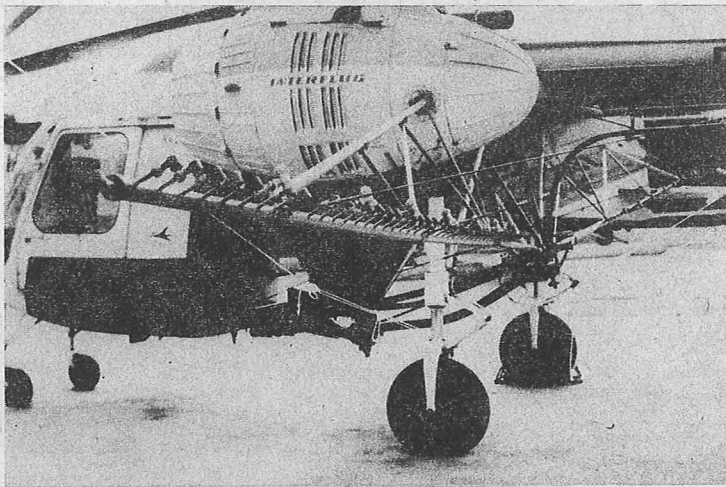


Deutsche Demokratische Republik  
Ministerium für Land-, Forst- und Nahrungsgüterwirtschaft  
ZENTRALE PRUFSTELLE FÜR LANDTECHNIK POTSDAM-BORNIM

Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR  
INSTITUT FÜR PFLANZENSCHUTZFORSCHUNG KLEINMACHNOW

## Prüfbericht - Nr. 926

Modifizierte Applikationsanlage für Flüssigkeiten zum Hubschrauber Ka-26



**Hubschrauber Ka-26 mit Applikationsanlage**

Bearbeiter: Dipl.-Ing. B. Diezemann  
Dipl.-Ing. H.-J. Wygoda  
Dipl.-Ing. A. Rump

DK-Nr.: 629.138.9:632.934.001.4

Gr.-Nr.: 6 a

Potsdam-Bornim 1985

## 1. Beschreibung

Die modifizierte Applikationsanlage für Flüssigkeiten zum Hub-schrauber Ka-26 - Hersteller VR Ungarn - mit PZL-Düsenbestückung ist für die Ausbringung öligler Flüssigkeiten, wäßriger Emulsionen und Suspensionen im Aufwandmengenbereich 5 bis 100 l/ha vorgesehen.

Die Modifizierungen an der Applikationsanlage bestehen im wesentlichen aus folgenden technischen Veränderungen gegenüber der Originalapplikationsanlage:

- Einpumpenbetrieb
- eingebauter Überdruckregler
- Druckanzeige in der Kabine
- eingebauter Filter auf der Druckseite
- Verschlussventil vor dem Filter
- Ablaßhahn am Chemikalienbehälter
- Wegfall der Rücksaugpumpe
- veränderter Brüherückfluß
- Verwendung von Düsen mit Nachtropfsicherung (PZL-Düsen/Membranventil)

Eine Prinzipdarstellung der Applikationsanlage ist in Abb. 1 enthalten.

Infolge des Einpumpenbetriebes der Applikationsanlage wird ein verbesserter Pumpenwirkungsgrad erreicht. Der maximal erreichbare Druck beträgt 0,45 MPa. Der Überdruckregler arbeitet im Bereich von 0 bis 0,45 MPa, kann allerdings nicht von der Kabine aus bedient werden. Die Einstellung des gewünschten Applikationsdruckes am Überdruckregler kann nur manuell während des Bodensatzlaufes der Pumpe erfolgen. Die Brüherückführung vom Überdruckregler bewirkt eine gleichzeitige Spülung des Ansaugfilters am Brühbehälter und vermindert damit die Gefahr von Verstopfungen und der Bodensatzbildung. Der anliegende Applikationsdruck wird über eine Druckanzeige in der Kabine dem Piloten angezeigt. Der zusätzlich installierte Überdruckfilter dient der Feinsäuberung der Brühe und gewährleistet die einwandfreie Funktion der Nachtropfsicherungen an den Düsen.

Die Beladung des Chemikalienbehälters kann sowohl über die Deckelöffnung als auch über eine zusätzlich angebrachte Füllleitung erfolgen. Während des Arbeitsfluges kann der Behälterfüllstand vom Piloten kontrolliert werden.

Der Applikationsbalken besteht aus Haupt- und Heckbalken mit

insgesamt 116 Düsenanschlußmöglichkeiten. Die verwendeten Düsen (Tee-Jet-Lizenzproduktion der VRP) sind Lochdüsen mit eingesetztem Drallkörper und Membranverschluß. Das für das Arbeitsartenspektrum des Ka-26 benötigte Düsensortiment besteht aus den Düsengrößen W 3/1, W 5/2, W 10/2 und W 14/2. Das Ein- und Ausschalten des Steuersystems der Applikationsanlage erfolgt elektropneumatisch.

