

Untersuchungen an mechanische wirkenden Dosiervorrichtungen von Pflanzenschutzstäubegeräten*

von

Akira ISHIHARA

(Landmaschinen Institut der Landwirtschaftliche Fakultät, Tottori Universität)

Eingegangen am 30. September 1965

1. Einführung in die Problemstellung

Für die Wirksamkeit und wirtschaftlichkeit einer Pflanzenschutzmaßnahme ist es von größter Bedeutung, eine genau bestimmte Menge Wirkstoff pro Flächeneinheit auszubringen. Ist die ausgebrachte Menge zu gering, ist der Bekämpfungserfolg unsicher, bringt man zu viel aus, wird die Maßnahme unnötig teuer und unwirtschaftlich.

Bei Pflanzenschutzgeräten, die flüssige Mittel ausbringen, ist die Forderung nach konstanter Ausbringmenge pro Flächeneinheit bzw. -konstante Fahrgeschwindigkeit des Gerätes vorausgesetzt - pro Zeiteinheit relativ leicht zu verwirklichen, da der Ausfluß von Flüssigkeiten durch Düsen unter Druck bekannten relativ einfachen physikalischen Gesetzmäßigkeiten unterliegt.

Anders liegt der Fall bei Pflanzenschutzstäuben, deren Verhalten in Bezug auf ihre Ausbringung aus Pflanzenschutzstäubegeräten nicht einfachen physikalischen Gesetzmäßigkeiten folgt. Es ist bisher noch nicht gelungen, den Zusammenhang zwischen den physikalischen Eigenschaften eines Stäubemittels wie z.B. Dichte, Korngrößenspektrum, Schüttwinkel etc. mit seinem Verhalten beim Verstäuben zu bestimmen. Viele dieser physikalischen Größen schwanken auch bei demselben Staub in erheblichem Maße. Wie die Bild 1 zeigt, hängt z.B. das Raumgewicht eines

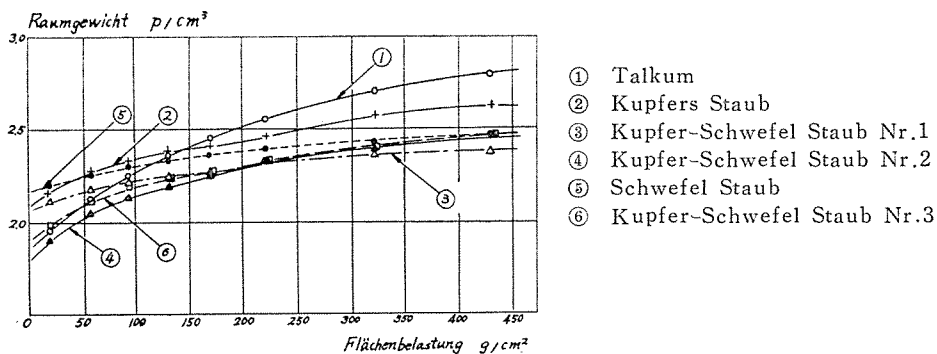


Bild 1 Raumgewicht eines Stäubemittels

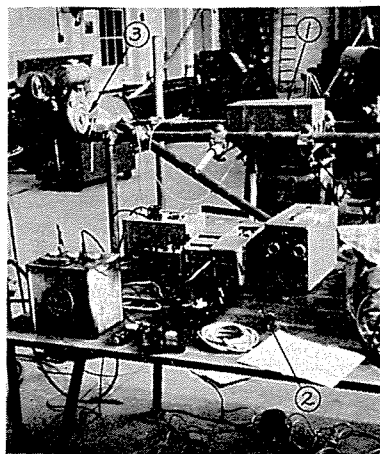
* Diese Untersuchungen wurden in den Jahren 1963 bis 1964 im Institut für Landmaschinen der Göttingen Universität (Direktor: Prof.Dr.-Ing.K.Gallwitz), Bundesrepublik Deutschland, ausgeführt.

