

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. 891

Applikationsanlage für Flüssigkeiten zum Hubschrauber Mi-2



Hubschrauber Mi-2 mit Applikationsanlage

Bearbeiter: Dr. P. Kaul
Dipl.-Ing. J. Wygoda
Dipl.-Ing. A. Rump

DK-Nr.: 629.138.9:632.934.001.4

Gr.-Nr.: 6 a

1. Beschreibung

Die Applikationsanlage des Hubschraubers Mi-2 ist zum Sprühen und Spritzen öligere Flüssigkeiten und wässriger Brühen im Aufwandmengenbereich 10 - 100 l/ha bestimmt.

Die Applikationsanlage besteht aus den Hauptbaugruppen:

- 2 Chemikalienbehälter aus glasfaserverstärktem Polyester
- 2 Zentrifugalpumpen mit Elektroantrieb
- Rohrsystem, Haupt- und Heckbalken mit Düsen und Haltestreben zur Befestigung

An jedem der 2 Chemikalienbehälter ist ein Pumpenaggregat mit unabhängigem Elektroantrieb befestigt.

Der Applikationsbalken besteht aus Haupt- und Heckbalken mit einer möglichen Düsenanzahl von 132 Stück. Die verwendeten Düsen sind Zentrifugaldüsen mit eingesetztem Drallkörper. Das Düsenortiment umfasst 6 Düsengrößen sowie 2 Drallkörpergrößen. Das Nachtropfen der Düsen wird durch Rücksaugen der Flüssigkeit aus dem Applikationsbalken in den Chemikalienbehälter mittels Saugstrahlpumpen verhindert.

Die Beladung des Chemikalienbehälters erfolgt über die Deckelöffnung. Der Behälterfüllstand kann über eine eingebaute Behälterwaage in der Pilotenkabine abgelesen werden. Zusätzlich kann der Füllstand über ein Schauglas kontrolliert und abgelesen werden.

Der Applikationsdruck wird an einem Manometer in der Pilotenkabine angezeigt und ist nicht regulierbar. Die Höhe des Druckes ist abhängig von Düsengröße und -anzahl.

Das Ein- und Ausschalten des Steuersystems der Applikationsanlage erfolgt elektropneumatisch.

Die Regulierung der Brüheaufwandmenge wird durch die Kombination des Düsendurchflusses, der Fluggeschwindigkeit und der Arbeitsbreite erreicht.

Technische Daten des Hubschraubers Mi-2

Bauart	Trag- und Heckschraube
Triebwerk	GTO-350
Triebwerksleistung	2 x 294 kW
Rotordurchmesser	14,50 m
Länge ohne Rotorblätter	11,94 m
Länge bei drehender Trag- und Heckschraube	17,42 m

Höhe bei drehender Heckschraube	4,52 m
Spurweite	3,05 m
Eigenmasse	2372 kg
max. Startmasse	3550 kg
Steigvermögen H = 1000 m	5,5 min
Höchstgeschwindigkeit	190 km/h
Tankinhalt	600 l
Kraftstoff	TS-1

Applikationseinrichtung Sprüh- und Spritzanlage

Masse der Applikationsanlage	222 kg
Fassungsvermögen des Chemikalienbehälters	2 x 600 l
max. Zuladung an Chemikalien	700 kg
Material des Chemikalienbehälters	glasfaserverstärktes Polyester
Steuersystem der Applikationsanlage	elektropneumatisch
Pumpenart	Zentrifugalpumpe
Rührwerk	hydraulisch
Arbeitsdruck	max. 0,45 MPa
max. Flüssigkeitsdurchsatz	10,2 l/s
Länge des Applikationsbalkens	
Hauptbalken	14,20 m
Heckbalken	3,60 m
Anzahl der Düsen	132 Stück
Düsenart	Zentrifugaldüse mit Drallkörper
Düsen-Bohrungsdurchmesser	1,25 mm 2,00 mm 3,00 mm 4,00 mm 5,00 mm 6,00 mm
Drallkörpergröße	1 und 2

2. Prüfergebnisse

2.1. Funktionsprüfung

Volumendurchsatz

Die Ergebnisse der Volumendurchsatzmessungen der wichtigsten Düsen sind in Abbildung 1 dargestellt.