Technische Daten: Hubschrauber Ka-26

Triebwerk	M 14 W 26
Startleistung	2 x 239 kW
Anzahl der Tragschrauben (Koaxialantrieb)	2
Durchmesser der Tragschraube	13,00 m
Gesamthöhe	4,05 m
Länge ohne Tragschraube	7,75 m
Länge mit Tragschraube	13,00 m
Breite ohne Tragschraube	3,46 m
Spurweite des Fahrwerkes	
Bugfahrwerk	0,90 m
Hauptfahrwerk	2,42 m
Radstand im Stand	3,48 m
max. zulässige Startmasse	3250 kg
max. Fluggeschwindigkeit mit Applikationsanlage	130 km/h
Arbeitsfluggeschwindigkeit	30 bis 120 km/h
Betankungsmenge	250 bis 600 l in Abhängigkeit von Höhen- und Wetter- lage
Kraftstoff	FOK

Technische Daten: Applikationsanlage

Masse der Applikationsanlage (ohne Generator und Schalt- kasten)	155 kg
Fassungsvermögen des Chemi- kalienbehälters	800 l
Material des Chemikalien- behälters	glasfaserverstärktes Polyester
max. Zuladung an Chemi- kalien	500 kg
Steuersystem der Applika- tionsanlage	elektropneumatisch
Pumpenart	Zentrifugalpumpe

Rührwerk		hydraulisch
Arbeitsdruck	max.	0,45 MPa
Anzahl der Düsen		116
Art der Düsen		Lochdüsen
Düsengrößen (Bohrungsdurchmesser)		Düse W 3/1 = 1,4 mm Düse W 5/2 = 2,0 mm Düse W 10/2 = 4,0 mm Düse W 14/2 = 5,6 mm
Drallkörpergrößen		1 und 2

## 2. Prüfergebnisse

### 2.1. Funktionsprüfung

#### 2.1.1. Volumendurchsatz

Die Ergebnisse der Volumendurchsatzmessungen der Düsen sind in Tabelle 1 dargestellt.

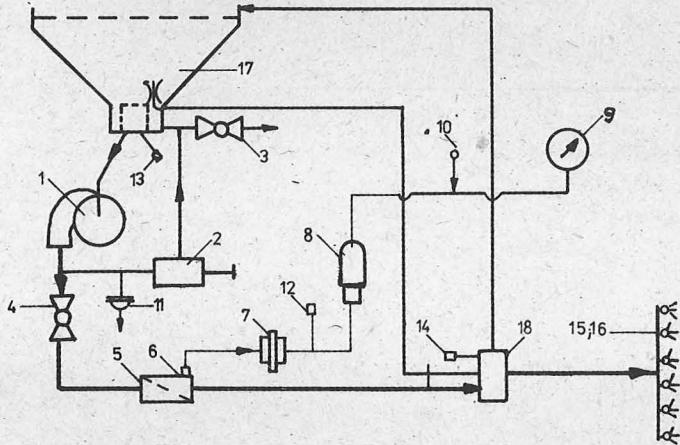
Tabelle 1

#### Volumendurchsatz in Abhängigkeit vom Arbeitsdruck

Bezeichnung der Düse	Bohrungs- durch- messer	Arbeits- druck	Volumendurch- satz (Durch- schnitt von 10 Düsen)	maximale Abweichung vom Mittelwert	
				+ %	- %
-	[mm]	[MPa]	[l/min]		
W 3/1	1,4	0,2	0,91	2,0	0,9
		0,3	1,11	2,3	2,3
		0,4	1,26	0,6	1,4
W 5/2	2,0	0,2	1,69	4,1	3,9
		0,3	2,15	5,6	4,7
		0,4	2,46	6,6	4,3
W 10/2	4,0	0,2	3,85	3,8	3,1
		0,3	4,69	2,7	4,1
		0,4	5,40	2,4	3,4
W 14/2	5,6	0,2	4,94	4,6	3,1
		0,3	6,08	4,2	2,1
		0,4	7,06	4,2	2,4

#### 2.1.2. Nachtropfverhalten

Während der applikationstechnischen Untersuchungen konnte kein Nachtropfen festgestellt werden. Die Beurteilung der Nachtropfsicherheit erfolgte im Standversuch, indem durch mehrmaliges Ein- und Ausschalten der Applikationsanlage die Dichtheit der gesamten Anlage und das exakte Schließen aller Düsen visuell geprüft wurden.



- |                                 |                            |
|---------------------------------|----------------------------|
| 1. Pumpe ECN -17                | 10. Speisespannung         |
| 2. Überdruckregler              | 11. Druckmembran           |
| 3. Ablasshahn                   | 12. Entlüfter              |
| 4. Absperrhahn                  | 13. Blindverschluß         |
| 5. Überdruckventil              | 14. Blindverschluß         |
| 6. Meßstelle für Überdruck      | 15. Applikationsbalken     |
| 7. Trenn - Membran              | 16. Düsen                  |
| 8. Druckgeber                   | 17. Chemikalienbehälter    |
| 9. Druckanzeige (in der Kabine) | 18. Verteiler mit Schieber |

Abb.1: Prinzipdarstellung der ungarischen Applikationsanlage Ka-26

### 2.1.3. Brüherestmenge

Die Bestimmung der Brüherestmenge, die nach Abriß des Volumenstromes im Applikationssystem verbleibt, erfolgte für die Brüheaufwandmengen 10 l/ha und 100 l/ha. Der durch Auslitern ermittelte Brüherest in Pumpe, Filtern, Chemikalienbehälter und Rohrge- stänge betrug 10 Liter.