Stäubemittels erheblich von der Pressung ab, unter der der Staub, z. B. bei Lagerung in mehreren Schichten übereinander, gestanden hat. Ähnlich hohe Schwankungen des Raumgewichts können auch durch Pressungen in den Zuteilorganen der Stäubegeräte oder durch Motorvibrationen des Gerätes verursacht werden. Im Gegensatz zu anderen Schüttgütern hat ein Pflanzenschutzstaub auch keinen konstanten Schüttwinkel, sondern dieser variiert ganz erheblich je nach dem Zustand des Staubes (Feuchtigkeitsgehalt, Lagerungsverhältnissen) und den Bedingungen, unter denen der Schüttkegel erzeugt wird. Mit dem entsprechenden technischen Aufwand ist es natürlich möglich, trotz der komplexen Verhaltensweise der Pflanzenschutzstäube eine absolut exakte Dosierung zu erzielen. Ziel der Untersuchungen war es jedoch, festzustellen, ob mit relativ einfachen mechanischen Mitteln eine einigermaßen exakte Staubdosierung erreicht werden kann, um einen wichtigen Vorteil der Stäubetechnik, der in der Anwendung verhältnismaßig einfacher und deshalb billiger Geräte besteht, nicht zu verlieren. Die ebenfalls vielfach verwendeten pneumatisch wirkenden Zuteilorgane sollen in einer späteren Arbeit behandelt werden. Vorversuche haben dabei ergeben, daß vor allen Dingen bei kleineren Geräten (Rückenstäubern) mechanische Dosiervorrichtungen bessere Erfolge versprochen als pneumatische.

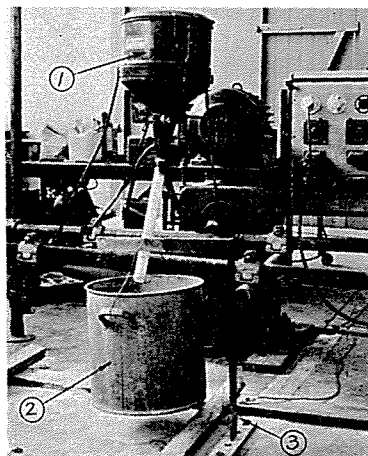
II. Versuchsdurchführung

Für die Untersuchungen wurden zwei kommerzielle Gerätetypen mit horizontaler und vertikaler Staubausbringung herangezogen. Die Regelung der Ausbringmenge erfolgt bei beiden Gerätetypen durch Änderung des Austrittsquerschnitts.

Das Dosierverhalten dieser Geräte wurde zunächst im ursprünglichen Zustand untersucht. Sodann wurden die Staubbehälter von den Geräten demontiert, auf einen Rohrrahmen aufgebaut und durch einen Elektromotor über ein stufenlos regelbares Getriebe angetrieben (Bild 2 a, b). Die von den Geräten ausgebrachte Staubmenge fiel



(a) für Maschine Nr. 1
① horizontale Staubbehälter
② Lichtstrahloscillograph
③ Verbrennungsmotor für
Vibrationen



(b) für Maschine Nr. 2
① vertikaler Staubbehälter
② Auffangbehälter
③ Dehnungsmeßstreifen

Bild 2 Ansicht des Prüfstandes

in einen Behälter, der an einem Galgen aufgehängt war. Über am Fuße des Galgens angebrachte Dehnungsmeßstreifen wurde das im Auffangbehälter befindliche Gewicht in Abhängigkeit von der Zeit mit einem Lichtstrahloszillographen geregistriert.

Als Versuchsstaub wurde vornehmlich Talkum verwendet, das bei vielen Pflanzenschutzmitteln als Trägerstoff Verwendung findet. Vergleichsmessungen mit anderen Pflanzenschutzstäuben zeigten, daß deren Verhalten nicht wesentlich von dem des Talkums abweicht (Siehe auch Bild 11).

Im Idealfall soll das pro Zeiteinheit ausgebrachte Staubgewicht über die ganze Entleerungszeit des Behälters konstant sein.

Formelmäßig geschrieben heißt diese Forderung :

$$G = \text{const} \cdot t \quad (1)$$

G : ausgebr. Gewicht

t : Zeit

oder in differentieller Form

$$\frac{dG}{dt} = \text{const.} \quad (2)$$

Die Konstante hängt dabei in komplizierter Weise mit den eigenschaften der verwendeten Geräte und Stäube zusammen. Auf sie soll in diesem Zusammenhang nicht weiter eingegangen werden.

