

Untersuchung über pneumatische Düngerstreuer

E. Irla

1. Einleitung

In den letzten zwei Jahren wurden an der FAT Untersuchungen mit neuen pneumatischen Düngerstreuern durchgeführt. Diese Untersuchungen, die in Anlehnung an die OECD-Richtlinien erfolgten, bezweckten eine Ueberprüfung der Düngerstreuer Accord PAS und Nodet DP-9 in bezug auf Eignung und Streuqualität beim Ausbringen von landesüblichen Düngersorten. Um die Streugenauigkeit zu beurteilen, wurden die gleichen Anforderungen wie für die übrigen Düngerstreuer-Arten gestellt. Das heisst, Abweichungen vom Mittelwert in der Düngerverteilung über die effektive Arbeitsbreite (inkl. Ueberlappung) sollen nicht über ± 10 bis 15% hinausgehen. Der erste Wert soll besonders bei den Stickstoff-Düngern nicht überschritten werden, da sonst unerwünschte Unterschiede im Pflanzenwachstum und in der Entwicklung (Streifenbild) auftreten können.

2. Bauart und Arbeitsweise

2.1 Der Düngerstreuer Accord PAS mit pneumatischem Streusystem ist für gekörntes Streugut bestimmt. Er besteht im wesentlichen aus einem Anbaurahmen mit dreieckiger ACCORD-Schnellkupplung, einem trichterförmigen Düngerbehälter, einem Fördergebläse mit Verteilvorrichtung sowie einem dreiteiligen Streurahmen mit acht Streudüsen und einfachen Prallplatten. Die äusseren Rahmentheile sind mit je einer Ueberlastsicherung ausgerüstet und werden für den Transport nach vorne geklappt. Das Gebläse wird von der Traktorzapfwelle über Gelenkwelle und Keilriemenscheiben (acht Keilriemen) angetrieben.

Die Arbeitsweise: Der durch das Sieb (oberer Teil des Behälters) aufgefüllte Dünger gelangt unter Mitwirkung des Rührwerkes und des vorhandenen Vakuums durch zwei Auslauföffnungen (Dosieröffnungen) in den Luftstrom des Fördergebläses. Von dort wird er durch ein senkrecht Wellrohr dem speziellen Verteilerkopf zugeführt, wo die Aufteilung in die acht Auslaufschläuche erfolgt. Die an den Schlauchausläufen angebrachten Prallplatten sorgen für die Breitverteilung des Düngers (einseitige Verteilung nach hinten). Je nach der Körnergrösse des Düngers ist die erforderliche Luftmenge am Gebläse mittels einer Drosselklappe einzustellen. Die Streumenge lässt sich über die Dosieröffnungen und die Fahrgeschwindigkeit regulieren.

2.2 Der Düngerstreuer Nodet DP-9 mit mechanisch-pneumatischem Streusystem ist für das Ausbringen von gekörnten und kristallinen Düngern sowie – mit Feindosierwalzen ausgerüstet – auch für Mikrogranulate vorgesehen. Er besteht im wesentlichen aus einem Anbaurahmen (Kategorien I und II), einem trichterförmigen Düngerbehälter mit Abdeckplane, zwei Dosierwalzen, einem Fördergebläse sowie einem dreiteiligen Streurahmen mit zwölf Streudüsen und doppelten Prallplatten. Die äusseren Rahmentheile sind mit einer doppelten Ueberlastsicherung versehen und werden für den Transport nach oben geklappt. Der Antrieb der Maschine erfolgt von der Zapfwelle über Gelenkwelle und Zahnrad-Uebersetzungsgetriebe auf die Dosierwalze und mittels Riemenscheiben (mit einem Riemen) auf das Gebläse.

Arbeitsweise: Die Dosierung des Düngers erfolgt mechanisch, die Förderung und Verteilung aber pneumatisch.

