

Deutsche Demokratische Republik  
Ministerium für Land-, Forst- und Nahrungsgüterwirtschaft  
ZENTRALE PRUFSTELLE FÜR LANDTECHNIK POTSDAM-BORNIM

# Prüfbericht Nr. 892

Schleuderradstreuanlage für Mineräldüngemittel zum  
Mehrzweckhubschrauber Ka 26  
OKB – Kamow Moskau (UdSSR)



Schleuderradstreuanlage des Mehrzweckhubschraubers Ka 26

Bearbeiter: Dipl.-Ing. B. Ziehe  
DK-Nr.: 629.138.9:631.333.9.001.4

Gr.-Nr.: 4 a

## 1. Beschreibung

Die Schleuderradstreuanlage des Mehrzweckhubschraubers Ka 26 dient zum Ausbringen von Mineraldüngemitteln.

Die zur Schleuderradstreuanlage gehörenden Baugruppen sind:

- Chemikalienbehälter
- Dosiereinrichtung mit Rührwerk
- Schleuderrad
- Elektromotore und Kraftübertragungsorgane
- Steuerteil einschließlich Amperemeter

Alle Baugruppen der Schleuderradstreuanlage sind am Chemikalienbehälter angebracht. Der aus Epoxidharzlaminat bestehende Chemikalienbehälter wird mit einer Rahmenkonstruktion am unteren Teil und einer Halterung am oberen Teil an den dafür vorgesehenen Spanten des Hubschraubers befestigt.

Durch den Behälter führt die Welle des Rührwerkes, die am Ende als trichterförmige Erweiterung ausgebildet ist und zwei Rührelemente aufnimmt. Der Antrieb des Rührwerkes erfolgt über ein Getriebe von einem Elektromotor Typ D 408.

Der sich am Trichter anschließende zylinderförmige Dosator öffnet und schließt den Auslauf des Behälters.

Die elektropneumatische Ansteuerung und manuelle Einstellung des Dosators erfolgen über eine einstellbare Kolbenhubstange des Pneumatikzylinders.

Die Öffnungsweite des Ringspalttes zwischen Dosator und Behälterhals wird vom Regulator der Kolbenhubbegrenzung des Pneumatikzylinders gesteuert. Dabei ändern zwei Umdrehungen an der Schwungscheibe den Hub des Dosators um einen Zentimeter. Die Zahl, die durch die Öffnung der Schwungscheibe sichtbar wird, entspricht der Öffnungsweite in Zentimetern.

Das Schleuderrad ist an der unteren Rahmenkonstruktion des Behälters befestigt und wird über eine Lagerbuchse mit zwei Kugellagern zentrisch gelagert. Der Antrieb erfolgt über einen vierfachen Keilriemenantrieb und ein Getriebe mit zwei Elektromotoren MT-300M. Durch Wechsel der Antriebskeilriemenscheibe sind zwei Drehzahlen des Schleuderrades  $940$  und  $620 \text{ min}^{-1}$  möglich.

Die Funktion und Stromaufnahme der Elektromotore des Schleuderrades, des Rührwerkes und des elektropneumatischen Steuerventils IK-69 des Dosierpneumatikzylinders werden über Signallam-

pen und Amperemeter AF-1-50 im Cockpit des Hubschraubers angezeigt.

Die Befüllung des Chemikalienbehälters erfolgt mit Hilfe einer Beladevorrichtung bei laufenden Rotoren. Das Beladepersonal muß mit Schutzbrille arbeiten.

Bei der gegenwärtigen Arbeitsorganisation sind beim Düngerstreuen folgende Arbeitskräfte, Maschinen, Transportmittel und Ausrüstungen erforderlich:

- 1 Mehrzweckhubschrauber Ka 26
- 1 Mobilkran T 174 zum Befüllen der Belademaschine
- 1 Belademaschine für Hubschrauber Ka 26 auf der Basis des Geräteträgers GT 124
- 1 Traktor zum Antransport der Düngemittel, je nach Feldentfernung etwa 4 Traktorenanhänger und gegebenenfalls ein weiterer Lader (T 174) zum Beladen der Anhänger im zentralen Düngelager
- 1 Arbeitsflugplatz 0,375 ha nach TGL 21650
- 1 Pilot
- 1 Bordmechaniker
- 1 Einsatzorganisator mit Fahrzeug
- 2 - 3 Kranfahrer
- 1 Traktorist
- 2 Signalisten

Die organisatorischen, flugtechnischen und anwendungstechnologischen Voraussetzungen sind in der TGL 21650, in der Flugtechnologie des Hubschraubers Ka 26 und in der Anwendungstechnologie des Betriebes Agrarflug festgelegt.

