

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. 839

Sprüh- und Spritzeinrichtung W 5-10  
zum Agrarflugzeug PZL 106 A  
Hersteller: WSK Okecie, Warschau



Agrarflugzeug PZL 106 A mit Sprüh- und Spritzeinrichtung

Bearbeiter: Dr. S. Köhler

Dipl.-Ing. J. Wygoda

Dipl.-Ing. A. Rump

DK-Nr. 629.138.9:632.934.001.4

Gr.-Nr. 6 a

Potsdam-Bornim 1980

## 1. Beschreibung

Die Applikationseinrichtung des Agrarflugzeuges PZL 106A ist zum Sprühen und Spritzen öliger Flüssigkeiten und wässriger Brühen im Pflanzenschutz bestimmt.

Die Applikationseinrichtung besteht aus den Hauptbaugruppen

- Chemikalienbehälter aus glasfaserverstärktem Polyester
- Zentrifugalpumpe (über Windrad angetrieben)
- Druckregelmechanismus (bestehend aus Absperr- und Bypaßstromregelventil)
- Filter
- Rohrsystem mit Düsen und Halterungen zur Anbringung an den Tragflächen

Der Vorratsbehälter wird zur Ausbringung von Flüssigkeiten mit Schwallwänden versehen. Die Beladung kann sowohl über die Deckelöffnung als auch über eine gesonderte Fülleitung (C-Rohranschluß) erfolgen.

Aus dem Chemikalienbehälter wird die Flüssigkeit mit einer durch ein Windrad angetriebenen Zentrifugalpumpe zum Druckverteiler, bestehend aus Absperr- und Bypaßstromregelventil, gefördert.

Die Betätigung des Absperrventils (Kugelhahn) erfolgt pneumatisch. Bei geöffnetem Absperrventil gelangt die Flüssigkeit über einen Siebfilter in das Rohrsystem der Applikationseinrichtung.

Die Druckregelung der Applikationseinrichtung erfolgt mit Hilfe eines elektromechanisch steuerbaren Bypaßstromregelventils, wobei die jeweilige Stellung des Bypaßstromregelventils die entsprechende Menge des Brüherücklaufes in den Chemikalienbehälter bestimmt.

Die Pumpenleistung ist abhängig von der Anzahl und dem Einstellwinkel der Windradflügel. Eine Veränderung der Pumpeneinstellung hinsichtlich Windradflügelanzahl und Einstellwinkel ist nur am Boden möglich.

Das Ein- und Ausschalten des Pumpenantriebes erfolgt elektropneumatisch, indem durch eine Scheibenbremse das Windrad gelöst bzw. abgebremst wird.

Der Behälterfüllstand des Chemikalienbehälters kann über eine eingebaute Behälterwaage in der Pilotenkabine abgelesen werden. Zusätzlich sind an der inneren Behälterwandung beginnend bei 400 Liter in je 100 Liter Abständen Markierungen angebracht. Der Applikationsdruck wird an einem Manometer innerhalb der Pilotenkabine angezeigt. Brüheaufwandmenge und Applikationsverfahren werden über die Düsengröße (auswechselbare Düsenplättchen und Drallkörperereinsätze), die Düsenanzahl und den Applikationsdruck geregelt.

### Technische Daten des Agrarflugzeuges PZL 106A:

Triebwerk	PZL - 3 S
Triebwerksleistung	441 kW (600 PS)
Luftschraube	Vierblatt-Ganzmetall
Luftschraubendurchmesser	2,62 m
Gesamtmasse	2800 kg
Leermasse	1650 kg
Nutzmasse	850 kg
Volumen des Chemikalienbehälters	1400 dm <sup>3</sup>
Länge des Flugzeuges	9,10 m
Höhe	3,32 m
Spannweite	14,80 m
nutzbare Tragfläche	ca. 28 m <sup>2</sup>
Arbeitsgeschwindigkeit	140 km/h
Maximalgeschwindigkeit (ohne Avioausrüstung)	230 km/h
Steiggeschwindigkeit	7,5 m/s...2,65 m/s (entsprechend Zuladung)
Startrollstrecke	220 m
Startstrecke	525 m

### Aviochemische Anlage : Sprüh-/Spritzeanlage

Art der Pumpe	Zentrifugalpumpe
Arbeitsdrehzahl	3500 - 6000 min <sup>-1</sup>
zulässige Höchstdrehzahl	10000 min <sup>-1</sup>
zulässige Arbeitsdauer der Pumpe bei leerem Vorratsbehälter	3 Sekunden
Antriebsart der Pumpe	Windradantrieb
Anzahl der Windradflügel	6, 4, 3, 2
Kleinster zulässiger Einstell- winkel der Windradflügel	30°
Maximaldruck	0,8 MPa
Art der Düsen	Lochdüsen
Anzahl	max. 90
Bohrungsdurchmesser der Düsenplättchen	1,4; 2,0; 2,8; 3,2; 4,0; 5,6; 6,8 mm
Drallkörper der Größen	1, 2, 3, 4

## 2. Prüfergebnisse

### 2.1. Funktionsprüfung

#### Volumendurchfluß

Die Ergebnisse der Volumendurchflußmessungen an ausgewählten PEZ-Düsen sind der Tabelle 1 zu entnehmen.

