

Einsatz der Technik im Feldversuchswesen

H GRÖNER

BASF AG, Landwirtschaftliche Versuchsstation, Limburgerhof

Zusammenfassung: Die Rationalisierung im Feldversuchswesen wurde mit Spezialgeräten durchgeführt. Deshalb ist bei der Konzipierung, Planung, Anlage und Durchführung Rücksicht auf die vorhandene Geräteausstattung zu nehmen. In der Versuchsarbeit kann deshalb nicht immer das beste statistische Modell zum Tragen kommen. In der Praxis sind Kompromisse unabdingbar. An einigen Beispielen wird dies dargelegt.

Summary: Rationalization in field trial work was accomplished with special machinery. For this reason the available equipment must be taken into consideration right from the start in the conceiving, planning, setting up and performance of trials. Moreover, during trial work the best statistical model cannot always be the one used. Compromises are indispensable in actual practice. Several examples are used to illustrate this.

1 0 EINLEITUNG

Der Versuch oder das Experiment ist die Grundlage aller Erkenntnisse der Naturwissenschaften und Technik. Die Effektivität des Versuches ist abhängig von der richtigen Konzipierung, Planung, Anlage, Durchführung und Auswertung. Im landwirtschaftlichen Versuchswesen ist das Experiment ein Versuch mit Nutzpflanzen auf dem natürlichen Standort. Aus diesem Grunde ergibt sich daraus eine Variabilität der Objekte. Eine Anzahl von nicht kontrollierbaren Faktoren können Einfluß auf das Experiment nehmen. Diese Einflußfaktoren und deren Intensität sind bei der Planung, so weit wie möglich, zu berücksichtigen.

Der Feldversuch ist für die Prüfung neuer ackerbaulicher Methoden unter praxisnahen Bedingungen ein unentbehrliches Hilfsmittel und bekommt weltweit eine immer größere Bedeutung. Die Produktion qualitativ hochwertiger Ergebnisse in der Landwirtschaft beruht auf einer ausgewogenen Pflanzenernährung und eines wirksamen Schutzes vor Ungras und Unkräutern, Krankheiten und Schädlingen. Auf diesen Voraussetzungen hat die Landwirtschaft in vielen hochentwickelten Ländern die Qualität und die Erträge in den einzelnen Kulturen wesentlich gesteigert.

2 0 VERSUCHSPLANUNG/VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

Vor der Planung steht eine präzise Definition des Problems. Daraus ergibt sich, ob die Fragestellung in einem wissenschaftlich orientierten Feldversuch zur exakten Erkenntnisgewinnung oder zur Unterstützung anwendungsspezifischer Probleme eingegliedert wird. Die Planung des Versuches und des Versuchsplanes ist stark von der bio-

metrischen Standardliteratur abhängig bzw geprägt Es müssen die Grundregeln der Wiederholungen und des Randomisierens eingehalten werden Dies setzt die Kenntnis der Standortbedingungen und der Kultur voraus Anlage und Durchführung der Versuche haben sorgfältig und präzise zu erfolgen Es ist nicht möglich, einen fehlerhaften Versuch mittels mathematischer Manipulationen anschließend wieder in Ordnung zu bringen

2 1 AUSWAHL DER VERSUCHSFLÄCHE

Der Versuchstechniker wählt Versuchsstandort und Versuchsfläche aufgrund der Problemstellung des Versuchsplanes aus Hauptkriterium für die Versuchsfläche ist die Homogenität von Boden, Pflanzenbestand, Unkräuter, Krankheiten, Schädlingen sowie der erwarteten äußeren Einflüsse (z B Schatten, Feuchtigkeit) Die behandlungsabhängigen Differenzierungen lassen sich nur dann hinreichend erkennen und bonitieren, wenn Unregelmäßigkeiten ausgeschlossen sind

Um Bodenunterschiede zu erkennen, empfiehlt es sich, potentielle Versuchsflächen bereits im Vorjahr und in der vegetationsfreien Periode zu begehen oder zu überfliegen Gute Versuchstechniker halten stets Ausschau nach geeigneten Flächen Stellen, die erfahrungsgemäß Inhomogenitäten aufweisen wie Vorgewende, Felldränder, kleine und unregelmäßige Teilstücke, Waldrandlagen sind grundsätzlich zu meiden

Versuche sollen nach Möglichkeit nicht auf Flächen zu liegen kommen, auf denen bereits in den Vorjahren Versuche, gleich welcher Art, lagen Auch bei besonders geeigneten Teilstücken sollte ein angemessener Zeitraum einheitlicher Bewirtschaftung vor einer neuerlichen Verwendung für Versuchszwecke liegen Diese Intervalle sind nötig, da Versuche stets unregelmäßige Verteilungen von Pflanzenrückständen, Nährstoffen, Bodenverdichtungen, Unkrautsamen, Infektionsmaterial, usw bewirken können

