

Die Streufähigkeit von mineralischen Düngemitteln

Institut für Landtechnik, Berlin-Dahlem

Die Güte der Verteilung von mineralischen Düngemitteln ist abhängig

von der Streufähigkeit des Düngers,

beim Handstreuen von der Fähigkeit des Arbeiters und gegebenenfalls von der Art des dabei verwendeten Gerätes,

von der Art und dem Zustand der benutzten Maschinen.

Wie weit diese drei Einflüsse entscheidend sind, war bisher unbekannt. Im Institut für Landtechnik der Fakultät für Landbau an der TU Berlin werden deshalb mit Hilfe von ERP-Mitteln Untersuchungen über die Streufähigkeit von mineralischen Düngemitteln durchgeführt, welche anschließend auf die Düngerstreumaschinen ausgedehnt werden sollen. Die Arbeiten ergaben sich auch aus der Forderung der Praxis nach besserer Verteilungsmöglichkeit der Düngemittel, ein Problem, das mit der Steigerung der Nährstoffkonzentration und der Zunahme des Düngerverbrauchs immer wichtiger wird. Der Düngerverbrauch der Landwirtschaft des Bundesgebietes hat nach sprunghaftem Anstieg in den letzten Jahren den Wert von 1 Milliarde DM im Jahr erreicht. Schon in den Jahren 1939/40 wurden von Mathes¹⁾ ähnliche Untersuchungen in Angriff genommen. Der Krieg verhinderte aber ihre Weiterführung. Die Anzahl der zur Verfügung stehenden Düngemittel ist inzwischen auf über 100 gestiegen, auch ihre physikalischen Eigenschaften haben sich geändert. Der Anteil in gekörnter Form gelieferter Düngemittel nimmt ständig zu.

Die Ausbringung der Düngemittel erfolgt zum überwiegenden Teil mit Maschinen. Aus Gründen der Arbeiterleichterung und infolge des Facharbeitermangels nimmt die Handarbeit ab. Die zur Verfügung stehenden Maschinentypen haben sich seit vielen Jahren nicht wesentlich geändert. Im Zuge der Motorisierung der Betriebe werden sie vielfach hinter dem Schlepper mit höheren Geschwindigkeiten gefahren. Die einfachen, billigen Schlitzstreuer wurden von den teureren Systemen verdrängt. Der meist gekaufte Düngestreuer ist nach übereinstimmenden Angaben der Hersteller zur Zeit der Walzenstreuer. Ein steigender Absatz wird auch vom Tellerstreuer gemeldet.

Düngerstreumaschinen-Prüfungen sind seit Kriegsende nicht erfolgt. Die letzte Hauptprüfung von Düngerstreuern wurde 1926/27 durchgeführt²⁾. Die damals verteilten Preise haben in der Zwischenzeit nur eine Ergänzung gefunden³⁾, ferner wurden einige Maschinen als „neu und beachtenswert“ anerkannt. Über genaue Messungen der Streugüte wird in den Prüfungsergebnissen kaum berichtet. Nur in der Hauptprüfung 1926/27 wurde durch unter die Maschinen gehängte Kästen von 50 cm Länge eine Durchschnittsstreumenge gemessen, von der die Abweichungen der einzelnen Kasteninhalte in Prozent errechnet sind. Großer Wert wurde bei den Prüfungen auf die Frage gelegt, ob die in den Streutabellen angeführten Mengen tatsächlich erreicht werden. Ein Maßstab für die Streufähigkeit der Düngemittel bestand nicht, es wird lediglich in den Berichten von „schwer streubaren“ Düngern gesprochen.

Die Hygroskopazität der Düngemittel, die unterschiedliche Kornzusammensetzung und die verschiedene Form der Körner stellen auch heute noch die Düngerstreuer-Fabriken vor eine äußerst schwierige Aufgabe, zumal sich die Düngemittel während der Lagerung durch Wasseraufnahme und Wiederaustrocknen verändern. Es erschien deshalb erforderlich, vor Beginn der eigentlichen Streuversuche die Einflüsse der Dün-

gerlager und die Art der Einlagerung auf die physikalische Beschaffenheit der Düngemittel in einer besonderen Versuchsreihe zu untersuchen.

Lagerversuche

Die Untersuchungen beziehen sich im wesentlichen auf die Beeinflussung der Streufähigkeit der Düngemittel durch Wasseraufnahme. Zur Prüfung des Einflusses der Lagerräume auf die Feuchtigkeit der Düngemittel dienten zwei Versuchsreihen. Für die erste Versuchsreihe wurden von den landwirtschaftlichen Betrieben in West-Berlin einige Lagerräume wahllos herausgegriffen und von den eingelagerten Düngemitteln alle zwei bis drei Wochen Proben entnommen und die Feuchtigkeit bestimmt⁴⁾. Die Proben wurden zuerst nur aus etwa 15 cm Tiefe der Düngerhaufen, später auch aus den äußeren Schichten entnommen. Diese Versuchsreihe lief vom Dezember 1953 bis zum Juli 1954. Feuchtigkeitszunahme ergab sich hauptsächlich bei Kalkammonsalpeter, so daß dieses Düngemittel zur Kennzeichnung der Eigenart der verschiedenen Lagerstätten ausgewählt wurde.

Bei den Lagern handelte es sich um luftige Holzscheunen und einigermaßen dicht verschließbare Lagerräume. In den luftigen Holzscheunen hatte der lose und nicht abgedeckt eingelagerte Kalkammonsalpeter in der Zeit von Dezember bis Juli rund 2,9 % Feuchtigkeit aufgenommen, in den geschlossenen Räumen dagegen nur 2,0 %. War der in geschlossenen Räumen eingelagerte Kalkammonsalpeter noch mit Bitumenpapier abgedeckt, so hatte er nicht über 1,8 % Feuchtigkeit aufgenommen und zeigte auch keine äußere verhärtete Schicht.

Die Ergebnisse reichten für eine Verallgemeinerung noch nicht aus; deshalb wurden drei typische Lager für eine zweite systematische Versuchsreihe ausgewählt. Der erste Lagerraum war ein Keller unter einer Scheune, allseitig massiv geschlossen. Als zweiter Lagerraum wurde ein größerer Kartoffellagerschuppen genommen, der ebenfalls allseitig geschlossen war. Leider wurde während der Versuchszeit oft darin gearbeitet, so daß er häufig offen stand. Der dritte Lagerraum war eine luftige Holzscheune. In jedem der drei Lagerräume lagerten vom 29. 9. bis 8. 12. 1954 je 100 kg Kalkammonsalpeter einer Herstellerfirma. Der Dünger war in Bitumensäcken angeliefert worden. Der Feuchtigkeitsgehalt war in allen Säcken gleich. In jeden Lagerraum wurden 50 kg nicht abgedeckt und 50 kg mit Bitumenpapier abgedeckt lose eingelagert. Die Probenahme erfolgte jede Woche einmal. Von den nicht abgedeckten Haufen wurden jeweils zwei Proben entnommen, eine von der Oberfläche und eine aus 10 cm Tiefe. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengefaßt.