### 2.1.4. Druckdynamik

In den Abbildungen 2 und 3 sind die Druckverläufe über eine vollständige Behälterentleerung für die Brüheaufwandmengen 10 und 100 l/ha aufgezeichnet. Demzufolge ergeben sich für die Brüheaufwandmengen 10 und 100 l/ha folgende Druckauf- und Abbauzeiten:

Tabelle 2

Druckauf- und Abbauzeiten für Q = 10 l/ha und Q = 100 l/ha

<u>Brüheaufwandmenge</u>	<u>Q = 10 l/ha</u>	<u>Q = 100 l/ha</u>
Druckaufbauzeit bis auf Nenndruck	< 0,5 s	< 0,5 s
Druckabbauzeit während eines Arbeitsspiels	< 0,5 s	1,0 s
Druckabbauzeit bis zum Erreichen der Brüherestmenge	1,5 s	2,3 s

### 2.1.5. Tropfenspektren

Die Tropfenspektren der für die Düsenkonfigurationen der Brüheaufwandmengen 5 bis 100 l/ha benötigten Düsen sind graphisch in Abb. 4 dargestellt. Aus den Volumenprozentkurven sind für die angegebenen Meßbedingungen folgende Wertungskriterien entnehmbar.

Tabelle 3

Wertungskriterien der ermittelten Tropfenspektren

<u>Düse</u>	<u>P</u> [MPa]	<u>T</u> [°C]	<u>RF<sup>1)</sup></u> [%]	<u>VMD<sup>2)</sup></u> [µm]	<u>Volumetrischer Tropfenanteil</u> %		
					<u>&lt;50, µm</u>	<u>50-250, µm</u>	<u>&gt;150, µm</u>
W 3/1	0,45	22	73	224	0,01	63	-
W 5/2	0,45	23	76	214	0,01	69	-
W 10/2	0,45	18	100	340	0,05	-	95
W 14/2	-	-	-	400	-	-	>95

1) relative Luftfeuchte    2) Mittelwert der volumetrischen  
Summenkurve

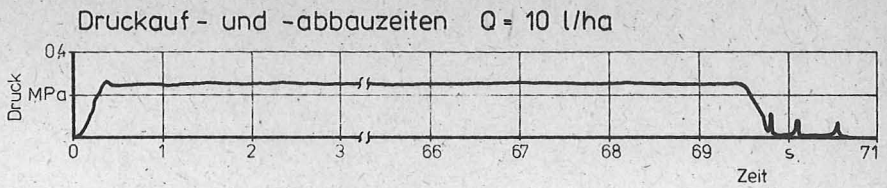


Abb. 2 : Druckdynamik Ka-26 mit ungarischer Applikationsanlage

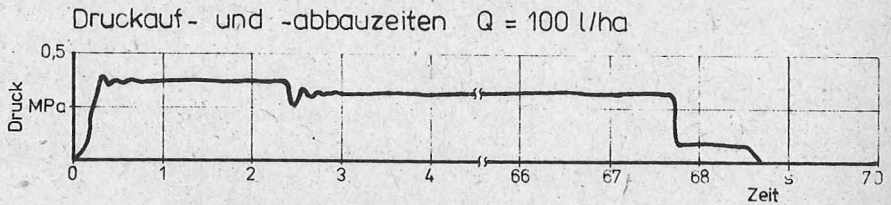


Abb. 3 : Druckdynamik Ka-26 mit ungarischer Applikationsanlage

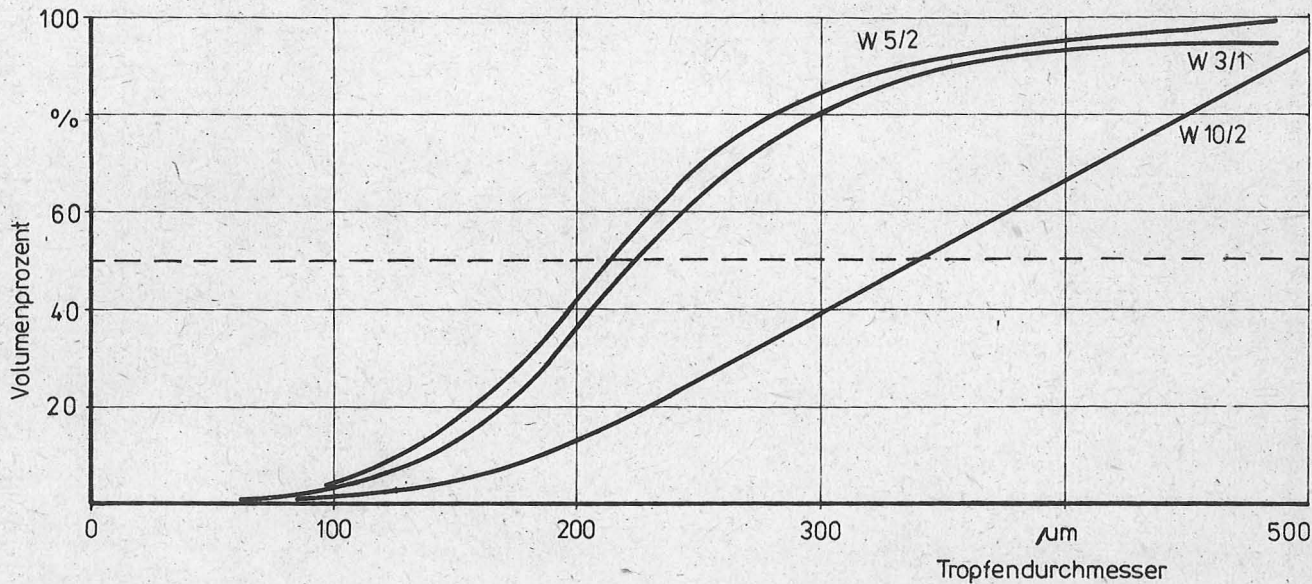


Abb. 4: Tropfenspektren Ka-26 mit PZL - Düsen



Für die Düse W 14/2 liegen keine Meßergebnisse zum Tropfenspektrum unter hubschrauberspezifischen Einsatzbedingungen vor. Resultierend aus den Meßergebnissen zur Düse W 10/2 (siehe Tabelle 3) und aus Meßergebnissen, die unter flugzeugspezifischen Einsatzbedingungen für diese Düse vorliegen, kann für die Düse W 14/2 ein VMD-Wert  $>400 \mu\text{m}$  abgeleitet werden. Tropfenspektren der Düsen-Mischkonfigurationen liegen nicht vor.

