

Systeme zur fahrgeschwindigkeitsabhängigen Dosierung von Pflanzenschutzmitteln

Von Martin Schmidt-Ott, Berlin *)

DK 632.9:62 - 531

Der hohe Entwicklungsstand der chemischen Pflanzenschutzmittel erfordert heute verstärkte Anstrengungen von Seiten der Anwendungstechnik, um die immer noch auftretenden, gravierenden Fehler bei der Verteilung zu reduzieren. Im Bereich der Flächenspritzung mit Feldspritzgeräten entstehen solche Fehler unter anderem durch Schwankungen der Fahrgeschwindigkeit bei zeitlich gleichbleibender Ausbringmenge. Von der Industrie werden bereits Systeme mit geschwindigkeitsabhängiger Dosierung angeboten. Diese stellen durch die Verwendung von Steuerungssystemen eine erhebliche Verbesserung gegenüber der herkömmlichen Methode mit fest eingestellten Betriebsgrößen dar. Der weitere Schritt zu selbsttätig geregelten Systemen erfordert technisch und finanziell einen erhöhten Aufwand. Inwieweit solche Regeleinrichtungen realisierbar werden, hängt besonders bei einem Produkt mit geringem Preis und kleiner Stückzahl wie den Feldspritzen von der Entwicklung möglichst billiger und funktionssicherer Regelsysteme ab.

1. Problematik

Bei der Flächenspritzung mit Pflanzenschutzmitteln wird eine möglichst gleichmäßige Flächenbedeckung angestrebt. Das bedeutet für die herkömmlichen Geräte, bei denen der Durchfluß durch die Düsen zeitlich konstant ist, daß auch die Fahrgeschwindigkeit konstant gehalten werden muß. Unter der Annahme, daß die Querverteilung im Düsenverband ideal gleichmäßig ist, läßt sich die pro Flächeneinheit ausgebrachte Menge, die Aufwandmenge A, in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit berechnen:

$$A = \frac{10^3 Q_{DE} i}{6 b_a v_F} [1/ha].$$

Darin bedeuten:

- Q_{DE} Brühstrom der Einzeldüse [l/min]
- i Anzahl der Düsen
- b_a Arbeitsbreite [m]
- v_F Fahrgeschwindigkeit [m/s].

Die Forderung an ein Spritzgerät bzw. an eine Dosiereinheit heißt nun, daß die Aufwandmenge unabhängig von auftretenden Störgrößen und zu jedem Zeitpunkt einem bei Arbeitsbeginn eingestellten Wert entspricht, d. h. der Quotient $Q_{DE} i/v_F = Q_D/v_F$ muß konstant gehalten werden. Der Gesamtstrom durch die Düsen Q_D (bei vorgegebener konstanter Wirkstoffkonzentration) oder der Wirkstoffanteil in dieser Flüssigkeitsmenge müssen demnach proportional zur Fahrgeschwindigkeit dosiert werden.

Die Geräteindustrie bietet heute bereits eine Vielzahl von Dosiersystemen an, die von der bei Geschwindigkeitsschwankungen unwirksamen Einstellhilfe für die gewünschte Aufwandmenge bis zur geschwindigkeitsabhängigen Steuerung von Drosselventilen und zusätzlicher Durchflußmessung reichen. Der letzte Schritt, nämlich das Schließen einer solchen Steuerung zum selbsttätigen Regelkreis ist jedoch für die praktische Anwendung noch nicht vollzogen worden.

2. Gegenüberstellung möglicher Dosiersysteme

Legt man die einem Spritzsystem zugeführten Stoffe als Eingangsgrößen zugrunde, so läßt sich ein grundsätzliches Schema möglicher Lösungswege aus der Reihenfolge der verfahrenstechnischen Vorgänge finden, Bild 1.

Normalerweise bestehen die ausgebrachten Pflanzenschutzmittel aus einem Wirkstoff, der in einer bestimmten Konzentration in einer Trägerflüssigkeit enthalten ist. Eine Dosierung des biologisch aktiven Teils der Flüssigkeit kann daher durch Dosierung des Brühstromes selbst oder durch Veränderung der Konzentration erreicht werden [1, 2].