#### Technische Daten:

##### Mehrzweckhubschrauber Ka 26

maximale Abflugmasse (Startmasse)	3250 kg
Leermasse	1980 kg
Nutzmasse	ca. 1000 kg
max. zul. Zuladung von Mineraldüngemitteln	max. 650 kg
Triebwerk	2 x Typ AI-14 WF 240 kW (320 PS)
max. Sinkgeschwindigkeit	3 m/s
Hängeinsatzgrenze lt. Flugtechnologie	
in Falllinie	8° (14 %)
in Schichtlinie	45° (100 %)

## Schleuderradstreuanlage

Masse der Anlage	250 kg
Volumen des Chemikalienbehälters	800 l
Einfüllhöhe	1700 mm
Anzahl und Typ der Elektromotore	
Schleuderrad	2 Stück
Typ	MT-3000M
Drehzahl	7600 min <sup>-1</sup>
Übersetzungsverhältnis	3,4
Ausgangsdrehzahl	2235 min <sup>-1</sup>
Stromaufnahme	I <sub>max</sub> = 25 A
Rührwerk	1 Stück
Typ	D 408
Drehzahl	6500 min <sup>-1</sup>
Übersetzungsverhältnis	327
Ausgangsdrehzahl	19,87 min <sup>-1</sup>
Leistung	400 W
Schmierstoff der Getriebe	MS-20 MK-22 nach GOST 1013-49
Schmierstoffmenge Getriebe Schleuderrad	1,8 l
Rührwerk	2,0 l
Keilriemen	
Typ	B-GOST 1284-68
Anzahl	4 Stück
Keilriemenscheiben	Durchmesser 125 mm 190 mm
Drehzahl des Schleuderrades	
in Abhängigkeit des Massedurchsatzes	- 940 min <sup>-1</sup> bis 13 kg/s bei Korngrößen 0,5-2 mm - 620 min <sup>-1</sup> bis 26 kg/s bei Korngrößen 2-5 mm

## 2. Prüfergebnisse

### 2.1. Funktionsprüfung

Zur Charakterisierung der Arbeitsqualität wurden der Massedurchsatz sowie die Durchsatzgleichmäßigkeit und die Verteilgenauigkeit über die Arbeitsbreite nach TGL 24630 Blatt 1 und 2 gemessen. Der Massedurchsatzbereich wurde in Abhängigkeit von der Öffnungsweite des Dosators, der Stromaufnahme der Antriebsmotore und der Drehzahl des Schleuderrades von 940 bzw. 620 min<sup>-1</sup>

im Flugversuch ermittelt.

Die maximale Öffnungsweite des Dosators beträgt 7 Rasten bzw. 14 Umdrehungen.

In der Tabelle 1 sind die Massedurchsätze angegeben.

Tabelle 1

Massedurchsätze in Abhängigkeit der Dosiereinstellung

Dünger- mittel	Massedurchsatz in kg/s bei Dosiereinstellung (Rasten)							
	1	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	5,5	7,0
Kalkammon- salpeter <sup>3)</sup> (KAS)	-	-	2,23	5,69	-	-	14,21	19,66
Harnstoff <sup>3)</sup> (HD)	0,62	1,63	2,51	4,93	-	11,43	-	20,33
Pikaphos <sup>3)</sup>	-	-	2,25	-	8,6	-	14,03 <sup>1)</sup>	x
Pikaphos <sup>2)</sup>	-	-	-	-	8,6	-	-	21,8
Ammonsul- fat <sup>3)</sup> (AS)	-	-	0,82	-	-	5,34	-	12,47

1) bei maximaler Stromaufnahme von 25 A

2) bei einer Schleuderraddrehzahl von 620 min<sup>-1</sup>

3) bei einer Schleuderraddrehzahl von 940 min<sup>-1</sup>

Durch die hohe Dichte des Pikaphos wird bei einer Dosiereinstellung von 5,5 und einer Drehzahl von 940 min<sup>-1</sup> die maximal zulässige Stromaufnahme von 25 A der Antriebsmotore erreicht. Durch die Reduzierung der Drehzahl des Schleuderrades auf 620 min<sup>-1</sup> wird eine Erhöhung des Massedurchsatzes von Pikaphos bei Einhaltung der zulässigen Stromaufnahme auf 21,8 kg/s bei maximaler Dosierung 7 erreicht.

Die Meßflüge zur Bestimmung der Massedurchsatzgleichmäßigkeit und der Anlaufkurve wurden mit HD und KAS bei Fluggeschwindigkeiten von 60 - 120 km/h durchgeführt. Die Meßstrecke entspricht einer Flugzeit von 2,4 - 4,8 Sekunden. Bei Harnstoff beträgt die Massedurchsatzgleichmäßigkeit  $s\%_D = 8,9 - 13,1 \%$  und bei KAS  $s\%_D = 8,3 - 16,5 \%$ . Die Anlaufkurve erstreckt sich über 20 bis 28 m.

In Tabelle 2 sind die nutzbaren Arbeitsbreiten bei verschiedenen Dosiereinstellungen und Fluggeschwindigkeiten und die sich daraus ergebenden Ausbringmengen zusammengefaßt. Die Festlegung

der nutzbaren Arbeitsbreite erfolgte unter Berücksichtigung der Unterschreitung eines Variationskoeffizienten von  $s\%_{SG} = \pm 20\%$  in der Kehrflugarbeitsweise nach TGL 33738.

Tabelle 2

Ausbringungsmenge in Abhängigkeit von der nutzbaren Arbeitsbreite, Dosiereinstellung und Arbeitsfluggeschwindigkeit

Düngemittel	Dosiereinstellung	Geschwindigkeit km/h	Ausbringungsmenge kg/ha	nutzbare Arbeitsbreite $b_{zul}$ m $[s\%_{SG} \leq 20]$
Pikaphos	4,0	60	250	13
620 min <sup>-1</sup>	4,0	80	170	13
	4,0	100	130	17
Pikaphos	4,0	60	150	22 1)
940 min <sup>-1</sup>	4,0	80	130	21
	4,0	100	95	20 2)
HD	1,5	60	52	21
HD	2,0	80	50	16
HD	4,5	80	220	26 3)
HD	3,0	100	70	25
HD	3,0	120	70	19
HD	5,0	120	210	21 4)
KAS	3,0	60	165	13
KAS	5,0	60	240	25
KAS	3,0	80	70	24 6)
KAS	3,0	120	50	25 5)
AS	4,0	60	300	7
AS	4,0	80	150	9
AS	5,0	60	325	9 7)

1) - 7) Streubilder in Bild 1 - 7

Die Flughöhe bei den Messungen lag im Durchschnitt bei 17 m mit einer Abweichung von  $\pm 3$  m.