Der Dünger wird vom Behälter unter Mitwirkung des Rührwerkes zu den beiden Nocken-Dosierwalzen geführt und durch diese in zwölf Streurohreingänge aufgeteilt. Von dort wird er durch den Luftstrom des Gebläses zu den Prallplatten gefördert und anschliessend beidseitig der Streurahmen breit verteilt. Die erforderliche Luftmenge kann am Gebläse

mittels einer Drosselklappe, entsprechend der Körnergrösse des Düngers bzw. Ausbringungsmenge, eingestellt werden. Die Streumenge lässt sich über eine Drehzahländerung der Dosierwalzen mittels Zahnradgetriebe und über die Fahrgeschwindigkeit regulieren.

2.3 Technische Daten

Marke, Typ	Accord PAS	Nodet DP-9
Eignung: G = gekörnte, K = kristalline Dünger	G	G, K
Abmessungen in Transportstellung: Länge/Breite/Höhe	[cm] 485/280/210	142/260/275
Arbeitsbreite	[m] 12	9
Rührwerk: S = Stern, Z = Zinkwelle	Anzahl S/2	Z/2
Radialgebläse, Luftfördermenge	[m³/s] 0,93*	0,38*
Abstand zwischen den Prallplatten	[cm] 150	75
Behälter: Inhalt	[l] 500	800
Werkstoff: M = Metall, H = Holz	M	M/H
Gewicht	[kg] 410	455

*) Zapfwellendrehzahl 540 U/min

3. Untersuchungsverlauf und Ergebnisse

Mit den Düngerstreuern wurden Prüfstand- und Einsatzversuche durchgeführt. Am Prüfstand wurde die Streugenauigkeit in Abhängigkeit der Ausbringungsmenge, Düngersorte, Zapfwellendrehzahl und Neigung der Maschine untersucht. Der praktische Einsatz bezweckte die Ueberprüfung der Arbeitsqualität, Flächenleistung, Funktionssicherheit und des Leistungsbedarfes. Für die Messungen wurden gekörnte Düngersorten wie Harnstoff, Ammonsalpeter, Kalkstickstoff und Superphosphat verwendet. Der Düngerstreuer Nodet wurde zudem bei der Ausbringung von Kalisalz, Thomasmehl und Mikrogranulat überprüft.

3.1 Prüfstandmessungen

Die **Streugenauigkeit** der beiden Düngerstreuer wurde mit folgenden Methoden festgestellt:

- Streumenge der einzelnen Streudüsen mittels Absackmethode (Abb. 1)
- Düngerverteilung über die Arbeitsbreite (Quer- und Längsverteilung, Ueberlappung) mit Kistchen von 50 cm x 50 cm x 10 cm (Abb. 2)



Abb. 1: Ermittlung der Düngerverteilung auf die Streudüsen.

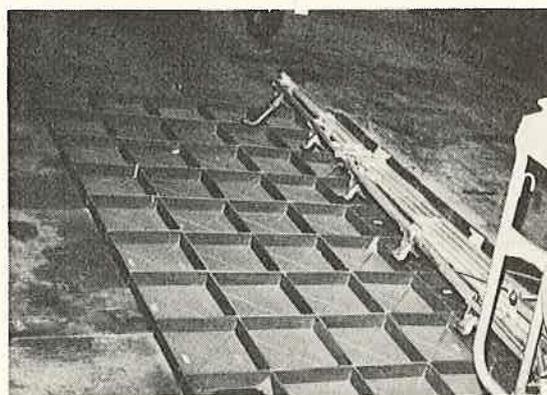


Abb. 2: Prüfung der Düngerverteilung über die Arbeitsbreite (Ermittlung der Streugenauigkeit in Quer- und Längsrichtung).

Die in den Tabellen aufgeführten Streumengen/ha beziehen sich auf eine Fahrgeschwindigkeit von 8 km/h.

Die **Streugenauigkeit** der beiden Streuer kann im allgemeinen als gut bezeichnet werden.

