkeiten dieses Sprüherätes bei der Prüfung von Pflanzenschutzmitteln im Labor hat KRÜGER [4] in einem speziellen Beitrag zusammengestellt.

### Literatur

- [1] DUNNEBEIL, H.: Neue Ausbringungstechnologien im Pflanzenschutz des Feldbaues. Deutsche Agrartechnik 15 (1965) H. 7, S. 326
- [2] GALLWITZ, K.: Spritzen — Sprühen — Nebeln — Stäuben. Landtechnik 7 (1952) H. 5, S. 150
- [3] BALTIM, F.: In „Landmaschinenlehre“. VEB Verlag Technik Berlin 1964 (Seite 482 ff.)
- [4] KRÜGER, H.: Automatisches Sprüherät zur Prüfung von bioziden Wirkstoffen in Labor- und Gewächshausversuchen. Nachrichtenblatt für den Deutschen Pflanzenschutzdienst 47 (1967) H. 4, S. 63

A 6924

tracht der Mannigfaltigkeit der anzuwendenden Apparatur, der Eingriffsmethoden, der Dosierung von chemischen Mitteln, der Feldgröße usw. In der angeführten Analyse hat man sich nur auf eine beispieismäßige Durchprüfung der Feldspritzung beschränkt.

### Blockschema

Aus dem vereinfachten Blockschema des technologischen Mechanisierungsprozesses der Feldspritzung (Bild 1) ist zu ersehen, daß dieser Prozeß verhältnismäßig unkompliziert ist und derartige Arbeitsgänge, wie Flüssigkeitstransport [O<sub>1</sub>], Lösungsvorbereitung [O<sub>2</sub>], Behälterauffüllung [O<sub>3</sub>], Flüssigkeitsbeförderung in Behältern [O<sub>4</sub>], sowie das Spritzen selbst umfaßt, — wobei letzterer den grundsätzlichen Teil des zu besprechenden technologischen Prozesses bildet.

Die Vereinfachung des Schemas beruht darauf, daß Voroperationen, wie Arbeitsplanung des Pflanzenschutzes, Gerätevorbereitung und Gerätetransport aufs Feld, sowie die mit der Rückbeförderung von Maschinen, deren Reinigung und Wartung verbundenen Nachoperationen nicht berücksichtigt wurden. Wiewohl die im Schema ausgelassenen Arbeitsgänge zu den üblichen Organisations- und Wartungsarbeiten zählen, die in der Wirtschaft gesondert bilanziert werden, ist in manchen Fällen damit zu rechnen, daß sie eine in der Operationsanzahl des Grundprozesses nicht zu vernachlässigende Position einnehmen können.

### Technologisches Schema

Wenn für Arbeitsgänge von ähnlichem Charakter vergleichbare agrotechnische Arbeitsbedingungen angenommen werden, können beispieismäßige technologische Schemata (Bild 2) für verschiedene Varianten dieses Prozesses in fünf Mechanisierungsstufen aufgestellt werden. Gleichzeitig kann man den Personen-Einheitsarbeitsaufwand  $l_R$ , den Maschinen-Einheitsarbeitsaufwand  $l_M$  sowie die Summe der Einheits-Arbeitsaufwände  $l$ , die je Operation auf 1 ha der bearbeiteten Fläche entfallen, ermitteln.