2 2 RÄUMLICHE ANORDNUNG DES VERSUCHES

Die Lage der Parzellen und Blöcke ist so zu wählen, daß Unterschiede bei Boden und Pflanzenbestand minimiert werden Um die stets vorhandenen nicht offensichtlichen Inhomogenitäten so weit wie möglich auszuschließen, sind die Abstände zwischen den Varianten möglichst klein zu halten Dies wird am ehesten bei der Quadratform von Parzellen, Blöcken und Gesamtversuch erreicht, in vielen Fällen erzwingt aber die eingesetzte Technik rechteckige Parzellenmaße Die Verkleinerung der Versuchsfläche und damit der Parzellenfläche als zweite Möglichkeit zur Verringerung der Abstände stößt jedoch auf Grenzen: bei sehr kleinen Parzellen schlagen flächenartig auftretende zufällige Ereignisse wie Tierschäden, große Steine und Löcher viel stärker zu Buche als bei großen Parzellen, in denen sich diese Einflüsse eher verlieren Auch der Einfluß der Ränder und der Nachbarparzellen nimmt mit der Flächenverkleinerung exponentiell zu Die Festlegung optimaler Parzellenabmessungen wird von folgenden Kriterien bestimmt:

- Mechanisierung
Handarbeitstechnik erlaubt quadratische Parzellen, Mechanisierung erfordert meist langgestreckte und damit größere Flächen. Dazu wurden zur Aussaat der einzelnen Kulturen Spezialgeräte entwickelt.
- Produktionstechnik
Auf praxisübliche Reihenweiten, Pflanzabstände, Pflege- und Bewässerungsverfahren muß Rücksicht genommen werden.
- Art der Kultur
Hohe Pflanzenzahl/m² erlaubt kleine Parzellen. Weizen, Reis, niedrige Pflanzenzahl/m² erfordert große Parz. Kartoffeln, Baumwolle.
- Art und Einheitlichkeit des Besatzes mit Unkräutern, Krankheiten, Schädlingen
Je größer die Individuen bzw. deren Ansprüche an einheitliche Lebensräume, Mikroklimata sind, desto größer müssen die Parzellen sein. Je einheitlicher der Besatz, desto kleinere Parzellen sind möglich.
- Datenerhebung
Versuche mit ausschließlich qualitativen Erhebungen (Bonituren) erlauben kleinere Parzellen als Versuche zur Erhebung quantitativer Daten (Erträge).

2.3 AUSMESSEN UND MARKIEREN DER VERSUCHSFLÄCHE

Zum exakten Ausmessen der Versuchsfläche eignet sich ein Bandmaß in den Längen von 25-100 m. Die Beschriftung sollte beidseitig vorhanden sein.

Laufräder mit Zählwerken und Schlagmaße können zum Ausmessen von Versuchsflächen beim Einsatz von Großgeräten (Feldspritzen, Agrarflugzeugen) verwendet werden.

Winkelmeßgeräte in Taschenformat mit und ohne Stativ sowie Winkelspiegel sind geeignete Hilfsmittel, um eine Versuchsfläche rechtwinkelig (90°) auszurichten. Steht nur ein Bandmaß zur Verfügung, dann wird unter Anwendung des Lehrsatzes von Pythagoras $a^2 + b^2 = c^2$ ein Dreieck mit dem Bandmaß in den Längenverhältnissen 3:4:5 aufgespannt, z. B. 6 m:8 m:10 m. Der Winkel zwischen den beiden kurzen Seiten hat immer 90°.

Nach dem Ausmessen werden die Versuchsflächen deutlich sichtbar gemacht mit Markierungsstäben aus Kunststoff, eventuell Holz oder Stahlstiften. Kunststoffmarkierungsstäbe können in verschiedenen Farben beschaffen werden und beschädigen unter Umständen beim Parzellendrusch, wenn nicht alle aus der Versuchsfläche rechtzeitig entfernt sind, die Maschine nicht. Die Schrift sollte lichtecht und wasserbeständig mindestens bis zum Abschluß des Versuches sein.

Zur Markierung von Versuchspartellen eignen sich biegsame Kunststoffstäbe, die trotz Überfahrens mit Bodenbearbeitungsgeräten nicht abknicken oder abbrechen.

Um die Versuchsfläche vor unbeabsichtigter Beschädigung bei der Bodenbearbeitung, bei Düngungs-, Pflanzenschutz- und Pflegemaßnahmen zu bewahren, ist eine weithin sichtbare Eckpunktmarkierung erforderlich. Dabei ist das Wachstum der Kultur einzukalkulieren.

Ist eine Kultur bereits im Aufwuchs vorhanden, so können die Längs- und Quertrennungen der Parzellen ausgefräst oder ausgespritzt werden. Beim Ausspritzen sind Düsen zu verwenden, die ein großtropfiges Tropfenspektrum erzeugen und in einen Windschutz montiert sind.

Die Numerierung der Parzellen sollte fortlaufend erfolgen, am besten in der Reihenfolge, in der der Boniteur über die Versuchsfläche geht. Es ist ausreichend, wenn die Zuordnung der Behandlung an die fortlaufende Parzellenummer im Lageplan festgelegt ist.

