

Untersuchungen zur Leistung und Arbeitsqualität der Schleuderradstreuanlage des Hubschraubers Ka-26 bei der Ausbringung von Düngemitteln

Dr. agr. U. Schultz, KDT, Institut für Düngungsforschung Leipzig – Potsdam der AdL der DDR
 Ing. G. Wischnewski, INTERFLUG, Betrieb Agrarflug
 Dipl.-Ing. B. Ziehe, KDT, Zentrale Prüfstelle für Landtechnik Potsdam-Bornim

1. Aufgabenstellung

Mit der in der UdSSR neu entwickelten Schleuderradstreuanlage zum Hubschrauber Ka-26 ergaben sich Möglichkeiten zur Effektivitäts- und Qualitätssteigerung bei der Applikation von Düngemitteln. Damit war gleichzeitig eine Erweiterung der Einsatzmöglichkeiten auch für die N-Düngung im Getreide zu erwarten, die aus Gründen der unzureichenden Verteilqualität mit der bisherigen Tunnelstreuanlage nicht zugelassen werden konnte. In einer gründlichen applikationstechnischen und ersten Praxiserprobung sollte die Eignung der Schleuderradstreuanlage für die Düngerapplikation untersucht werden.

2. Methodik

Die applikationstechnischen Erprobungen und Prüfungen erfolgten auf der Meßanlage des Agrarflugstützpunkts Ogkeln [1]. Die verwendeten Versuchsmethoden für die Messungen des Massedurchsatzes und der Masedurchsatzgleichmäßigkeit sowie der Verteilgenauigkeit entsprachen hinsichtlich der Meßwerterfassung und -auswertung den in der DDR gültigen und bekannten Standards [2]. Untersuchungen zur Schadwirkung der abgeschleuderten Düngergranalien auf die Hubschrauberbauteile erfolgten während des üblichen Praxiseinsatzes und darüber hinaus unter speziellen ausgewählten Hang-einsatzbedingungen.

3. Ergebnisse

3.1. Voruntersuchungen

Der Einsatz der in der UdSSR zur Ablösung der bisherigen Tunnelstreuanlage entwickelten Schleuderradstreuanlage zum Hubschrauber Ka-26 erfolgte erstmalig im Jahr 1981. Im gleichen Jahr wurde durch die INTERFLUG, Betrieb Agrarflug, eine erste technische, applikationstechnische und prakti-

Tafel 1. Anwendungstechnologische Grenzwerte für den Hubschrauber Ka-26 mit Schleuderradstreuanlage (für eine Schleuderraddrehzahl von 940 min⁻¹: Arbeitsfluggeschwindigkeit VG = 80 ... 100 km/h, beim Streuvorgang max. Sinkgeschwindigkeit Si_{max} ≤ 3 m/s; für eine Schleuderraddrehzahl von 620 min⁻¹: VG = 80 km/h, Si_{max} = 4 m/s; VG = 60 km/h, Si_{max} 3 = 3 m/s)

Dünger	Parameter		Düngung von Hackfrüchten, Futter- und Getreideflächen (s ≤ 20 %)	Düngung von Grünland und Forstflächen (s ≤ 30 %)	
Harnstoff Ammonsalpeter	Arbeitsbreite	m	10 ... 20	10 ... 26	10 ... 30
	Dosierung		1 ... 2,5	2,5 ... 7	1 ... 7
	max. Windgeschwindigkeit	m/s	6	6	6
Kalkammonsalpeter Kalammonsalpeter	Arbeitsbreite	m	10 ... 25	10 ... 30	10 ... 15
	Dosierung		1 ... 7	1 ... 7	1 ... 7
Ammophos NP-Dünger Pikaphos	max. Windgeschwindigkeit	m/s	7	7	7
	Arbeitsbreite	m	10 ... 22	10 ... 25	10 ... 15
Ammonium-sulfat	Dosierung		1 ... 5 ²⁾	1 ... 5 ²⁾	1 ... 7
	max. Windgeschwindigkeit	m/s	7	7	7
Ammonium-sulfat	Arbeitsbreite	m	10		
	Dosierung		1 ... 7	–	–
	max. Windgeschwindigkeit	m/s	5		