In den Bildern 1 bis 8 sind repräsentative Streubilder für unterschiedliche Düngemittel, Fluggeschwindigkeiten, Ausbringungsmengen sowie der dazugehörige Einfluß der Arbeitsbreite auf die Streugenauigkeit und das Masedurchsatzdiagramm dargestellt.

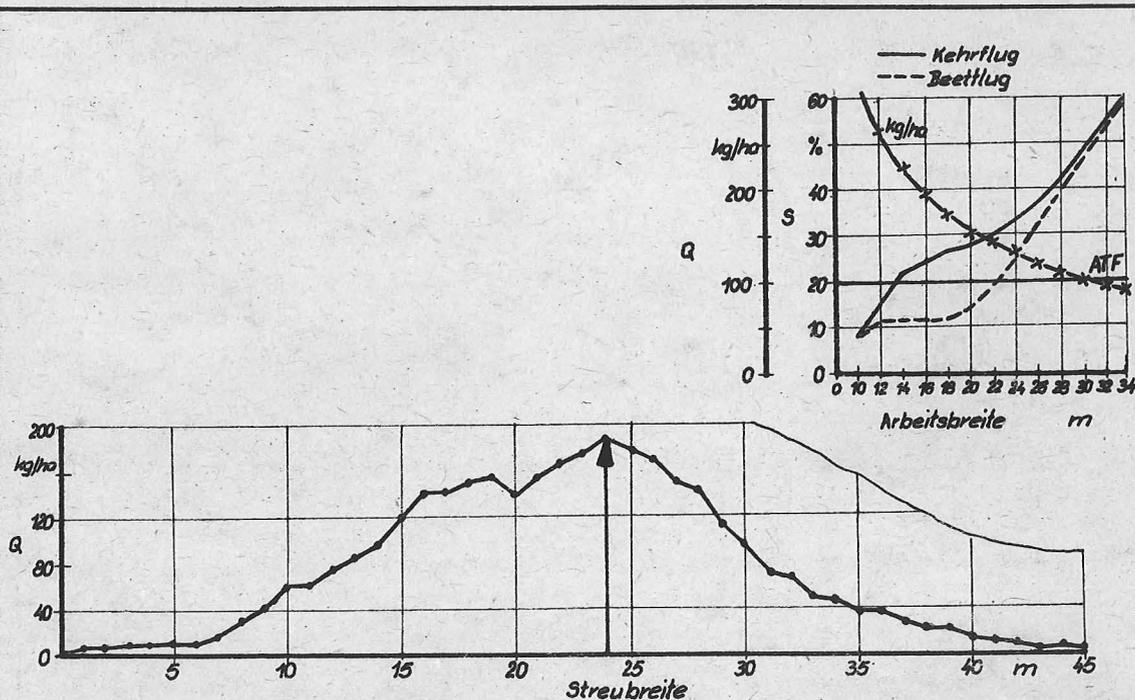


Bild 1: Streubild