Nachtropfverhalten

Es konnten während der gesamten applikationstechnischen Untersuchungen keine Nachtropfzeiten ≥ 1 s festgestellt werden.

Die Beurteilung erfolgt visuell.

Tropfenspektren der Düsen

In der Abbildung 2 werden die Tropfenspektren der Düsen 2-1, 2-2 und das kombinierte Spektrum einer Mischkonfiguration aus Düsen der Größe 2-2 und 3-2 dargestellt.

Druckdynamik

Die Darstellung des Druckverlaufes über eine vollständige Behälterentleerung im Fluge für die Brüheaufwandmengen $Q = 10$ l/ha, 25 l/ha und 50 l/ha erfolgt in Abbildung 3 und 4.

Der Druckaufbau auf 0,4 MPa vollzieht sich in einer Zeitspanne von 1 - 2,0 s. Der Druckabbau von Beginn des Druckabfalles bis zum Erreichen der Brüherestmenge wurde mit 1 - 1,5 s ermittelt.

Brüherestmenge

Die Brüherestmenge, die nach Eintritt des Druckabfalls und Umschaltung der Applikationsanlage auf Rücksaugung in den Behältern und Teilen des Rohrsystems verbleibt, beträgt 49 Liter.

Querverteilung

Abbildungen 5 - 7 zeigen repräsentative Querverteilungen im Brüheaufwandmengenbereich 10 - 50 l/ha.

Die Verteilungen ergeben sich aus optimierten Düsenkonfigurationen und zeichnen sich durch eine asymmetrische Düsenbestückung am Haupt- und Heckbalken aus.

Grundlage für die Beurteilung der Querverteilungen ist ein Variationskoeffizient von $S\% = 25$, ermittelt aus der Berechnung der Bedeckungsgrad-Abweichungen über die Arbeitsbreite.

Düsenkonfigurationen

(Die Angabe der Positionen offener Düsen der folgenden Aufstellung gilt in Flugrichtung; Zählung beginnt jeweils von der Längsachse nach außen.)

1. $Q = 10$ l/ha, $b = 40$ m, $v = 60$ km/h, $h = 5$ m, $p = 0,4 - 0,45$ MPa

Düsen: 51 Stück Größe 2-1

linker Hauptbalken: 3,6,9,12,15,18,21,24,27,30,33,36,39,42,
45,48,51

rechter Hauptbalken: 5,7,9,11,13,15,17,19,21,23,25,27,29,31,
33,35,37,39,41,43,45,47,49,51,53