2 4 KULTURMASSNAHMEN

Neben den im Versuchsplan festgelegten Maßnahmen erfordern Feldversuche eine intensive Kontrolle und Betreuung entsprechend der Ansprüche der jeweiligen Kulturen. Um den Erhalt der Versuche zu gewährleisten, sollten stets die bestmöglichen Bodenbearbeitungs-, Saat-, Pflanzenschutz-, Düngungs- und sonstigen Maßnahmen die Regel sein. Dabei ist der wichtigste Gesichtspunkt die absolute Gleichmäßigkeit und Gleichbehandlung über alle Parzellen. Soweit nicht Bewässerung ein unerlässlicher Teil des Produktionssystems ist, sollte darauf so weit wie möglich verzichtet werden, da eine hinreichend exakte Wasserverteilung selten gewährleistet ist.

Werden Pflegemaßnahmen von Hand ausgeführt, so sollten diese im Hinblick auf die Gleichbehandlung aller Parzellen von einer einzigen Person oder demselben Arbeitsteam durchgeführt werden. Bei großen Versuchen ist die Arbeit blockweise aufzuteilen.

2 5 0 APPLIKATIONSGERÄTE UND DEREN EINSATZ

Die Auswahl des Ausbringungsgerätes sollte sich neben den Erfordernissen von Kulturpflanzen, Schadorganismen, Behandlungsort und Produkt, der Bezugsmöglichkeit der Geräte, ihrer Wartung und der Ersatzteilbeschaffung orientieren.

2 5 1 TRAGBARE SPRITZGERÄTE

Diese Geräte verfügen über ein Tankvolumen von ca. 4-18 l. Teilweise sind sie mit einem Rührwerk ausgerüstet, welches mit dem Pumpenhebel gekoppelt ist. Der Arbeitsdruck wird von einer Membran- oder Kolbenpumpe erzeugt. Je nach Geschwindigkeit der Betätigung des Pumpenhebels wird ein niederer oder höherer Arbeitsdruck erzeugt. Durch Einbau eines Manometers in den Volumenstrom, d. h. zwischen Abstellventil und Spritzgestänge, kann der Druck besser kontrolliert werden.

Druckluftbetriebene Spritzen sind tragbare Geräte, bei denen vor dem Spritzvorgang mit einer Pumpe von Hand im Brühbehälter die Druckluft komprimiert wird. Je nach Verhältnis Brühvolumen und Druckluftspeicherung im Tank fällt der Druck bei der Spritzung schnell oder langsam ab. Bei hohem Druckluftvolumen kann dieser Nachteil etwas behoben werden. Für die exakte Ausbringung sind diese Geräte nicht zu empfehlen.

Von einigen Stellen wurden spezielle Spritzgeräte mit Druckluftbetrieb für das Versuchswesen entwickelt. Bei diesen Geräten ist der Druckluftspeicher (Preßluftflasche vom Brühebehälter getrennt) über ein Regelventil mit der Druckluft kontinuierlich dem Brühebehälter zugeleitet. Gleichzeitig wird mit dem Druckregelventil genau der Arbeitsdruck gesteuert. Bei größeren Versuchsvorhaben sollten nach Möglichkeit mehrere Druckluftflaschen vorhanden sein. Die kleinen Einheiten ca. 2 l Volumen zum Betreiben des Gerätes können direkt bei Abfüllstationen für Preßluft oder mittels einer Verbindungsleitung zwischen einem großen Druckluftspeicher ca. 20-40 l Volumen befüllt werden.

Andere Gase als Luft sind nicht zu empfehlen, da für den Einsatz von Propangas bei unterschiedlichen Außentemperaturen noch kein geeignetes Regelventil entwickelt wurde, beim Einsatz von Kohlendioxid CO_2 der pH-Wert der Spritzbrühe verändert werden kann und bei Sauerstoff O_2 die Brandgefahr gegeben ist.

Damit auch Flüssigdünger eingesetzt werden können, sollten die brüheführenden Teile aus Edelstahl und geeigneten Kunststoffen montiert sein. Diese Geräte müssen auf Sicherheit und Funktionstüchtigkeit überprüft werden.

Tragbare Spritzgeräte mit motorbetriebenen Pumpen haben den Nachteil, daß eine Restlosentleerung nicht möglich ist. Dazu kommt noch die Lärmbelästigung der Bedienungsperson.

2 5 2 FAHRBARE SPRITZGERÄTE

Die einfachste Ausführung eines fahrbaren Gerätes ist ein Rahmen mit einem Rad (Fahrrad). Auf dieses Fahrgestell wird das tragbare Rückenspritzgerät gekoppelt. Zwei, drei oder vier Räder an solch einem einfachen Gerät hindern das Wechseln in den Versuchswiederholungen, zum Beispiel von der Wiederholung a in die Wiederholung b. Bei Zunahme der Radanzahl wird auch das Befahren von unebenen Flächen und feuchten Böden schwierig. Mit dem Fahrgestell kann das Einhalten des Abstandes des Spritzgestänges von der Zielfläche erleichtert werden. Zum Transport des Gerätes in einem Personenkraftwagen können diese sogenannten Fahrradspritzen demontiert werden.

Für große Versuchsansteller sind Spritzmaschinen entwickelt worden. Das Grundgerät ist ein handelsüblicher Tragschlepper oder ein modifizierter Hochradschlepper.