Pikaphos : Fluggeschw.: 60km/h; Dosierung: 4 ; Flug Nr.: 368, 369, 370

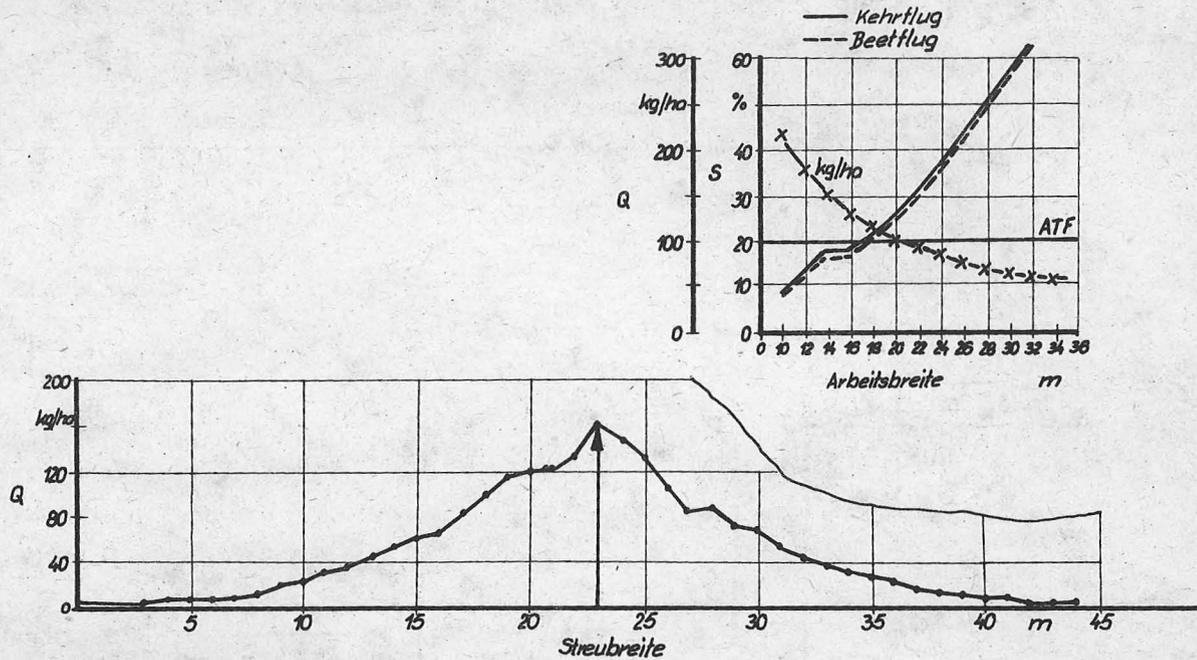


Bild 2: Streubild

Pikaphos: Fluggeschw.: 100 km/h; Dosierung: 4; Flug Nr.: 374, 375, 376

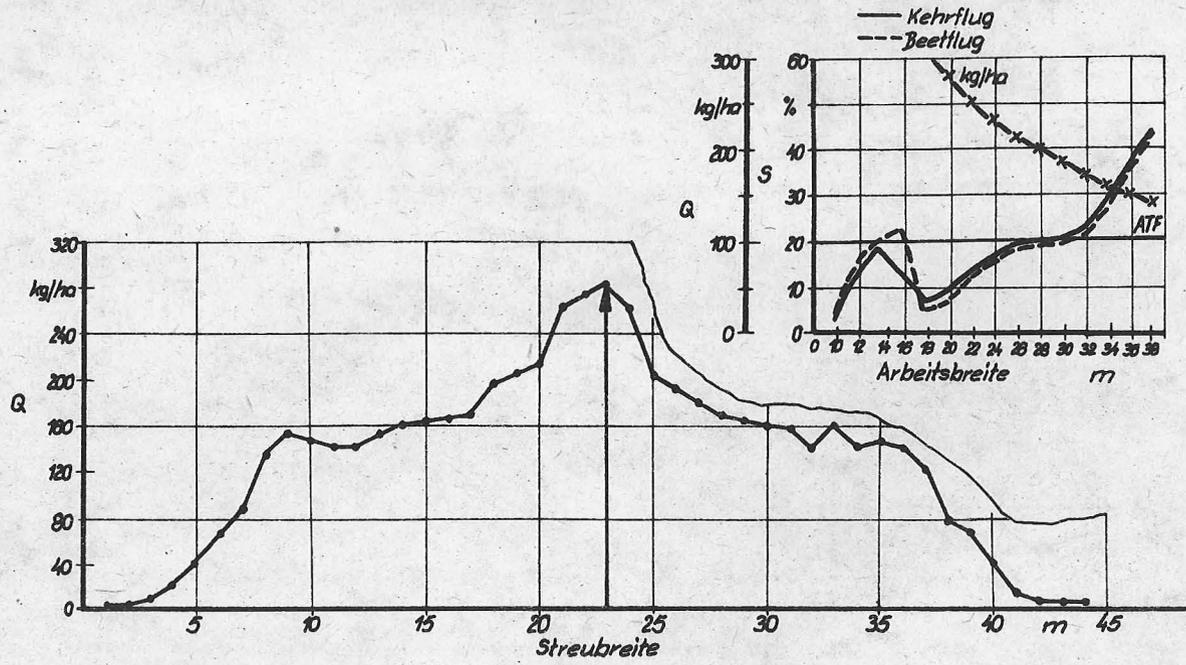


Bild 3: Streubild

HD: Fluggeschw.: 80 km/h; Dosierung: 4,5; Flug Nr.: 399

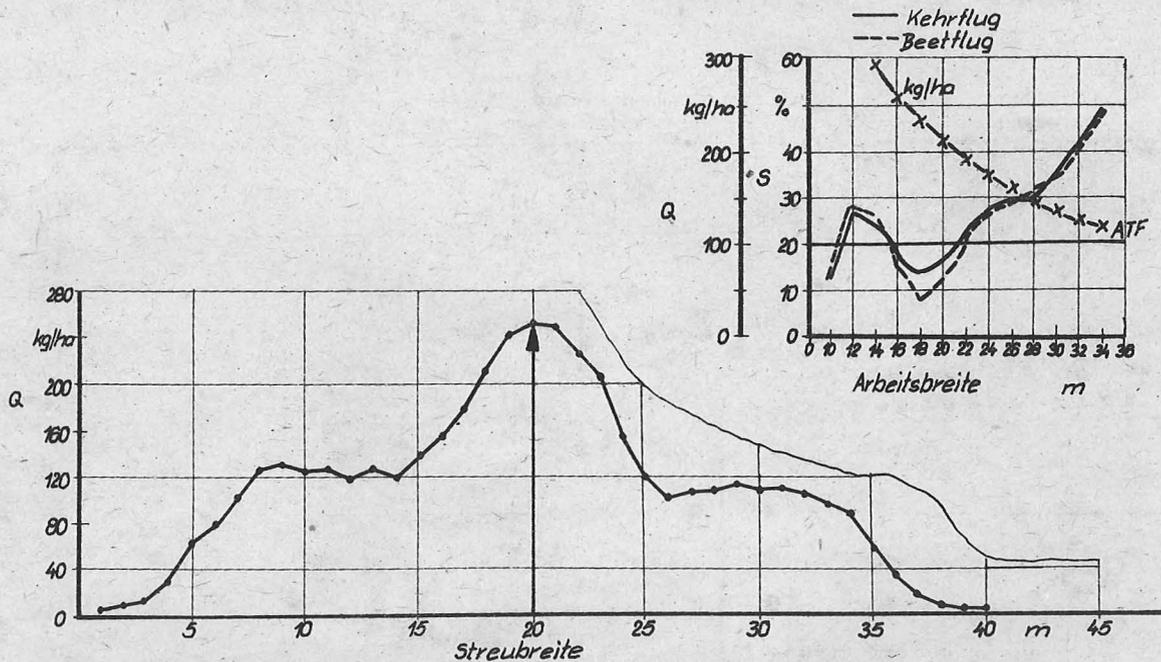