linker Heckbalken: 1,7,13

- rechter Heckbalken: 1,3,5,7,9,13
2. $Q = 25 \text{ l/ha}$, $b = 30 \text{ m}$, $v = 60 \text{ km/h}$, $h = 5 \text{ m}$, $p = 0,4 - 0,45 \text{ MPa}$
 Düsen: 26 Stück Größe 2-2
 5 Stück Größe 3-2
- linker Hauptbalken: 6,12,18,24,30,36, 42,48 Düsengröße 2-2
- rechter Hauptbalken: 5,9,13,22,27,35, 39,43,47 Düsengröße 2-2
 17,31,49,51,53 Düsengröße 3-2
- linker Heckbalken: 1,7,13 Düsengröße 2-2
- rechter Heckbalken: 1,3,5,7,9,13 Düsengröße 2-2
3. $Q = 50 \text{ l/ha}$, $b = 30 \text{ m}$, $v = 60 \text{ km/h}$, $h = 5 \text{ m}$, $p = 0,4 - 0,45 \text{ MPa}$
 Düsen: 52 Stück Größe 2-2
 10 Stück Größe 3-2
- linker Hauptbalken: 3,6,9,12,15,18,21, 24,27,30,33,36,39, 42,45,48,51 Düsengröße 2-2
- rechter Hauptbalken: 5,7,9,11,13,15,19, 22,27,31,35,37,39, 41,43,45,47 Düsengröße 2-2
 17,21,25,29,33,49,50,51,52,53 Düsengröße 3-2
- linker Heckbalken: 1,3,7,9,13 Düsengröße 2-2
- rechter Heckbalken: Vollbestückung Düsengröße 2-2
4. $Q = 100 \text{ l/ha}$, $b = 30 \text{ m}$, $v = 60 \text{ km/h}$, $h = 5 \text{ m}$, $p = 0,4-0,45 \text{ MPa}$
 Düsen: 116 Stück Größe 2-2
 10 Stück Größe 3-2
- linker Hauptbalken: ab Düse 3 Vollbestückung Düsengröße 2-2
- rechter Hauptbalken: außer den Düsenpositionen
 17,21,25,29,33
 49,50,51,52,53 Düsengröße 3-2
 ab Düse 5 Vollbestückung Düsengröße 2-2
- linker Heckbalken: Vollbestückung Düsengröße 2-2
- rechter Heckbalken: Vollbestückung Düsengröße 2-2

2.2. Einsatzprüfung

In Tabelle 1 ist der Einsatzumfang der Jahre 1981 - 83 im ACZ Groß Kreuz dargestellt.