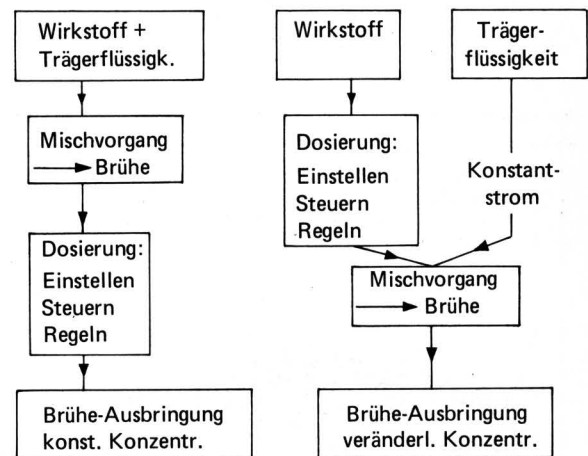


Bild 1. Gliederung der Dosiersysteme nach der Reihenfolge der verfahrenstechnischen Vorgänge.

Eine weitergehende Gliederung der Dosiersysteme ergibt sich aus der Betrachtung der physikalischen Größen, die die Durchflußmenge an einer Drosselstelle bestimmen. Es sind dies der vor der Drossel herrschende Druck, der Drosselquerschnitt und die Viskosität der Flüssigkeit.

Schließt man die Dosierung durch Viskositätsänderung aus, da sie praktisch nicht realisierbar ist, bleiben die in Bild 2 dargestellten Möglichkeiten der Dosierung durch Ändern des Druckes und durch Ändern des Düsenquerschnitts. Die Beeinflussung des Druckes kann nach Bild 2a und 2b direkt durch ein verstellbares Druckbegrenzungselement oder indirekt durch eine Verstelldrossel im Rücklauf vorgenommen werden. Beides bewirkt eine Änderung des herrschenden Spritzdruckes. Der Unterschied liegt darin, daß

*) Dipl.-Ing. Martin Schmidt-Ott ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Maschinenkonstruktion, Bereich Landtechnik und Baumaschinen (Direktor: Prof. Dr.-Ing. H. Göhlich) der TU Berlin.

bei Änderung der Pumpendrehzahl im ersten Fall keine Änderung des Stromes durch die Düsen eintritt, während im anderen Fall das Verhältnis der beiden Teilströme Q_R/Q_D konstant bleibt, d. h. der Brühestrom Q_D proportional zur Drehzahl n ist, wenn die Pumpe druckunabhängig und drehzahlproportional fördert. Dieser Effekt kann zur geschwindigkeitsabhängigen Steuerung des Brühestromes führen, wenn die Pumpe mit dem Fahrantrieb gekoppelt ist (z. B.: Platz-O-Matik).

Ähnliche Verhältnisse weist das System nach Bild 2d auf. Hier wird der gesamte von der Pumpe erzeugte Strom zu den Düsen befördert. Durch Verstellen der Exzentrizität der Pumpe kann der Durchfluß durch die Düsen kontrolliert werden.

Bleibt der Systemdruck konstant, so kann durch Änderung des Drosselquerschnitts der Düsenöffnung der Brühestrom geändert werden. Bild 2c. Diese Lösung sei der Vollständigkeit halber erwähnt. Technisch ist sie kaum realisierbar, da der Konstrukteur an die vorhandenen gängigen und anerkannten Düsen gebunden ist. Andererseits bietet sie eindeutig Vorteile bezüglich der Gleichmäßigkeit des Tröpfchengrößenspektrums und des Bedeckungsgrades bei Veränderung der Aufwandmengen.

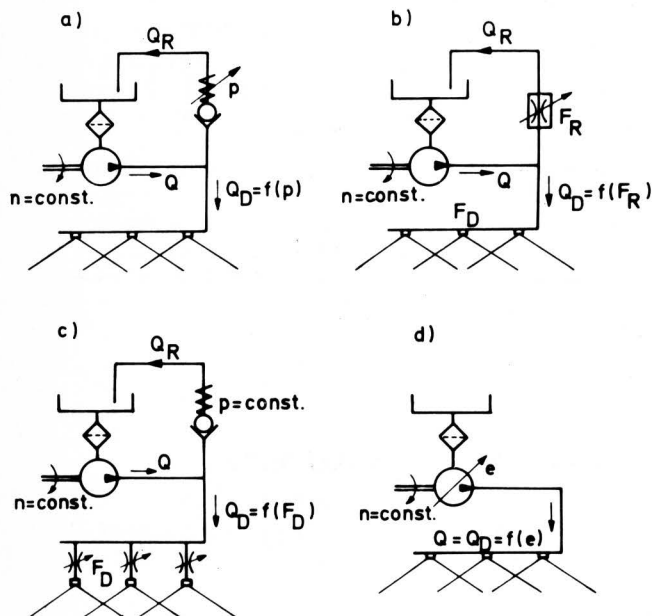


Bild 2. Grundsysteme der Brühedosierung (Symbole nach DIN 24 300).