Tabelle 1

#### Volumendurchflußmengen als Funktion des Druckes

Bezeichnung d. Düse	Druck MPa	Volumendurchfluß (Durchschnitt v. 10 Düsen) l/min	maximale Abweichungen vom Mittelwert	
			+ %	- %
W 3/2 1.4 mm	0,3	1,45	6,2	4,8
	0,4	1,67	6,6	4,8
	0,5	1,85	5,4	5,4
	0,6	2,02	6,2	5,2
W 5/1 2.0 mm	0,3	1,69	5,3	5,3
	0,4	1,93	5,7	4,15
	0,5	2,14	7,0	6,6
	0,6	2,33	6,4	5,6
W 5/2 2.0 mm	0,3	2,15	5,6	4,7
	0,4	2,46	6,6	4,3
	0,5	2,76	6,7	4,9
	0,6	3,03	6,3	4,9
W 5/3 2.0 mm	0,3	3,01	8,6	8,3
	0,4	3,48	8,7	8,2
	0,5	3,88	9,1	8,2
	0,6	4,2	8,3	7,6
W 7/1 2.8 mm	0,3	2,33	3,9	4,7
	0,4	2,69	4,1	4,1
	0,5	3,03	4,1	4,1
	0,6	3,32	3,9	4,2
W 7/2 2.8 mm	0,3	3,18	3,7	3,9
	0,4	3,70	3,6	3,1
	0,5	4,13	4,0	3,9
	0,6			
W 7/3 2.8 mm	0,2	3,64	3,6	2,3
	0,3	4,42	3,4	3,0
	0,4	5,09	4,1	3,5
	0,5	5,68	3,6	3,1
W 8/1 3.2 mm	0,3	2,74	5,1	3,3
	0,4	3,18	2,3	3,05
	0,5	3,54	4,5	2,85
	0,6	3,85	3,9	2,9
W 8/2 3.2 mm	0,3	3,83	2,4	4,1
	0,4	4,41	2,0	1,7
	0,5	4,91	3,6	3,2
	0,6	5,39	3,6	2,6
W 8/3 3.2 mm	0,2	4,2	1,2	2,8
	0,3	5,08	1,8	3,1
	0,4	5,92	4,2	2,8
	0,5	6,62	4,5	3,0
W 10/1 4.0 mm	0,3	3,34	4,9	5,6
	0,4	3,86	3,6	5,4
	0,5	4,35	3,9	5,8
	0,6			

Fortsetzung Tabelle 1

Bezeichnung d <sub>0</sub> Düse	Druck MPa	Volumendurchfluß (Durchschnitt v. 10 Düsen) l/min	maximale Abweichungen vom Mittelwert	
			+ %	- %
W 10/2  4,0 mm	0,2	3,85	3,8	3,1
	0,3	4,69	2,7	4,1
	0,4	5,40	2,4	3,4
	0,5	6,03	3,1	3,2
W 10/3  4,0 mm	0,2	5,28	2,0	2,8
	0,3	6,47	1,3	2,1
	0,4	7,43	1,9	2,4
	0,5	8,28	1,4	2,4
W 14/2  5,6 mm	0,2	4,94	4,6	3,1
	0,3	6,08	4,2	2,1
	0,4	7,00	4,2	2,4
	0,5	7,8	4,3	2,1
W 14/3  5,6 mm	0,2	5,05	5,6	4,3
	0,3	7,8	2,6	2,8
	0,4	9,1	1,3	0,5
	0,5	10,2	1,3	0,3

### Nachtropfsicherung

Wie aus der Tabelle 2 sichtbar wird, kann die Forderung nach einer maximalen Nachtropfzeit von 0,5 s eingehalten werden.

Tabelle 2

Düsen-Nachtropfzeiten an der PZL 106A

Düsentyp	Druck	Anzahl der Düsen Stück	nach $\leq$ 0,5 s geschlossene Düsen
	MPa		%
W 5/2	0,6	40	100
W 10/2	0,6	40	100
W 14/2	0,4	40	100

Die Einhaltung der Forderung wurde durch eine sorgfältige Nachkontrolle bei der Fertigung der Düsen Einzelteile beim Hersteller erreicht.

### Druckdynamik

In der Abb. 1 wird der Druckverlauf während der Behälterentleerung im Fluge dargestellt. Durch die Regelungsmechanik mit Elektroantrieb kann der Pilot während des Arbeitsfluges eine stufenlose Druckregulierung vornehmen. Während der Prüfung wurde der vorgegebene Druck nicht korrigiert.

Die Aufbauzeit des Nenndruckes ist eine für hohe Arbeitsgeschwindigkeiten wichtige Größe für die Arbeitsqualität. Sie wird in der Abb. 2 dargestellt.

### Restflüssigkeit

Die ermittelten Werte sind in der Tabelle 3 enthalten.

Tabelle 3

#### Restflüssigkeit im System

Druck MPa	Q l/ha	Restmenge ( $\bar{x}$ bei n = 4)			gesamt dm <sup>3</sup>
		Behälter u. Pumpe dm <sup>3</sup>	Rohrsystem u. Filter dm <sup>3</sup>		
0,6	25	23	24	47	
0,5	50	21	24	45	
0,4	100	18	24	42	

### Überprüfung der Rührwerksfunktion

Als Testflüssigkeit diente eine 5%ige Suspension von bercema Zineb 90.