Stellt man die Gleichungen (1) und (2) graphisch dar, so erhält man die in Bild 3a, ausgebr. Gewicht

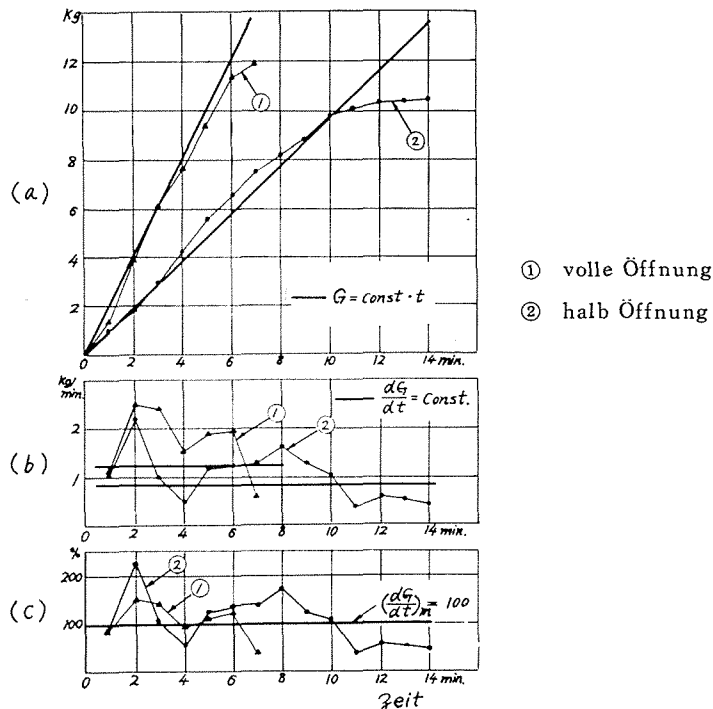


Bild 3 Gleichmäßigkeit der Ausbringung der Maschine Nr.1 im ursprünglichen Zustand

b, c dargestellten Kurven. In der Wirklichkeit wird man sich dem idealen Kurvenverlauf nur annähern können, wie es durch die gestrichelten Kurven in Bild 3 a,b,c angedeutet ist. Dabei ist ein Verlauf nach der gestrichelten Kurve dem der strichpunktierten vorzuziehen, da hierbei die Unregelmäßigkeiten der Staubausbringung mehr über die ganze Entleerungszeit verteilt sind, während bei einem Verlauf gemäß der strichpunktierten Linie sehr weite Gebiete ungenügend bestäubt werden und damit der Bekämpfungserfolg gefährdet ist.

In der Praxis dürfte man sich mehr für eine Darstellung der Ausbringmenge, wie in Bild 3a angedeutet, interessieren, da hier die absoluten ausgebrachten Staubgewichte dargestellt werden. Für wissenschaftliche Geräteuntersuchungen eignet sich jedoch mehr die Darstellungsmethode nach Bild 3b,c, da diese einen unmittelbaren Vergleich der mit verschiedenen Gerätetypen und unter unterschiedlichen Versuchsbedingungen erzielten Ergebnisse erlaubt. Bei der Darstellung der Ergebnisse dieser Untersuchung wurde die mittlere Steigung $\left(\frac{dG}{dt}\right)_m = 100$ gesetzt und die Abweichungen von dieser mittleren Steigung zu diesem Wert ins Verhältnis gesetzt. Man erhält so unmittelbar die Abweichungen von der mittleren Ausbringmenge in %.

Ziel der durchgeführten Untersuchungen war es, die Abhängigkeit des ausgebrachten Staubgewichtes von der Zeit festzustellen und durch geeignete Maßnahmen eine möglichst gute Annäherung an den in Bild 3a,b,c beschriebenen idealen Kurvenverlauf zu erreichen.

Bei den Untersuchungen wurde weiterhin der Entleerungsgrad eines Behälters beachtet, da bei vielen Geräten erhebliche Restmengen von den Dosierorganen nicht erfaßt werden und im Behälter verbleiben.

III. Versuchsergebnisse

Beim Gerätetyp Nr.1 (horizontale Staubausbringung) wurden untersucht :

a) Die Staubausbringung im ursprünglichen Zustand.

Die hierbei gewonnenen Ergebnisse sind in der Bild 3a,b,c wiedergegeben.