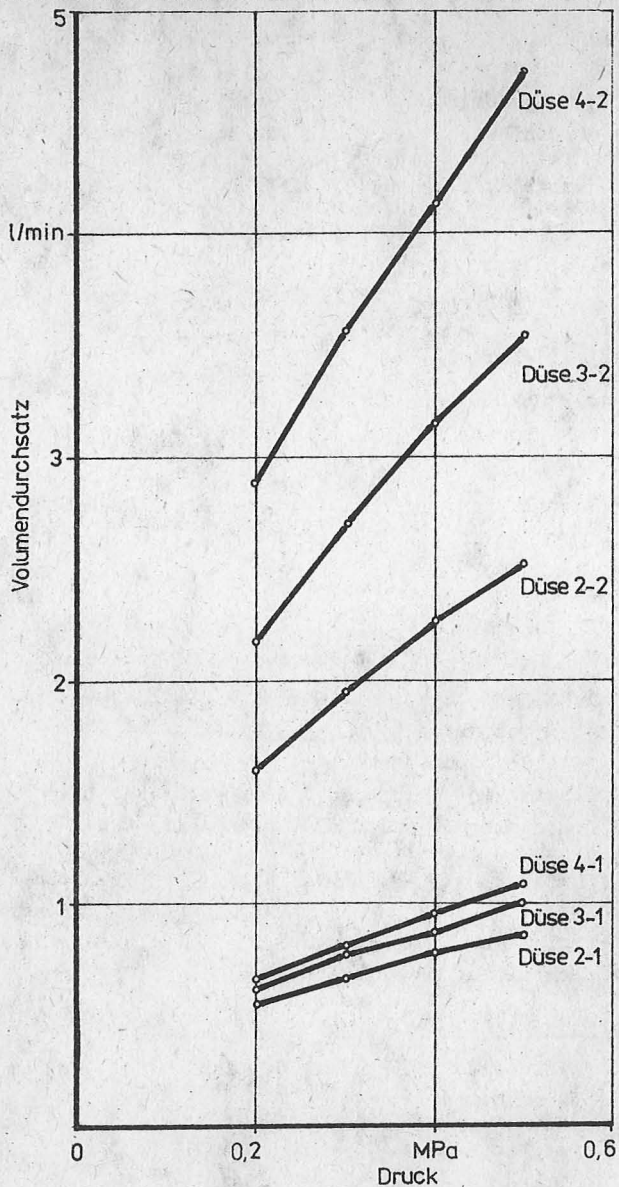


Abb 1: Mi-2, Volumendurchsatz der Düsen

h = 4,0... 5,0 m RF: 72,0... 98,0 %

v = 60 km/h Temp: 12... 18 °C

v_{Wind} = 0,0... 3,0 m/s Druck: 0,4... 0,45 MPa

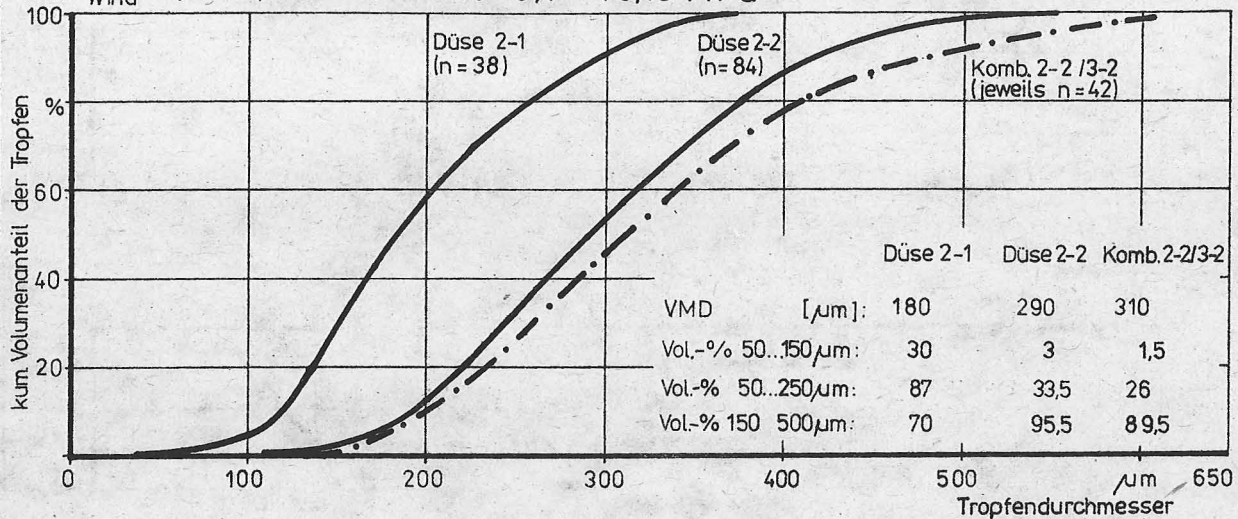
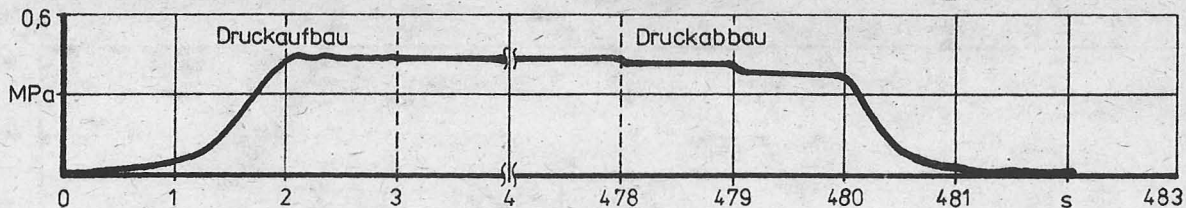


Abb. 2: Mi 2, Tropfenspektren der Düsen 2-1, 2-2 und Kombination 2-2/3-2

59016 Vorführung 4g 307/83 Mi/51/0 428/1 001

a) Aufwandmenge: $Q = 50 \text{ l/ha}$, 50 Düsen 3-2, vorgegebener Druck: $0,45 \text{ MPa}$



b) Aufwandmenge $Q = 25 \text{ l/ha}$, 47 Düsen 2-1, vorgegebener Druck: $0,45 \text{ MPa}$