Betriebsdruck: 0,6 MPa

Umpumpzeit (im Bodenlauf): 5 min

Absetzzeit vor Probeziehung: 10 min

Ergebnisse von 3 Wiederholungen (Proben aus Behältermitte)  
rel.

a) 4,2 %	84
b) 5,1 %	102
c) 6,0 %	120
$\bar{x} = 5,1 %$	102

### Tropfenspektren der Düsen

In der Abb. 3 werden die Tropfenspektren der Düsen W 3/1, W 7/1 und W 5/2 dargestellt. Abb. 4 enthält die Spektren der Düsen W 10/2 und W 14/2, Abb. 5 enthält die Spektren der Düse W 10/3 bei verschiedenen Drücken.

### Querverteilung

Aus dem Prüfprogramm, dessen Ergebnisse nicht im einzelnen dargestellt werden können, sind in den Abbildungen 6 bis 8 die Querverteilungen der wichtigsten Aufwandmengenbereiche veranschaulicht. Über ein EDV-Programm, das die Simulation verschiedener Arbeitsbreiten auf der Basis einer Querverteilungskurve erlaubt, wurden die Variationskoeffizienten ausgewiesen. Grundlage für die Beurteilung ist ein Variationskoeffizient ( $s\%$ ) von 25 %, der mit einer gestrichelten Linie markiert wurde.

Tabelle 4 zeigt die bei  $s\% = 25 %$  erreichten Arbeitsbreiten.

**Tabelle 4**  
**Erreichte Arbeitsbreiten**

Aufwandmenge l/ha	Arbeitsbreite m
3,4	19,9
5	28,7
10	28,3
25	28,2
50	26,8 - 30,4
75	26,0
100	30,3

**Tabelle 5**  
**Zeitnormative**

Teilzeit	Symbol	bezogen auf	erreichter Wert <sup>2)</sup> min	Bemerkungen
Flugzeit <sup>1)</sup>	-	einen Arbeitsflug	24,56	25 l/ha Aufwandmenge 5,5 km Feldentfernung
Fliegen der Wendekurve	T <sub>21</sub>	eine Wendung	1,00	
An-u.Abflug Arbeitsflugplatz - Feld	T <sub>221</sub>	einen Arbeitsflug	3,98	
Aus-u.Anrollen v.bzw.zum Be- ladeplatz	T <sub>222</sub>	einen Arbeitsflug	1,33	
Beladezeit	T <sub>23</sub>	eine Beladung 750 dm <sup>3</sup>	3,54	einschl. An-u.Ab- kupplung d.Brühezu- leitung
Pflege u. Wartung	T <sub>31</sub>	einen Arbeitsflug	7,98	Arbeiten während d. Schicht, die i.d. Bedienanweisung vor- geschrieben sind
Zeit f.d. Be- seitigung v. Störungen	T <sub>4</sub>	einen Arbeitsflug	8,76	T <sub>41</sub> +T <sub>42</sub> +T <sub>43</sub> +T <sub>44</sub>
Zeit f.d. tägl.techn. Wartung	T <sub>7</sub>	einen Arbeitsflug	10,76	Arbeiten vor und nach der Schicht

1) Flugzeit = T<sub>1</sub> + T<sub>21</sub> + T<sub>221</sub>

2) Mittel aus 777 Starts

Tabelle 6Organisationsaufwand

		Aufwendungen bei einer Brühe- aufwandmenge von 25 l/ha	
		je 100 ha	je Flugstunde
Einsatzleitung	AKh	4,7	4,1
	km	37,4	32,3
Befüllung	h	2,25	1,95
Arbeitskräfte	AKh	5,25	4,55
Aufwandmenge	t	2,55	3,0
LKW	h	1,7	1,45
davon Fahranteil	h	0,9	0,65
Transportstrecke	km	25,8	22,3
Transportmasse	t	0,7	0,65
Anhänger	h	1,75	1,5
Transportmasse	t	1,8	1,55

2.2. Einsatzprüfung

Die Einsatzprüfung wurde bei der Bekämpfung der Phytophthora in Kartoffeln vorgenommen. Es wurden zwei PZL 106A in den ACZ Büden und Güterglück (Bezirk Magdeburg) einbezogen.

Tabelle 7 zeigt den während des Einsatzes erreichten Einsatzumfang.

Tabelle 7Einsatzumfang

Bereich	Zeitraum	Einsatz- tage d	Flug- stund. Fh	bearbei- tete Fläche ha	Lei- stung ha/Fh
ACZ Büden	1.7.-24.8.79	41	113,5	9.588	84,5
ACZ Güter- glück	3.7.-23.8.79	38	153,0	13.649	89,2
gesamt		79	266,5	23.237	87,2

Im Einsatzzeitraum traten folgende Schäden und Mängel an der Applikationsanlage auf:

- Das elektromechanisch betriebene Steuerventil, das gleichzeitig als Druckregelventil fungiert, hat beim Einsatz von Suspensionen noch keine genügende Funktionsicherheit (Verkleben, Druckabfall).
- Die Bremsvorrichtung des Windrades unterliegt wegen relativ schwacher Bauausführung einem hohen Verschleiß und führte zu mehreren Störungen. Ein Teil der insgesamt in der Praxis eingesetzten Ma-

schinen mußte zeitweilig ohne Bremsvorrichtung mit ständig laufender Pumpe arbeiten.