Bild 4: Streubild

HJ: Fluggeschw.: 120 km/h; Dosierung: 5,0; Flug Nr.: 395, 396

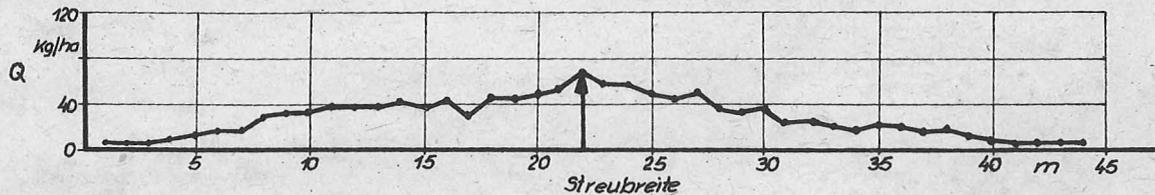
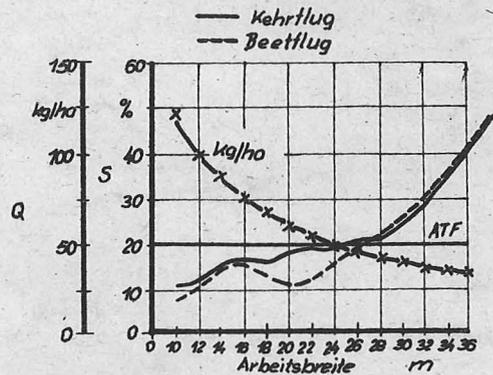


Bild 5: Streubild

KAS: Fluggeschw.: 120 km/h; Dosierung: 3,0; Flug Nr.: 423, 424

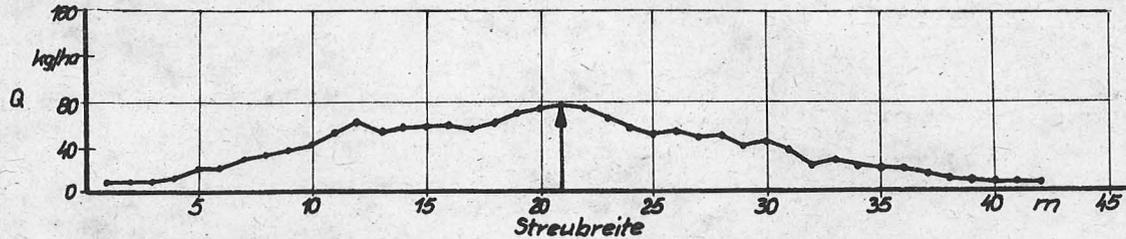
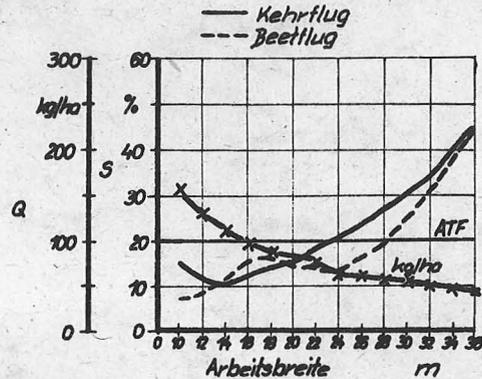