Die Messungen der Düngerverteilung in der Quer- und Längsrichtung ergaben für die verwendeten Düngersorten (Tab. 1) ein einwandfreies Streubild. Die maximalen Abweichungen vom Mittelwert in der Querrichtung betragen:

Bei Accord: + 9,4 bzw. - 10,3%, die durchschnittlichen bis 6%, bei Nodet entsprechend + 6,6 bzw. - 5,4% und bis 3,6%. In der Längsrichtung betragen sie lediglich bis $\pm 1\%$ (beide Streuer), was durchaus unter der Toleranzgrenze liegt. Die etwas besseren Ergebnisse bei Nodet sind auf die exakte Arbeit der Dosierwalzen bzw. Prallplatten zurückzuführen. Ferner zeigten die Messungen, dass mit Nodet neben den gekörnten und kristallinen Düngersorten auch **Mikrogranulate** mit Erfolg ausgebracht werden können. Allerdings sind zusätzlich spezielle Feindosierwalzen (Mehrpreis Fr. 1300.-) erforderlich

Tabelle 1: Maximale und durchschnittliche Abweichungen der einzelnen Streudüsen vom Mittelwert in Abhängigkeit der Ausbringung/ha und Düngersorte (Zapfwelldrehzahl 540 U/min)

Dünger- streuer/ Ausbring- menge kg/ha	Harnstoff ¹⁾		Ammonsalpeter ²⁾		[S] = Superphosphat ³⁾ [K] = Kalisalz ⁴⁾				
	Abweichungen in %								
	M	D	M	D	M	D			
Accord /	[S]								
100	-4,9	+3,4	1,9	-2,5	+2,6	0,9	-10,3	+8,7	6,0
300	-9,7	+9,4	6,0	-2,4	+2,7	1,5	-6,2	+4,9	2,9
500	-	-	-	-5,8	+7,6	3,9	-8,9	+4,9	2,4
Nodet /	[K]								
100	-4,5	+6,6	2,2	-3,5	+2,9	2,2	-5,4	+5,9	3,6
300	-3,4	+6,3	2,7	-4,5	+2,5	1,6	-3,8	+5,6	2,0
500	-	-	-	-2,4	+2,6	1,3	-4,0	+5,1	1,9
700	-	-	-	-2,2	+2,2	1,2	-4,1	+2,8	2,1

M = maximale Abweichungen vom Mittelwert

D = durchschnittliche Abweichungen vom Mittelwert = $\frac{\text{Summe der absoluten Abweichungen}}{\text{Anzahl der Abweichungen}}$

¹⁾ feingekörnt

³⁾ grobgekörnt

²⁾ mittel bis grobgekörnt

⁴⁾ kristallin

(Abb. 3). Die Streugenaugigkeit wurde auf ähnliche Weise wie für Dünger bestimmt. Als Mikrogranulat wurde Herbizid Jetfix MPD (Hoko-Chemie, Langenthal) verwendet. Bei einer Streumenge von 6,0 kg/ha betragen die maximalen Abweichungen vom Mittelwert + 7,7 bzw. - 6,5%, die durchschnittlichen bis 4,5%. Im allgemeinen kann die Verteilung des Mikrogranulates positiv beurteilt werden. Hingegen reichen die Richtlinien der Firma bezüglich Einstellung der erforderlichen Streumengen nicht aus. Die Betriebsanleitung enthält beispielsweise keine Angaben über die Einstellung der Drosselklappe am Gebläse sowie über die Wahl der erforderlichen Zahnräder je nach spezifischem Gewicht der Granulate und nach Streumengen. Da bekanntlich kleine Ausbringungsmengen/ha in Betracht kommen, werden ausserdem entsprechende Einsatzkästchen (im unteren Teil des Behälters) erforderlich.

Die Arbeitsbreite betrug für das untersuchte Streugut nach Berücksichtigung der notwendigen Ueberlappung (zirka 1 m) bei Accord 12 m und bei Nodet 9 m (Zapfwelldrehzahl 500 bis 540 U/min. Höhe der Prallplatten über dem Boden 70 cm).

