

Deutsche Demokratische Republik  
Staatliches Komitee für Landtechnik und MTV  
ZENTRALE PRÜFSTELLE FÜR LANDTECHNIK POTSDAM-BORNIM  
Landmaschinen-Institut der Friedrich-Schiller-Universität Jena

## Prüfbericht Nr. 493

### Streueinrichtung des Flugzeuges An-2 (UdSSR)



Streueinrichtung des Flugzeuges An-2 (UdSSR)

Bearbeiter: Dr. R. Brandt

DK Nr. 629.138.9 631.333.9.001.4

L. Zbl. Nr. 5120 c

Gr. Nr. 4 a

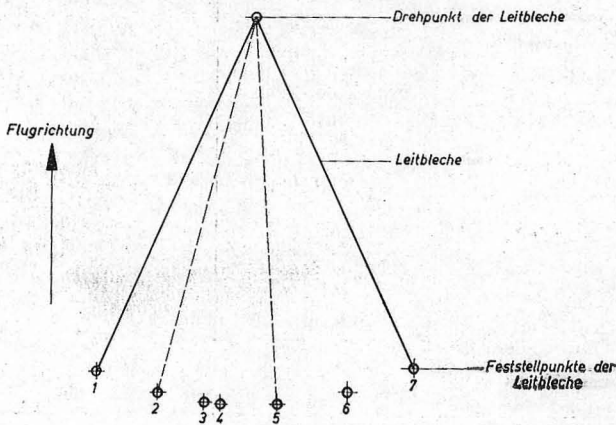
## Beschreibung

Die Streueinrichtung des Flugzeuges An-2 dient zum Ausbringen von Mineraldüngemitteln und Pflanzenschutz-Stäubemitteln. Das Düngemittel gelangt aus dem Chemikalienbehälter auf einen Dosierteller, der sich in einem Deflektor befindet. Das Düngemittel wird von der im Deflektor herrschenden Luftströmung in einem sich verbreiternden Schleier weiterbefördert und dann in einem Streifen abgelegt.

Der Chemikalienbehälter befindet sich im Rumpf des Flugzeuges, während Dosiervorrichtung und Deflektor an der Unterseite des Rumpfes angebracht sind.

An der Streueinrichtung sind folgende Einstellmöglichkeiten vorhanden:

- Einstellen der Mengenleistung durch Verstellen des Abstandes zwischen Behälterauslauf und Dosierteller. Der Abstand (siehe Abb. 2) wurde gemessen und in mm angegeben.
- Einstellen der Mengenleistung durch Verdrehen der beiden Scheiben des Dosiertellers gegeneinander, dadurch werden im Dosierteller Öffnungen freigegeben. Sämtliche Versuche wurden mit völlig geöffnetem Dosierteller geflogen.
- Verstellen der im Deflektor befindlichen Leitbleche, dadurch werden die verschiedenen Teile des Deflektors unterschiedlich mit Dünger versorgt. Die Einstellung der Leitbleche wurde durch Zahlen gekennzeichnet (siehe Abb. 1).



Schema der Einstellung der Leitbleche  
(Draufsicht des Deflektors)

ausgezogen: Leitblecheinstellung 1:7  
gestrichelt: Leitblecheinstellung 2:5

Abb. 1

Die weiteste Stellung der Leitbleche wurde mit 1:7 bezeichnet, die engste mit 3:4.

Im Originalzustand ist der Deflektor an seiner Unterseite verschlossen. Nach einem Verbesserungsvorschlag der Interflug wurden jedoch die Originaldeflektoren insofern geändert, als ein  $395 \times 460$  mm großer Ausschnitt aus dem Boden des Deflektors herausgenommen und unter einem Winkel von  $7^\circ$  angestellt wurde. Dadurch sollte eine zusätzliche Luftströmung in den Deflektor gelangen, die verhindert, daß Düngermassen unter der Austrittsöffnung des Chemikalienbehälters im Deflektor liegen bleiben. Dieser Deflektor wird in den folgenden Ausführungen als „Original-Deflektor“ bezeichnet. Er wurde sowohl im Originalzustand, d. h. ohne zusätzliche Öffnung im Boden (Bodenblech „gerade“) als auch in der von der Interflug abgeänderten Form (Bodenblech „schräg“) untersucht.