Die Zahlen zeigen, daß auch hier wie bei der ersten Versuchsreihe der Kalkammonsalpeter im geschlossenen Keller weniger Feuchtigkeit aufnahm als in den luftigen Lagerräumen. Innerhalb der Lagerräume hat, wie erwartet, der mit Bitumenpapier abgedeckte Düngerhaufen bessere Ergebnisse gebracht. Abbildung 1 stellt die Feuchtigkeitsaufnahme der drei Meßreihen im Raum 1 (Keller unter Scheune) dar. In Abbildung 2 sind die Feuchtigkeitskurven der äußeren Schicht von den nicht abgedeckten Haufen der drei Lagerräume aufgetragen.

In den Lagerräumen wurde eine Zeitlang die Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit registriert. Es sollten besonders

¹⁾ Mathes, Dr. A.: „Der Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Streubarkeit der Düngemittel, insbesondere Superphosphat“, RKTL-Schrift Nr. 101, 1941.

²⁾ Mitteilungen der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft Nr. 35, 1928.

³⁾ DLG-Mitteilungen Nr. 6 (1933).

⁴⁾ Die Feuchtigkeitsbestimmung erfolgte mit dem Aptila-Schnelltrockengerät bei 100 ° C und einer Trockenzeit von 25 Minuten. Probetrocknungen ergaben, daß bei längerer Trockenzeit keine weitere Feuchtigkeitsabgabe zu verzeichnen war.

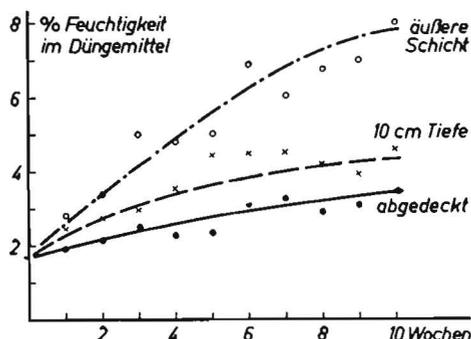


Abb. 1: Feuchtigkeitsaufnahme von Kalkammonsalpeter im Lagerraum 1 (Keller unter Scheune)

Tabelle 1

Feuchtigkeitsaufnahme von Kalkammonsalpëtern in drei verschiedenen Lagerräumen:

1. Lagerraum Keller unt. Scheune			2. Lagerraum Kartoff. Lagersch.			3. Lagerraum Holzscheune			Datum:
abgedeckt %	nicht abgedeckt innen %	nicht abgedeckt außen %	abgedeckt %	nicht abgedeckt innen %	nicht abgedeckt außen %	abgedeckt %	nicht abgedeckt innen %	nicht abgedeckt außen %	
1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	29. 9.
2,0	2,6	2,9	2,3	2,8	3,8	2,3	2,5	3,2	6. 10.
2,2	2,8	3,5	2,5	3,7	6,3	2,3	2,8	4,2	13. 10.
2,6	3,0	5,2	3,4	4,5	5,9	3,1	3,2	5,4	20. 10.
2,4	3,6	5,0	3,5	5,3	6,8	4,0	3,9	5,9	27. 10.
2,5	4,5	5,0	3,9	5,2	*)	4,5	5,0	*)	3. 11.
3,2	4,5	7,0	4,0	*)		4,6	4,6		10. 11.
3,4	4,6	6,1	5,8			4,5	4,6		18. 11.
3,0	4,2	6,8	4,2			4,7	4,4		24. 11.
3,2	3,9	7,0	4,0			4,4	4,6		1. 12.
3,5	4,6	8,0	2,3			4,4	5,2		8. 12.

*) Die Probenahme wurde hier abgebrochen, weil der Kalkammonsalpeter bereits zu zerfließen begann.

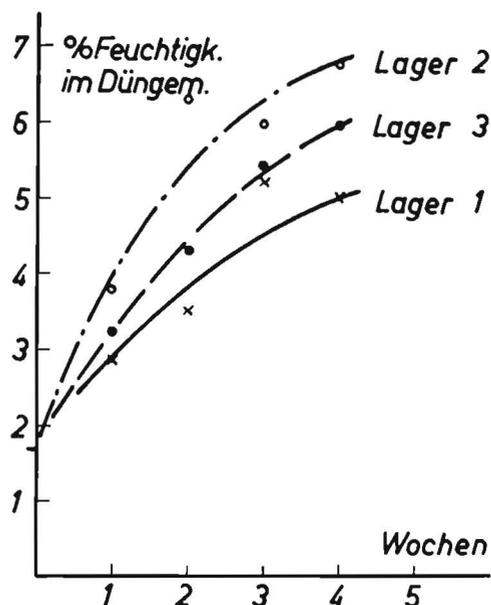


Abb. 2: Feuchtigkeitsaufnahme von Kalkammonsalpeter in drei verschiedenen Lagern an der Oberfläche der Düngerhaufen

die Schwankungen in den einzelnen Räumen festgestellt werden.

Abbildung 3 zeigt die Temperatur und Feuchtigkeitskurven für die drei Lager. Im Lagerraum 1 ist die Temperatur und Luftfeuchtigkeit am meisten ausgeglichen, in den beiden an-

deren Lagern, insbesondere der luftigen Scheune, sind erhebliche Schwankungen zu verzeichnen.

Nach diesen Untersuchungen eignen sich für die Lagerung von mineralischen Düngemitteln dicht verschlossene Räume besser als luftige. Werden die Düngerhaufen noch abgedeckt, kann die sich fast immer bildende äußere, stark feuchte oder verhärtete Schicht vermieden werden.

Lagerversuche im Klimaraum

Um festzustellen, wie die einzelnen Düngemittel sich unter ganz bestimmten Klimabedingungen verhalten, wurden im Klimaraum des Instituts entsprechende Versuche durchgeführt. Die Düngerproben lagerten in einem Schubkastenregal im Klimaraum (Abb. 4). Die einzelnen Proben waren 3 kg schwer. Dieses Gewicht wurde möglichst genau eingehalten, um vergleichbare Feuchtigkeitskurven zu bekommen. Bei Änderung der Einlagerungsmengen wird der endgültige Gleichgewichtszustand nicht beeinflusst, aber die erforderliche Zeit bis zur Erreichung dieses Zustandes ist eine andere.

Die Klimakammer ermöglicht eine beliebig lange Einhaltung der gewählten Klimazustände. Einstellbar sind alle Zustände zwischen -10°C und $+30^{\circ}\text{C}$ und zwischen 30 und 100 % relativer Luftfeuchtigkeit. Die eingestellten Zustände werden mit einer Toleranz von $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ bei der Temperaturregelung und $\pm 2\%$ bei der Feuchteregeung eingehalten (Abb. 5).

Der Klimaraum ist 5 m lang, 4 m breit und 2,25 m hoch. Die Luft wird in der ganzen Breite der Klimakammer an der Stirn- wand dicht unter der Decke eingeleitet. Abgesaugt wird sie durch eine Öffnung in der Mitte der Stirn- wand auf der Höhe des Fußbodens. Die abgesaugte Luft wird durch das Klimagerät geführt, wo ihr der gewünschte Klimazustand erteilt wird, und wieder in den Klimaraum eingeleitet. Die Ventilation ist so berechnet, daß die Luft der Klimakammer stündlich 24 mal umgewälzt, also durch das Klimagerät geführt werden kann. Die Kanalquerschnitte der Ein- und Austritte können durch Schieber so verengt werden, daß die Luftumwälzung beliebig herabgesetzt werden kann.