#### 2.1.6. Querverteilung

Typische Querverteilungsbilder der Brüheaufwandmengen 5 bis 100 l/ha sind in den Abb. 5 bis 10 zusammengestellt. Dargestellt sind repräsentative Verteilungen unter verschiedenen Windrichtungsbedingungen. Die Verteilungen resultieren aus optimierten Düsenkonfigurationsvarianten, die sich durch eine asymmetrische Bestückung des Heckbalkens sowie zum Teil durch Mischkonfigurationen unter Verwendung von unterschiedlichen Düsengrößen auszeichnen. Hiervon ausgenommen sind die Düsenkonfigurationen der Brüheaufwandmengen 5, 10 und 100 l/ha.

Die Beurteilung der Verteilungsqualität und die Festlegung der nutzbaren Arbeitsbreite werden unter Zugrundelegung eines Variationskoeffizienten von 30 s% vorgenommen, ermittelt aus der Verrechnung der Bedeckungsgradmeßwerte über die absolute Arbeitsbreite im Meßstellenabstand von 1 m mittels speziellem Statistikprogramm für das Beetflugverfahren.

Insgesamt wurden 129 Querverteilungen in die Auswertung einbezogen, die sich wie folgt auf die einzelnen Brüheaufwandmengen aufschlüsseln lassen:

Tabelle 4

#### Übersicht der in die Prüfung einbezogenen Verteilungsversuche

Brüheaufwandmenge /l/ha/	$\Sigma$ der Verteilungen	davon unter den Windrichtungsbedingungen		
		Linkswind 10 - 60°	Geradwind $\pm 5^\circ$	Rechtswind 10 - 60°
5	15	-	3	12
10	18	-	6	12
25	21	3	3	15
35	21	6	3	12
50	33	12	6	15
100	21	6	6	9

Flug-Nr.	Q [l/ha]	p [MPa]	v [km/h]	h [m]	V <sub>Wind</sub> [m/s]
229/2	5	0,25	60	4,5	1,5

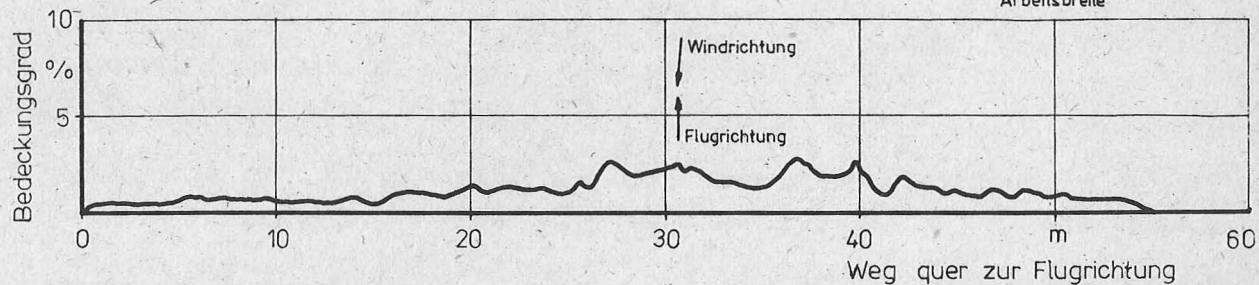
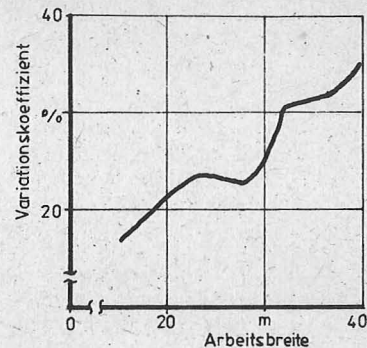


Abb. 5: Querverteilung Ka-26 mit modifizierter Applikationsanlage -  
Brüheaufwandmenge 5 l/ha

Flug-Nr.	Q [l/ha]	$\rho$ [MPa]	v [km/h]	h [m]	$v_{Wind}$ [m/s]
223/1	10	0,25	60	5,5	3