Bild 6: Streubild

KAS : Fluggeschw.: 80 km/h; Dosierung: 3,0; Flug Nr.: 419,420

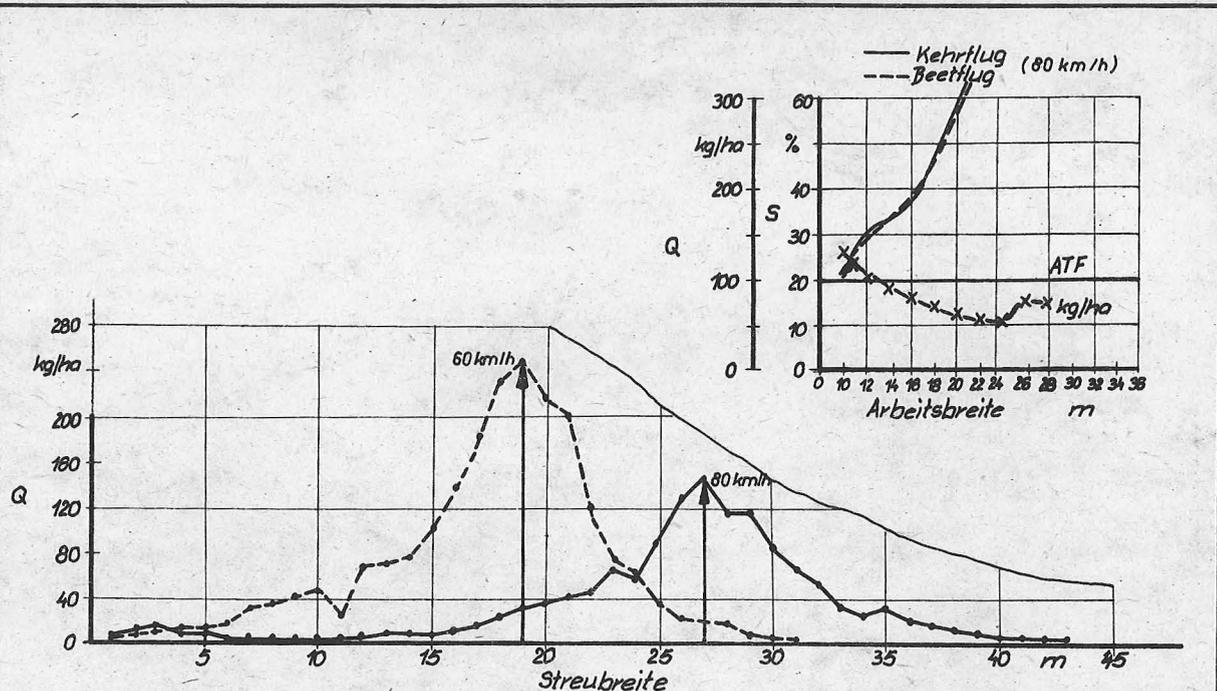
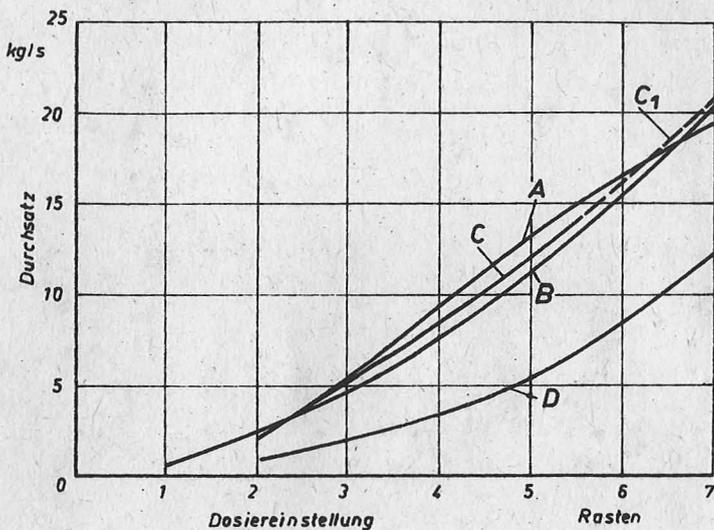


Bild 7: Streubild

60 km/h  
 AS: Fluggeschw.: 80 km/h; Dosierung: 4; Flug Nr.: 439, 440, 441



**Bild 8 Massedurchsatzdiagramm**

- A = KAS**
- B = Harnstoff**
- C = Pikaphos**
- C<sub>1</sub> = Pikaphos 620 min<sup>-1</sup> - - -**
- D = Ammonsulfat**

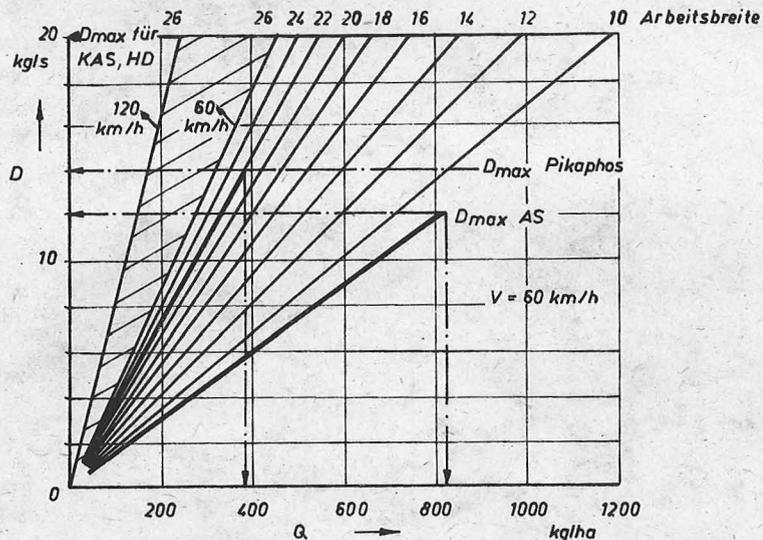


Bild 9: Ausbringmendiagramm bei entsprechenden Arbeitsbreiten und 60 km/h; Geschwindigkeitsfeld zwischen 60 - 120 km/h bei  $b = 26$  m, sowie Bereiche für max. Ausbringung für HD, KAS, Pikaphos, AS bei max. Massedurchsatz  $D_{max}$

Zur Feststellung der Reproduzierbarkeit des Streubildes wurde die nutzbare Arbeitsbreite unter gleichen Bedingungen dreifach bestimmt. Bei einer Ausbringungsmenge von 220 - 240 kg/ha bei HD und KAS wurde festgestellt, daß die nutzbare Arbeitsbreite um maximal  $\pm 1$  m abweichen kann.