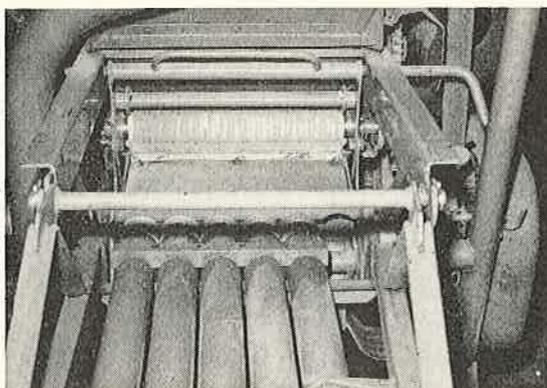


Abb. 3: Der Düngerstreuer Nodet kann mit der Feindosierwalze ausgerüstet auch für das Ausbringen von Mikrogranulaten eingesetzt werden.

Die Streumengen/ha, die bei der Untersuchung der beiden Streuer erreicht wurden, ergaben folgende Resultate (Fahrgeschwindigkeit 8 km/h):

Düngersorte		Accord	Nodet
Harnstoff	kg/ha	40 bis 300	60 bis 900
Ammonsalpeter	kg/ha	80 bis 550	80 bis 1200
Superphosphat	kg/ha	-	100 bis 1400
Kalisalz	kg/ha	-	-

Bei Nodet reicht der Einstellbereich von minimalen zu maximalen Streumengen völlig aus. Bei Accord genügt er normalerweise ebenfalls. Falls höhere Düngergaben ausgestreut werden sollen, muss dementsprechend eine niedrigere Fahrgeschwindigkeit und somit geringere Flächenleistung in Kauf genommen werden.

Die Zapfwelldrehzahl im Bereiche von 540 bis 500 U/min beeinflusst die Verteilung des Düngers auf die einzelnen Streudüsen nur unbedeutend (siehe Tab. 2). Grössere Differenzen traten erst bei 450 bis 400 U/min auf (Accord), wobei die maximalen Abweichungen von Mittelwert immer noch unter der vorgeschriebenen Toleranzgrenze liegen. Hingegen nahm die Gesamtstreumenge/ha mit der Herabsetzung der Zapfwelldrehzahl besonders bei Accord merklich zu. Dieser Umstand beruht darauf, dass die Verminderung der Zapfwelldrehzahl und somit der Fahrgeschwindigkeit zwar proportional zur Motordrehzahl verläuft, hingegen nicht die daraus resultierende Abnahme der Ausbringung/min. Die langsamere Zunahme der Ausbringung/ha im Drehzahlbereich von 540 bis 400 U/min bei Nodet ist auf die mechanische Dosierung (Walzendrehzahl direkt abhängig) zurückzuführen. Aufgrund der festgestellten Eigenschaften soll bei Accord nicht unter der Zapfwelldrehzahl von 500 U/min gearbeitet werden.

Tabelle 2: Maximale Abweichungen der Streumenge der einzelnen Streudüsen vom Mittelwert in Abhängigkeit der Zapfwelldrehzahl (Ammonsalpeter, 400 kg/ha)

Zapfwelldrehzahl U/min Fahrgeschwindigkeit km/h	Accord		Nodet			
	maximale Abweichungen in %		Streumenge/ha Relation	maximale Abweichungen in %		Streumenge/ha Relation
540 / 8,1	-3,7	+4,4	100	-2,3	+3,3	100
500 / 7,5	-3,6	+5,4	105	-3,0	+4,4	102
450 / 6,7	-4,6	+6,8	110	-3,0	+4,4	103
400 / 6,0	-5,7	+9,5	116	-3,3	+5,1	104

Der Einfluss der Neigung der Streuer auf die Streugenauigkeit und -menge wurde am Hanggelände mit Ammonsalpeter (400 kg/ha) ermittelt.