Der Aufbau der Applikationseinrichtung besteht aus einer größeren Anzahl von Behältern z. B. 12 Stück mit einer mechanischen oder pneumatischen Röhreinrichtung, einer Pumpe oder besser einem Kompressor zur Druckluftzeugung, Regeleinrichtungen zur Steuerung des Arbeitsdruckes und zu jedem Behälter ein dazugehöriges Spritzgestänge. D. h., entsprechend der Behälteranzahl und Spritzgestängen können Produkte bzw. Konzentrationen in einem Arbeitsgang ausgebracht werden. Nach dem Spritzvorgang wird aus einem getrennten Wasserbehälter die Spülvorrichtung versorgt, damit alle Behälter, Leitungen und Spritzgestänge gereinigt werden können. Sofern die Fahrgeschwindigkeit und der Arbeitsdruck exakt eingehalten werden, kann die gewünschte Volumenmenge für alle vier Wiederholungen in die Behälter eingefüllt werden. Zur Entlastung des Spritzschlepperfahrers wurde eine elektrisch-pneumatische Steuerung entwickelt. Diese Steuerung ist mit einem Lochkartenleser ausgerüstet. Der randomisierte Lageplan wird auf die Lochkarte dieses Lesers übertragen. Ein Fehlspritzen der Parzellen ist damit ausgeschlossen.

Für die Screening-Versuche oder bei der Suche nach der optimalen Aufwandmenge wurden logarithmisch arbeitende Spritzeinrichtungen gebaut. Die Ausstattung besteht aus zwei Tanks, von denen einer die Spritzbrühe in der gewünschten Startkonzentration und der andere Wasser enthält. Während des Spritzvorganges wird die Spritzbrühe kontinuierlich verdünnt. Die Konzentrationsabnahme erfolgt nach einer logarithmischen Kurve. Derartige Ausrüstungen sind vor allem für Versuchsstellen geeignet, bei denen Substanzen geprüft werden, deren Wirksamkeit und Verträglichkeit weitgehend unbekannt sind.

Zur Prüfung von Produkten auf größeren Flächen eignet sich auch eine Feldspritze, die mit einer geeigneten Regeleinrichtung, Rührereinrichtung und Spritzgestänge ausgerüstet ist. Beim Wechseln des Produktes ist darauf zu achten, daß auch der Pumpenkörper entleert und gereinigt wird.

2 5 3 TECHNISCHE AUSTRÜSTUNGEN ZUM OPTIMALEN EINSATZ VON FLÜSSIGEN PRODUKTEN

Zur gleichmäßigen Verteilung eines Produktes muß die Homogenität der Spritzbrühe im Behälter gegeben sein. Selten sind die Brühebehälter mit einem mechanischen oder pneumatischen Rührwerk ausgerüstet. Um das Absetzen zu verhindern, muß die Spritzbrühe sofort nach dem Einfüllen ausgebracht werden. Das ist besonders bei WP- und Flowable-Formulierungen entscheidend. Bei absetzgefährdeten Formulierungen sollte jede Parzelle getrennt angerührt und ohne Verzug behandelt werden. Bei tragbaren Geräten kann der Behälter zwischen den Parzellen geschüttelt werden.

Damit während des Spritzvorganges die Ausbringungsmenge konstant beibehalten wird, ist eine Druckanzeige zur Kontrolle notwendig. Dieser Druckmesser (Manometer) sollte eine eng gestaffelte Graduierung aufweisen. Außerdem ist die Kontrolleinrichtung im Blickfeld der Bedienungsperson anzuordnen.

Die Lauf- bzw. die Fahrgeschwindigkeit sollte mit Geschwindigkeitsmeßgeräten kontrolliert werden.

Die Arbeitsbreite des Spritzgestänges in Flächenkulturen ist abhängig von der Parzellenbreite. Die Behandlung von Parzellen mit der Einzeldüse beinhaltet große Fehlerquellen. Band an Band Spritzen in Parzellen führt zu Unter- und Überdosierungen. In höheren Flächenkulturen ist das genaue Führen des Spritzgestänges über der Zielfläche nicht mehr gegeben. Den Weg zwischen Düse und Zielfläche (Boden, Pflanzen), kann man deshalb durch eine unterschiedliche Anordnung der Düsen im Spritzgestänge verändern. In der folgenden Tabelle sind Beispiele aufgeführt.

Düsenabstand in cm	Höhe des Spritzgestänges beim Spritzen in cm bei Abspritzwinkel 65° und 80°	
50,0	55,0	45,0
45,0	49,5	40,0
40,0	44,0	36,0
35,0	38,5	31,5
33,3	36,6	29,9
30,0	33,0	27,0
25,0	27,5	22,5
16,5	18,1	14,8

Damit die Druckverluste vom Behälter bis zu den Düsen gering gehalten werden können, sind die Innendurchmesser der Leitungen der Anzahl und des Querschnittes der Düsen anzupassen. Die Spritzgestänge können aus Messing, Aluminium oder Edelstahl gefertigt sein. Sie sollten leicht und trotzdem stabil sein.