- a, b, d Systeme mit Änderung des Druckes
- c System mit Änderung des Düsenquerschnittes
- e Pumpenexzentrizität
- n Pumpendrehzahl
- p Spritzdruck
- F_D Drosselquerschnitt der Düsen
- F_R Querschnitt der Rücklaufdrossel
- Q_R Gesamtstrom von der Pumpe
- Q_R Rücklaufstrom
- Q_D Brühestrom durch die Düsen

Die beiden Systemvarianten, Dosierung durch Ändern des Druckes und durch Ändern des Düsenquerschnitts, lassen sich grundsätzlich auch für die Dosierung des Wirkstoffs bei Systemen mit Konzentrationsänderung anwenden. Der zugeteilte Wirkstoff wird dann einem konstanten Strom der Trägerflüssigkeit zugemischt.

Bild 3 zeigt zwei Systeme der Wirkstoffdosierung, die sich voneinander durch den Ort der Vermischung der beiden Komponenten unterscheiden.

Der technische Aufwand hierfür ist wesentlich größer. Wenn die Konzentration durch eine Steuerungs- oder Regelungseinrichtung der jeweiligen Fahrgeschwindigkeit angepaßt werden soll, wird eine Vermischung der Flüssigkeiten möglichst nahe an den Düsen

erforderlich, da die sonst auftretende Totzeit - die Zeit vom Einsetzen einer Störung bis zum Vorliegen der geänderten Konzentration an den Düsen - zu schwerwiegenden Verteilungsfehlern führen würde. Der Vorteil der getrennten Behandlung von Wirkstoff und Trägerflüssigkeit gegenüber der Brühedosierung liegt zum einen darin, daß immer der optimale Spritzdruck eingehalten werden kann, da der Flüssigkeitsstrom durch die Düsen konstant bleibt, und zum anderen in einer wirtschaftlicheren und hygienischeren Nutzung des chemischen Mittels. Ein systembedingter Nachteil muß jedoch in der Änderung des Bedeckungsgrades bei unterschiedlichen Fahrgeschwindigkeiten gesehen werden. Da der Durchfluß und das Tröpfchengrößenspektrum konstant bleiben, kann eine unterschiedliche biologische Wirkung auftreten, wenn bei höherer Fahrgeschwindigkeit ein größerer Tropfenabstand auf der Zielfläche die Folge ist.

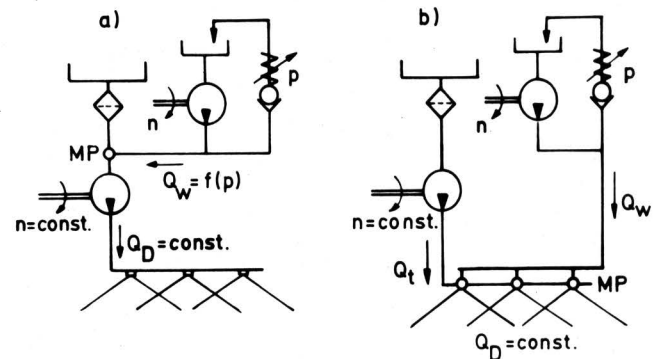


Bild 3. Grundsysteme der Wirkstoffdosierung.

- a Einspritzung vor der Pumpe
- b Einspritzung an den Düsen
- MP Mischpunkt
- Q_t Strom der Trägerflüssigkeit
- Q_w Strom des Wirkstoffs

3. Steuerungs- und Regelungseinrichtungen

Die in Bild 2 dargestellten Systeme lassen sich auch durch die Art und Weise, wie ein Eingriff auf die variablen Größen vorgenommen wird, weiter untergliedern.