In die Untersuchungen wurde ferner ein vom Stützpunkt Magdeburg der Interflug abgeänderter Deflektor einbezogen, der in den folgenden Ausführungen als „Deflektor Magdeburg“ bezeichnet wird.

Dieser Deflektor unterscheidet sich von dem serienmäßig hergestellten Deflektor dadurch, daß die an der Vorderseite des Deflektors vorhandenen abgerundeten Kanten spitz ausgeführt wurden. Auf diese Weise wird die Einströmöffnung des Deflektors von  $17,9 \text{ dm}^2$  auf  $21,3 \text{ dm}^2$  (also um 19 %) vergrößert.

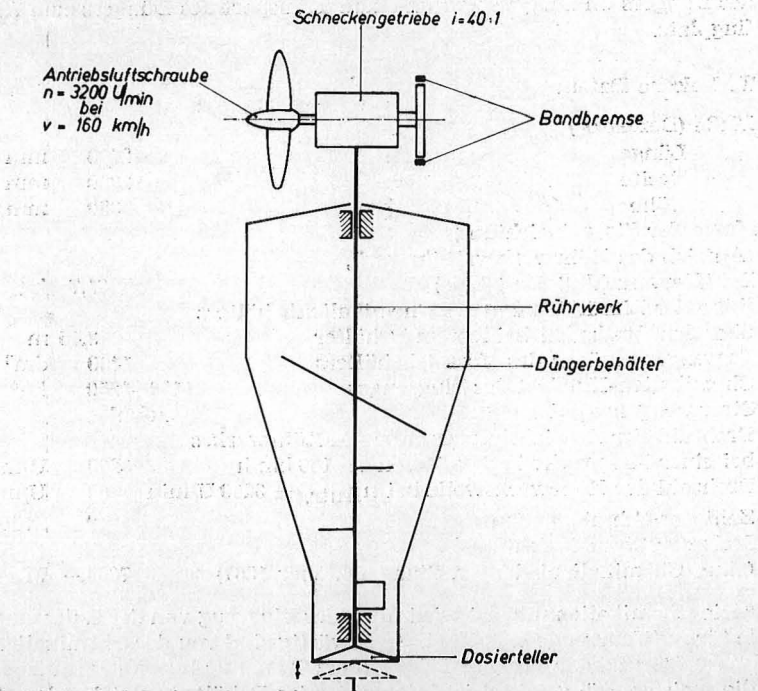


Abb. 2

Das im Chemikalienbehälter befindliche Rührwerk sowie der Dosierteller werden von einem Windrad über ein Schneckengetriebe angetrieben. Das Antriebsschema geht aus Abb. 2 hervor. Da sich das Originalrührwerk mit federnden Rührarmen in der Praxis nicht bewährt hatte, wurde zu den Versuchen ein vom Landmaschinen-Institut Jena entwickeltes Rührwerk mit starren Rührarmen verwendet. Mit diesem Rührwerk wurden seit dem Jahre 1964 alle in der DDR eingesetzten Flugzeuge des Typs An-2 ausgerüstet.

Die organisatorischen Voraussetzungen für das Streuen von Düngemitteln mittels Flugzeugen sind in TGL 80-21650 und TGL 80-21652 festgelegt.

Zum Beladen der Flugzeuge mit Düngemitteln werden der selbstfahrende Lader T 172 bzw. der Mobilkran T 174 verwendet. Beide Lader werden dazu mit einem vom Flugzeughalter bereitzustellenden Beladesack (Fassungsvermögen ca. 1000–1200 kg) ausgerüstet, der während der Abwesenheit des Flugzeuges zum Arbeitsflug von Hand gefüllt wird.

Ein reibungsloser Antransport des Düngers und ein möglichst gut mechanisiertes Beladen wirken sich auf die Flächenleistung des Flugzeuges günstig aus.