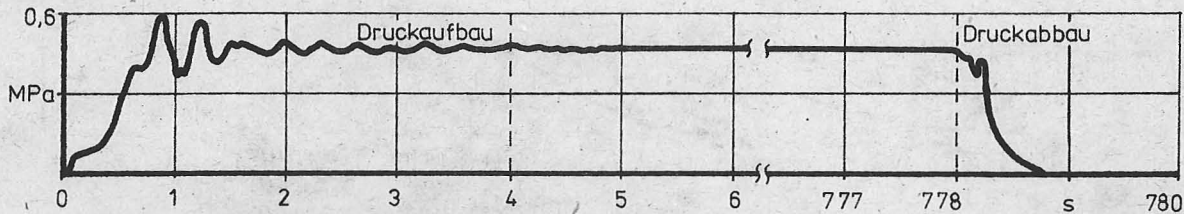
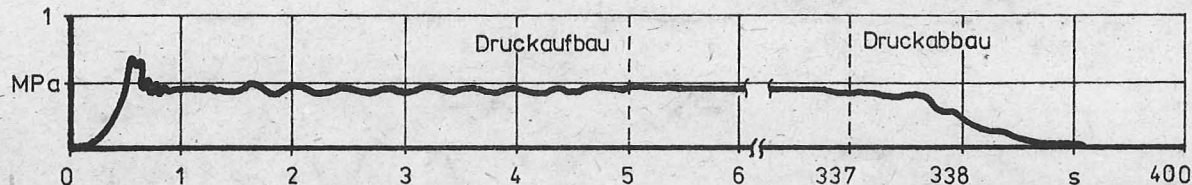


Abb 3: Mi -2, Druckdynamik bei der aviotechnischen Ausrüstung

250 0 11 A 05 R

a) Aufwandmenge $Q = 10 \text{ l/ha}$, 24 Düsen 2-1, vorgegebener Druck: $0,45 \text{ MPa}$



b) Ein und Ausschalten der aviotechnischen Anlage bei der Aufwandmenge $Q = 10 \text{ l/ha}$

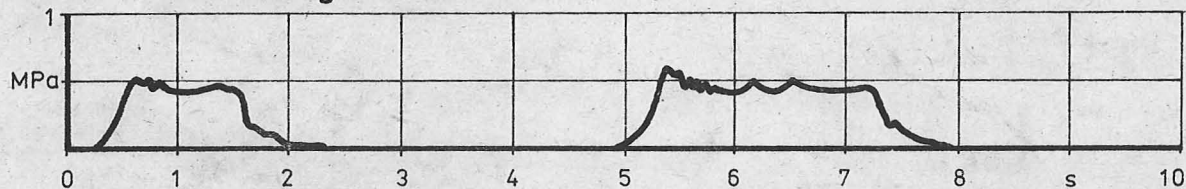


Abb.4 : Mi-2, Druckdynamik bei der aviotechnischen Ausrüstung

Flug-Nr.	Q [l/ha]	Düse Stück	Konfig.	p [MPa]	v [km/h]	h [m]	Wind [m/s]
10/1	10	2-1/38	83-1	0,4	60	5	3,5