Gegen das Außenklima ist der Raum durch 16 cm starke Korkplatten abgeschirmt, innen verputzt und mit einer Kautschukfarbe bestrichen. Messungen und Tests innerhalb des Klimaraumes zeigten, daß die eingestellten Klimazustände gleichmäßig im ganzen Raum bestehen.

Im Klimaraum befindet sich außer dem oben angeführten Schubkastenregal ein Prüfstand für Düngerstreumaschinen. Das Klimagerät befindet sich in einem Vorraum zur Klimakammer und besteht aus

dem Schleuderradlüfter, einem elektrischen Luftherhitzer, einem Luftkühler und einem Befeuchter.

Der Luftherhitzer ist in drei Stufen auf 2, 4 oder 6 kW schaltbar. Der Befeuchter besteht aus einer in einem Wasserbehälter angebrachten Heizpatrone, die ebenfalls in drei Stufen geschaltet werden kann. Die Kühlung der Luft, gleichzeitig zur Entfeuchtung durch Kondensation dienend, geschieht durch eine Kältemaschine. Ein 2-Zylinder-Hochleistungs- kompressor wird von einem Elektromotor, der dreistufig regelbar ist, direkt angetrieben. Die Kältemaschinenleistung beträgt bei -20°C Verdampfungstemperatur und $+25^{\circ}\text{C}$ Kondensationstemperatur 4200 kcal/h. Dabei beträgt die Drehzahl des Kompressors 1450 U/min. Bei einer Verdampfungstemperatur von 0°C und einer Drehzahl von 750 U/min erhöht sich die Kältemaschinenleistung auf 6300 kcal/h. Als Kältemittel wird F12 verwendet. Die Maschine ist mit zwei verschiedenen Ventilen ausgestattet, die wahlweise eine große oder kleine Düse öffnen. Der Verdampfer sitzt im Luftkühler. Das Kältemittel verdampft im Inneren der Rohre, während die Luft über die Rippen an der Außenseite strömt. Um die Gefahr des Zusetzens des Rippenrohrkühlers mit Eis zu beseitigen, ist am Klimagerät eine Abtauvorrichtung angebracht, die es gestattet, über den Luftkühler feinverteiltes heißes Wasser laufen zu lassen. Die Anlage muß in

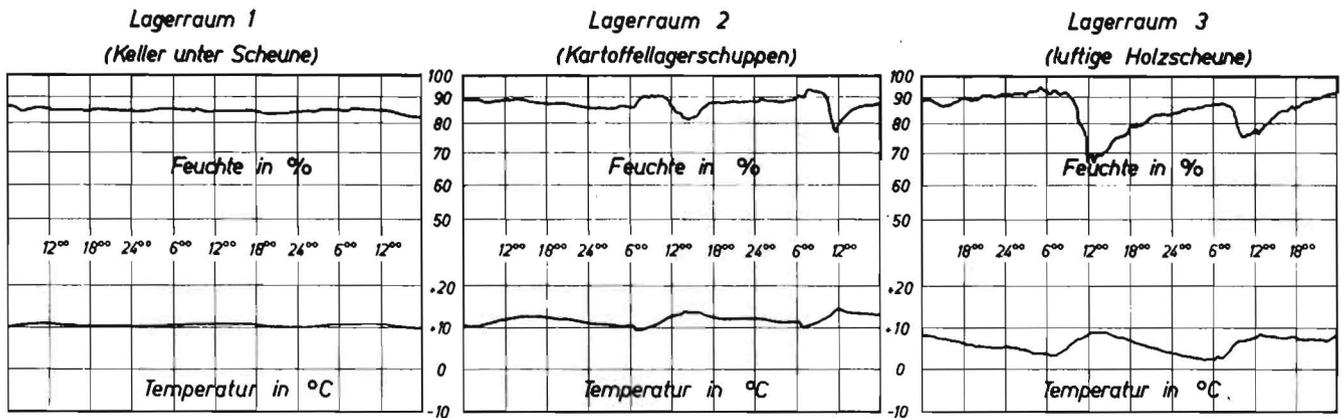


Abb. 3: Temperatur- und Feuchtigkeitskurven der drei Lagerräume

dieser Zeit stillgelegt werden. Bei den bisher durchgeführten Versuchen war ein Abtauen jedoch noch nicht erforderlich. Das Klimagerät ist mit mehreren Sicherheitseinrichtungen versehen. An der Kältemaschine befindet sich ein Schaltschutz, das den Kompressor bei Kühlwassermangel abschaltet. Ein mit einem Schwimmer gekoppelter Quecksilberschalter schützt die Heizpatrone im Befeuchtungsaggregat beim Ausbleiben des Wassers. Auch der elektrische Lufterhitzer wird von einem Sicherheitsrelais abgeschaltet, falls der Lüftermotor aus irgendwelchen Gründen ausfällt und dadurch Überhitzungsgefahr entsteht.

Die Regelung der Anlage geschieht vollautomatisch durch Kleinregler, die auch zur Einstellung der gewünschten Luftzustände dienen. An der der Stirnwand gegenüber liegenden Wand der Klimakammer befindet sich ein Widerstandsthermometer, das den Temperaturegler steuert und nach Bedarf entweder den elektrischen Lufterhitzer oder die Kältemaschine ein- oder ausschaltet. Der Feuchteregele wird von einem sich an derselben Stelle der Klimakammer befindenden Haarhygrometer gesteuert.

Der Luftzustand im Klimaraum kann an den Reglern abgelesen werden. Außerdem ist an der Schalttafel des Klimagerätes ein Zweiforbenpunktschreiber angebracht, der die Temperatur und Feuchtezustände laufend registriert.

In der Klimakammer wurden zwei Versuchsreihen durchgeführt. Bei der ersten war die Temperatur konstant und die relative Luftfeuchtigkeit variierte, bei der zweiten dagegen war die relative Luftfeuchtigkeit konstant und die Temperatur wurde variiert. Jeder Klimazustand ist so lange eingehalten worden, bis die eingelagerten Düngemittel keine Feuchtigkeit mehr aufnahmen, also im Feuchtigkeitsgleichgewicht mit der umgebenden Luft standen. Bei den höheren Luftfeuchtigkeiten und höheren Temperaturen konnte dieser Zustand bei einigen Düngemitteln nicht abgewartet werden, weil sie

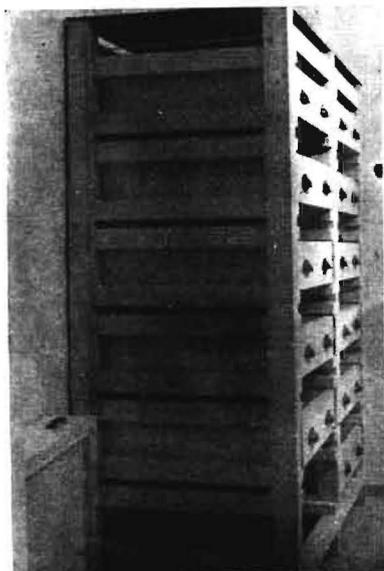


Abb. 4: Schubkastenregal im Klimaraum

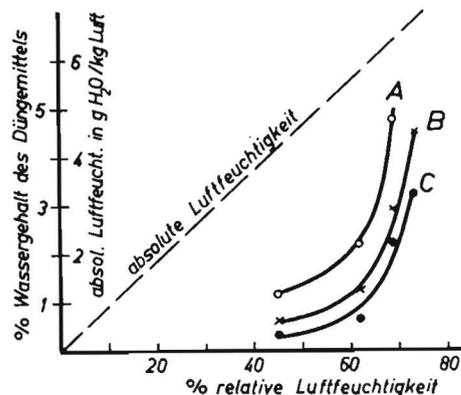


Abb. 6: Wasseraufnahme von drei Kalkammonsalpeter bei 12,5° C und steigender relativer Luftfeuchtigkeit