Außer den 3 AK der Interflug (Pilot, Bordmechaniker, Stationsmechaniker) sind 2 AK als Signalisten sowie 4–5 AK zum Beladen des Flugzeuges erforderlich. Hinzu kommen noch Arbeitskräfte zum Aufbereiten bzw. Aufladen des Düngers im Düngerlager und zum Transport des Düngers zum Arbeitsflugplatz.

#### Technische Daten:

Maße (Deflektor)		
Länge	2400	mm
Breite	2850	mm
Höhe	380	mm
Masse der Streueinrichtung (Antrieb des Rührwerkes, Rührwerk, Behälterverschluss, Deflektor)	61,7	kg
Höhe der Einfüllöffnung des Chemikalienbehälters über dem Erdboden bei leerem Behälter	3,45	m
Fassungsvermögen des Vorratsbehälters	1400	dm <sup>3</sup>
Chemikalien-Nutzlast des Flugzeuges	1150–1250	kg*
Stromengenregulierung	stufenlos	
Drehzahl der Antriebsluftschraube des Rührwerkes bei einer Fluggeschwindigkeit von $v=160$ km/h	3200	U/min
Drehzahl der Rührwerkswelle bei $n_{\text{Antr.}} = 3200$ U/min	80	U/min
Zahl der Schmierstellen	2	Stück
Preis der Streueinrichtung (ohne Chemikalienbehälter, Stand Oktober 1967)	7600,-	M

\* Die Chemikaliennutzlast wird für jedes Flugzeug von der Zulassungsstelle für Luftfahrzeuge festgelegt, gegenwärtig sind von der Chemikaliennutzlast auf Grund der Tragkraft des Laders T 172 nur 1000 kg ausnutzbar. Für die meisten Düngemittel ist infolge des im Behälter entstehenden Schüttkegels mit einer maximalen Behälterfüllung von ca. 1100 kg zu rechnen.

## Prüfung

### Funktionsprüfung

Im Rahmen der Funktionsprüfung wurde der Einfluß verschiedener Einstellungen des Deflektors auf die Streugenauigkeit über die Arbeitsbreite untersucht.

Durch Verteilungsmessungen auf dem Felde wurde die Streugenauigkeit über die Arbeitsbreite von Kalkammonsalpeter, Schwefelsaurem Ammoniak, Harnstoff und einem Gemisch von Kali (40 %) und Superphosphat im Verhältnis 1:1 gemessen.

In Tabelle 1 sind die Mengenleistungen bei verschiedenen Einstellungen des Dosiertellers und den verwendeten Düngemitteln zusammengestellt.

In der Tabelle 2 sind neben den Einsatzbedingungen der Funktionsprüfung die Ergebnisse einiger charakteristischer Messungen der Streugenauigkeit über die Arbeitsbreite aufgeführt.

Die Fluggeschwindigkeit betrug bei den Untersuchungen 160 km/h, wobei immer gegen die Windrichtung geflogen wurde.

Tabelle 1

### Mengenleistung der Streueinrichtung

Düngemittel	Feuchtigkeit %	Einstellung des Dosiertellers mm	Anzahl der Messungen	Mengenleistung	
				Mittelwert kg/s	Streubereich kg/s
Original-Deflektor					
Kalkammonsalpeter	3,45	25	8	9,62	9,00 ... 10,21
Schwefels. Ammoniak	0,93	25	8	10,95	8,91 ... 13,08
Harnstoff	6,55	25	8	7,35	6,54 ... 8,41
Kali-Superphosphat (1 : 1)	8,25	70*	4	23,93	23,10 ... 24,31
Kali-Superphosphat (1 : 1)	8,25	50	3	20,03	19,50 ... 20,59
Deflektor „Magdeburg“					
Kalkammonsalpeter	3,45	25	2	10,71	10,17 ... 11,25
Schwefels. Ammoniak	0,98	25	2	11,89	10,45 ... 13,33
Kali-Superphosphat (1 : 1)	8,25	70	3	25,75	25,40 ... 26,43
Kali-Superphosphat (1 : 1)	10,08	70	3	17,90	15,00 ... 20,00
Kali-Superphosphat (1 : 1)	10,08	50	3	16,22	14,20 ... 17,50