Obwohl die Kurven der Bild 3a einen annähernd linearen Verlauf zu haben scheinen, so zeigt die Bild 3b,c sehr deutlich, daß während der Entleerungszeit die Abweichungen der Ausbringmenge von Minute zu Minute mehr als ca. 125% ausmachen können. Bei derartigen Schwankungen der Ausbringmenge müssen die Dosierungseigenschaften des Gerätes als ungenügend bezeichnet werden. Im Vergleich ist die Dosiercharakteristik des Gerätes Nr.2 (vertikale Staubausbringung), die Schwankungen der Ausbringmenge liegen etwa in derselben Größenordnung wie beim Gerät Nr.1.

b) Der Einfluß der Motorvibrationen und der Drehzahl des Ausbringorgans auf die Ausbringmenge.

Für die folgenden Untersuchungen wurde der Staubbehälter auf den im vorhergehenden Kapitel beschriebenen Versuchsstand aufgebaut. Beim Fehlen von Motor-

vibrationen gelang es beim Gerät Nr.1 nicht, wesentliche Staubmengen auszubringen. Es bildete sich ausschließlich ein vertikaler zylindrischer Hohlraum, wie es in Bild 4 gezeigt ist, danach wurde kein Staub mehr ausgebracht.

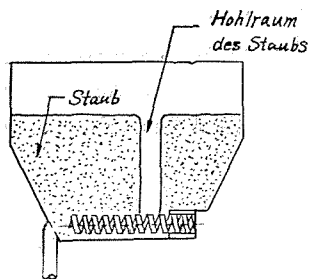


Bild 4 Vertikaler zylindrischer Hohlraum des Staubs im Behälter

Motorschwingungen wesentlich zum Ausbringen des Staubes beitragen. Die Frequenz der Schwingungen bleibt in einem weiten Bereich ohne Einfluß auf die Staubausbringung. Bei Verbrennungsmotoren, speziell 2-Takt-Motoren, muß mit gewissen Schwankungen der Drehzahl gerechnet werden, die z.B. auf Grund unterschiedlicher Motorbelastungen (z.B. infolge von Geländesteigungen bei selbstfahrenden Geräten)

ausgebr. Gewicht

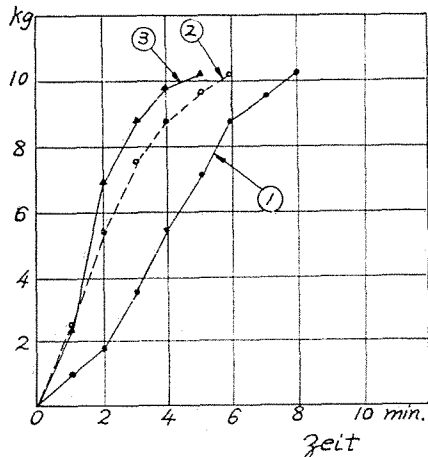


Bild 6 Einfluß der Drehzahl des Ausbringorgans auf die Ausbringungsmenge

- ① volle Öffnung mit Ausbring-schnecke $n=488\text{rpm}$
- ② volle Öffnung mit Ausbring-schnecke $n=580\text{rpm}$
- ③ volle Öffnung mit Ausbring-schnecke $n=964\text{rpm}$

Zur Erzeugung von Motorschwingungen wurde ein 2-Takt-Verbrennungsmotor auf den Versuchsrahmen montiert und das Dosierverhalten bei zwei verschiedenen Drehzahlen von 3080 min^{-1} und 5360 min^{-1} untersucht. Die Ergebnisse zeigt Bild 5. Daraus geht hervor, daß die

ausgebr. Gewicht

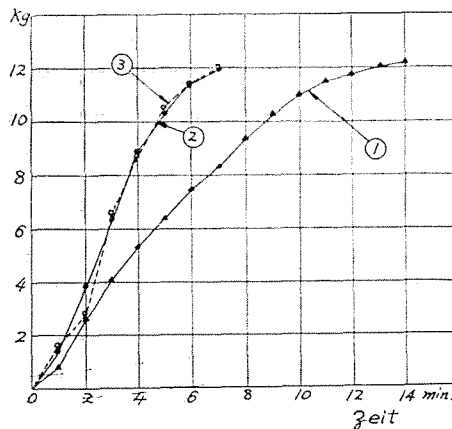


Bild 5 Einfluß der Motorvibrationen auf die Ausbringungsmenge

- ① volle Öffnung mit Motorvibration $n=3080\text{rpm}$
- ② volle Öffnung mit Motorvibration $n=5360\text{rpm}$
- ③ halb Öffnung mit Motorvibration $n=5360\text{rpm}$

auftreten können. Damit wird natürlich auch die Drehzahl der Ausbringschnecke beeinflusst. Die Abhängigkeit der Ausbringungsmenge von der Drehzahl ist, wie Bild 6 zeigt, im unteren Drehzahlbereich stärker als im oberen. Die Betriebsdrehzahl des untersuchten Gerätes lag mit ca. 700 min^{-1} in einem Bereich, bei dem geringe Schwankungen der Drehzahl keinen Einfluß auf die Ausbringungsmenge haben.

c) Die Bedeutung der Rührwerksform und drehzahl für die Ausbringung.