Die am häufigsten verwendeten Düsen im Versuchswesen in Flächenkulturen Getreide, Mais, Soja, Reis u. a. sind die Flachstrahldüsen mit den Abspritzwinkeln 65° und 80°. Der Abspritzwinkel von 65° und 80° ist für eine Parzellenabgrenzung günstig, da er ohne Doppeldeckung eingesetzt werden kann. Trotzdem ist die Querverteilung optimal. In Feldspritzgestängen ist die Doppeldeckung der Abspritzwinkel von 110° und 120° erwünscht, bei Schwankungen der breiten Feldspritzgestänge wird die Fläche mind. noch einfach bedeckt. Für Sondereinsätze Band-, Reihen-, Unterblattflächen- und Unterblattbandbehandlung stehen geeignete Düsen mit verschiedenen Abspritzwinkeln zur Verfügung.

Neuerdings sind Universaldüsen erhältlich. Diese Flachstrahldüsen können mit dem Arbeitsdruck von 1-5 bar eingesetzt werden. Sie ersetzen die bisherigen normalen Flachstrahldüsen 2-5 bar und die LP-Düsen (low-pressure oder Niederdruckdüsen 0,7-1,5 bar). Der Arbeitsdruck ist abhängig von dem zu behandelnden Objekt. Normal wird mit 3 bar Arbeitsdruck gearbeitet. Je nach Düsenkalibergröße werden dabei unterschiedlich große Tropfen erzeugt. Große Tropfen haben eine höhere kinetische Energie und durchdringen somit dichte Kulturen besser, dagegen lagern sich feine Tropfen sofort an der der Düse nächstliegenden Zielfläche stärker an. Feine Tropfen unterliegen der Abtrift und Verdunstung. Bisher hat sich die Düsenkalibergröße 80 02 als Normal- und Universaldüse XR = extended-range für die einzelnen Anwendungen bewährt.

Im Anhang sind die Durchflußmengen (l/Min, die Tropfengrößen in Mikron und die Brüheaufwandmengen l/ha) bei unterschiedlichen Lauf- bzw. Fahrgeschwindigkeiten der Düse 80 02 aufgeführt.

Zur Änderung der Durchflußmenge l/Min können alle Düsenhersteller geeignete Flachstrahldüsen bereitstellen. Die Durchflußgenauigkeit liegt bei diesen Präzisionsdüsen um + 5 %. Nicht nur die Durchflußgenauigkeit, sondern auch die Querverteilung eines Düsen-systemes sind für eine optimale Anwendung entscheidend. Die Querverteilung kann auf einem Rillenblech mit den Rillenabständen von 50 bzw. 100 mm gemessen werden. Die aufzufangenen Wassermengen der Einzelmessungen sollten vom Mittelwert nicht mehr als + 15 % abweichen. Diese Prüfstände können von den einzelnen Versuchsstellen für die geringen Arbeitsbreiten selbst angefertigt werden. Es ist zu empfehlen, daß die Spritzgestänge mindestens einmal im Jahr auf die Querverteilungsgenauigkeit überprüft werden.

Die Lebensdauer der Düsen ist abhängig vom Material und der auszubringenden Produkte. In der Materialreihenfolge: Messing, Kunststoff, Edelstahl, Keramik und Aluminium-Oxid nimmt die Lebensdauer der Düsen zu. Das schließt nicht aus, die Düsen jährlich zu überprüfen.

Düsenverstopfungen sind meistens auf eine nicht genügende Filterung der Spritzbrühe vor den Düsen zurückzuführen. Schon beim Einfüllen der Spritzbrühe in den Tank sollte das Einfüllsieb mit einer 24 bzw. 50 mesh 710 bzw. 300 Mikrometer/Mikron großen Maschenweite Siebfläche ausgestattet sein. Im Volumenstrom muß ein zusätzlicher Filter entsprechend der Düsenkalibergröße montiert sein. Bei WP-Formulierungen können bei den Filterflächen von 100 mesh Belegungen auftreten. In diesen Fällen sind die 50 mesh-Filterflächen mit entsprechend größeren Düsenkalibern nötig. Der Düsenfilter ist als die letzte Absicherung von Düsenverstopfungen zu betrachten. Er darf nicht die Hauptfunktion

der Filterung übernehmen Um das Nachtropfen der Düsen zu verhindern, können die Düsenfilter mit einem Kugelventil gekauft werden Zunehmend übernehmen diese Funktion Membranventile, die weniger anfällig sind Allerdings sind sie wegen der Baugröße und des Gewichtes nicht überall verwendbar

2 5 4 AUSLITERN UND BERECHNEN DER GEWÜNSCHTEN BRÜHEAUFWANDMENGE

Zum Berechnen der einzelnen Faktoren in Flächenkulturen ist die Lauf- bzw Fahrgeschwindigkeit km/h , der Düsenausstoß l/Min , die Arbeitsbreite m und die Brüheaufwandmenge l/ha von Bedeutung Die Berechnung kann nach folgenden Formeln erfolgen:

$$V = \frac{600 \times q}{b \times Q} \quad b = \frac{600 \times q}{V \times Q} \quad Q = \frac{600 \times q}{V \times b} \quad q = \frac{V \times b \times Q}{600}$$