\* maximal möglicher Abstand zwischen Behälterauslauf und Dosierteller

9 Tabelle 2

Einsatzbedingungen der Funktionsprüfung, Streuung (mittl. quadr. Abweichung) der Einzelwerte und maximale Abweichungen vom Mittelwert bei verschiedenen Düngemitteln

Nr. Düngemittel und Feuchtigkeit	Einstellung			Flug- höhe	Wind- geschw.	Arbeits- breite	Streu- menge	Streuung		max. Abweichungen		
	Boden- blech	Leit- bleche <sup>3)</sup>	Dosier- teller <sup>4)</sup>					± kg/ha	± %	+ %	- %	
<hr/>												
Original-Deflektor												
1 Kalkammon-	g <sup>1)</sup>	3 : 4	25	6,2	0	10	197,8	37	18,69	39,1	24,1	
2 salpeter	s <sup>2)</sup>	2 : 5	25	6,2	0,5	11	157,3	39	24,89	50,5	36,4	
3 (3,45 %)	g	2 : 5	25	6,0	1,0	10	198,1	51	25,68	42,6	34,9	
4	s	3 : 4	25	5,5	0	13	143,4	40	25,18	41,7	44,7	
5 Schwefels.	s	3 : 4	25	4,8	0,5	10	333,2	63	18,96	22,3	22,9	
6 Ammoniak	g	3 : 4	25	6,5	1,5	12	176,2	37	21,12	28,7	39,0	
7 (0,93 %)	s	2 : 5	25	6,1	2,0	11	216,4	49	22,71	43,9	28,1	
8	g	2 : 5	25	5,5	2,5	11	181,6	40	22,18	37,7	25,7	
9 Harnstoff	s	2 : 5	25	5,0	2,5	8	112,0	27	24,80	44,2	39,1	
10 (6,55 %)	s	3 : 4	25	4,5	0	8	137,0	35	25,75	44,2	24,1	
11 Kali-Super-	s	2 : 5	70	5,8	3,5	12	600,2	70	33,80	49,1	43,1	
12 phosphat (1 : 1)	g	3 : 4	70	6,4	2,0	10	604,9	159	26,40	42,7	38,8	
13 (8,25 %)	g	2 : 5	70	5,8	2,0	8	708,4	217	30,32	48,7	36,2	
14	s	2 : 5	50	6,0	2,5	13	350,7	82	23,27	36,9	39,7	
15	g	2 : 5	50	6,7	2,5	12	459,6	150	32,58	49,0	36,4	
Deflektor „Magdeburg“												
16 Kalkammon-	s	2 : 5	25	6,6	1,5	15	232,4	68,8	29,61	45,1	22,1	
17 salpeter (3,45 %)	g	2 : 5	25	7,0	1,5	15	258,0	47,2	19,07	49,8	47,8	
18 Schwefels. Amm.	s	2 : 5	25	8,3	1,0	14	256,8	47,6	18,55	24,6	36,2	
19 (0,98 %)	g	2 : 5	25	9,0	0,5	13	323,6	90,0	27,76	44,6	43,2	
20 Kali-Superphosph.	g	2 : 5	70	5,8	2,0	11	680,8	138,0	20,27	37,4	38,9	
21 (1 : 1) (10,08 %)	s	2 : 5	70	6,0	3,0	11	708,8	141,6	19,98	36,9	35,7	
22	g	2 : 5	50	7,5	2,0	13	316,8	49,6	15,67	37,7	15,4	
23	s	2 : 5	50	8,0	1,0	8	476,5	106,8	22,39	46,1	21,1	

<sup>1)</sup> Bodenblech „gerade“ (Originalzustand, S. 3)

<sup>2)</sup> Bodenblech „schräg“ (s. S. 3)

<sup>3)</sup> Leitblecheinstellung (s. S. 2)

<sup>4)</sup> Einstellung des Dosiertellers (s. S. 2)

Die Abbildungen 3–6 (Original-Deflektor) und 7–9 (Deflektor „Magdeburg“) zeigen charakteristische Verteilungen des Düngers über die Arbeitsbreite. Der Verrechnung der Meßergebnisse wurde das Webschützenverfahren zugrundegelegt.