- Die Behälterfüllstandsanzeige arbeitet unzuverlässig. Im Interesse einer hohen Arbeitsqualität ist vor allem im unteren Bereich (letztes Viertel der Behälterfüllung) eine wesentlich höhere Genauigkeit erforderlich.
- Der Umrüstungsaufwand (Wechsel von Flüssigkeits- und Feststoffapplikationseinrichtung) beträgt ca. 8 AKh.
- Der Aufwand für die Änderung der Brüheaufwandmengen (Wechsel der Düsenplättchen) ist zu hoch.

### 3. Auswertung

Die Anforderungen der Agrotechnischen Forderungen hinsichtlich Nachtropfsicherung der Düsen, Druckstabilität, Brüherestmenge im System und Rührwerksfunktion werden erfüllt.

Bei der Ermittlung der Durchflussmengen der Düsen wurden Abweichungen gegenüber Angaben des Herstellers festgestellt. Bei den Düsen W3 bis W10 treten geringfügige Abweichungen auf. Größere Düsen weisen besonders bei hohen Arbeitsdrücken stärkere Abweichungen auf. Vom Hersteller sind Korrekturen in den Dokumentationen vorzunehmen.

Bezüglich der Daten des Tropfenspektrums werden im Sprühverfahren die Werte der ATF nicht erreicht. Im Spritzverfahren kommen die erzielten Ergebnisse den Forderungen relativ nahe. Der erreichte Stand wird deshalb akzeptiert.

Es ist ersichtlich, daß der Feinanteil (Tropfen  $< 50 \mu\text{m}$ ) bei allen Düsen mit  $< 1 \%$  gering ist und damit die ATF erfüllt wird. Eine Änderung der Abspritzrichtung der Düsen führte zu keiner wesentlichen Verschiebung im Tropfenspektrum. Die Änderung des VMD beträgt  $< 1 \%$ , auch in den beiden Vol-%-Bereichen müssen die geringen Differenzen nochmals innerhalb der Fehlergrenze liegend betrachtet werden. Eine Verminderung des Druckes um  $0,1 \text{ MPa}$  bei der Düse W 10/3 ruft eine deutliche Erhöhung des Anteiles größerer Tropfen hervor. Eine weitere Reduzierung unter  $0,4 \text{ MPa}$  nach dem Beispiel der Düse W 5/2 läßt eine wesentliche Zunahme des Anteiles von Tropfen  $> 500 \mu\text{m}$  erwarten, so daß sich der Anteil im Spritzbereich ( $150 - 500 \mu\text{m}$ ) wesentlich verkleinert.

In der Qualität der Querverteilung können die für das Spritzverfahren gestellten Ziele als annähernd erreicht angesehen werden. Für das Sprühverfahren, in welchem  $85 \dots 90 \%$  der Behandlungsflächen im Pflanzenschutz bearbeitet werden, ist der gegenwärtige Stand der Entwicklung noch nicht ausreichend.

Einen großen Einfluß auf die Querverteilung haben Windstärke und Windrichtung. Es wurde festgestellt, daß bereits geringfügige Veränderungen der Windrichtung (von 0 auf  $\pm 10^\circ$ ) eine Beeinträchtigung der Qualität der Querverteilung zur Folge haben. Die ungünstigsten Voraussetzungen hinsichtlich der Qualität der Querverteilung liegen bei einem Windwinkel um  $30^\circ$  vor.

Die Ergebnisse von Mehrfachdurchflügen bestätigten die Ergebnisse der Einzelüberflüge.

Die während der Einsatzprüfung ermittelten Flächenleistungen liegen um 30 bis 37 % über der Norm der Z 37. Diese Leistungssteigerung resultiert aus der höheren Zuladung und der um 10 km/h höheren Arbeitsgeschwindigkeit.

Das Agrarflugzeug ist mit einer zuverlässig arbeitenden Behälterfüllstandsanzeige auszurüsten, die auch bei niedrigen Füllständen eine genaue Anzeige gewährleistet.

Der Aufwand für das Wechseln der Applikationsanlage beträgt ca. 8 AKh. Die in der ATF geforderten Werte werden überschritten. Zum Wechsel der Anlage sind mehrere Arbeitskräfte notwendig.

Die begrenzte Zuladung und eine geringe Verfügbarkeit des Agrarflugzeuges schränken die Effektivität des Einsatzes ein.

#### 4. Beurteilung

Die Applikationsanlage für Flüssigkeiten für das Agrarflugzeug PZL-106A dient der Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln und Mitteln zur Steuerung biologischer Prozesse in Getreide, Hackfrüchten, Obst, Gemüse, Hopfen und Forstbeständen im Sprüh- und Spritzverfahren.

Hervorzuheben sind die stufenlose Druckregulierung, die Druckstabilität und die geringen Durchsatzschwankungen.

Die begrenzte Zuladung schränkt den effektiven und ökonomischen Einsatz des Agrarflugzeuges ein.

Als nachteilig erweisen sich die zu geringe Arbeitsbreite, ein dem Sprühverfahren nicht entsprechendes Tropfenspektrum und ein zu hoher Zeitaufwand für die Montage der Applikationsanlage und die Änderung der Aufwandmengen.

Die Applikationsanlage für Flüssigkeiten zum Agrarflugzeug PZL-106A ist für den Einsatz in der Landwirtschaft der DDR "geeignet" und vom Institut für Pflanzenschutzforschung Kleinmachnow anerkannt.