Abb. 7: Wasseraufnahme von drei Kalkammonsalpeter bei 68% relativer Luftfeuchtigkeit und steigender Temperatur

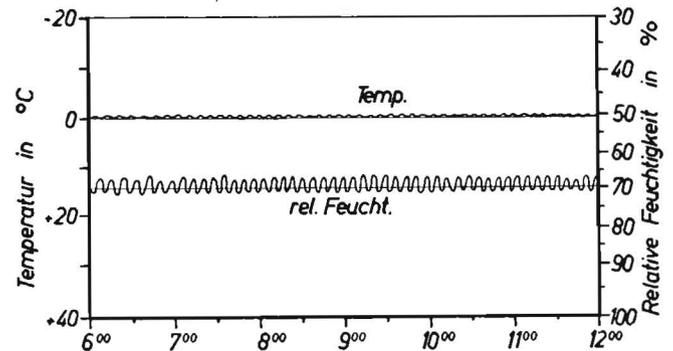
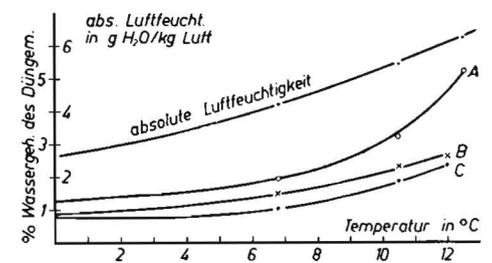


Abb. 5: Registrierstreifen des Zweifarbenschreibers. Oben Temperaturkurve, unten Kurve der relativen Luftfeuchtigkeit

schmierig wurden und zum Teil sogar durch die Kästen tropften.

Die Ergebnisse der Untersuchungen bei Kalkammonsalpeter sind den Abbildungen 6 und 7 zu entnehmen. Die aufgetragenen Punkte stellen jeweils das Feuchtigkeitsgleichgewicht beim entsprechenden Klimazustand dar. Die Kurven verbinden also Gleichgewichtspunkte. Die gestrichelte Linie gibt den absoluten Feuchtigkeitsgehalt der Luft in g Wasser je kg trockener Luft an.

Die Feuchtigkeitsaufnahme der drei Kalkammonsalpeter geht mit steigender relativer Luftfeuchtigkeit aber bei konstanter Temperatur zunächst nur allmählich vor sich. Bei etwa 62% Luftfeuchtigkeit beginnen die Kurven dann steiler anzusteigen. Bei gleichbleibender relativer Luftfeuchtigkeit, aber bei steigender Temperatur steigen die Feuchtigkeitskurven der Düngemittel nur langsam an.

Wird die Wasseraufnahme der drei Kalkammonsalpeter auf absolute Luftfeuchtigkeit bezogen, ergeben sich für jedes Düngemittel zwei Kurven (Abb. 8). Die Wasseraufnahme der Düngemittel bei gleichbleibender Luftfeuchtigkeit, aber bei zunehmender Temperatur geht, bezogen auf die absolute Luftfeuchtigkeit, in allen Fällen allmählicher vor sich als bei gleichbleibender Temperatur und variiert Luftfeuchtigkeit.

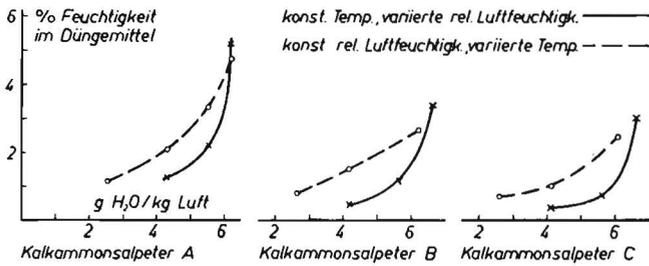


Abb. 8: Feuchtigkeitsaufnahme der drei Kalkammonsalpeter bezogen auf die absolute Luftfeuchtigkeit

Die folgende Erklärung läßt sich daraus ableiten:

1. Bei konstanter Temperatur wird mit zunehmender relativer Luftfeuchtigkeit das Gleichgewicht zwischen der Wasserhaltefähigkeit der Luft und der Feuchtigkeitsaufnahme des Düngemittels verändert. Das geschieht um so mehr, je weiter sich die relative Luftfeuchtigkeit dem Sättigungspunkt (100 %) nähert.
2. Die geringere Wasseraufnahme der Düngemittel bei sinkender Temperatur, aber bei gleicher relativer Feuchtigkeit kann erklärt werden, entweder durch verringerte Wasseraufnahmefähigkeit der Düngemittel bei tiefen Temperaturen, oder durch einen Einfluß der abnehmenden absoluten Luftfeuchtigkeit.

Beobachtungen in der Praxis bestätigen diese Ergebnisse. Im Sommer eingelagerte Düngemittel nehmen mehr Feuchtigkeit auf als im Winter eingelagerte. Es konnte sogar festgestellt werden, daß in den warmen Sommermonaten aufgenommene Feuchtigkeit im Winter wieder abgegeben wird. Auf dieses Austrocknen sind auch die äußeren verhärteten Schichten der hygroskopischen Düngemittel zurückzuführen. Die Untersuchungen über die Feuchtigkeitsaufnahme des Superphosphates konnten vorzeitig abgebrochen werden, weil das heutige Material wesentlich weniger hygroskopisch ist als dasjenige vor 1945. Von der Superphosphat-Industrie wurde mitgeteilt, daß die Rohphosphate nicht mehr so weit aufgeschlüssen werden wie früher. Das Superphosphat wurde früher nach wasserlöslicher Phosphorsäure gehandelt, heute dagegen nach zitratlöslicher. Die Industrie garantiert aber einen Gehalt von 85 % wasserlöslicher Phosphorsäure. Die in der Praxis früher häufig auftretenden Schwierigkeiten durch Feuchtwerden des Superphosphates sind dadurch heute weitgehend behoben.

Ein erheblicher Anteil des Superphosphates wird heute gekörnt geliefert. Nach unseren Untersuchungen ist das gekörnte Material wesentlich unempfindlicher gegen feuchte Lagerräume als dasselbe Düngemittel in mehligter Form. Ein mehliges Superphosphat hatte bei 6,8° C und 69 % relativer Luftfeuchtigkeit einen Wassergehalt von 4,2 % und bei 12,5° C und 82 % relativer Luftfeuchtigkeit einen Wassergehalt von 12,4 %. In gekörnter Form hatte das gleiche Material unter denselben Klimoverhältnissen nur einen Wassergehalt von 3,5 % bzw. 4,4 % Feuchtigkeit. Es sei noch bemerkt, daß ein Superphosphat mit 12,4 % Feuchtigkeit noch keine Streuschwierigkeiten bereitet.