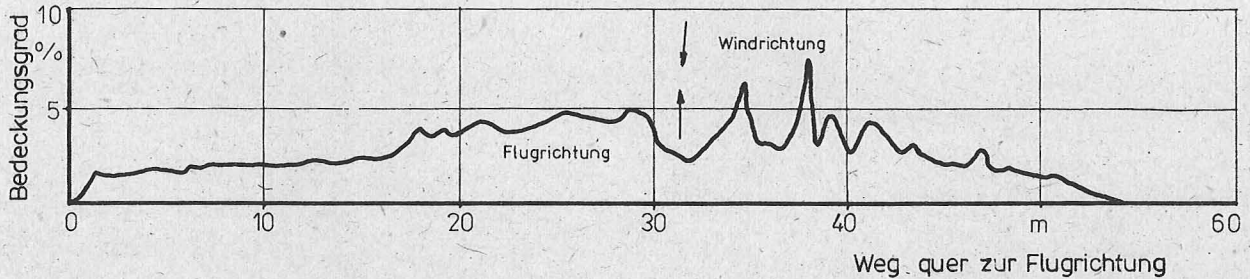
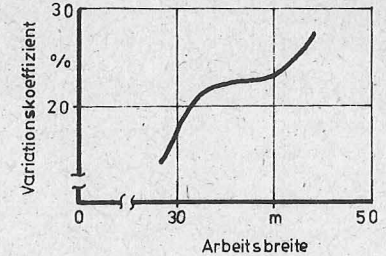


Abb.6: Querverteilung Ka-26 mit modifizierter Applikationsanlage -  
Brüheaufwandmenge 10 l/ha

Flug-Nr.	Q [l/ha]	$\rho$ [MPa]	v [km/h]	h [m]	$v_{Wind}$ [m/s]
250/1	25	0,4	60	5	0,5

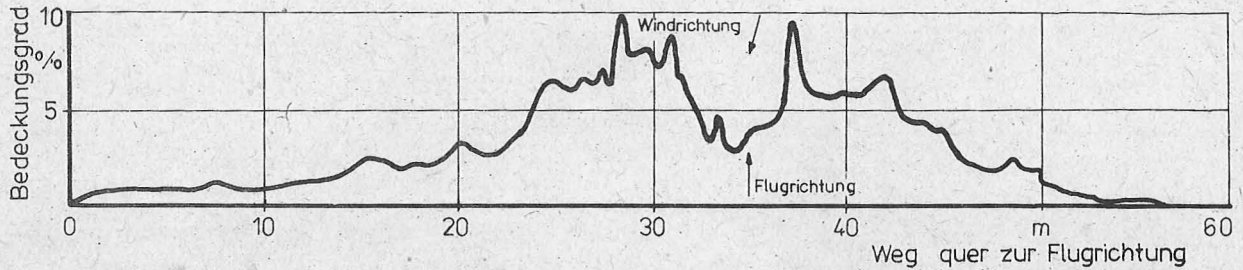
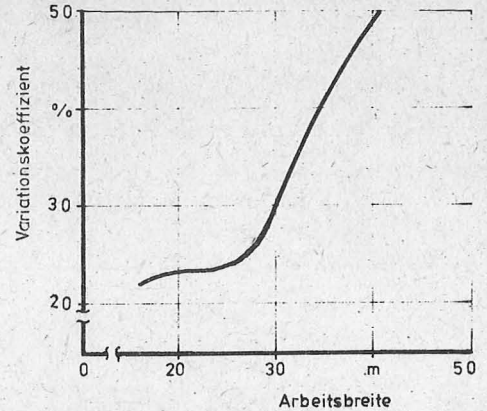


Abb. 7: Querverteilung Ka-26 mit modifizierter Applikationsanlage -  
Brüheaufwandmenge 25 l/ha

Flug-Nr.	Q [l/ha]	$\rho$ [MPa]	v [km/h]	h [m]	V <sub>Wind</sub> [m/s]
254/1	35	0,45	60	5	0

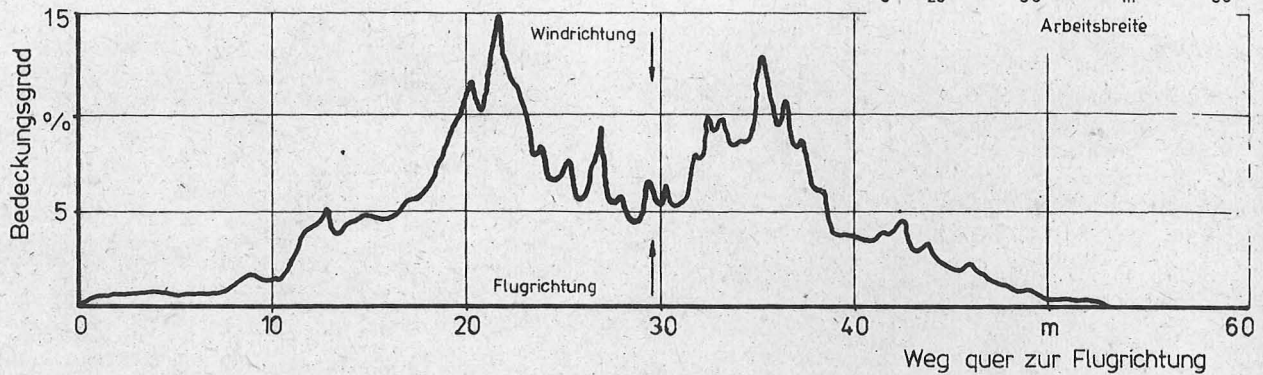
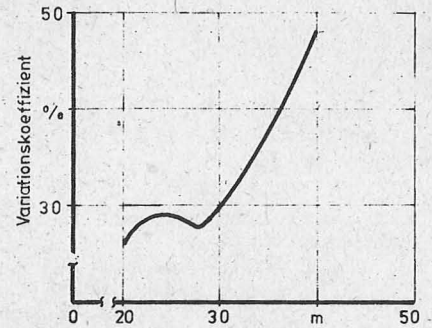