Potsdam-Bornim, den 18.12.1979

Zentrale Prüfstelle für Landtechnik

gez. i. V. Brandt

gez. Rump

Institut für Pflanzenschutzforschung Kleinmachnow

gez. i. V. W. Bär

gez. Köhler

Dieser Bericht wurde bestätigt:

Berlin, den 10. November 1980

gez. S t a p s

Ministerium für Land-, Forst- und  
Nahrungsgüterwirtschaft

Abb.1

PZL 106A, Druckverlauf während des Fluges bei vollem Behälter (800l)

Düse: W5/2, Anz.: 44

Vorgegebener Druck: 3,5 kp/cm<sup>2</sup>

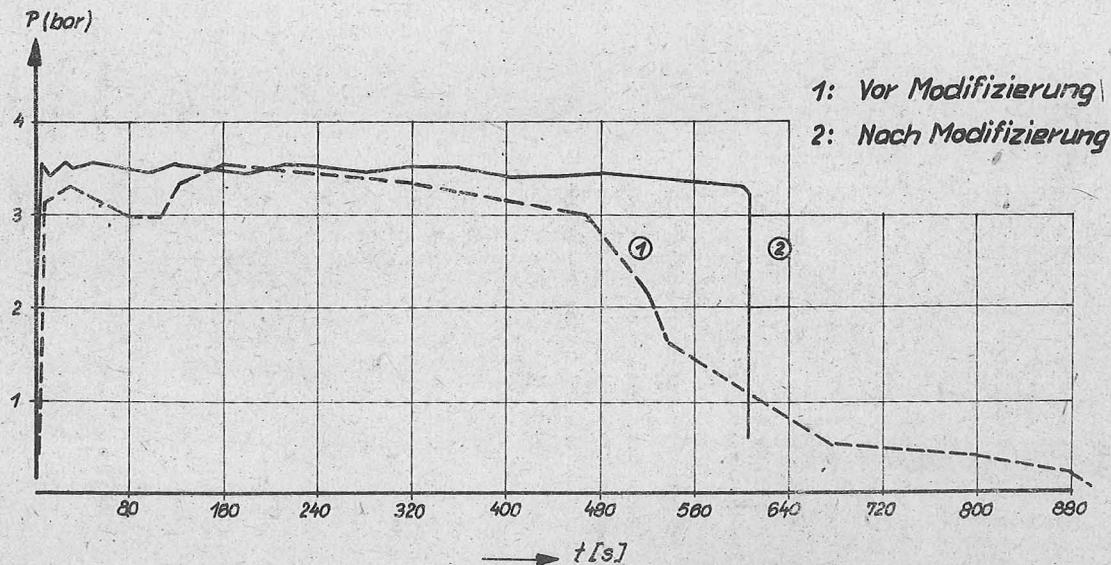


Abb.2

PZL 106A/mod. ;     Aufbauzeit des Nenndruckes

ART

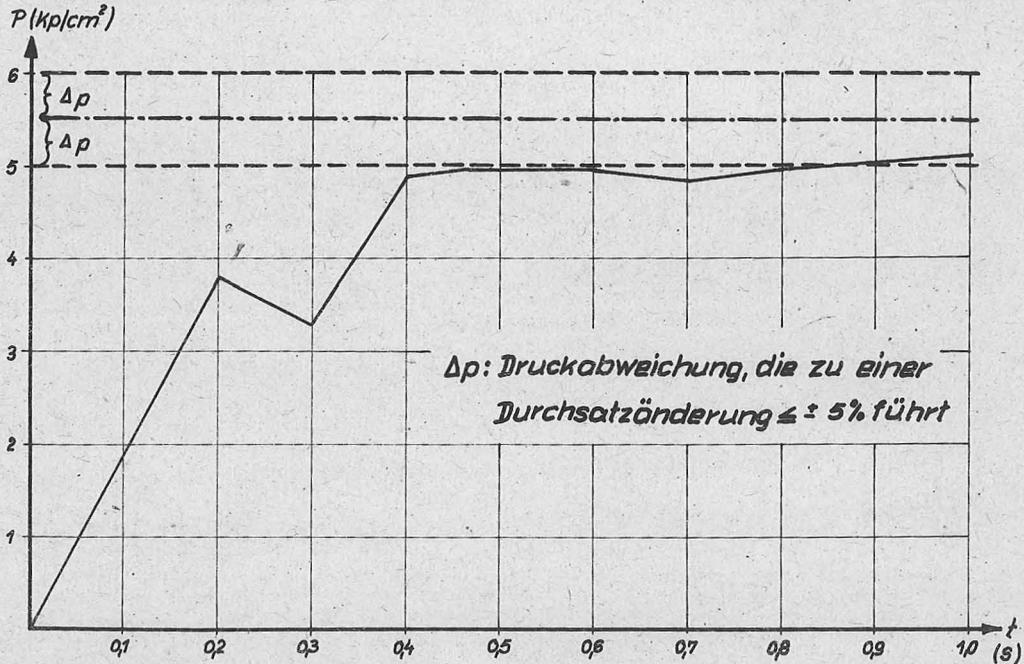


Abb.3

PZL 106A/mod. Tropfenspektren der Düsen W3/1, W7/1 u. W5/2

$h = 2,4 \dots 5,3m$     $v = \sim 140 \dots 156 km/h$    Wind: 1m/s   RF: 65...95 %  
 Temper.: 2,6...18,4 °C