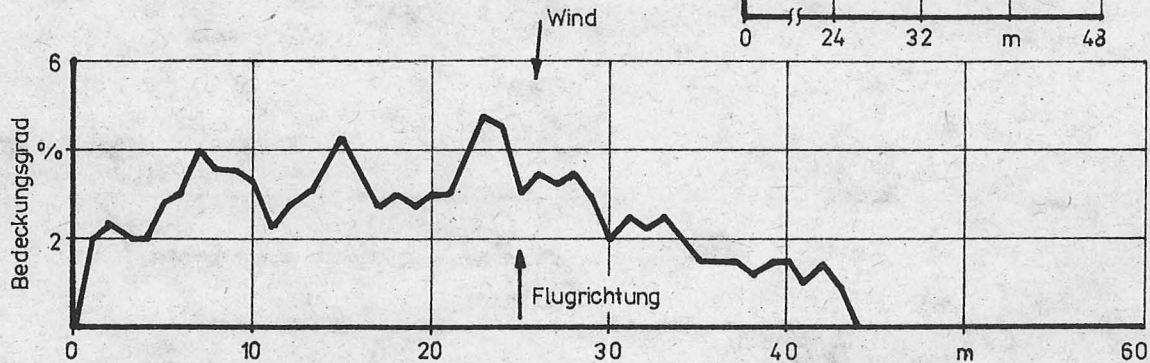
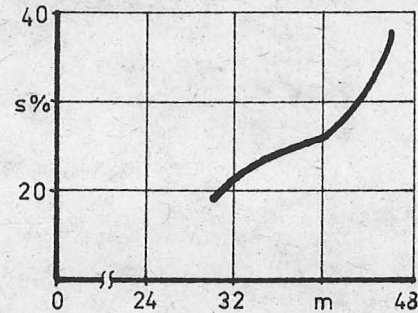


Abb. 5 : Querverteilung Mi-2

Flug-Nr.	Q [l/ha]	Düse Stück	Konfig.	p [MPa]	v [km/h]	h [m]	V _{Wind} [m/s]
33/3	25	2-2/26 3-2/ 5	83-2	0,4	60	5	2,0

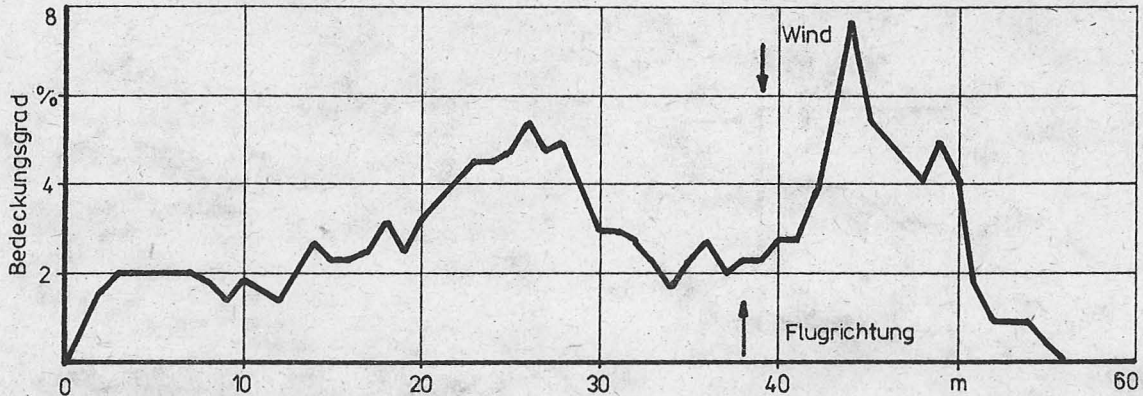
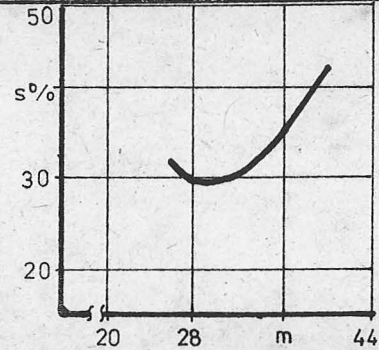


Abb.6: Querverteilung Mi-2

Flug-Nr.	Q [l/ha]	Düse Stück	Konfig.	ρ [MPa]	v [km/h]	h [m]	v_{Wind} [m/s]
6/2	50	2-3/51 3-2/10	83-3	0,4	60	5	3