1) nur in Ausnahmen zu verwenden, wenn durch Hangneigung oder -breite des Arbeitsfeldes ein Einsatz mit Normaldrehzahl des Schleuderrades nicht möglich ist

2) Begrenzung der Dosierung durch maximale Strombelastung 25 A

sche Einsatzerprobung durchgeführt [3]. Aus dieser Ersterprobung ergaben sich folgende Schlußfolgerungen:

- Die konstruktive Auslegung der Schleuderradstreuanlage war stabil und zeigte keine Mängel oder Ausfälle im Einsatzbetrieb. Die auftretenden Abdichtprobleme am Dosierspalt konnten durch einen Zwischenringeinbau beseitigt werden.
- Die Anlage konnte derzeit jedoch nicht

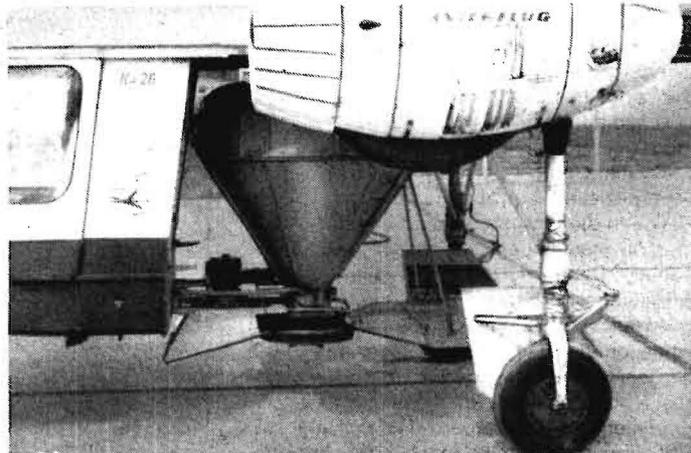
für den praktischen Einsatz zugelassen werden, weil durch abgeschleuderte Düngergranalien Beschädigungen an Bauteilen, vor allem an der Tragschraube, des Hubschraubers auftraten. Darüber hinaus wurde das Eindringen von Düngerteilchen in die Triebwerke und in die Pilotenkabine festgestellt.

Der sowjetische Herstellerbetrieb veranlaßte daraufhin die Konstruktion von Schutz- und

Bild 1. Mehrzweckhubschrauber Ka-26 mit neuentwickelter Schleuderradstreuanlage zur Feststoffapplikation



Bild 2. Schleuderradstreuanlage am Ka-26 mit Leit- und Abweiserblechen (Fotos: ZPL)



Abweiserblechen, die das Abschleudern von Düngergranalien in die obere Zone des Hubschraubers verhindern sollten. Diese Version wurde im Jahr 1983 zur Erprobung in der DDR bereitgestellt (Bilder 1 und 2). Nach einer ersten Kurzerprobung, bei der festgestellt werden konnte, daß durch die Abschirmungen die günstigen applikationstechnischen Parameter im wesentlichen nicht negativ beeinflußt wurden, erfolgte im gleichen Jahr die staatliche landwirtschaftliche Eignungsprüfung (s. a. Prüfberichte der ZPL Potsdam-Bornim auf der 3. Umschlagseite dieses Heftes. Red.).

3.2. Staatliche landwirtschaftliche Eignungsprüfung

Untersucht wurden hauptsächlich folgende Parameter und Kenngrößen:

- Massedurchsatz und Massedurchsatzbereich
- Massedurchsatzgleichmäßigkeit und Anlaufkurve
- Verteilqualität und nutzbare Arbeitsbreiten.

Der maximal erreichbare Massedurchsatz beträgt 12,5 kg/s für kristalline Düngemittel (AS) und 20 kg/s für granuliertes Düngemittel (KAS). In Verbindung mit der variierbaren Arbeitsfluggeschwindigkeit von 60 bis 120 km/h ist damit die Einstellung aller praxisrelevanten Ausbringungsmengen gegeben (Bild 3).