1. Gerät Nr.1

Nachdem durch die unter (b) beschriebenen Versuche geklärt war, daß die beobachteten

Schwankungen der Ausbringmenge nicht auf Drehzahlschwankungen des Antriebsmotors zurückgeführt werden konnten, mußten die Ursachen für die unregelmäßige Ausbringung in den Eigenarten der Staubbehälter, Rührwerke und Ausbringorgane zu suchen sein. Deren Untersuchung nimmt deshalb einen breiten Raum bei der vorliegenden Arbeit ein.

Zunächst einmal wurde an der Spitze der Ausbringschnecke ein kleiner Haken angebracht, durch den die Austrittsöffnung, die vorher oft ganz oder teilweise verstopfte, frei gehalten werden konnte (Bild 7). Sodann wurden 4 Rührwerkstypen



Bild 7 Ansicht des Staubverstopfungs mit Ausbringschnecke

(Bild 8, Nr.1-Nr.4) untersucht, und zwar bei 2 verschiedenen Drehzahlen von 384 min^{-1} und 144 min^{-1} . Die Auswertung der Versuche ergab, daß mit dem Rührwerk Nr.4 die besten Ergebnisse erzielt werden konnten, sowohl was die Gleichmäßigkeit der Ausbringung als auch den Entleerungsgrad des Behälters betrifft (Bild 9a,b,c). Wurden die Rührwerke mit der höheren Drehzahl betrieben, kam es zu Pressungen und Verstopfungen im Behälter, wodurch ein gleichmäßiges Auslaufen des Staubes verhindert wurde.

2. Gerät Nr.2 mit vertikaler Staubausbringung.

Bei diesem Gerät wurden die in Bild 10, Nr.1-Nr.4 gezeigten Rührwerke untersucht, wobei Rührwerk Nr.1 ursprünglich zum Gerät gehörte. Bei den Untersuchungen ergab sich, daß das Rührwerk Nr.4 am wirksamsten war. Die damit erzielten Ergebnisse sind in Bild 10 wiedergegeben, wobei der Ausgangszustand zum Vergleich

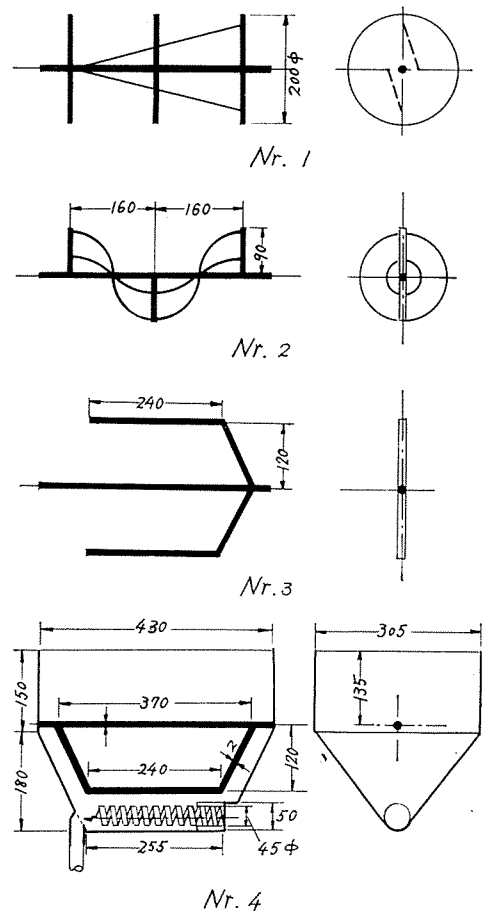


Bild 8 Rührwerkstypen der Maschine Nr.1.