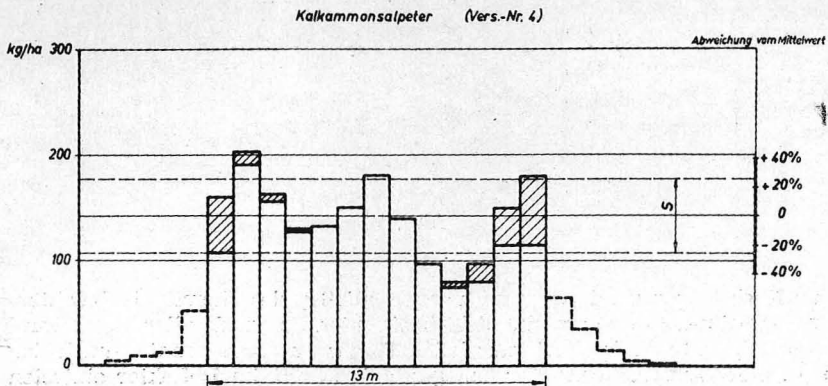


Abb. 3

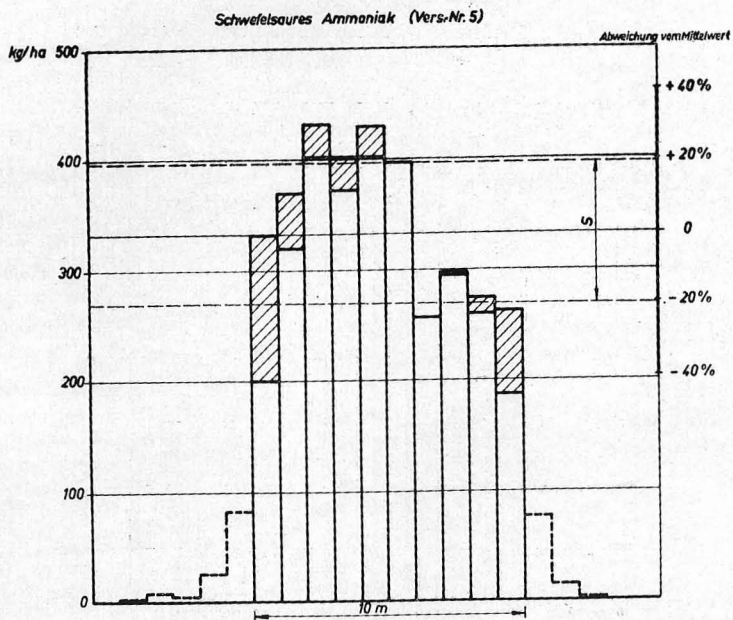


Abb. 4

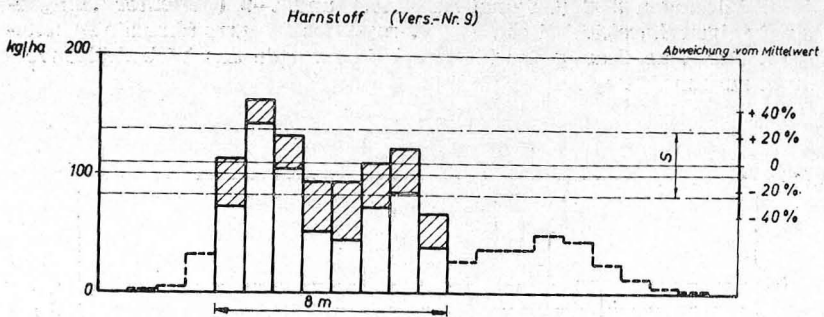


Abb. 5

Ein Nachstreuen von Dünger nach dem Schließen des Chemikalienbehälters wurde während der Versuche nicht beobachtet. Es wurde allerdings darauf geachtet, daß sich im Deflektor kein Dünger ansetzen konnte, durch den evtl. eine Verminderung der Luftgeschwindigkeit im Deflektor eintreten könnte.