Das sich aus dem Massedurchsatzdiagramm, den nutzbaren Arbeitsbreiten und der Fluggeschwindigkeit bei 60 km/h ergebende Ausbringungsmengendiagramm ist im Bild 9 dargestellt.

Aus Zeitmessungen während des Einsatzes des Hubschraubers ergaben sich die in Tabelle 3 zusammengefaßten Flächenleistungen. Die Einsatzbedingungen waren auf Grund der Anflugentfernung von 1,0 bis 4,0 km (Durchschnitt 2,3 km), der Arbeitsbreite von 9 bis 25 m und der Arbeitsfluggeschwindigkeit von 80 bis 100 km/h sehr unterschiedlich.

Tabelle 3

Flächenleistungen

Ausbringungsmenge	gestreute Fläche	Anzahl d. Starts	ha/Start	Flächenleistung je Flugstunde 1)	in $T_{02}$ 2)
kg/ha	ha	-		ha/h <sub>F</sub>	ha/h
100 - 110	432	105	4,11	34,4	25,5
170 - 185	480	190	2,52	22,3	16,3
240	254	123	2,06	19,0	13,7
300	282	164	1,71	24,8	15,4
$\bar{x}$ 200	362	146	2,48	24,6	17,4

1) Flugstunde =  $T_1 + T_{21} + T_{22}$

$T_{21}$  - Wendezeit 25 - 30 s

$T_{22}$  - Zeit für An- und Abflug Agrarflugplatz - Feld

2) Beladezeit  $T_{23} = 2,5$  min/Beladung

Es wurde ein Verbrauch an VK-Treibstoff (FOK-98) von 5,03 - 9,1 l/ha, im Durchschnitt von 7,1 l/ha ermittelt.

## 2.2. Einsatzprüfung

Während des Einsatzes in der LPG "Rinnethal" Rottenbach wurden 1448 ha in einer Flugzeit von 58,82 h bei 582 Starts gedüngt. Der VK-Verbrauch betrug 10175 l.

Der durchschnittliche Verbrauch an VK-Treibstoff beträgt 130 kg/h<sub>F</sub> (173 l/h<sub>F</sub>) je Flugstunde.

Die Zuladung an Mineraldüngemitteln betrug 450 - 500 kg je Start.

Im Einsatzzeitraum trat folgender Schaden und Mangel auf:

- Ausfall eines Kugellagers im Schleuderradantrieb
- In der Pilotenkabine tritt erhöhte Staubbelastung auf.

Die Anlage muß bei der Montage sorgfältig gegenüber der Dosiereinrichtung justiert werden. Bei Abweichungen treten im Dosieringspalt Undichtheiten auf.

Der Aufwand für das Wechseln der Schleuderradstreuanlage liegt bei 2 AKh. Dafür sind zusätzlich zur Hubschrauberbesatzung 4 Arbeitskräfte erforderlich.

Die maximale Sinkgeschwindigkeit des Hubschraubers Ka 26 von 3 m/s führte zur Festlegung einer Hangeinsatzgrenze von 8° (14 %) bei der Arbeit in Falllinie laut Flugtechnologie des Betriebes Agrarflug. Bei der Arbeit in Schichtlinie bis 45° Hangeigung bestehen keine flugtechnische Einschränkungen.

## 3. Auswertung

Die Schleuderradstreuanlage zum Mehrzweckhubschrauber Ka 26 kann zum Ausbringen von granulierten und kristallinen Düngemitteln eingesetzt werden.

Durch den Anbau zweier Abweiserbleche an der Schleuderradstreuanlage wurde die Voraussetzung geschaffen, daß die Tragluftschrauben des Ka 26 durch abprallende Düngerteilchen im Arbeitsflug nicht beschädigt werden.

Eine Beeinflussung der Gleichmäßigkeit des Streubildes wurde dadurch nicht festgestellt.

Bei der Anwendung von granulierten Düngemitteln wird bei maximaler Dosieröffnung von 7 Rasten ein Massedurchsatz von ca. 20 kg/s und bei kristallinen Düngemitteln von etwa 12,5 kg/s erreicht, der durch Variation der Arbeitsfluggeschwindigkeit von 60 - 120 km/h und der Arbeitsbreite von 9 - 26 m die praxisrelevanten Ausbringmengenbereiche sowie den geforderten Minimalwert von 50 kg/ha mit einem gleichmäßigen Streubild

ermöglich.

Die Arbeitsbreite ist zum Erreichen der jeweiligen Überfluglänge vor dem Einsatz mit Hilfe folgender Formeln zu berechnen:

$$D = \frac{Z \cdot V}{n \cdot L}$$

Z - Zuladung

V - Geschwindigkeit  $\frac{m}{s}$

$$b = \frac{Z \cdot 10^4}{Q \cdot n \cdot L}$$

n - ganzzahlig

L - Schlaglänge m

und

Q - Ausbringmenge kg/ha

$$b \leq b_{zul}$$

D - Massedurchsatz kg/s

b - errechnete Arbeitsbreite m

$b_{zul}$  - nutzbare Arbeitsbreite m

Die maximal nutzbaren Arbeitsbreiten sind nach Möglichkeit anzuwenden, um hohe Flächenleistungen zu erreichen.

Der Massedurchsatz wird bei Pikaphos durch die maximal zulässige Stromaufnahme der Antriebsmotoren  $I_{zul} = 25$  A auf 14 kg/s begrenzt.