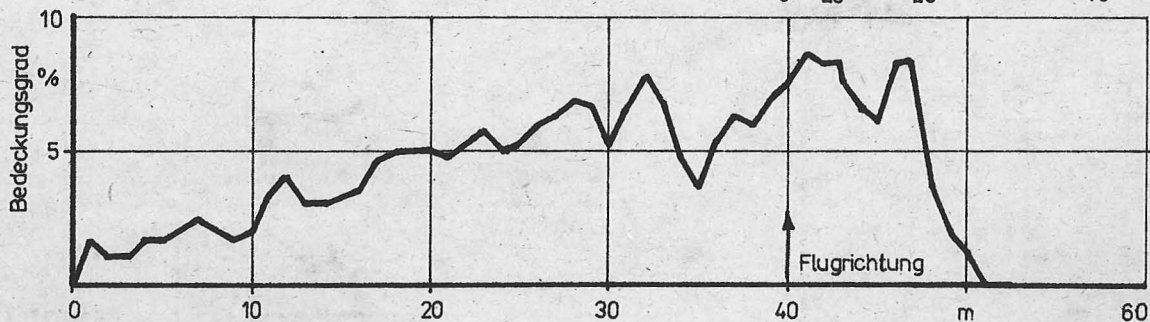
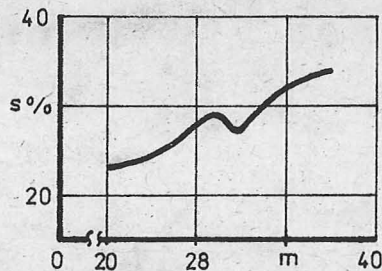


Abb. 7 Querverteilung Mi-2

Flug-Nr.	Q [l/ha]	Düse Stück	Konfig.	p [MPa]	v [km/h]	h [m]	V _{Wind} [m/s]
6/3	50	2-2/51 3-2/10	83-3	0,4	60	5	3

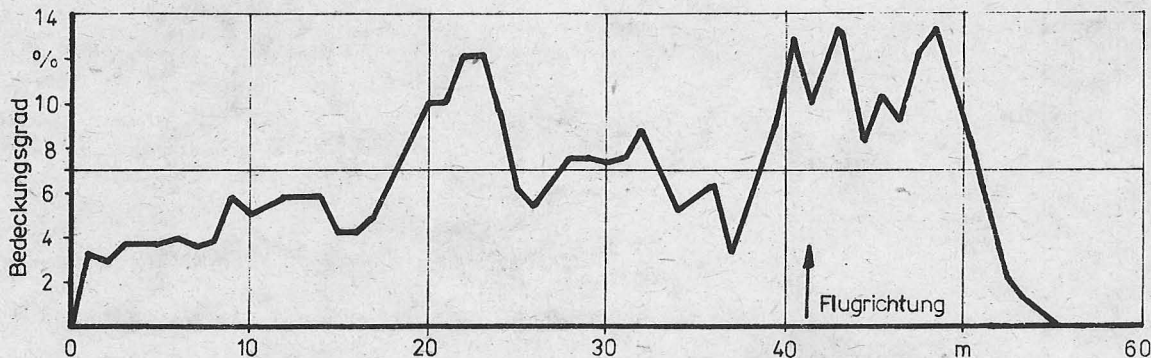
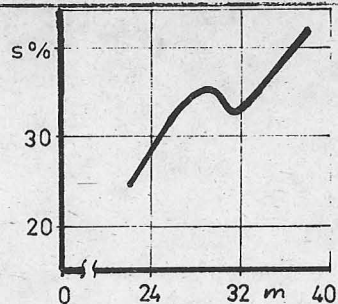


Abb. 8: Querverteilung Mi-2

Tabelle 1Einsatzumfang

Jahr	Brüheaufwandmenge l/ha	behandelte Fläche ha	Flug- stunde Fh	Leistung ha/Fh
1981	50	33911	561,22	60,4 ^{x)}
	100	8338	210,46	39,6
1982	50	24200	386,78	62,6 ^{x)}
	100	19678	527,81	37,3
1983	50	22798	1031,96	63,6 ^{x)}
	100	22264		37,1

x) Der Leistungsermittlung liegt eine mittlere Schlagentfernung von 1 km zugrunde.