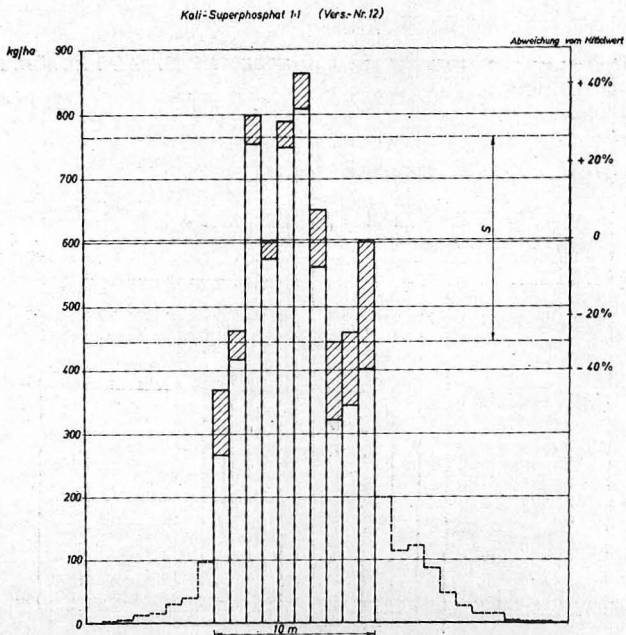


Abb. 6



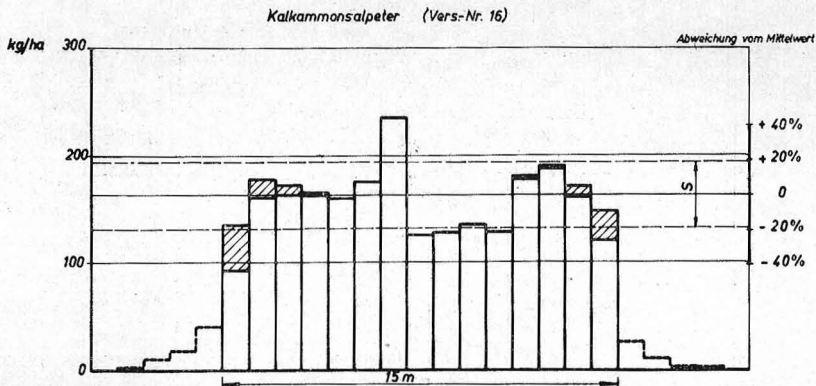


Abb. 7

Die Auswertung von Ergebnissen aus Zeitstudien, die von der Interflug im Jahre 1964 zur Verbesserung der Beladetechnologie durchgeführt wurden, ergab eine Flächenleistung (Beladen mit Lader T 172, Aufwandmenge 500 kg/ha, Düngemittelzuladung 1000 kg) von 21,4 ha je Flugstunde (Flugstunde = 1 Stunde Flugzeit, Flugzeit = Grundzeit  $T_1$  + Wendezeit  $T_{21}$  + An- und Abflugzeit  $T_{23}$ ). Bezogen auf die Gesamtzeit  $T_{07}$  (einschl. Beladen) betrug die Flächenleistung 13,0 ha/h.