Die Verminderung der Schleuderraddrehzahl auf  $620 \text{ min}^{-1}$  durch Wechsel der Keilriemenscheiben verringert die Stromaufnahme und ermöglicht dadurch einen höheren Massedurchsatz bis 21,8 kg/s bei Dosiereinstellung 7. Dabei wird jedoch die nutzbare Arbeitsbreite um 8 - 9 m reduziert, so daß die Durchsatzserhöhung durch die Drehzahlseinkung im Einsatz keine Vorteile bringt.

Bei dem maximal erreichbaren Massedurchsatz von 14 kg/s in der Dosierstufe 5,5 und einer Arbeitsfluggeschwindigkeit von 60 km/h sowie bei einer maximal nutzbaren Arbeitsbreite von 22 m wird eine Ausbringmenge von 380 kg/ha erreicht. Diese ist für das Ausbringen von Pikaphos oder ähnlichen Düngemitteln ausreichend. Die Streugenauigkeit wird durch gleichmäßige Streubilder und deren ausreichende Reproduzierbarkeit charakterisiert. Bei Harnstoff sind Arbeitsbreiten bis 26 m, bei KAS bis 25 m, bei Pikaphos bis 22 m und bei Ammonsulfat bis 9 m möglich. Diese Arbeitsbreiten beziehen sich auf eine Schleuderscheibendrehzahl von  $940 \text{ min}^{-1}$ .

Die Massedurchsatzgleichmäßigkeit von  $s\%_D = 8,9 - 13,1$  % bei Harnstoff und  $s\%_D = 8,3 - 16,5$  % bei KAS liegt im Bereich der Agrotechnischen Forderung.

Die aus Zeitnormativen errechnete durchschnittliche Flächenleistung von 17,4 ha/h in  $T_{O_2}$  liegt unter den mit Starrflüg-

lern erreichbaren Werten. Der durchschnittliche Verbrauch an Treibstoff liegt mit 7,1 l/ha etwa um 2 l/ha über dem Verbrauch des Starrflüglers PZL 106A.

Der während des Prüfungszeitraumes aufgetretene Schaden und Mangel wurde beseitigt:

Zur Justierung der Dosiereinrichtung und zum Abdichten des Chemikalienbehälters wird ein neu angefertigter Zwischenring benutzt. Der Aufwand für die Demontage der Schleuderradstreuanlage wird mit Hilfe von Montagevorrichtungen verringert, die durch den Betrieb Agrarflug gebaut werden.

Die erhöhte Staubbelastigung in der Pilotenkabine wurde beseitigt.

Entsprechend den meteorologischen Einsatzbedingungen hinsichtlich Luftdruck (Höhenlage), -temperatur und -feuchte wird die Zuladung an Düngemitteln, die maximal 650 kg betragen kann, vor dem Einsatz berechnet.

Da die maximale Sinkgeschwindigkeit 3 m/s beträgt, ist die Hangeinsatzgrenze von  $8^{\circ}$  (14 %) bei der Arbeit in Falllinie zu beachten. Bei der Arbeit in Schichtlinie bestehen keine Einschränkungen bezüglich der Hangneigung. Mit zunehmender Hangneigung ist in Schichtlinie ein Rückgang der Streugenauigkeit zu erwarten. Wegen des höheren Kraftstoffeinsatzes und der höheren Kosten im Vergleich zu Starrflüglern ist der Einsatz auf solche Einsatzgebiete (z. B. Hanglagen, Obstanlagen) zu beschränken, wo kurze Anflugentfernungen erforderlich und Gelände Hindernisse zu berücksichtigen sind.

Der Einsatz des Hubschraubers Ka 26 mit der Schleuderradstreuanlage hat entsprechend der Flugtechnologie, der Anwendungstechnologie zum Ausbringen von Mineraldüngemitteln des Betriebes Agrarflug und der TGL 21650 zu erfolgen.

#### 4. Beurteilung

Die Schleuderradstreuanlage zum Mehrzweckhubschrauber Ka 26 dient zum Ausbringen von Mineraldüngemitteln vorzugsweise in Hanglagen.

Das gleichmäßige Streubild und seine Reproduzierbarkeit sowie die hohe Massedurchsatzgleichmäßigkeit gewährleisten eine gute Arbeitsqualität. Die nutzbaren Arbeitsbreiten liegen im Bereich von 9 bis 26 m.

Die Schleuderradstreuanlage zum Mehrzweckhubschrauber Ka 26 ist für den Einsatz in der Landwirtschaft der DDR "geeignet".

Potsdam-Bornim, den 15.12.1983

Zentrale Prüfstelle für Landtechnik

gez. Kuschel

gez. Ziehe

Dieser Bericht wurde bestätigt:

Berlin, den 16. März 1984

gez. Simon

Ministerium für Land-, Forst-  
und Nahrungsgüterwirtschaft

Bei Weiterverwendung der Prüfungsergebnisse ist die Quellenangabe erforderlich

Herausgeber: Zentrale Prüfstelle für Landtechnik  
beim Ministerium für Land-, Forst- und Nahrungs-  
güterwirtschaft (RIS 1121)

Druckgenehmigungsnummer: FG 039/08/84 2.0 IV 1 18 1401

Printed in the German Democratic Republic

Druckerei: Salzland-Druckerei Staßfurt