Im Einsatzzeitraum traten keine Schäden an der Applikationsanlage auf. Wiederholt wurde jedoch Nachtropfen festgestellt. Ursache dafür waren fehlende oder defekte Rücksaugpumpen an den einzelnen Hubschraubern.

3. Auswertung

Die in den Agrotechnischen Forderungen festgelegten Grenzwerte hinsichtlich Nachtropfzeiten, Brüherestmenge und Druckdynamik werden eingehalten.

Die Abweichungen der Düsendurchflußmengen der Einzeldüsen vom Mittelwert aller Düsen einer Größe betragen $\pm 10\%$ und übersteigen damit die Parameter der ATF, die maximal $\pm 7,5\%$ Abweichung zulassen.

Die Agrotechnischen Forderungen hinsichtlich des Tropfenspektrums werden nur teilweise eingehalten.

Die Düse 2-1 erfüllt die Anforderungen an das Sprühen, 80 Volumenprozent der Tropfen liegen zwischen 50 - 250 μm , der Feinanteil der Tropfen ist < 2 Volumenprozent.

Die Düsen 2-2 und 3-2 erfüllen die Agrotechnischen Forderungen an das Sprühen nicht.

Bezüglich der Querverteilung wurden für die Brüheaufwandmenge $Q = 10$ l/ha 40 m Arbeitsbreite erreicht. Für die Brüheaufwandmengen $Q = 25$ l/ha, $Q = 50$ l/ha und $Q = 100$ l/ha wurde eine Arbeitsbreite von 30 m nur bei $S\% = 30$ erreicht.

Einen großen Einfluß auf die Querverteilung haben Windstärke und Windrichtung. Bereits geringfügige Veränderungen der Windrichtung haben eine Beeinträchtigung der Qualität der Querverteilung zur Folge.

Auf Grund der großen Windanfälligkeit der Querverteilung können keine höheren Arbeitsbreiten festgelegt werden.

Die während des Einsatzes ermittelten durchschnittlichen Flächenleistungen betragen für die Brüheaufwandmenge 50 l/ha = 62,2 ha/Fh und für 100 l/ha = 38,0 ha/Fh.

Um ein Nachtropfen zu verhindern, ist die ständige Kontrolle der Funktionssicherheit der Rücksaugeinrichtung zwingend vorzuschreiben.

4. Beurteilung

Die Applikationsanlage für Flüssigkeiten zum Hubschrauber Mi-2 ist für die Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln und Mitteln zur Steuerung biologischer Prozesse im Brüheaufwandbereich von 10 bis 100 l/ha einsetzbar.

Hervorzuheben ist die gute Druckdynamik und die Zuverlässigkeit der Applikationsanlage.

Als nachteilig erwiesen sich der Qualitätszustand der für die Prüfung zur Verfügung stehenden Düsen und ein dem Sprühverfahren nur teilweise entsprechendes Tropfenspektrum.

Die Applikationsanlage für Flüssigkeiten zum Hubschrauber Mi-2 ist für den Einsatz in der Landwirtschaft der DDR "geeignet" und vom Institut für Pflanzenschutzforschung Kleinmachnow anerkannt.

Potsdam-Bornim, den 22.11.1983

Zentrale Prüfstelle für Landtechnik

gez. Kuschel

gez. Rump

Institut für Pflanzenschutzforschung Kleinmachnow

gez. Müller

gez. P. Kaul

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 039/10 84 2.0 IV 1 18 1402

Printed in the German Democratic Republic

Druckerei: Salzland-Druckerei Staßfurt