Von seiten der Arbeitsqualität erreicht die Schleuderradstreuanlage ebenfalls die agrotechnischen Forderungen. Bei gleichmäßigen Verteilkurven mit ausreichender Reproduzierbarkeit werden bei Schleuderraddrehzahlen von 940 min⁻¹ maximal nutzbare Arbeitsbreiten - in Abhängigkeit von den Düngemitteln - zwischen 9 m und 26 m erreicht (Bilder 4 und 5). Die Anlaufkurve, die den Aufbau des Streuschwadens vom Auftreffen der ersten Düngeteilchen bis zur Ausbildung der vollen Streubreite charakterisiert, liegt mit 20 bis 28 m in einem Bereich, der ein exaktes Einsetzen an den Schlaggrenzen ermöglicht.

Beim Einsatz der Schleuderradstreuanlage im Vergleich zur Tunnelstreuanlage ist mit einer erheblichen Effektivitätssteigerung zu rechnen. Besonders positiv ist die beachtliche Erhöhung der Verteilqualität zu bewerten, die eine Zulassung für die N-Düngung in Getreidekulturen ermöglicht.

3.3. Einsatztechnologie und Praxiserfahrungen

Wie sich in den Voruntersuchungen herausgestellt hatte, war das wesentliche Hindernis für eine sofortige Einsatzfreigabe der Schleuderradstreuanlage die Tatsache, daß Bauteile des Hubschraubers durch abgeschleuderte Düngergranalien teilweise beschädigt worden sind. In besonderem Maß traten diese Beschädigungen im Hangabwärtsflug mit niedriger Vorwärtsgeschwindigkeit des Hubschraubers auf. Aus diesem Grund wurde ein spezielles Erprobungsprogramm absolviert, um die Einsatzgrenzen bei der Bearbeitung an Steilhängen und in Kerbtälern zu ermitteln. Dabei wurde neben der normalen Schleuderraddrehzahl auch eine reduzierte Drehzahl von 620 min⁻¹ in die Untersuchung einbezogen. Es war zu erwarten, daß durch die geringere Abwurfenergie und die dadurch abgesenkten Wurfbahnen der Düngergranalien eine geringere Gefährdung der Hubschrauberbauteile auch bei höheren

Bild 3 Massedurchsatzdiagramm für die wichtigsten Düngemittel mit der Schleuderradstreuanlage des Ka-26

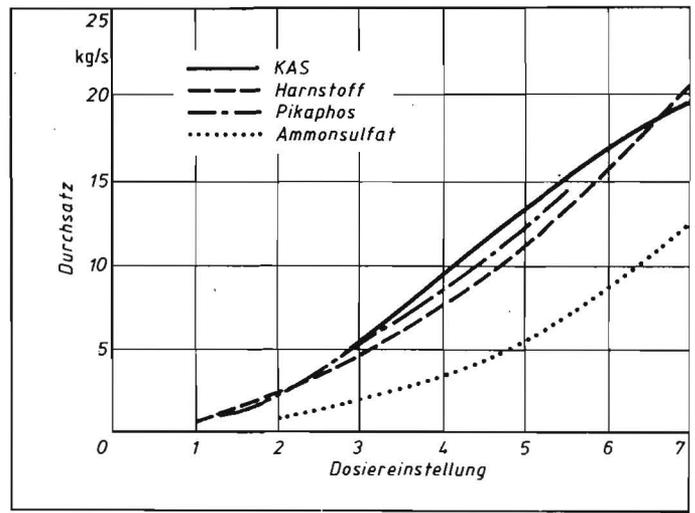
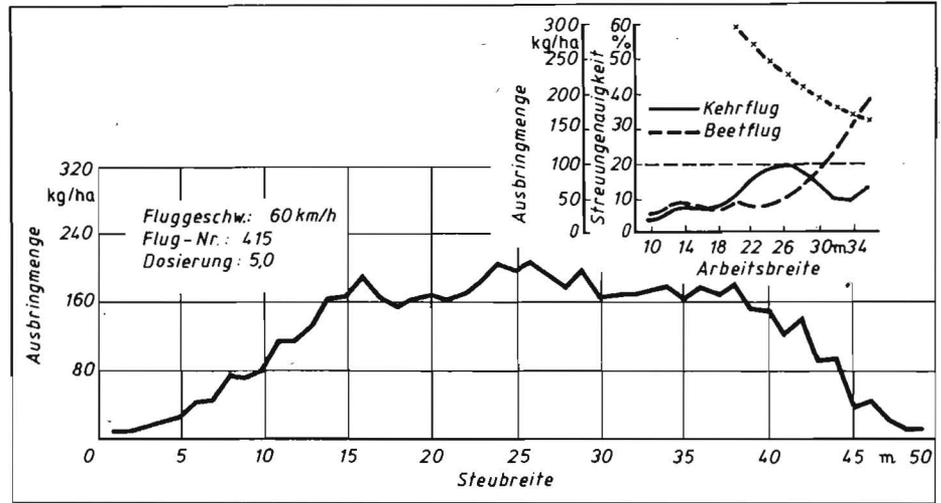