IPF/ART

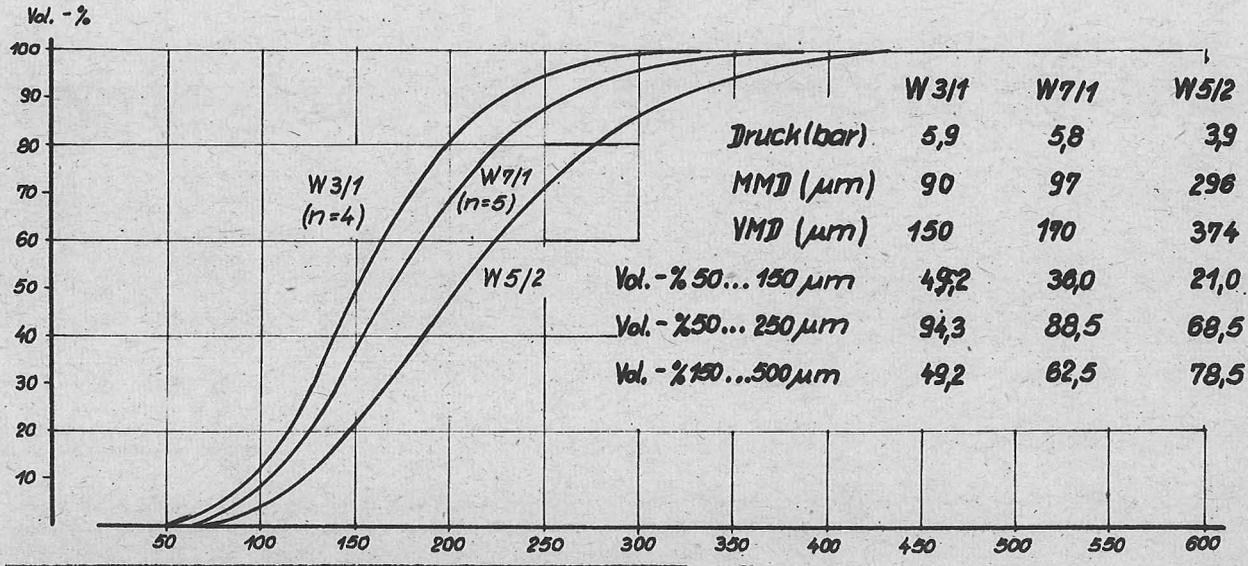


Abb.4

PZL 106A/mod. ; Tropfenspektren der Düsen W10/2 W14/2

$h = 5\text{ m}$  Wind  $0,3 \dots 1,5\text{ m/s}$   $v = 125 \dots 144\text{ km/h}$  RF:  $82 \dots 91\%$  IPF/ART

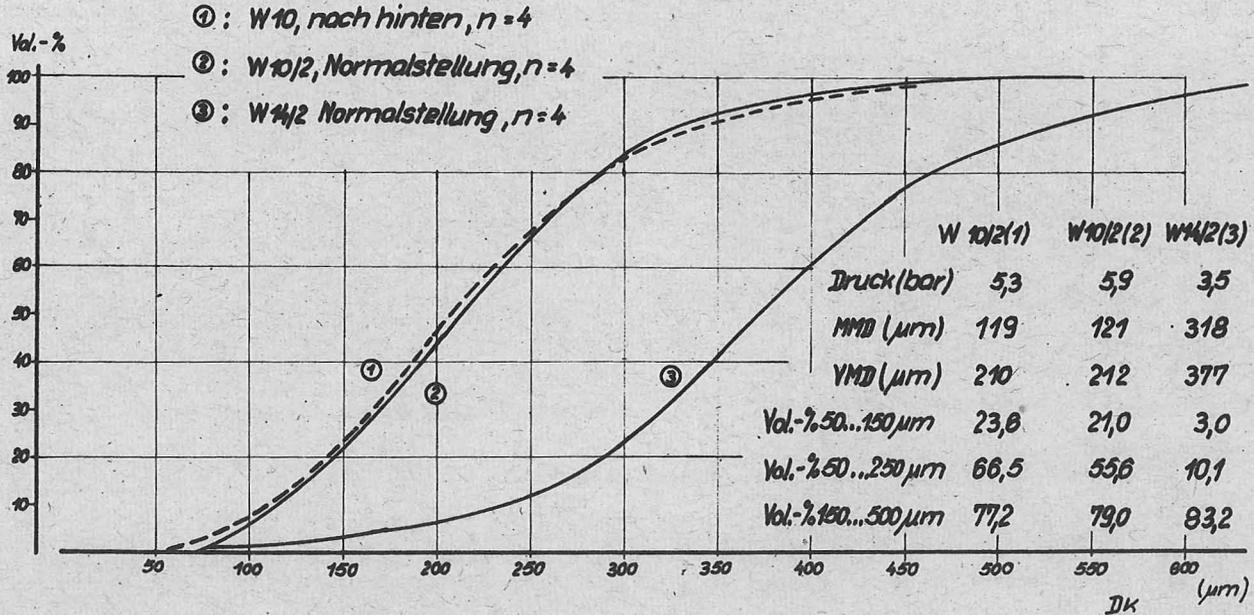


Abb.5

PZL 106A/mod.; Tropfenspektren der Düse W 10/3

$h=5m$  Wind  $0,5...2,0m/s$   $v=140...152 km/h$  RF:

① W 10/3, 5,9 bar ( $n=2$ )

② W 10/3, 4,9 bar ( $n=5$ )

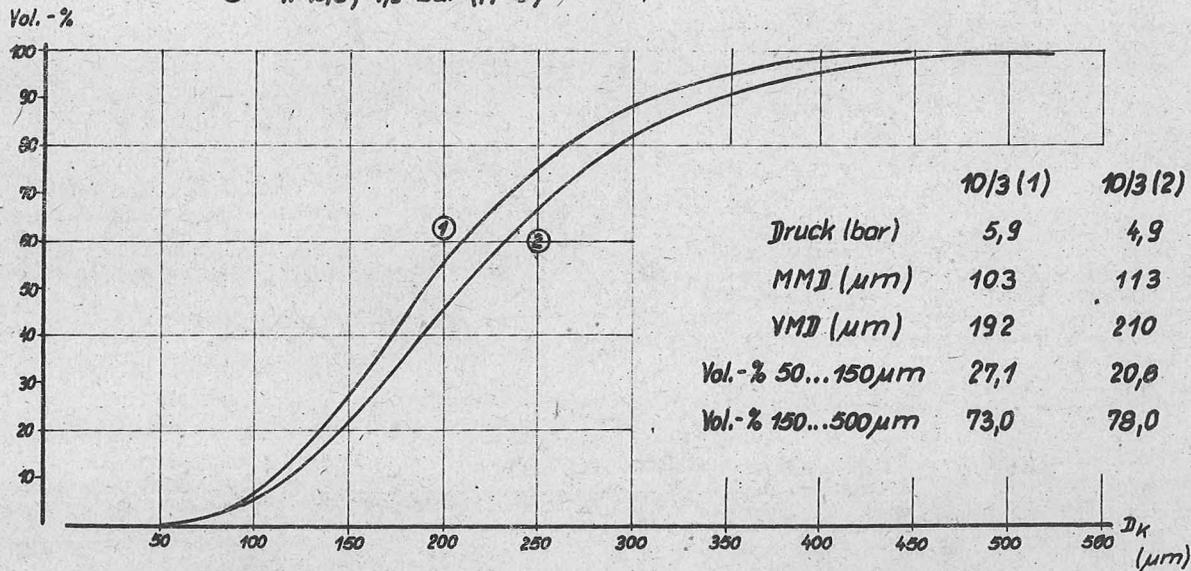


Abb.6

Querverteilung PZL 106 A/mod.

ART, IPF

Q = 10 l/ha Düse W 3/1 (x 44 Konf.: I/7 (ART); 10/1 (IPF); 10/6 IPF

h: ~ 5,5 m Wind: 0,2 m/s  
-10... +15°

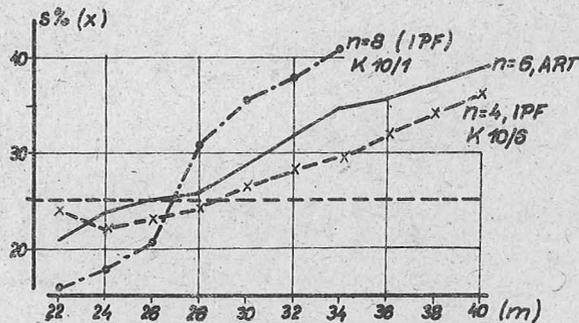
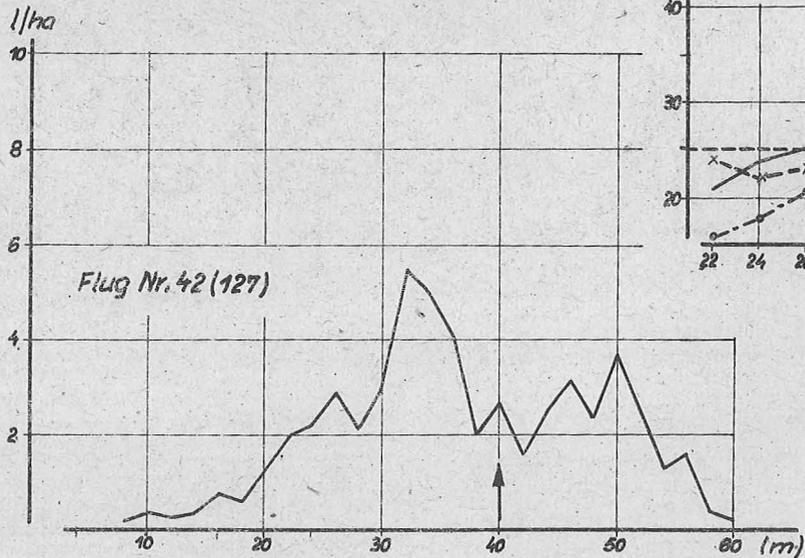
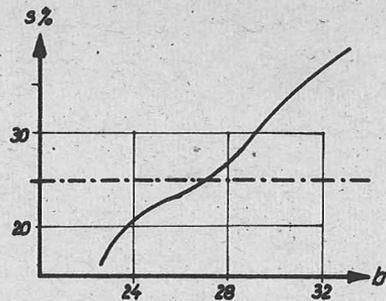
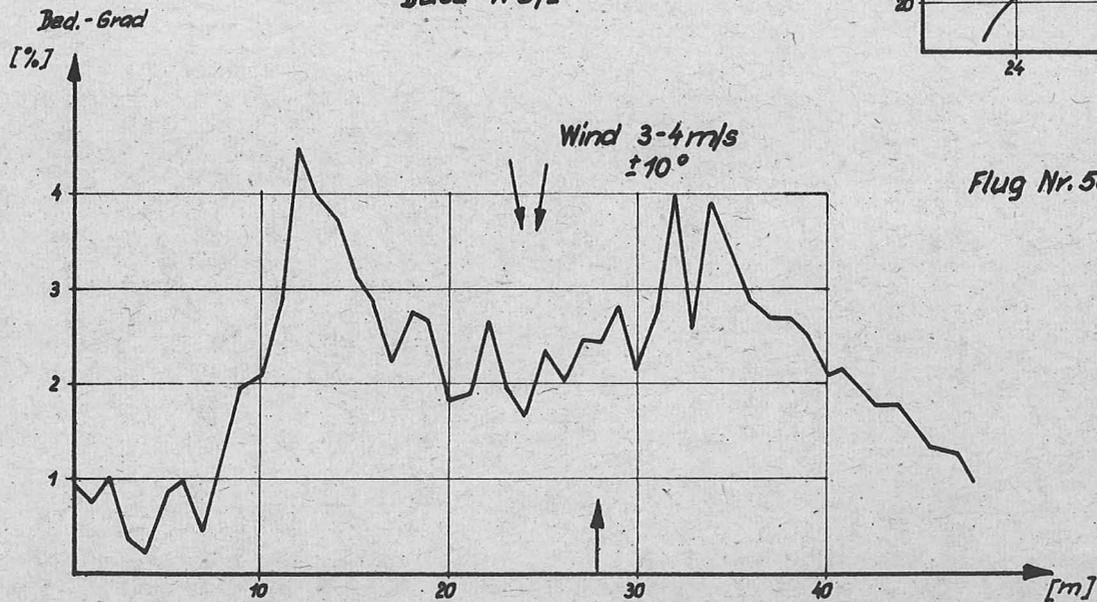