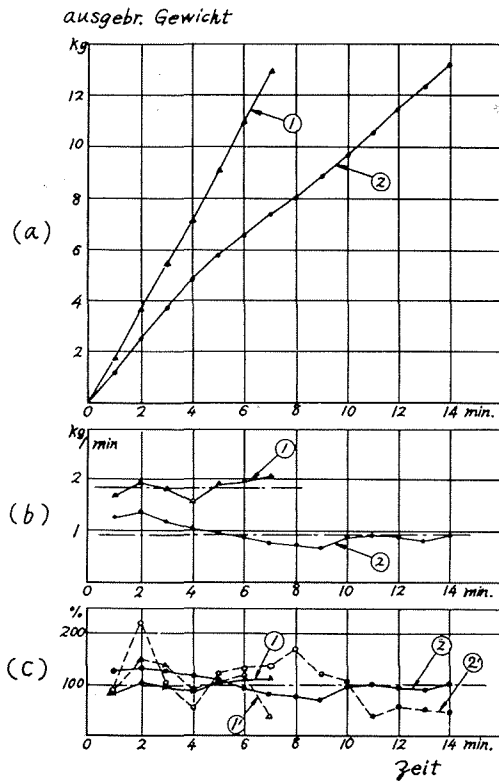


Bild 9 Gleichmäßigkeit der Ausbringung der Maschine Nr.1 mit Rührwerk Nr.4

- ① volle Öffnung
- ② halb Öffnung
- ①' volle Öffnung im ursprünglichen Zustand
- ②' halb Öffnung im ursprünglichen Zustand

gestrichelt mit eingetragen wurde. Bei Verwendung eines anderen Staubes war die Gleichmäßigkeit der Ausbringung ähnlich wie bei Talkum, was durch Bild 11a,b,c verdeutlicht wird.

IV. Zusammenfassung

Ziel der Untersuchung war es, die Ursachen für die z.Z. noch unbefriedigende Staubausbbringung bei mechanisch dosierenden Staubgeräten zu finden und die Ausbringung

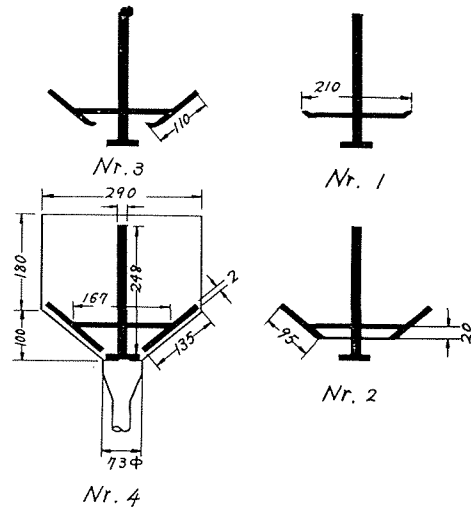


Bild 10 Rührwerkstypen der Maschine Nr.2

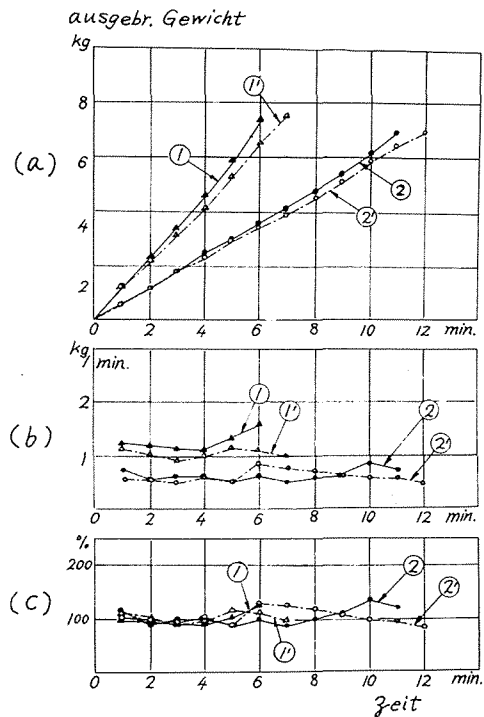


Bild 11 Gleichmäßigkeit der Ausbringung der Maschine Nr.2 mit Rührwerk Nr.4

- ① volle Öffnung} Talkum
- ② halb Öffnung} Talkum
- ①' volle Öffnung} Kupfer-Schwefel
- ②' halb Öffnung} Staub Mr.1

zu verbessern. Es wurden zwei Gerätetypen mit horizontaler und vertikaler Staubausbringung untersucht. Durch Beobachtungen und Messungen ergaben sich folgende Ergebnisse :

1. Zwischen horizontal und vertikal ausbringenden Geräten besteht kein prinzipieller Unterschied im Dosierverhalten. Aus konstruktiven Gründen gestaltet sich die Staubausbringung bei einem vertikalen Behältertyp einfacher, da Dosier- und Rührwerk auf einer Welle befestigt sind, während beim horizontalen Typ hierfür zwei getrennte Wellen erforderlich sind.