Die einfachste Möglichkeit besteht in der festen Einstellung der Parameter vor Arbeitsbeginn. Veränderungen der der Einstellung zugrunde liegenden Arbeitsbedingungen wirken sich hier negativ auf das Verteilungsbild aus.

Eine Verbesserung bringt die Steuerung der ausgebrachten Flüssigkeits- bzw. Wirkstoffmenge nach einem der Fahrgeschwindigkeit proportionalen Signal. Es bietet sich an, die Drehzahl einer Zapfwelle zur Steuerung der Pumpenfördermenge heranzuziehen. Bei den allgemein üblichen Motor- und Getriebezapfwellen ist diese Art der Steuerung allerdings an einen Fahrgang gebunden und vermag auch Schwankungen durch Schlupf nicht auszugleichen. Das Geschwindigkeits-Signal sollte möglichst von einem gezogenen, schlupffreien Rad erzeugt werden. Von der Firma Evvard (Frankreich) wird eine interessante Lösung angeboten, bei der ein fahrgeschwindigkeitsabhängiger Vordruck erzeugt wird, der über einen Stellzylinder eine Drossel im Rücklauf steuert [3].

Bei den genannten Verfahren wird jedoch keine Kontrolle des tatsächlichen Durchflusses vorgenommen (offener Wirkungsweg) und Störgrößen wie Verschleiß, Nichtlinearität der Pumpenkennlinie und Schlupf führen weiterhin zu Fehldosierungen. Eine zuverlässigere, wenn auch technisch aufwendigere Methode stellt die Regelung dar (geschlossener Wirkungsweg). Dabei wird der Durchfluß an den Düsen fortlaufend meßtechnisch erfaßt und mit einer der Fahrgeschwindigkeit proportionalen Größe, der Führungsgröße, verglichen. Abhängig vom Ergebnis dieses Vergleiches wird der Durchfluß im Sinne einer Angleichung an die Führungsgröße beeinflußt [4].

Der prinzipielle Aufbau einer solchen Regelung ist aus Bild 4 am Beispiel einer Rücklaufregelung gemäß Bild 2b ersichtlich. Grundsätzlich kann eine solche Einrichtung für alle aufgeführten Systeme, sowohl für die Brühdosierung als auch für die Wirkstoffdosierung eingesetzt werden.

Der Regelkreis ist entsprechend einer Folgeregelung aufgebaut. Der Durchflußmesser gibt ein Istwert-Signal x auf die Summierstelle, wo es mit dem fahrgeschwindigkeitsproportionalen Signal w verglichen wird. Tritt ein Differenzsignal auf, so wird es verstärkt und zur Anregung des Verstellmotors benutzt. Die Drossel im Rücklauf ändert dabei ihren Querschnitt solange, bis Istwert und Wert der Führungsgröße übereinstimmen.

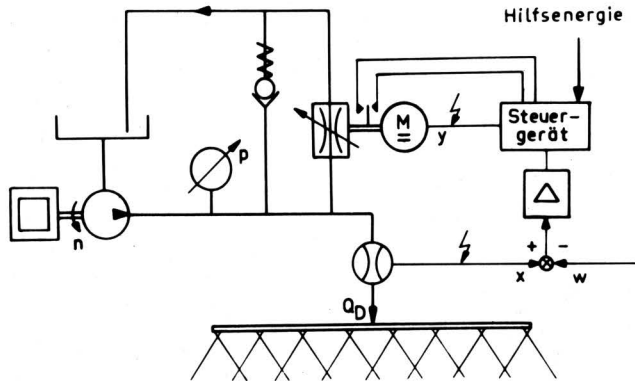


Bild 4. Selbsttätige Regelung des Rücklaufstromes

x Istwert des Durchflusses
 w Führungsgröße
 y Stellgröße

Die Bilder 5 und 6 veranschaulichen das Zeitverhalten einer Versuchseinrichtung nach Bild 4. Bei sprunghafter Änderung der Fahrgeschwindigkeit gleicht sich der Durchflußwert nach einer Funktion zweiter Ordnung den neuen Verhältnissen an, Bild 5. Das Verhalten bei Einwirken von Störgrößen ist am Beispiel einer Drehzahländerung der Pumpe in Bild 6 aufgezeichnet. Lediglich sprunghafte Änderungen, Bild 6 oben, verursachen ein kurzzeitiges Abweichen vom Sollwert des Brühestromes, während langsame Änderungen, Bild 6 unten, keine Abweichungen vom Sollwert ergeben.