Diese Zahlen zeigen, daß durch eine Körnung des Düngemittels die Feuchtigkeitsaufnahme herabgesetzt und die Lagerfähigkeit und damit auch die Streueigenschaft günstig beeinflusst werden kann.

Streueversuche

In der Klimakammer ist für die Streueversuche ein Prüfstand aufgebaut (Abb. 9, 10 und 11). Auf einem Rahmen aus Profilstahl sind horizontal gelagert 10 Wellen parallel zueinander angebracht, auf denen je zwei gummierte Räder fest angezogen sind. Zwei dieser Wellen sind stärker dimensioniert, sie tragen außerdem je zwei gummierte, mit Laufkränzen versehene Walzen, auf denen der Düngerstreuer mit seinen Rädern aufgebockt wird. Der Antrieb des ganzen Systems erfolgt durch Ketten von einem stufenlos regelbaren Wülfelgetriebe so, daß sich die Laufräder der Düngerstreuer und

die gummierten Räder auf den Horizontalwellen mit gleicher Umfangsgeschwindigkeit drehen. Die Geschwindigkeit läßt sich beliebig einstellen. Während der Versuche betrug sie 1 m/sec. Die Düngerstreuer laufen auf den Gummiwalzen verhältnismäßig ruhig. Erschütterungen, die durch unrunde Laufräder verursacht waren, konnten durch Verspannung mit Drahtseilen beseitigt werden. Die in der Praxis zweifellos

Abb. 9: Prüfstand für Streueversuche in der Klimakammer

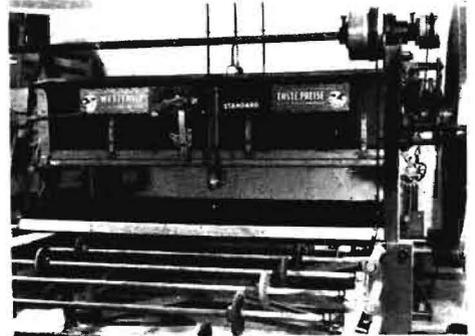
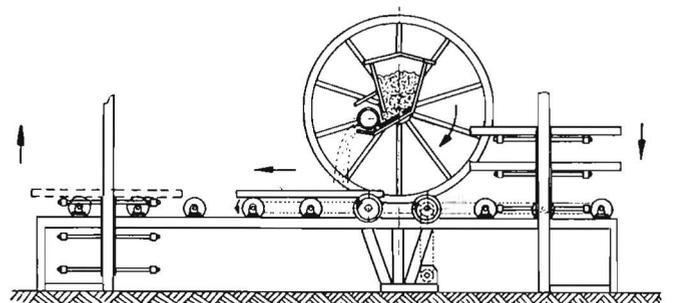
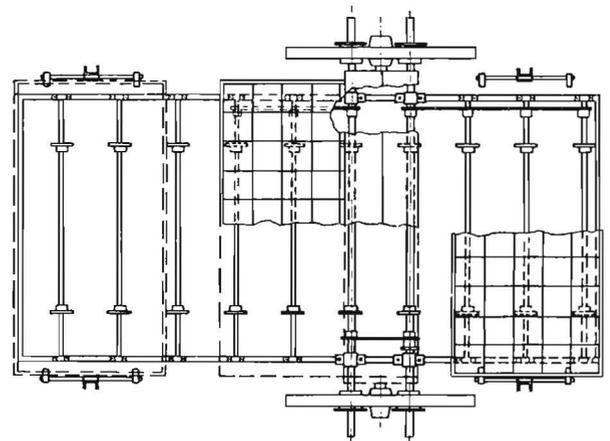


Abb. 10: Teilansicht des Prüfstandes

Abb. 11: Skizze des Prüfstandes für Düngerstreuer



bedeutenden Einflüsse der Bodenunebenheiten und des Windes wurden bei den Versuchen ausgeschaltet, um zu den variierten Faktoren Streumenge und Feuchtigkeit des Düngemittels nicht noch weitere, die Streugüte beeinflussende Faktoren zu bekommen. Vor und hinter dem Düngerstreuer (in Fahrtrichtung gesehen) befindet sich eine Vorrichtung zur Aufnahme von leichten Tischen aus Sperrholz von 2 m Breite und 1 m Länge. An senkrechten Profilträgern kann ein mit umklappbaren Flacheisenstücken versehener Tischhalter mit einer Seilwinde herauf und herunter gekurbelt werden. Die Tische werden vor der Maschine übereinander gestapelt, nacheinander in kurzen Abständen durch Abwärtsbewegen des Tischhalters auf die drehenden Rollen abgesetzt und mitgenommen. Sie fahren unter dem Streuer durch bis zum gegenüber liegenden Tischhalter, wo sie der Reihe nach wieder hochgekurbelt werden. An der Unterseite haben die Tische Führungsschienen aus Stahl. Durch den Streubereich laufen die Tische mit der Fahrgeschwindigkeit des Düngerstreuers. Sie werden kurz nachher von den letzten Gummischieben, die nicht angetrieben sind, abgestoppt. Auf den Tischen liegen je 50 Kästchen von 20 x 20 cm Seitenlänge aus Preßspan. Ihre Innenflächen wurden durch Spachtel und Lackanstrich vollkommen glatt gestaltet.

Die Versuchseinrichtung ist für 2-m-Maschinen gebaut. Die Antriebsrollen der Düngerstreuer-Räder können auf ihren Wellen in einer langen Nut so verschoben werden, daß Maschinen mit verschiedenen Radabständen aufgebockt werden können. Das war nötig, weil Spurweite und Streubreite nicht übereinstimmen und auch der Abstand der Radmitte von der Mitte der Maschinen für das linke und rechte Fahrrad stets verschieden ist. Es wurde bei allen Versuchen darauf geachtet, daß die Mitte der Tische und die Mitte der von den Maschinen bestreuten Fläche zusammenfielen.

Prüfmethode der Streueigenschaften der mineralischen Düngemittel

Als Meßgröße dienten Kästen mit einer Grundfläche von 20 x 20 cm⁵⁾. Die zuerst verwendeten Kästen hatten einen Rand von 2 cm Höhe. Später wurden jedoch solche mit einem 6 cm hohen Rand verwendet, da bei den Kästen mit niedrigem Rand ein Teil der Düngerkörner — besonders bei körnigen Düngemitteln — über den Kastenrand hinausprang. Die an den Außenseiten der Streufläche stehenden Kästen wurden dadurch weniger bestreut, weil die Düngerkörner zwar hinaus sprangen, aber von Nachbarkästen keine hinzukamen.

Die in jeden Kasten gefallene Düngermenge wurde auf einer Schnellwaage gewogen und in ein vorbereitetes Formular eingetragen. Die Verrechnung erfolgte nach der Varianzanalyse⁶⁾. Von der Gesamtstreuung werden dabei die Säulen- und Blockstreuung abgezogen. Das sind die systematischen Streufehler (streifiges und welliges Streuen), die von der Maschine verursacht werden. Die Fehlerstreuung wird als charakteristisch für die Streueigenschaften des Düngemittels angesehen. Ihre Größe wird aber auch von dem Prinzip des Streuvorgans der Maschine mit beeinflußt. Ausgeschaltet werden durch die Verrechnung nach der Varianzanalyse nur die systematischen Streifen- und Wellenfänger. Die im Feldversuch auch als „zufälliger Fehler“ bezeichnete Fehlerstreuung ist in diesem Fall nicht nur zufällig. Sie ist hier auch abhängig vom Prinzip des Düngerstreuers, der Korngröße, Kornform und Korngrößenzusammensetzung und dem Feuchtigkeitsgehalt des Düngemittels und den damit verbundenen physikalischen Veränderungen.