Die Streugenauigkeit wurde durch die Neigung der Maschinen (mit Ausnahme Accord – Seitenneigung nach rechts) relativ wenig beeinflusst. Die maximalen Abweichungen vom Mittelwert betragen: bei Accord -8,4 bzw. 8,5% (Seitenneigung nach rechts bis -15,7 bzw. +16,5%), die durchschnittlichen bis 10,1%, bei Nodet entsprechend -9,5 bzw. +9,7% und bis 3,3%. Auch die Gesamtstreumenge blieb bei Neigungen bis 20% praktisch konstant. Die Einsatzgrenze am Hang wird somit für die beiden Streuer erst durch die Kippgefahr des Traktors bestimmt. Sie lag je nach der Bauart des Traktors bei zirka 15 bis 20% Hangneigung.

3.2 Praktischer Einsatz

Der praktische Einsatz der beiden Streuer erfolgte beim Ausbringen von verschiedenen gekörnten Düngern. Mit Nodet wurde ausserdem auch Kalisalz und Thomasmehl gestreut. Accord wurde auf einer Fläche von zirka 80 ha, Nodet auf einer solchen von zirka 50 ha eingesetzt. Die dabei gewonnenen Erfahrungen lassen sich wie folgt beschreiben:

Der Behälter kann bei beiden Streuern sowohl in Transport- als auch in Arbeitsstellung gefüllt werden (Abb. 4). Es ist möglich, die Behälter-Oberkante bis 1,6 m über dem Boden zu senken. Ein Sackaufreisser ist bei Nodet nicht vorhanden.

Die Einstellung der Maschinen zum Streuen ist relativ einfach, unter der Voraussetzung, dass die Bedienungsperson die ersten Erfahrungen gemacht hat. Ferner ist es wichtig, dass die Fahrgeschwindigkeit,

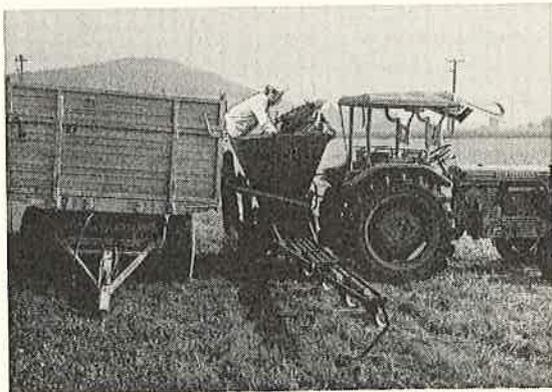
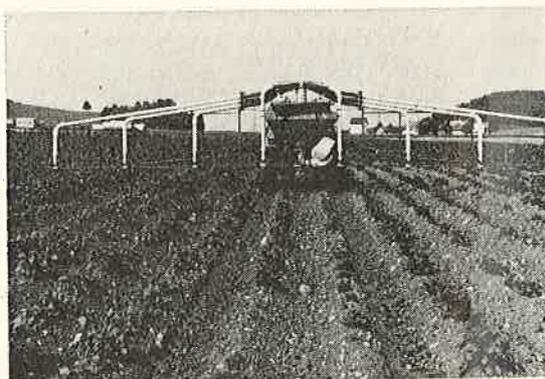


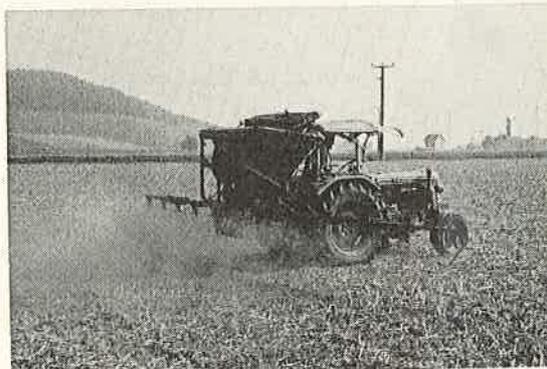
Abb. 4: Auffüllen des Düngers aus einem Wagen (Düngerstreuer Nodet in Arbeitsstellung).