Abb. 8 : Querverteilung Ka-26 mit modifizierter Applikationsanlage -  
Brüheaufwandmenge 35 l/ha

Flug - Nr.	Q [l/ha]	$\rho$ [MPa]	v [km/h]	h [m]	$V_{\text{Wind}}$ [m/s]
275/2	50	0,45	60	5	0,5

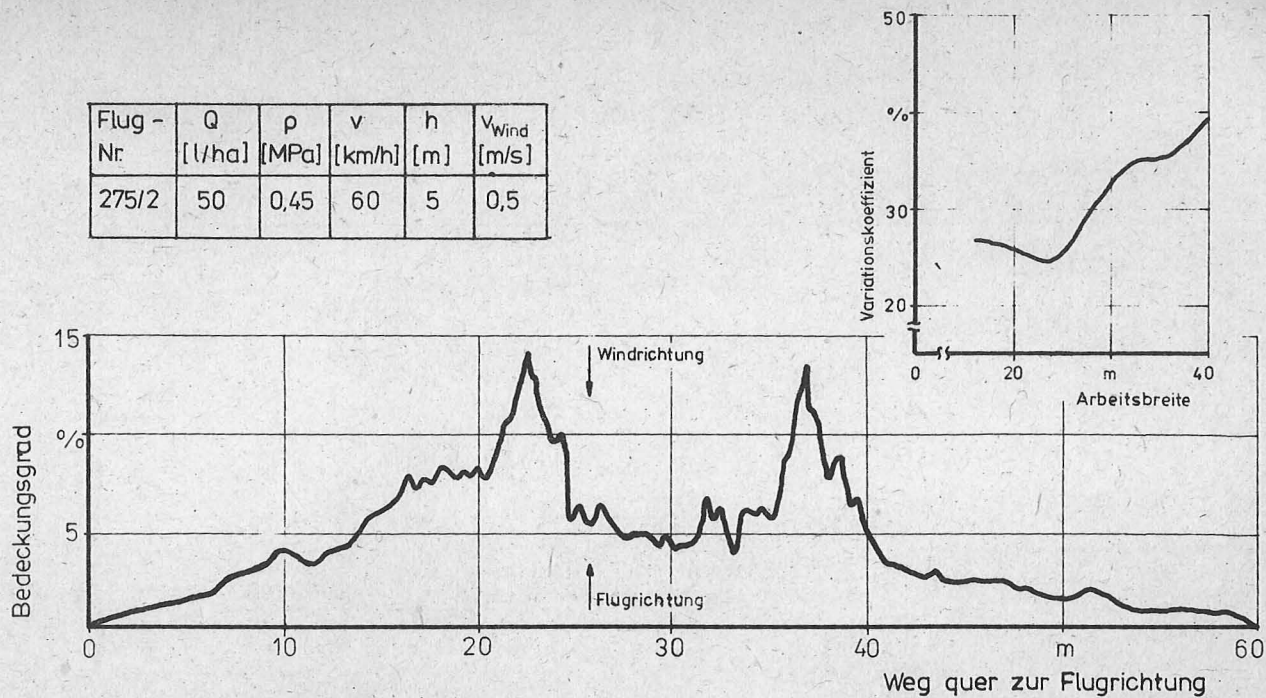


Abb. 9: Querverteilung Ka-26 mit modifizierter Applikationsanlage -  
Brüheaufwandmenge 50 l/ha

Flug - Nr.	Q [l/ha]	$\rho$ [MPa]	v [km/h]	h [m]	V <sub>Wind</sub> [m/s]
262/2	100	0,45	60	5	0,5

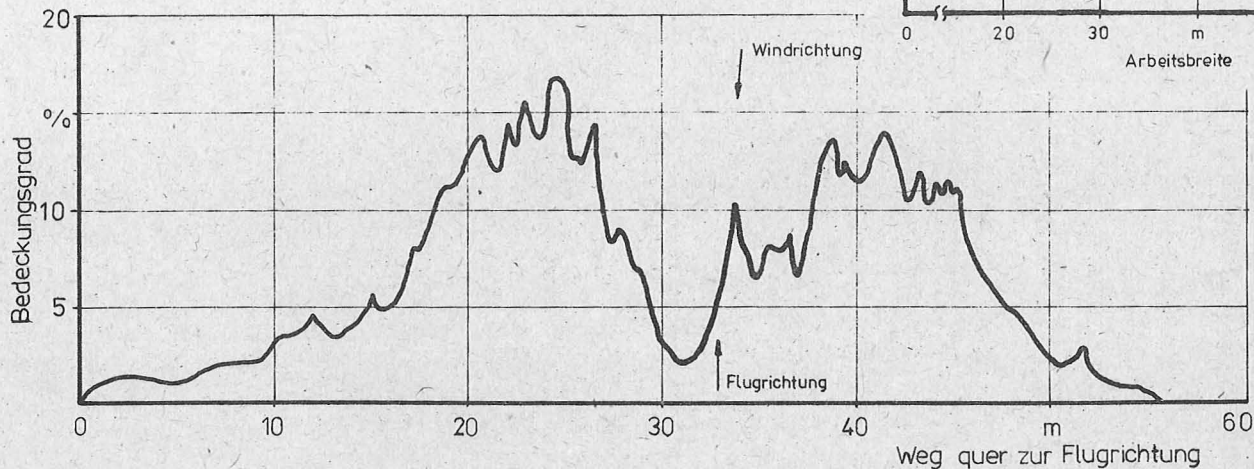


Abb.10: Querverteilung Ka-26 mit modifizierter Applikationsanlage -  
Brüheaufwandmenge 100 l/ha