Der Realisierung von Regeleinrichtungen in der Praxis steht zur Zeit der erheblich größere technische und damit auch finanzielle Aufwand entgegen. Der Trend bei der Entwicklung neuer Pflanzenschutzgeräte geht jedoch in Richtung auf Großgeräte mit höherem Automatisierungsgrad. Das begünstigt den Einsatz von aufwendigeren Systemen, zumal die Möglichkeiten, Regelungseinrichtungen rationaler zu gestalten, noch längst nicht ausgeschöpft sind.

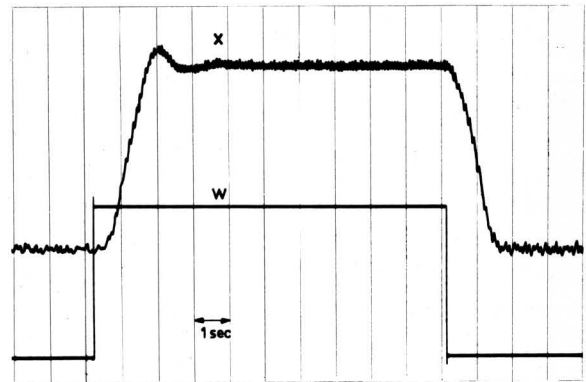


Bild 5. Führungsverhalten

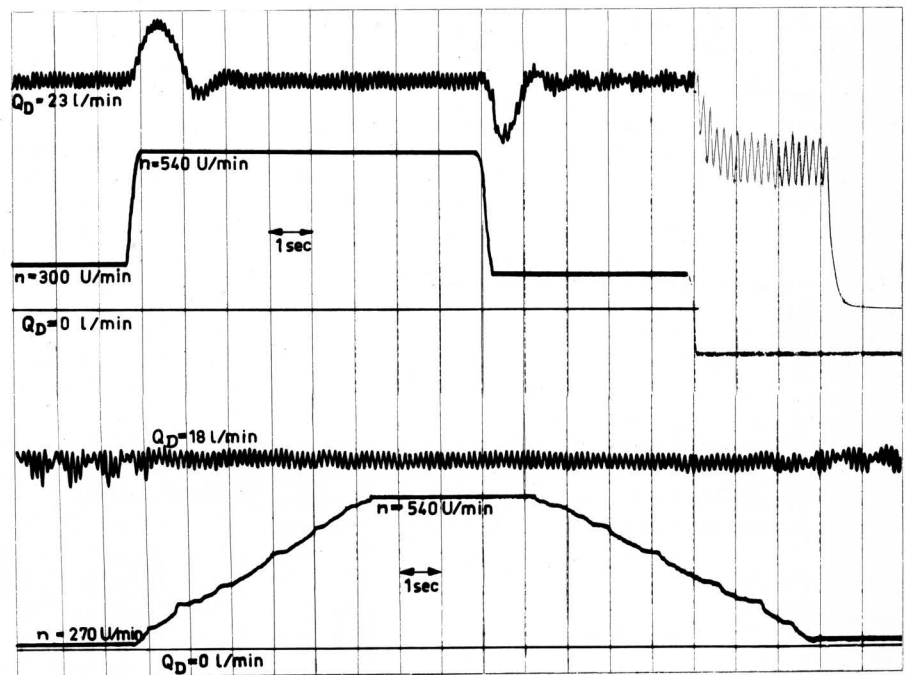


Bild 6. Zeitverhalten bei Störgrößenaufschaltung
 n Drehzahl der Zapfwelle

Schrifttum

- [1] *Amsden, R.C.*: The metering and dispensing of granules and liquid concentrates. Symposium for research workers on pesticide application, Monograph No. 2 (1970), S. 124.
- [2] *Göhlich, H.*: Entwicklungsaufgaben in der Pflanzenschutztechnik. Landtechnische Forschung Bd. 18 (1970) Nr. 4, S. 95/99.
- [3] *Nowotny, M.*: "Volumatic" – eine fahrabhängige Mengenregelung bei Pflanzenschutzgeräten. Lohnunternehmen Bd. 6 (1973), S. 184.
- [4] –: DIN 19226. Regelungstechnik und Steuerungstechnik. Deutscher Normenausschuß, Mai 1968.