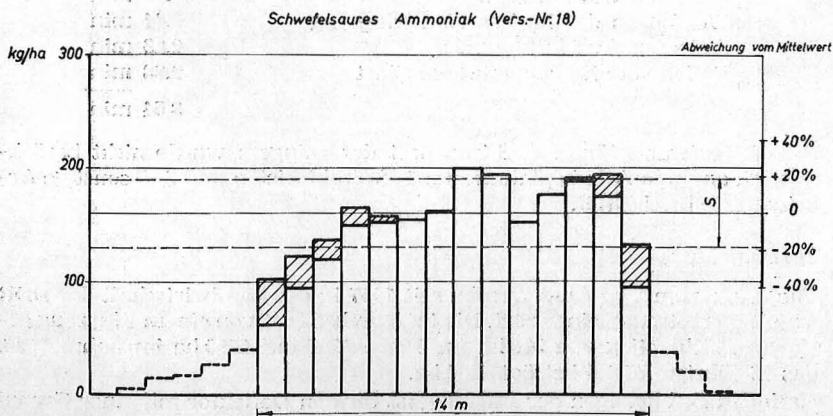


Abb. 8

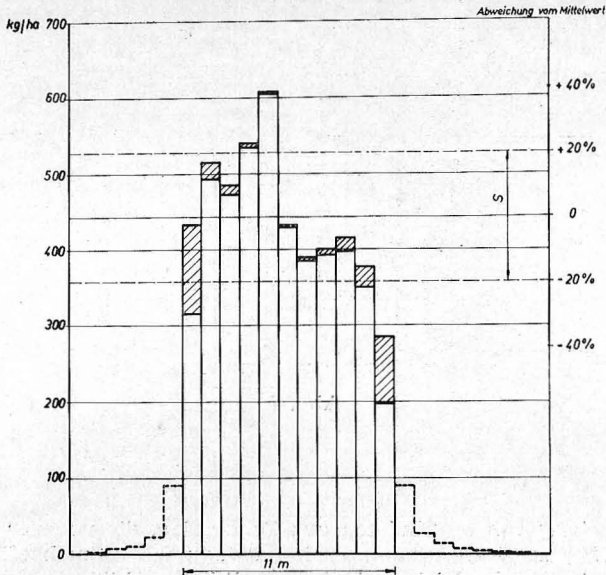


Abb. 9

Der Zeitaufwand für das Beladen des Flugzeuges mit 1000 kg Dünger betrug im Mittel (von der Landung bis zum Start) 3,54 min. Diese Zeit setzt sich aus folgenden Arbeitsschritten zusammen:

Rollen vom Lande- zum Beladepplatz	0,99 min
Anfahren des Laders zum Flugzeug	0,59 min
Einfüllen des Düngers	1,00 min
Wegfahren des Laders vom Flugzeug	0,44 min
Anlassen des Flugzeuges	0,29 min
Rollen vom Beladepplatz zum Start	0,23 min
	<hr/>
	3,54 min

Der Zeitaufwand für den Abtransport des Düngers wurde nicht berücksichtigt, auf dem Arbeitsplatz waren 1–2 Traktoristen und 3–5 sonstige Arbeitskräfte beschäftigt.

### Einsatzprüfung

Flugzeuge vom Typ An-2 werden seit 1957 in der Landwirtschaft der DDR zum Düngerstreuen eingesetzt. Die im Durchschnitt von einem Flugzeug gedüngte Fläche stieg von 500 ha im Jahre 1957 auf 6900 ha im Jahre 1966, das 10-jährige Mittel beträgt 4200 ha.

Nach den Erfahrungen der Interflug ist für den Deflektor mit einer Grenznutzungsdauer von 2 Jahren (dies entspricht etwa 10 000–12 000 ha) zu rechnen.

Die Streueinrichtung hat zwei Pflegestellen, von denen eine täglich, die andere nach 100 Flugstunden zu versorgen ist. Der Deflektor ist täglich zu reinigen, eine gründliche Reinigung ist während der festgelegten Kontrolle nach 100 Flugstunden („100 h-Kontrolle“) im Stützpunkt der Interflug vorzunehmen.

Eine Bedienungsanleitung ist nicht vorhanden. Von der Technischen Leitung des BT Wirtschaftsflug der Interflug wurden daher verbindliche Vorschriften für die Bedienung, Pflege und Wartung der Streueinrichtung ausgearbeitet.