Der Einfluß des Düngerstreuerprinzips ist noch besonderen Untersuchungen vorbehalten, über die zu gegebener Zeit berichtet wird. Im Rahmen dieses Artikels sind nur in Ta-

belle 8 die Testwerte für die Block- und Säulenstreuung einiger Versuche angegeben⁷⁾.

Die schlechten Testwerte für die Säulenstreuung zeigen, daß die systematischen Fehler, die durch die Maschine verursacht werden, erheblich größer sind als die Fehlerstreuung. Die größten Ungleichmäßigkeiten werden also von der Maschine hervorgerufen.

Die erwähnten größeren Ungenauigkeiten bei den Kästen mit niedrigem Rand machen sich, wie Prüfungen ergaben, nur in der Block- und Säulenstreuung bemerkbar. Die Fehlerstreuung, die für unsere Untersuchungen in erster Linie von Interesse ist, wird davon nicht berührt.

Damit wir auch bei unterschiedlichen Streumengen vergleichbare Beurteilungen erhalten, ist die Fehlerstreuung zum jeweiligen Mittelwert prozentual ins Verhältnis gesetzt. Das ist insofern auch möglich, als die Fehlerstreuung und der Mittelwert die gleiche Dimension, nämlich Gramm haben. Zur besseren Übersicht und um kleinere, unbedeutende Schwankungen auszuschalten, sind jeweils 10 % zu einem Testwert zusammengefaßt. Um Verwechslungen zu vermeiden, werden die Testwerte mit Indizes versehen. Der Testwert für die Fehlerstreuung erhält ein F, für die Blockstreuung ein B und für die Säulenstreuung ein L. Für die Fehlerstreuung ergibt sich die folgende Beurteilungsskala (Tabelle 2).

Tabelle 2
Testwerte für die Fehlerstreuung

Verhältnis der Fehlerstreuung zum Mittelwert in %	Testwert F
0 ... 10,9	1
11 ... 20,9	2
21 ... 30,9	3
31 ... 40,9	4
41 ... 50,9	5
51 ... 60,9	6
61 ... 70,9	7
71 ... 80,9	8

Die Untersuchungen über die Streueigenschaften bei zunehmendem Feuchtigkeitsgehalt der Düngemittel wurden im wesentlichen mit drei Kalkammonsalpeter A, B und C durchgeführt. Die Korngrößen dieser Kalkammonsalpeter sind in Tabelle 3 angegeben.

Tabelle 3
Korngrößenzusammensetzung der drei Kalkammonsalpeter A, B und C

Korngröße	A %	B %	C %
4,0 mm	0	3	1
4 ... 2,0 mm	46	30	45
2 ... 0,2 mm	54	66	54
0,2 mm	0	1	0

Streuprüfungen

Die Untersuchungen wurden mit drei Düngerstreumaschinen durchgeführt: Einem Walzenstreuer, einem Tellerstreuer und einem Kettenstreuer. Geprüft wurden die Düngemittel Kalkammonsalpeter, Superphosphat und Kali (feinkörnig). Diese Düngemittel wurden gewählt, weil sie erstens als Grunddüngemittel die meiste Verwendung finden und zweitens ihre Streueigenschaften so weitgehend voneinander abweichen, daß die Ergebnisse auf die übrigen Düngemittel mit jeweils ähnlichen Streueigenschaften übertragen werden

⁷⁾ Die Testwerte für die Block- und Säulenstreuung sind folgendermaßen entstanden: Mit Hilfe des F-Tests werden die Block- oder die Säulenvarianzen gegen die Fehlervarianz getestet. Übersteigt der Quotient Block- oder Säulenvarianz durch Fehlervarianz den Tabellenwert für die entsprechenden Freiheitsgrade von P = 5 % nicht, so bekommt er den Testwert 1, liegt er zwischen den Tabellenwerten P = 5 % und P = 1 %, bekommt er Testwert 2, zwischen P = 1 % und P = 0,1 % Testwert 3 und überschreitet er den Tabellenwert für P = 0,1 %, bekommt er den Testwert 4.

⁵⁾ Diese Größe wurde durch Untersuchungen von v. Müller festgelegt. v. Müller: „Untersuchungen zur Frage des Zwischenverteilers an Düngerstreuern“, Diss. 1931.

⁶⁾ Lorenz, F.: „Die Varianzanalyse, eine Methode zur Messung der Streugenauigkeit von Düngerstreumaschinen“, Landtechnische Forschung, Heft 1, 1955.

können. Die Streuprüfungen wurden in zwei Versuchsserien durchgeführt:

1. Prüfung der Streugüte bei zunehmendem Feuchtigkeitsgehalt der Düngemittel, aber gleicher Einstellung der Maschine,
2. Prüfung mit trockenen Düngemitteln bei verschiedenen Maschineneinstellungen.

Diese Unterteilung der Versuche mußte durchgeführt werden, weil es zeitlich nicht möglich war, die Düngemittel bei den einzelnen Feuchtigkeitsgehalten mit mehreren Maschineneinstellungen auszustreuen. In der Klimakammer kann nämlich nur eine begrenzte Düngermenge zum Feuchtwerden eingelagert werden. Mit einem Düngerposten sind nur einige wenige Streuveruche durchführbar, weil bei häufigerem Ausstreuen desselben Düngemittels seine physikalischen Eigenschaften so stark verändert werden, daß die Versuchsergebnisse nicht mehr der Wirklichkeit entsprechen. Die Feuchtigkeitsaufnahme der Düngemittel für solche Versuche darf nur sehr langsam vor sich gehen. Versuche, die Feuchtigkeitsaufnahme durch eine hohe Luftfeuchtigkeit zu beschleunigen, zeigten, daß zwar die äußeren Schichten der Düngerteilchen stark feucht wurden, innen die Körner aber trocken blieben. Die physikalischen und damit auch die Streueigenschaften des Düngemittels wurden dadurch andere als bei langsamer und gründlicher Durchfeuchtung, wie sie in den Lagerräumen erfolgt. Aus diesen Gründen waren die Versuchsreihen langwierig und konnten nicht beliebig weit ausgedehnt werden.

Die Streuprüfungen wurden mit fabrikneuen Maschinen durchgeführt, die vor den Untersuchungen genauestens durchgesehen und eingestellt wurden. Die Versuchsergebnisse sind in den Tabellen 4, 5 und 6 wiedergegeben.

Die einzelnen Versuchsreihen wurden so lange fortgesetzt, bis der Feuchtigkeitsgehalt so groß war, daß das Düngemittel schmierig wurde, aus dem Düngerstreuer in breiiger Form heraustrat und einzelne Kösten nicht mehr bestreut wurden.

Werden die Testzahlen summiert, durch ihre Anzahl dividiert und die Quotienten zueinander ins Verhältnis gesetzt, zeigt der Kalkammonsalpeter A die geringsten Fehlerschwankungen (Tabelle 7).