## 2.1.7. Düsenkonfigurationen

Abb. 11 enthält eine graphische Gesamtübersicht der Düsenbestückungsvarianten für die Brüheaufwandmengen 5 bis 100 l/ha. In Verbindung mit diesen Düsenkonfigurationsvarianten gelten folgende applikationstechnische Parameter:

Tabelle 5

### Applikationstechnische Parameter

Brüheaufwandmenge [l/ha]	Anzahl der Düsen	Arbeitsdruck [MPa]	Arbeitsbreite [m]	Arbeitsgeschwindigkeit [km/h]	Flughöhe [m]
5	15 x W 3/1	0,3	30	60	5
10	16 x W 5/2	0,25	30	60	5
25	15 x W 5/2 5 x W 10/2	0,4	25	60	5
35	7 x W 5/2 10 x W 10/2	0,35	25	60	5
50	3 x W 5/2 17 x W 10/2 3 x W 14/2	0,45	25	60	5
100	50 x W 10/2	0,35	20	60	5

## 2.2. Einsatzprüfung

Der Einsatzumfang der letzten 3 Jahre ist in der Tabelle 6 dargestellt und beinhaltet die Ausbringung ölgiger Flüssigkeiten sowie wässriger Emulsionen und Lösungen in den wichtigsten Arbeitsarten in der Land- und Forstwirtschaft der DDR. Die Leistungen wurden von 11 Einsatzhubschraubern Ka-26 erbracht.

Die in Tabelle 6 ausgewiesenen Leistungen und Leistungsrichtwerte basieren auf den in diesem Zeitraum gültigen Anwendungstechnologien.



Tabelle 6

Einsatzumfang Ka-26 in der Land- und Forstwirtschaft  
der Jahre 1982 - 1984

Jahr	Brüheauf- wandmenge [l/ha]	behandelte Fläche [ha]	Flug- stunden [Fh]	erbrachte Ø-Leistung [ha/Fh]
1982	6-10	11734	135,02	86,9
	11-15	4980	48,9	101,8
	16-25	18803	290,18	64,8
	36-50	32084	545,01	58,9
	51-100	2714	107,34	25,3
1983	6-10	4517,6	47,83	94,45
	11-15	4627,5	43,68	105,94
	16-25	19769,7	300,82	65,72
	36-50	37685,0	637,25	59,14
	51-100	3525,0	122,03	26,43
1984	0-5	1452,0	14,06	103,3
	6-10	8677,0	55,96	155,1
	16-25	31660,9	438,29	72,23
	26-35	5096,0	96,01	53,08
	36-50	26020,0	420,52	61,9
	51-100	2237,0	89,08	25,0

### 3. Auswertung

#### - Volumendurchsatz

Die Qualitätsanforderungen hinsichtlich der Abweichungen des Volumendurchsatzes der Düsen werden erfüllt. Die dafür geforderte maximale Toleranz von  $\pm 7,5\%$  bezogen auf den Mittelwert aller in die Prüfung einbezogenen Düsen gleicher Größe wird eingehalten.

#### - Nachtropfverhalten

Die Agrotechnischen Forderungen für das Nachtropfverhalten der Düsen betragen  $\leq 0,5$  Sekunden. Während des Prüfungsablaufes konnte kein Nachtropfen der Düsen festgestellt werden.

#### - Brüherestmenge

Die Brüherestmengenbestimmung ergab 10 Liter. Diese geringe Brüherestmenge ist positiv zu bewerten.

#### - Druckdynamik

Die Untersuchungen zur Druckdynamik für die Brüheaufwandmengen 10 l/ha und 100 l/ha ergaben Druckaufbau- und Druckabbauzeiten zwischen 0,3 und 1,0 Sekunden. Die laut ATF geforderte Druckaufbau- und Druckabbauzeit von  $\leq 0,5$  Sekunden kann bis auf die Überschreitung der Druckabbauzeit bei der 100 l/ha-Variante eingehalten werden.

Angabe der geöffneten Düsenpositionen:  $\Delta$  W 3/1     $\circ$  W 5/2     $\diamond$  W 10/2     $\times$  W 14/2