Bild 4 Verteilkurve für KAS mit der Schleuderradstreuanlage des Ka-26

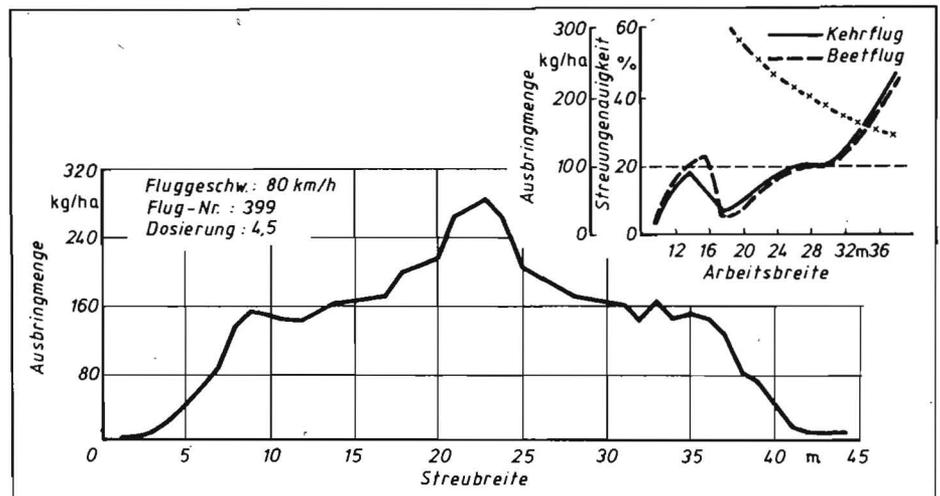


Tafel 2. Zusammenhang zwischen Hangneigung und Einsatzgeschwindigkeit

Vorwärtsgeschwindigkeit VG		Sinkgeschwindigkeit Si	Hangneigung α	Hanggefälle %
m/s	km/h			
16,67	60	2,0	6,9	≈ 12
		3,0	10,4	≈ 19
		4,0	13,9	≈ 25
22,22	80	3,0	7,8	≈ 14
		4,0	10,4	≈ 19
		5,0	13,0	≈ 23

Sinkgeschwindigkeiten des Hubschraubers eintritt. Deshalb konnten die diesbezüglichen Einsatzgrenzen des Hubschraubers mit dieser Maßnahme auch tatsächlich erweitert werden (Tafel 1). Der Zusammenhang zwischen den für den Hubschrauberpiloten wichtigen und direkt ablesbaren Werten der Flug- und Sinkgeschwindigkeit und den sonst üblichen Angaben zur Hangneigung ist aus Tafel 2 ersichtlich. Da bei der Anwendung der Schleuderraddrehzahl von 620 min⁻¹ die absolute Streubreite auf Werte

Bild 5. Verteilkurve für Harnstoff mit der Schleuderradstreuanlage des Ka-26



zurückgeht, wie sie auch mit der Tunnelstreuanlage erreicht werden, dürfte die Schleuderradstreuanlage auch unter diesem Gesichtspunkt für die praktische Flugdurchführung in Kerbtälern geeignet sein. Analysen aus den Hubschraubereinsatzgebieten Rudolstadt und Schlettau aus den Jahren 1973/74 zeigen, daß nur 10 bis 15 % des Einsatzes Flächen mit mehr als 20 % Hangfälle zu bearbeiten waren. Hinzu kommt, daß vorrangig in Schichtlinie geflogen wird, d. h. parallel zum Hang, falls es sich nicht um enge Kerbtäler handelt. Daraus folgt, daß nur auf einem sehr geringen Anteil von Flächen mit reduzierter Schleuderraddrehzahl gearbeitet werden muß.