### Auswertung

Die Streueinrichtung des Flugzeuges An-2 ist zum Ausbringen von Düngemitteln zu verwenden. Beim Einsatz sind die Festlegungen der Fachbereichsstandards TGL 80-21650 zu beachten. Die Streugenauigkeit über die Arbeitsbreite liegt beim Streuen von Kalkammonsalpeter bei Arbeitsbreiten von 10–13 m bei einer mittleren quadratischen Abweichung von  $\pm 18,7$  bis  $25,7\%$ . Bei Schwefelsaurem Ammoniak liegen die Arbeitsbreiten zwischen 10–12m, die mittlere quadratische Abweichung liegt zwischen ca.  $\pm 19$  und  $22,7\%$ . Diese Arbeitsbreiten stellen die von der Streugenauigkeit her noch vertretbare obere Grenze dar. Wenn mit kleineren Arbeitsbreiten Dünger gestreut wird, wird die Streugenauigkeit im allgemeinen besser.

Bei Harnstoff ergeben sich unter Zugrundelegung des gleichen Bewertungsmaßstabes Arbeitsbreiten von 8 m bei mittleren quadratischen Abweichungen von  $\pm 24,8\%$ .

Beim Gemisch von Kali und Superphosphat betragen die Arbeitsbreiten 8–13 m, die Streugenauigkeit über die Arbeitsbreite ist hierbei schlechter als bei den untersuchten Stickstoffdüngemitteln. Sie liegt aber mit  $\pm 23,3$ – $33,8\%$  im wesentlichen innerhalb der für P- und K-Düngemittel mit  $\pm 30\%$  festgelegten Grenzen. Allgemein kann festgestellt werden, daß die Arbeitsbreite der Mengenleistung umgekehrt proportional ist.

Wesentliche technische Mängel bestehen an der Streuvorrichtung nicht. Der Aufwand für Pflege und Wartung ist gering.

Innerhalb des Maschinensystems „Düngung“ nimmt das Flugzeug eine Sonderstellung ein. Seine Verwendung ist von der Erfüllung der in den TGL 80-21650 und 80-21652 festgelegten Voraussetzungen abhängig. Die Einsatzmöglichkeit im hängigen Gelände kann nicht beurteilt werden.

Desgleichen ist es auf Grund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse nicht möglich, eine ökonomische Einschätzung des Düngerstreuens mit dem Flugzeug An-2 vorzunehmen.

Die Bezahlung der Leistungen wird durch die Anordnung Nr. 3 über den Tarif für den Flugzeugeinsatz in der Landwirtschaft vom 8.10.1968 (GBl. II, 1968; S. 886) geregelt. Diese Kosten sind für die Landwirtschaft vertretbar. Zusätzlich zum Tarif zahlt die Landwirtschaft die Kosten für den Antransport der Düngemittel, für die Befüllung des Flugzeuges und für die Signalisation.

## Beurteilung

Die Streueinrichtung des Flugzeuges An-2 ist zum Streuen von Mineraldünger zu verwenden.

Die Vorteile der Streueinrichtung ergeben sich aus den Vorzügen des Flugzeuges gegenüber Bodenmaschinen (z. B. große Schlagkraft, Unabhängigkeit vom Bodenzustand und Pflanzenbestand). Als Nachteile sind die Witterungsabhängigkeit (in erster Linie Windstärke und Windrichtung) in Kauf zu nehmen.

Die Streueinrichtung des Flugzeuges An-2 ist bei exakter Einhaltung der Flugtechnik und Verwendung geeigneter Düngemittel für den Einsatz in der Landwirtschaft der DDR „geeignet“.

Potsdam-Bornim, den 22. 1. 1968

Zentrale Prüfstelle für Landtechnik Potsdam-Bornim

Landmaschinen-Institut der Friedrich-Schiller-Universität Jena

gez. Gätke

gez. Brandt

Dieser Bericht wurde bestätigt:  
Staatliches Komitee für Landtechnik  
und MTV, der Vorsitzende

Berlin, den 25. 6. 1968, gez. Seemann

---

Herausgeber:

Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin  
Institut für Mechanisierung der Landwirtschaft Potsdam-Bornim

III/20/5 Ag 505/70