Leider war es nicht möglich, die einzelnen Versuche bei den gleichen Feuchtigkeitsgehalten durchzuführen. Die Werte sind aber insofern vergleichbar, als die drei Düngemittel von jeder Maschine mit der gleichen Einstellung ausgestreut wurden.

Tabelle 4

Streuprüfung mit Kalkammonsalpeter A
bei steigendem Feuchtigkeitsgehalt, aber bei gleicher
Maschineneinstellung

	Fehler- streuung s	mittlere Streu- menge g	kg/ha	l in % von 2	Testwert	Feuchtig- keit im Dünge- mittel %
Walzen- streuer	0,138	1,04	260	13,3	2	1,3
	0,173	1,05	263	16,5	2	2,6
	0,177	0,91	228	19,5	2	3,5
	0,133	0,93	231	14,2	2	3,7
	0,103	0,78	198	13,2	2	3,9
	0,152	0,51	127	29,9	3	4,0
	0,167	0,23	58	72,6	8	4,6
Teller- streuer	0,128	0,85	212	15,1	2	1,5
	0,139	0,77	193	18,1	2	2,5
	0,146	0,78	195	18,9	2	3,0
	0,134	0,71	178	18,9	2	4,1
	0,190	0,76	189	25,2	3	4,5
Ketten- streuer	0,126	1,21	302	10,5	1	1,5
	0,109	1,14	284	9,6	1	2,3
	0,142	1,03	258	13,8	2	3,0
	0,138	1,01	252	12,9	2	3,6
	0,138	0,83	242	16,5	2	4,4
	0,153	0,69	172	22,2	3	4,6
	0,320	0,57	145	56,5	6	5,3

Tabelle 5

Streuprüfung mit Kalkammonsalpeter B
bei steigendem Feuchtigkeitsgehalt, aber bei gleicher
Maschineneinstellung

	Fehler- streuung s	mittlere Streu- menge g	kg/ha	l in % von 2	Testwert	Feuchtig- keit im Dünge- mittel %
Walzen- streuer	0,189	0,69	174	27,2	3	1,1
	0,124	0,80	201	15,9	2	2,0
	0,117	0,60	149	19,7	2	3,1
	0,125	0,43	108	29,0	3	3,9
	0,122	0,38	96	32,1	4	4,5
	0,147	0,22	55	66,9	7	5,1
Teller- streuer	0,230	0,78	199	29,5	3	1,2
	0,252	0,76	190	32,8	4	1,8
	0,200	0,75	188	26,7	3	2,4
	0,165	0,69	173	23,9	3	2,7
	0,234	0,70	174	33,6	4	4,0
Ketten- streuer	0,103	0,94	235	11,0	2	0,3
	0,135	0,86	212	15,7	2	1,8
	0,161	0,75	188	21,4	3	2,7
	0,128	0,75	187	17,1	2	3,2
	0,166	0,73	182	22,8	3	3,6
	0,381	0,61	153	62,1	7	4,6

Tabelle 6

Streuprüfung mit Kalkammonsalpeter C
bei steigendem Feuchtigkeitsgehalt, aber bei gleicher
Maschineneinstellung

	Fehler- streuung s	mittlere Streu- menge g	kg/ha	l in % von 2	Testwert	Feuchtig- keit im Dünge- mittel %
Walzen- streuer	0,160	0,96	239	16,8	2	1,4
	0,184	0,87	216	21,2	3	1,6
	0,177	0,76	191	23,2	3	2,2
	0,191	0,34	84	56,8	6	2,8
	0,173	0,32	79	54,7	6	3,0
Teller- streuer	0,200	0,80	199	25,1	3	1,4
	0,238	0,77	193	30,9	3	1,8
	0,209	0,76	190	27,6	3	2,4
	0,249	0,72	180	34,6	4	2,8
	0,193	0,68	170	28,4	3	3,1
Ketten- streuer	0,182	1,17	292	15,6	2	1,1
	0,167	1,01	252	16,6	2	1,8
	0,169	0,86	214	19,7	2	2,4
	0,125	0,73	181	17,2	2	3,0
	0,195	0,66	165	29,5	3	3,3
	0,381	0,67	167	56,9	6	4,0

Tabelle 7

Verhältnisse der Testzahlen der drei
Kalkammonsalpeter
(Kalkammonsalpeter A = 1)

	Kalkammonsalpeter		
	A	B	C
Walzen- streuer	$\frac{21}{7} = 3,0$	$\frac{21}{6} = 3,5$	$\frac{20}{5} = 4,0$
	1	1,17	1,33
Teller- streuer	$\frac{11}{5} = 2,2$	$\frac{17}{5} = 3,4$	$\frac{16}{5} = 3,2$
	1	1,54	1,45
Ketten- streuer	$\frac{17}{7} = 2,4$	$\frac{19}{6} = 3,2$	$\frac{17}{6} = 2,8$
	1	1,33	1,17

Tabelle 8
Streuprüfung mit Superphosphat —
Walzenstreuer

	Restfehler s	mittlere Streu- menge g	kg/ha	1 in % von 2	Testwert	Feuchtig- keit im Dünge- mittel %
mehlig	0,002	0,61	153	0,3	1	5,3
	0,006	0,72	180	0,9	1	6,4
gekörnt	0,204	1,02	254	20,0	2	4,0
	0,161	1,30	325	12,3	2	5,0

Tabelle 9
Streuversuche mit verschiedenen
Mengeneinstellungen

Düngemittel	Einstel- lung:	Restfehler s	mittlere Streu- menge g	kg/ha	3 in % von 4	Testzahlen*)		
						F	B	L
Walzenstreuer								
Kalk- ammon- salpeter	III 2	0,008	0,243	61	3,3	1	2	4
	VI 2	0,138	0,824	206	16,8	2	1	4
	VI 3	0,171	1,114	279	15,4	2	1	4
Super- phos- phat	IV 2	0,006	0,308	72	1,9	1	1	4
	VIII 2	0,119	1,146	286	10,4	1	3	4
	VIII 4	0,221	2,393	598	9,3	1	4	4
Kali	II 2	0,004	0,183	46	2,2	1	1	4
	V 2	0,009	0,542	136	1,7	1	1	4
	V 3	0,105	0,937	234	11,2	2	1	4
Tellerstreuer								
Kalk- ammon- salpeter	I 2	0,169	0,347	88	48,7	5	1	4
	II 4	0,247	0,974	244	25,4	3	1	4
	III 6	0,281	2,926	730	9,6	1	1	4
Super- phos- phat	I 2	0,142	0,408	102	34,8	4	1	4
	II 4	0,335	1,128	282	29,8	3	2	4
	III 6	0,595	3,110	780	19,2	2	2	4
Kali	I 2	0,386	0,547	136	70,6	7	1	3
	II 4	0,318	1,437	359	22,2	3	4	4
	III 6	0,558	3,443	862	16,2	2	3	4
Kettenstreuer								
Kalk- ammon- salpeter	I 4	0,006	0,192	48	3,1	1	1	4
	IV 4	0,008	0,479	119	1,7	1	4	4
	V 6	0,198	1,184	296	16,7	2	4	4
Super- phos- phat	III 4	0,006	0,328	82	1,8	1	3	4
	III 9	0,182	0,881	220	20,6	2	4	4
	VII 7	0,186	2,052	513	9,1	1	3	4
Kali	III 3	0,005	0,347	87	1,4	1	4	4
	VII 3	0,129	1,242	310	10,4	1	4	4
	VII 8	0,284	2,572	642	11,1	2	4	4

*) F = Fehlerstreuung, B = Blockstreuung, L = Säulenstreuung.