Abb.7

Querverteilung PZL 106 A/mod.

$Q = 2,5 \text{ l/ho}$     $v = 140 \text{ km/h}$     $h = 5 \text{ m}$

Düse W 5/2



Flug Nr. 56

**Abb.8** Querverteilung PZL 106A/mod.

$Q = 50 \text{ l/ha}$  Düse: W14/2 (x52) Konfig. 50/2 (IPF)

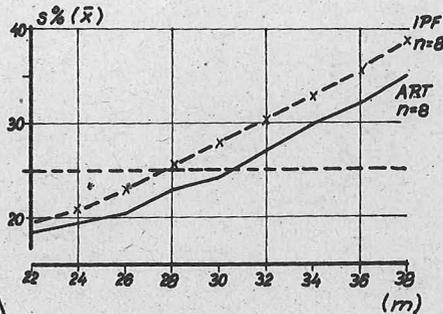
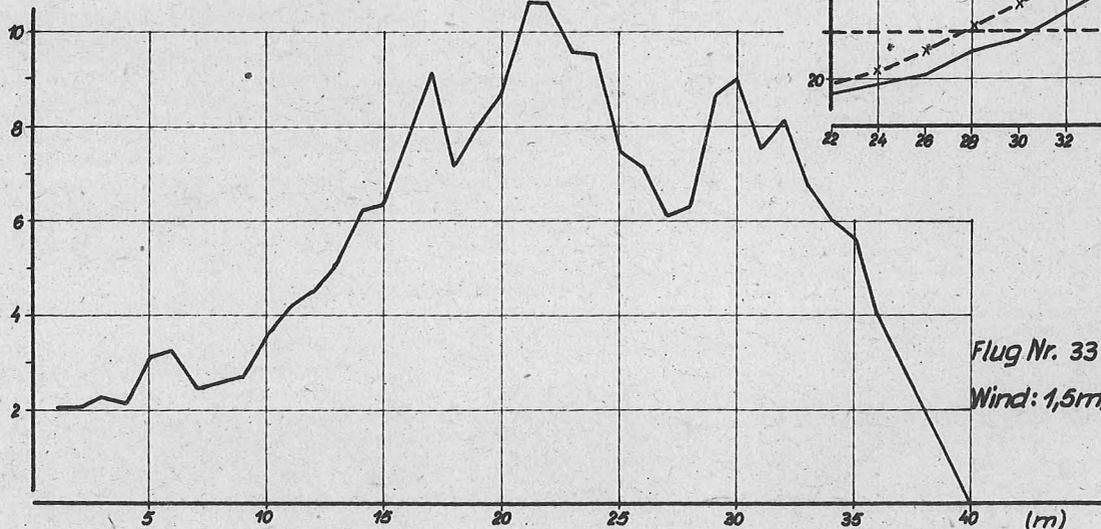
Düse: W10/2 (x51) Konfig. 50/17 (ART)

$h = 5 \text{ m}$  Wind: 1,0... 4 m/s ( $\bar{x}$ /PF)

0,5... 1,5 m/s ( $\bar{x}$  ART)

IPF, ART

Deck-Grad  
(%)



Flug Nr. 33 (IPF)

Wind: 1,5 m/s, +10°

SG 039-16-81-3.0 IV 1 18 1078