4. Zusammenfassung

Der Hubschrauber Ka-26 wurde mit einer in der UdSSR neuentwickelten Schleuderradstreuanlage zur Applikation von Düngemitteln in der DDR erprobt. Nach der zusätzlichen Ausrüstung der Anlage mit entsprechenden Abschirmvorrichtungen zum Schutz wichtiger Bauteile des Hubschraubers vor Düngerpartikeln konnten mit dieser Streuanlage qualitäts- und effektivitätssteigernde Ergebnisse erreicht werden. Die staatliche landwirtschaftliche Eignungsprüfung wurde im Jahr 1983 mit positivem Prüferurteil abgeschlossen. Zusätzliche praktische Einsatzerprobungen konnten die Probleme der Bearbeitung von Steilhängen und Kerbtä-

lern aufklären und endgültig zur Herausgabe einer bestätigten Einsatztechnologie beitragen.

Literatur

- [1] Jäschke, H.; Kämpfe, K.; Heymann, W.: Prüfanlagen zur Messung der Streugenauigkeit von Mineraldüngestreuern und Applikationsanlagen von Agrarluftfahrzeugen. agrartechnik, Berlin 34 (1984) 3, S. 121-123.
- [2] TGL 24630/01 und 02 Landtechnische Arbeitsmittel; Prüfvorschriften; Mineraldüngestreuer. Ausg. 1981.
- [3] Janeczek, K.: Schleuderradanlage zur Feststoffapplikation mit dem Hubschrauber Ka-26. Technisch-ökonomische Information der zivilen Luftfahrt, (1983) 5, S. 138-142. A 4218

EDV-Projekte zur Ermittlung der ertragsbeeinflussenden Wirkung der Streugenauigkeit unterschiedlich bemessener Stickstoffdüngergaben

Dipl.-Math. H. Ernst, Institut für Düngungsforschung Leipzig – Potsdam der AdL der DDR

1. Einleitung

Durch die Streugenauigkeit bei der Applikation von Stickstoffdüngemitteln mit Boden- oder Avioteknik kann die Effektivität des Düngereinsatzes maßgeblich beeinflusst werden. Hieraus ergibt sich die methodische Anforderung, die Auswirkungen der Streugenauigkeit unterschiedlich bemessener Stickstoffdüngergaben zu ermitteln. Bei diesen Untersuchungen wird von folgenden Voraussetzungen ausgegangen:

- Prüfung der Streugenauigkeit
- Ermittlung von Produktionsfunktionen für Fruchtarten unter verschiedenen Produktionsbedingungen
- Verknüpfung der genannten Voraussetzungen als Basis für die Beurteilung der Auswirkungen der Streugenauigkeit bei

der Applikation von Stickstoffdüngemitteln auf den Ertrag der Fruchtarten.

Die Zielstellung der vorliegenden Arbeit besteht darin, unter Nutzung der EDV aufwandsparende und rationelle Projekte für die Untersuchung dieses Problems auszuarbeiten. Die Erarbeitung der EDV-Projekte mit der Bezeichnung MAVE und MEVE und die für die Testung erforderliche Bereitstellung von Meßdaten zur Untersuchung der Streugenauigkeit erfolgte in Abstimmung mit Heymann (vgl. [1]).

Zur Realisierung der Voraussetzungen wurden weiterhin die von Schnee u. a. [2] erarbeiteten Produktionsfunktionen auf der Grundlage mehrjähriger Ergebnisse aus Großflächenstreueversuchen verwendet.