Zapfwelldrehzahl und Stellung des Dosierschiebers sowie der Drosselklappe am Gebläse den jeweiligen Düngersorten und Streumengen/ha angepasst werden. Bei Accord lässt sich die Grösse der Dosieröffnungen mittels eines Stellhebels einstellen. Bei Nodet hingegen wird die Ausbringmenge über die Drehzahl der Dosierwalzen mittels Zahnradgetriebe reguliert. Dabei sind jeweils vier Zahnräder auszuwechseln. Die Höhe der Prallplatten über dem Boden soll nach Möglichkeit bei beiden Streuern konstant 70 cm betragen. Die Angaben der Streutabelle bei Nodet beziehen sich auf das spezifische Düngergewicht (g/cm^3) und können für die untersuchten Düngersorten als richtig bezeichnet werden. Hingegen sind sie bei Accord für gekörnte Düngersorten bestimmt und können nur als Richtlinien betrachtet werden. Eine genaue Streuprobe vor der Arbeit ist unerlässlich. Sie erfolgt durch Absacken des Düngers an den Streudüsen.

Abb. 5: Praktischer Einsatz der pneumatischen Düngerstreuer



a) Kopfdüngung mit Accord (Ammonsalpeter)



b) Grunddüngung mit Nodet (Kalkstickstoff gekörnt).

Tabelle 2: Maximale Abweichungen der Streumenge der einzelnen Streudüsen vom Mittelwert in Abhängigkeit der Zapfwelldrehzahl (Ammonsalpeter, 400 kg/ha)

Zapfwelldrehzahl U/min Fahrgeschwindigkeit km/h	Accord		Nodet			
	maximale Abweichungen in %		Streumenge/ha Relation	maximale Abweichungen in %		Streumenge/ha Relation
540 / 8,1	-3,7	+4,4	100	-2,3	+3,3	100
500 / 7,5	-3,6	+5,4	105	-3,0	+4,4	102
450 / 6,7	-4,6	+6,8	110	-3,0	+4,4	103
400 / 6,0	-5,7	+9,5	116	-3,3	+5,1	104

Der Einfluss der Neigung der Streuer auf die Streugenaugkeit und -menge wurde am Hanggelände mit Ammonsalpeter (400 kg/ha) ermittelt.

Die Streugenaugkeit wurde durch die Neigung der Maschinen (mit Ausnahme Accord – Seitenneigung nach rechts) relativ wenig beeinflusst. Die maximalen Abweichungen vom Mittelwert betragen: bei Accord -8,4 bzw. 8,5% (Seitenneigung nach rechts bis -15,7 bzw. +16,5%), die durchschnittlichen bis 10,1%, bei Nodet entsprechend -9,5 bzw. +9,7% und bis 3,3%. Auch die Gesamtstreumenge blieb bei Neigungen bis 20% praktisch konstant. Die Einsatzgrenze am Hang wird somit für die beiden Streuer erst durch die Kippgefahr des Traktors bestimmt. Sie lag je nach der Bauart des Traktors bei zirka 15 bis 20% Hangneigung.

3.2 Praktischer Einsatz

Der praktische Einsatz der beiden Streuer erfolgte beim Ausbringen von verschiedenen gekörnten Düngern. Mit Nodet wurde ausserdem auch Kalisalz und Thomasmehl gestreut. Accord wurde auf einer Fläche von zirka 80 ha, Nodet auf einer solchen von zirka 50 ha eingesetzt. Die dabei gewonnenen Erfahrungen lassen sich wie folgt beschreiben:

Der Behälter kann bei beiden Streuern sowohl in Transport- als auch in Arbeitsstellung gefüllt werden (Abb. 4). Es ist möglich, die Behälter-Oberkante bis 1,6 m über dem Boden zu senken. Ein Sackaufreisser ist bei Nodet nicht vorhanden.