V = Lauf- bzw Fahrgeschwindigkeit km/h
 b = Arbeitsbreite m)
 Q = Brüheaufwandmenge l/ha
 q = Düsenausstoß l/Min

Damit die gegebenen Verhältnisse berücksichtigt werden, soll die Lauf- bzw Fahrgeschwindigkeit in der zu behandelnden Kultur (z B Zuckerrübensaatbeet, Wasserreisfläche) gemessen werden Dazu ist eine abgesteckte Fläche 50 oder 100 m Länge und eine Stoppuhr notwendig Dazu einige Beispiele:

Sek /100 m	m/Sek	km/h
100 0	1 0	3 6
50 0	2 0	7 2

Die Istgeschwindigkeit kann auch nach der folgenden Formel errechnet werden:

$$V = \frac{S \times 3,6}{t}$$

V = Fahrgeschwindigkeit km/h
 S = Strecke m
 t = gestoppte Zeit Sek

Beispiel: S = 100 m, t = 60 Sek

$$V = \frac{100 \times 3,6}{60} = 6 \text{ km/h}$$

Die Einzeldüsendurchflußmenge wird in einer bestimmten Zeiteinheit (z B 60 Sek) ermittelt Dabei wird der gewünschte Arbeitsdruck vorher eingestellt Die Einzeldurchflußmengen werden in Gefäßen oder Meßzylindern aufgefangen Bei Spritzen mit Pumpenbetrieb wird eine festgelegte Strecke in der gewünschten Laufgeschwindigkeit abgespritzt und dabei die austretende Flüssigkeitsmenge am Spritzgestänge in Folienbeuteln aufgefangen

Nach dem gleichen Prinzip können auch Großgeräte Feldspritzen, Agrarflugzeuge ausgeliefert werden

Zur Behandlung der Parzellen ist beim Befüllen ein Zuschlag an Spritzbrühe von 10-15 % zum Anspritzen der Düsen außerhalb der Versuchsfläche und zur Absicherung hinzuzugeben

2 5 5 EINSATZ VON AGRARFLUGZEUGEN

Das Agrarflugzeug hat als moderne Landmaschine einen erheblichen Anteil an einer großen Zahl verschiedenartiger Arbeiten in der Land- und Forstwirtschaft sowie im Garten-, Obst- und Weinbau. Deshalb ist der Versuchsansteller immer wieder gezwungen, diese Technik auch im Versuchswesen zu verwenden. In ca. 60 Ländern werden mit ca. 19 000 Agrarflugzeugen rund 200 Mio ha behandelt, nach FAO. Dazu einige Zahlen aus einzelnen Ländern:

Land	Flugzeuge	behandelte Fläche in ha
UdSSR	8 000	81 000 000
USA	6 100	42 100 000
Kanada	666	2 130 000
Argentinien	450	5 000 000
Mexiko	450	8 000 000
DDR	100	1 840 000
BRD	20-30	70 000

Die Anwendung von Agrarflugzeugen bietet Vorteile gegenüber Bodengeräten im Feldversuchswesen:

- Unabhängigkeit von dem Gelände und den Bodenverhältnissen. Nach starkem Regen ist die Behandlung ohne Bodenverdichtungen möglich.
- Keine Beschädigung der Kulturpflanzen.
- Termingebundene Arbeiten können eingehalten werden. Zum biologisch günstigsten Behandlungstermin lassen sich die Arbeiten ausführen.

Den genannten Vorteilen stehen auch Nachteile gegenüber:

- Der Flugzeugeinsatz ist sehr abhängig von den vorherrschenden meteorologischen Verhältnissen. Hohe Temperaturen und geringe Luftfeuchtigkeit schränken den Einsatz ein. Verdunstung eines Teiles der Spritzbrühe in der Luft. Die Windgeschwindigkeit soll wegen der zu erwartenden Abtrift niedrig sein.
- Die Parzellengrößen müssen größer gewählt werden.
- Für Starrflügler sind Landeplätze unentbehrlich.
- Tiefhängende Telefon- und Hochspannungsleitungen in den Flächen behindern den Einsatz von Flugzeugen.

Folgende Faktoren sind bei der Einstellung der Dosiermenge und für eine gleichmäßige Applikation zu berücksichtigen:

- Wasseraufwandmenge l/ha)
- Fluggeschwindigkeit km/h
- Flughöhe m
- Arbeitsbreite m
- Düsentyp
- Düsenanzahl
- Düsenanstellwinkel
- Druck bar

Vor dem Einsatz sind die Düsen auszulitern Die Abweichung der Einzeldüsendurchflußmenge vom Mittelwert aller Düsen sollte nicht mehr als ± 7 bis 10 % betragen

Mit einem Probeflug über einen quer zur Flugbahn ausgelegten Papierstreifen Telex-Papier oder Papier aus Addiermaschinen kann die Querverteilung und die Arbeitsbreite optimal kontrolliert werden: Dabei ist es sinnvoll, der Brühe einen Farbstoff beizumischen Danach fliegt man eine oder zwei Bahnen mit der Farbmischung quer über den mit Steinen beschwerten Papierstreifen Das Spritzbild soll gleichmäßig sein, ohne Fehlstellen Gleichmäßige Ausbringung und Arbeitsbreite sind durch Düsenanzahl, Düsenverteilung, Fluggeschwindigkeit und Flughöhe beeinflussbar Verbesserungen in der Verteilung sollen so lange gemacht werden, bis eine gute optimale Querverteilung erreicht ist