2. Durch vergleichende Messungen der Staubausbringung bei verschiedenen Rührwerkstypen konnte die maximale Abweichung von der mittleren Ausbringmenge von 125 % auf 30 % gesenkt werden. Es erwies sich hier, daß weniger die Form des Ausbringorgans als die des Rührwerkes für eine einwandfreie Dosierung wichtig ist. Das Rührwerk hat die Aufgabe, dem Ausbringorgan den Staub immer in einem einheitlichen Lockerungszustand zuzuführen und so die Ungenauigkeiten, die durch Pressungen des Staubes im Behälter entstehen können (s.a. Bild 1), zu verhindern. Durch weitere Maßnahmen könnte die Dosiergenauigkeit sicherlich noch erhöht werden (Es fragt sich jedoch, inwieweit das sinnvoll ist, da infolge anderer nicht beeinflussbarer Faktoren, z.B. der Stellung der Blätter, die Belagsstärken mindestens innerhalb dieser Größenordnung schwanken).

3. Infolge der unterschiedlichen Raumgewichte der einzelnen Pflanzenschutzstäube ist es nicht möglich, mit einer einzigen Geräteeinstellung bei allen Mitteln die gleiche Ausbringmenge zu erzielen. Infolgedessen sollte bei Stäubegeräten die Möglichkeit gegeben sein, daß Gerät vor dem Einsatz ähnlich wie eine Drillmaschine abzdrehen.

4. Der Staub soll auf möglichst geradem, senkrechtem Wege vom Behälter aus in den Gebläsestrom eindosiert werden. Krümmungen in den Zuleitungen können zu Verstopfungen führen. Diese Forderung läßt sich durch entsprechende Anordnung des Staubbehälter zu der Stelle, wo der Staub in den Luftstrom eingegeben wird, erreichen.

Die Untersuchungen haben erwiesen, daß es durch geeignete Ausbildung von Ausbringorganen und Rührwerken gelingt, Pflanzenschutzstäube mit befriedigender Gleichmäßigkeit auf mechanischem Wege ausbringen. Durch weitere Maßnahmen ließe sich die Dosiergenauigkeit mechanischer wirkender Ausbringorgane noch erhöhen, allerdings erscheint eine weitere Erhöhung bei dem derzeitigen Stand der Stäubetechnik noch nicht sinnvoll und dürfte wohl dann erst erforderlich sein, wenn es z.B. durch Anwendung des Elektrostäubens möglich wird, mit erheblich reduzierten Aufwandmengen zu arbeiten.

Schrifttum

- (1) Dünnebeil, H. : Maschinen und Geräte für Pflanzenschutz und Schädlingsbekämpfung, Veb Verlag Technik, Berlin 1961

摘 要

動力散粉機の機械的攪拌調量装置に関する研究

石 原 昂

(鳥取大学農学部農業機械学研究室)

液剤、粉剤を問わず、吐出量を均一に制御することは、従来の防除機械の防除効果を向上させるため、並びに静電散粉機の開発のために重要である。しかるに、液剤については流体力学的理論の適用によって比較的容易に可能であるが、粉剤の場合は粉体の力学的性質が複雑なるため難かしい。本報では、吐出機構の相違する2種類(横軸型と縦軸型)の小型トラクタ搭載自走型動力散粉機を供試して、各型式につき各々4種類の攪拌調量装置を試作し、各場合の吐粉性能を究明した。吐粉量の微量変動を精度高く測定するためには、特殊の装置を製作してストレインメーターにより計測し電磁オシロに連続的に記録せしめた。その結果、横軸型については動的運転(エンジン駆動)にて粉剤の吐出量変動偏差を120%から30%に、また縦軸型については静的運転(電動機駆動)にて75%から50%に、動的運転にて125%から30%に制御改善することに成功した。