2. Methodik

Die Projekte MAVE und MEVE wurden für die EDVA KRS 4200 realisiert und liegen in der problemorientierten Sprache FORTRAN 4200 vor. Grundlage für das Projekt MAVE sind entsprechende Meßdaten $X = (x_{ij})$ (Matrix mit den Elementen x_{ij}) zur Untersuchung der Streugenauigkeit bei der Applikation von Stickstoffdüngemitteln mit Boden- oder Avioteknik unter den Bedingungen einer bestimmten Arbeitsbreite. Auf der Grundlage bereitgestellter Meßdaten (gravimetrisch oder volumetrisch ermittelt) wird mit dem Projekt MAVE die Berechnung ausgewählter statistischer Maßzahlen zur Beurteilung der Streugenauigkeit vorgenommen. Ausgehend vom Projekt MAVE interessiert, wie sich die Streugenauigkeit auf den Ertrag der Fruchtarten unter verschiedenen Produktionsbedingungen (natürliche Standorteinheit, Boden- gruppe, Ackerzahl usw.) in Abhängigkeit vom Düngeraufwand auswirkt. Zur Analyse dieser Zusammenhänge wurde das Projekt MEVE erarbeitet. Eine Voraussetzung dafür ist das Vorhandensein von geeigneten Produktionsfunktionen. Unter Berücksichtigung der Höhe des zu verarbeitenden Stickstoffaufwands werden zunächst durch das Projekt MEVE die einer bestimmten Verteilung unterliegenden Meßdaten X in entsprechende Aufwandsmengen $N = (n_{ij})$ (Matrix mit den Elementen n_{ij}) transformiert. Ausgehend von den ermittelten Produktionsfunktionen berechnet das Projekt MEVE für die Aufwandsmengen N ausgewählte Ertragsparameter. Außerdem werden die streugenauigkeitsbedingten Ertragsverluste in Abhängigkeit von der jeweils eingesetzten Stickstoffaufwandmenge bestimmt.

Bild 1. Aufbau des Projekts MAVE

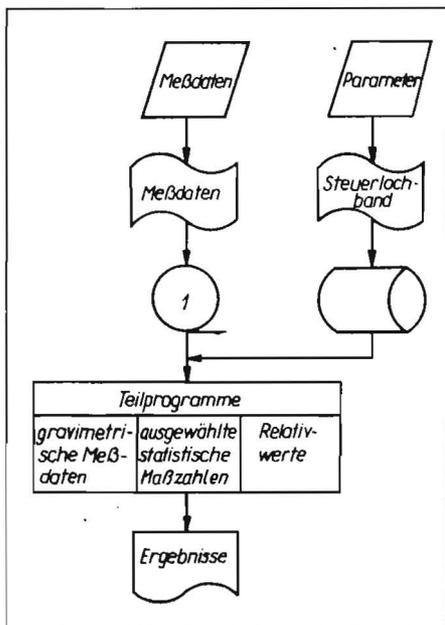
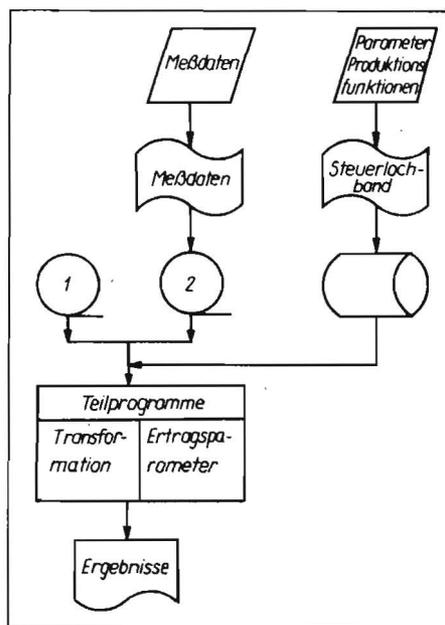


Bild 2. Aufbau des Projekts MEVE



3. Ergebnisse

Prinzipiell wurden die Meßdaten X für verschiedene Applikationstechnik, Arbeitsbreiten usw. auf Magnetband gespeichert und archiviert, um Vergleichsuntersuchungen sowohl mit dem Projekt MAVE als auch mit