Bei diesen Probeflügen, die ohne Produkt auf einer neutralen Fläche geflogen werden, kann auch die Ausbringungsmenge je Flächeneinheit gemessen werden

Es muß damit gerechnet werden, daß nicht die ganze vom Flugzeug ausgespritzte Flüssigkeitsmenge die Zielfläche Boden, Pflanzen erreicht Wieviel von der durch die Düsen am Flugzeug ausgespritzten Flüssigkeit auf den Zielflächen angelagert wird, hängt weitgehend von der relativen Luftfeuchtigkeit, der Tropfengröße und der Temperatur ab Bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 40 % und einer durchschnittlichen Tropfengröße von 0,2 mm gehen ca 10 % der Spritzflüssigkeit durch Verdunstung verloren Je niedriger die Luftfeuchtigkeit ist, desto höher ist die Möglichkeit der Verdunstung der Spritztropfen Die vorher getesteten Flugdaten sind genau einzuhalten

Alle meteorologischen Verhältnisse sind während der Behandlung mit Meßgeräten zu überwachen, d h die relative Luftfeuchtigkeit soll nicht unter 30 bis 40 % betragen Der Wind soll in bzw gegen die Flugrichtung nicht mehr als 1,5 m/Sek und quer zur Flugrichtung nicht mehr als 1,0 m/Sek betragen, damit Abtrift verhindert wird

2 6 SPRÜHGERÄTE

Der Einsatz von Sprühgeräten Rücken-, Einachs-, Anbau- und Anhängersprühgeräte) erfolgt in der Regel nach den bisher erwähnten Punkten

2 7 GERÄTE ZUR AUSBRINGUNG VON GRANULATEN UND STÄUBEN

Die Ausbringung von Wirkstoffen in granulierter Form bereitet in Versuchen häufig das Problem der Verteilungsgenauigkeit und der Dosierung. Praxisübliche Granulatstreuer benötigen unverhältnismäßig hohe Parzellengrößen. Falls spezielle Kleingeräte für Versuche nicht zur Verfügung stehen, kann man sich auch mit Kleindüngerstreuern behelfen. Bei sehr geringen Granulatsmengen empfiehlt es sich, die Granulate mit einem Inert-Material gleicher Körnung und Dichte aufzumischen.

Der Wirkstoff ist bei den Stäubemitteln meistens an Talkum oder andere Gesteinsmehle gebunden. Infolge der geringen Teilchengröße < 50 Mikrometer/Mikron sind Stäubemittel sehr stark dem Einfluß von Luftbewegungen unterworfen und somit stark abtriftgefährdet. Diese Eigenschaft kann als Vorteil genutzt werden: Durch den Wind ist eine Bedeckung der Blattunterseite möglich. Die Ausbringung erfolgt durch hand- und rücentragbare Geräte. Bei der Verteilung darf die Gleichmäßigkeit nicht überschätzt werden.

2 8 ARBEITSTECHNISCHE HINWEISE

Der Unterschied zwischen guter und schlechter Versuchsarbeit beruht oft auf wenigen Details. Um Fehler zu vermeiden, werden einige Punkte zur Arbeitstechnik in Erinnerung gebracht.

- Pulverförmige Produkte sind bereits im Mittellager entsprechend der Versuchspläne abzuwiegen, zu verpacken und zu beschriften. Flüssigformulierungen können auf dem Feld abgemessen werden, intensives Schütteln vor der Entnahme darf nicht vergessen werden. Von Festprodukten, die sich aufgrund niedriger Aufwandmengen nicht mehr genau dosieren lassen, sollte eine stark verdünnte wässrige Lösung hergestellt werden, z. B. 1 g in 100 ml. Diese läßt sich dann wie eine Flüssigformulierung handhaben. Sie muß jedoch täglich erneuert werden.
- Das Anrühren der Spritzbrühe sollte auf keinen Fall in den Spritzbrühebehältern erfolgen, sondern in dafür vorgesehenen nummerierten Eimern oder Bechern. Beim Umschütten in die Spritzbrühebehälter ist ein Trichter mit engmaschigem Sieb zu verwenden.
- Die Anlage eines Planes sollte in folgender Weise erfolgen: Man beginnt mit der niedrigsten Konzentration eines Prüfproduktes und schreitet bis zur höchsten fort, zum Schluß kommen die Kombinationen mit anderen Wirkstoffen. Bereits die Versuchspläne sollten in dieser Weise erstellt sein.
- Nach der Spritzung jeder Variante müssen alle brüheführenden Teile der Spritze durch mindestens 2 Spülgänge mit klarem Wasser gereinigt werden. Bei hochaktiven Wirkstoffen genügt Wasser nicht, sie benötigen einen zusätzlichen Spülgang mit einer speziellen Reinigungslösung, z. B. Chlorbleichlauge, Aktivkohle, Soda.
- Schwer lösliche Verklumpungen beim Mischen von WP- und EC-Formulierungen verhindert man meist, indem erst das Pulver gelöst und dann die Emulsion beigegeben wird.