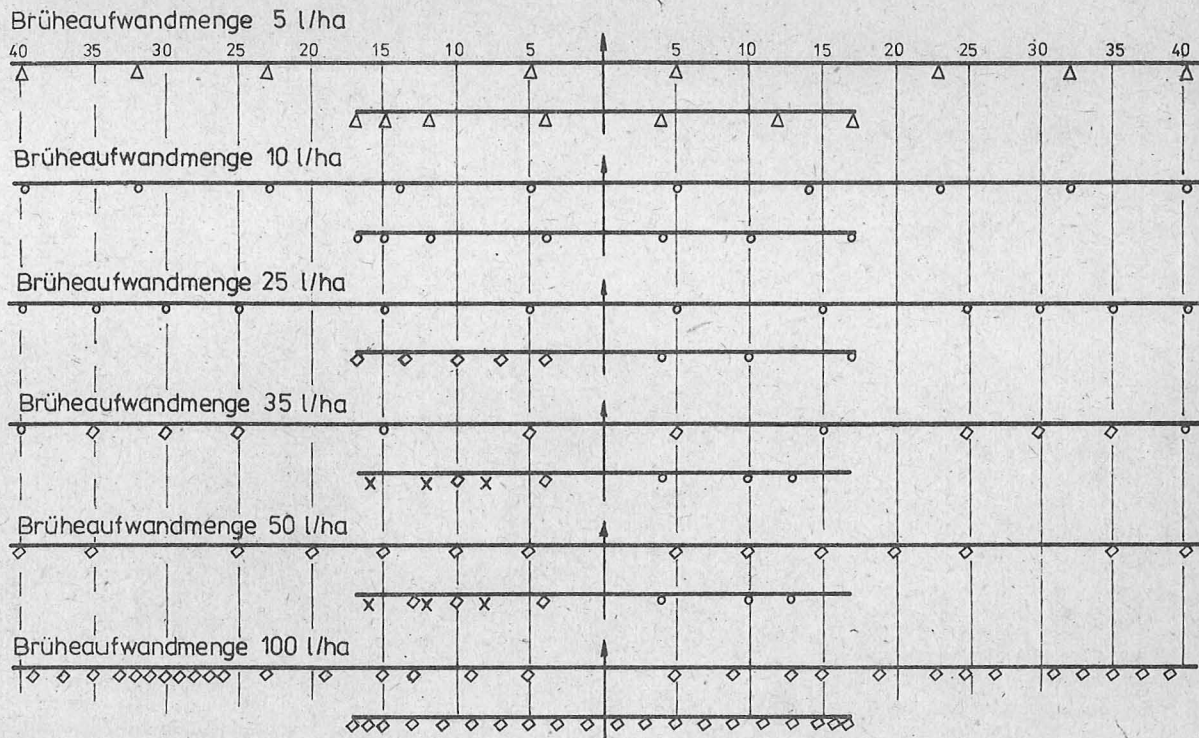


Abb. 11: Übersicht zu den Düsenkonfigurationen

#### - Tropfenspektrum

Die Ergebnisse der Messungen zu den Tropfenspektren der Düsen erfüllen nur teilweise die Agrotechnischen Forderungen.

Die Düsen W 3/1 und W 5/2 werden den Anforderungen an das Sprühen annähernd gerecht, obwohl die geforderten 80 Volumenprozent der Tropfen im Durchmesserbereich 50 bis 250  $\mu$ m nicht vollständig erreicht werden. Die Düsen W 10/2 und W 14/2 sind als Spritzdüsen einzustufen. Die dafür geltenden Agrotechnischen Forderungen werden erfüllt.

Für die Mischkonfigurationen in den Brüheaufwandmengen 25 l/ha, 35 l/ha und 50 l/ha liegen keine Untersuchungen zum Tropfenspektrum vor.

Da mit den oben genannten Brüheaufwandmengen die Anzahl der in den Mischkonfigurationen eingesetzten Düsen W 10/2 steigt, muß mit zunehmend größeren Tropfenspektren gerechnet werden.

#### - Querverteilung

Aus den Untersuchungen zum Querverteilungsverhalten lassen sich unter Berücksichtigung bestehender Qualitätsanforderungen für Luftfahrzeuge Arbeitsbreiten von 30 m für die Brüheaufwandmengen 5 l/ha und 10 l/ha, von 25 m für die Brüheaufwandmengen 25 l/ha, 35 l/ha und 50 l/ha und von 20 m für die Brüheaufwandmenge 100 l/ha ableiten. Das Quer- und Längsverteilungsverhalten unterliegt beim Hubschrauber Ka-26 einem äußerst starken Einfluß des Rotorwirbels, der Windrichtung und der Windgeschwindigkeit.

#### - Einsatzprüfung

Der in Tabelle 5 ausgewiesene Einsatzumfang der letzten 3 Jahre vermittelt einen Überblick über geleisteten Behandlungsumfang und Flugstundenaufwand in den angegebenen Brüheaufwandmengenbereichen und bezieht sich auf 11 Einsatzhubschrauber Ka-26. Die angegebenen Leistungs- und Leistungsrichtwerte basieren auf den zu diesem Zeitpunkt gültigen anwendungstechnologischen Parametern.

#### 4. Beurteilung

Die modifizierte ungarische Applikationsanlage für Flüssigkeiten zum Hubschrauber Ka-26 mit PZL-Düsenbestückung dient der Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln und Mitteln zur Steuerung biologischer Prozesse im Brüheaufwandmengenbereich 5 bis 100 l/ha.

Die Applikationsanlage zeichnet sich durch eine gute Druckdynamik und eine zuverlässige Nachtropfsicherheit aus. Positiv zu bewerten ist die geringe Brüherestmenge von nur 10 Litern.

Als nachteilig erwiesen sich die nur zum Teil den Anforderungen gerechtwerdenden Tropfenspektren.

Die Applikationsanlage für Flüssigkeiten zum Hubschrauber Ka-26 ist für den Einsatz in der Landwirtschaft der DDR "geeignet" und vom Institut für Pflanzenschutzforschung Kleinmachnow anerkannt.

Potsdam-Bornim, den 12.11.1985

Zentrale Prüfstelle für Landtechnik

gez. Kuschel

gez. Rump

Institut für Pflanzenschutzforschung Kleinmachnow

gez. Müller

gez. i. A. Diezemann

Dieser Bericht wurde bestätigt:  
Berlin, den 08. April 1986  
gez. i. V. Kremp  
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 039/13/87 2.0 IV 1 18 660 1464

Printed in the Democratic Republic

Druckerei: Salzland-Druckerei Staßfurt