Die Einstellung der Maschinen zum Streuen ist relativ einfach, unter der Voraussetzung, dass die Bedienungsperson die ersten Erfahrungen gemacht hat. Ferner ist es wichtig, dass die Fahrgeschwindigkeit,

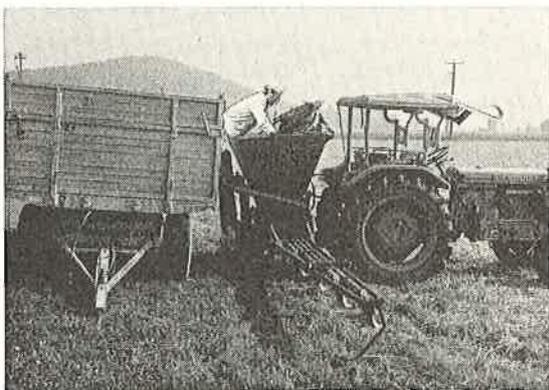
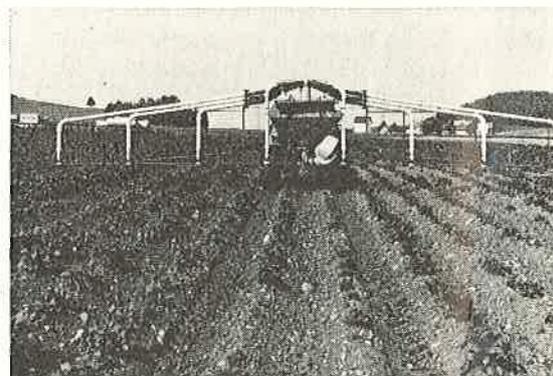


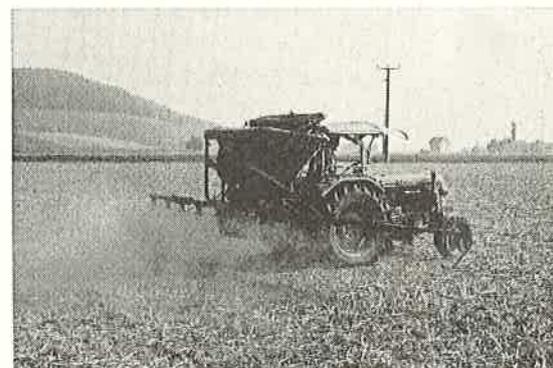
Abb. 4: Auffüllen des Düngers aus einem Wagen (Düngerstreuer Nodet in Arbeitsstellung).

Zapfwelldrehzahl und Stellung des Dosierschiebers sowie der Drosselklappe am Gebläse den jeweiligen Düngersorten und Streumengen/ha angepasst werden. Bei Accord lässt sich die Grösse der Dosieröffnungen mittels eines Stellhebels einstellen. Bei Nodet hingegen wird die Ausbringmenge über die Drehzahl der Dosierwalzen mittels Zahnradgetriebe reguliert. Dabei sind jeweils vier Zahnräder auszuwechseln. Die Höhe der Prallplatten über dem Boden soll nach Möglichkeit bei beiden Streuern konstant 70 cm betragen. Die Angaben der Streutabelle bei Nodet beziehen sich auf das spezifische Düngergewicht (g/cm^3) und können für die untersuchten Düngersorten als richtig bezeichnet werden. Hingegen sind sie bei Accord für gekörnte Düngersorten bestimmt und können nur als Richtlinien betrachtet werden. Eine genaue Streuprobe vor der Arbeit ist unerlässlich. Sie erfolgt durch Absacken des Düngers an den Streudüsen.

Abb. 5: Praktischer Einsatz der pneumatischen Düngerstreuer



a) Kopfdüngung mit Accord (Ammonsalpeter)



b) Grunddüngung mit Nodet (Kalkstickstoff gekörnt).