- Da Regen während oder kurz nach der Applikation die Wirkung beeinträchtigt, sollte die Wettervorhersage beachtet werden. Bei Regenbeginn ist die Spritzarbeit sofort abzubrechen, der Versuch wird nicht fortgeführt sondern gestrichen. Regenfälle kurz nach der Spritzung sind als Kommentar im Versuchprotokoll zu vermerken. Feuchte Bestände nach Regen, Tau dürfen nicht behandelt werden.
- Die Begleitdaten jeder Applikation werden auf einem standardisierten Datenblatt erfaßt. Dieses Blatt muß auf dem Feld unmittelbar nach Abschluß der Spritzarbeit ausgefüllt werden.
- Die Spritzausrüstung wird stets gereinigt und einsatzbereit an einem sicheren Platz aufbewahrt.

3 0 VERSUCHSAUSWERTUNG

Jede Auswertung stellt entweder einen Vergleich dar oder mündet in einen Vergleich. Die Variablen, die zur Wertung herangezogen werden, können direkt auf dem Feld erhobene oder abgeleitete Größen sein, wie z. B. Behandlungserfolg, Pflanzenschaden, Dauerwirkung, Kombinationswirkung, Wirtschaftlichkeit usw.

Ein einzelner Versuch ist kaum in der Lage, alle gewünschten Informationen zu liefern. Einzelversuche sind in der Regel Teil eines Versuchsprogramms oder Projekts, sie liefern nur Teilinformationen für eine Gesamtbewertung.

Kein neues Produkt erfüllt all die vielfältigen Anforderungen, die von mehreren Seiten gestellt werden, gleich gut. Zur richtigen Einschätzung müssen jedoch alle, auch die unwichtigen und negativen Eigenschaften gesammelt und bewertet werden.

Nach wie vor wird der Bonitierungsblock am häufigsten zur Aufnahme von qualitativen Ergebnissen verwendet. Die Daten müssen anschließend in die Datenverarbeitungsgeräte eingegeben werden. In jüngster Zeit werden transportable Computergeräte getestet. Sie ermöglichen schon bei der Datenaufnahme im Feld eine Kontrolle über einen Ausdruck. Gleichzeitig ist eine direkte Datenübertragung in den Zentralcomputer gegeben.

Der meist wichtigste Parameter der quantitativen Daten ist der Ertrag. Zur Erleichterung dieser Datenerfassung wurden Spezialgeräte (Parzellenmähdrescher, Futtererntemaschinen) entwickelt. Auch Praxisgeräte zum Ernten von Hackfrüchten, zum Pflücken von Baumwolle, wurden modifiziert. Die Arbeitsbreiten der Erntegeräte wurden auf die Parzellenbreiten oder umgekehrt abgestimmt.

4 0 DISKUSSION

Dem Versuchsansteller stehen heute eine große Anzahl von Hilfsmitteln im Feldversuchswesen zur Verfügung die

- 1 die Versuchsarbeit erleichtern und
- 2 die Qualität verbessern

Literatur

Bleiholder H , Gröner H , Saur R , Schönhammer A , Zwick W , Field Trials - BASF Agricultural News, 3/88, 4/88, 2/89

Anhang

Technische Daten der Normal- und der Universaldüse (XR von Spraying Systems, USA)
mit dem Abspritzwinkel von 80°

Düsentyp Teejet	Druck bar	Aus- stoß l/Min	Tropfengröße in Mikron MVD		Düsenab- stand in cm	l/ha bei							
			F	XR		m/Sek		km/h		m/Sek		km/h	
						0,8	2,88	0,9	3,24	1,0	3,6	1,2	4,32
XR 80 02	1,5	0,470		390	50,0	195,8	174,1	156,7	130,5				
					40,0	244,8	217,6	195,8	163,2				
					37,5	261,1	232,1	208,9	174,1				
					35,0	279,8	248,7	223,8	186,5				
					33,0	296,7	263,7	237,4	197,8				
					28,5	343,6	305,4	274,8	229,0				
					25,0	391,7	348,1	313,3	261,1				
XR 80 02 80 02	2,0	0,560 0,560	400	380	50,0	233,3	207,4	186,7	155,5				
					40,0	291,7	259,2	233,3	194,4				
					37,5	311,1	276,5	248,9	207,4				
					35,0	333,3	296,3	266,7	222,2				
					33,0	353,5	314,2	282,8	235,7				
					28,5	409,3	363,9	327,5	272,9				
					25,0	466,7	414,8	373,3	311,1				
XR 80 02 80 02	3,0	0,720 0,710	390	350	50,0	295,8	262,9	236,6	197,2				
					40,0	369,8	328,7	295,8	246,5				
					37,5	394,4	355,0	315,5	262,9				
					35,0	422,6	375,6	338,0	281,7				
					33,0	444,2	395,2	355,6	296,2				
					28,5	519,0	461,3	415,2	346,0				
					25,0	591,7	525,8	473,2	394,4				