In den Abbildungen 12, 13 und 14 sind die Zahlen der Tabellen 4, 5 und 6 graphisch dargestellt. Mit zunehmendem Feuchtigkeitsgehalt der Düngemittel nimmt die Streumenge trotz gleicher Maschineneinstellung ab. Die Mengenabnahme ist beim Kalkammonsalpeter C mit zunehmendem Feuchtigkeitsgehalt am stärksten. Der Feuchtigkeitsgehalt, bei dem dieses Düngemittel nicht mehr ordentlich ausgestreut werden kann, liegt zwischen 3 und 4%. Der Kalkammonsalpeter A erreicht die Grenze seiner Streufähigkeit erst zwischen 4 und 5%. Der Anstieg der Fehlerkurve des Kalkammonsalpeters A verläuft zunächst flacher als der von C. Daraus kann abgeleitet werden: Der Kalkammonsalpeter A kann mehr Feuchtigkeit aufnehmen, bevor seine physikalischen Eigenschaften und damit auch seine Streueigenschaften sich verändern. Diese Eigenschaft wird aber dadurch zum Teil ausgeglichen, daß die Feuchtigkeitsaufnahme des Kalkammonsalpeter C unter denselben Bedingungen langsamer vonstatten geht,

als weiter oben gezeigt wurde. Der Kalkammonsalpeter B reagiert in seinen physikalischen Eigenschaften etwas weniger auf eine Feuchtigkeitsaufnahme als C. Er liegt in dieser Hinsicht im allgemeinen zwischen den beiden anderen Kalkammonsalpeteren.

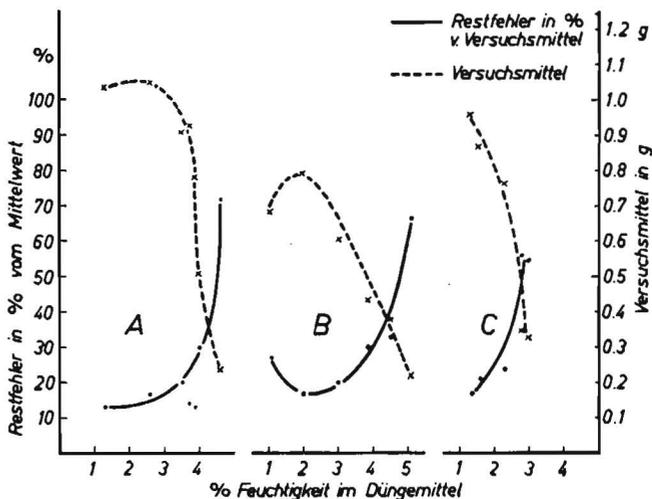


Abb. 12: Streuversuche mit Walzenstreuern
(Düngemittel: Kalkammonsalpeter)

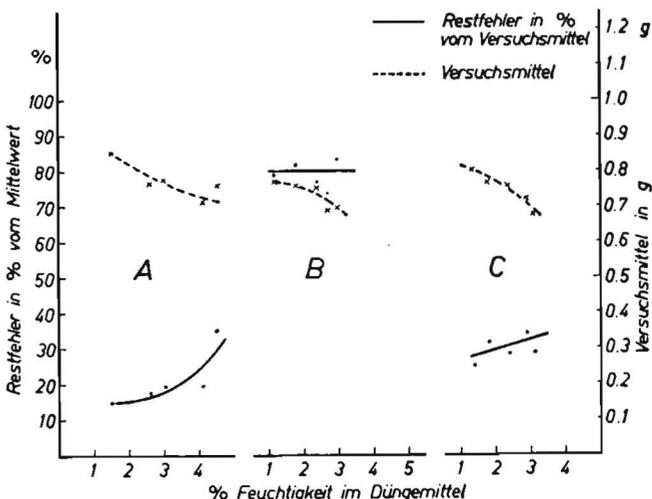


Abb. 13: Streuversuche mit Tellerstreuer
(Düngemittel: Kalkammonsalpeter)

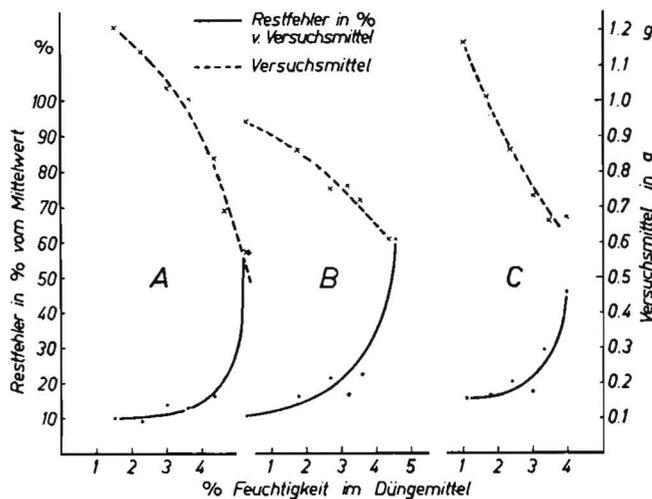


Abb. 14: Streuversuche mit Kettenstreuer
(Düngemittel: Kalkammonsalpeter)

Das Superphosphat hat sich — wie gesagt — als sehr wenig hygroskopisch erwiesen. Unter Klimazuständen, bei denen Kalkammonsalpeter schon nicht mehr streubar war, hatte Superphosphat kaum Feuchtigkeit aufgenommen. Es waren deshalb auch keine langen Streuversuchsreihen notwendig. Von einem Superphosphat, einmal in mehlig und zum anderen in gekörnter Form, wurden nur zwei Versuche mit dem Walzenstreuer durchgeführt (Tabelle 8).

Es zeigt sich, daß in beiden Fällen durch die geringe Feuchtigkeitsaufnahme keine wesentlichen Veränderungen der Streueigenschaften auftraten. Die Feststellung der Grenze der Streufähigkeit des Superphosphates erschien nicht erforderlich, weil hierzu Klimazustände eingestellt werden müßten, die in der Praxis doch nur sehr selten vorkommen.

Streuversuche mit Kali bei verschiedenen Feuchtigkeitsgehalten wurden nicht durchgeführt, weil dieses Düngemittel ebenfalls nur sehr wenig hygroskopisch ist. Die Feuchtigkeitsaufnahme geht außerdem langsam vonstatten. Die größere Schwierigkeit liegt bei diesem Düngemittel in seiner Feinheit. Interessant ist, daß das gekörnte Material etwas schlechtere Testwerte zeigt als das ungekörnte. Dieser geringe Unterschied ist aber kein Anlaß zur Besorgnis. Der Hauptzweck der Körnung ist: 1. die Hygroskopizität noch weiter herunterzusetzen, was für Gebiete mit sehr feuchten Klimaten durchaus zweckmäßig sein kann, und 2. das an sich unangenehme Düngerstreuen angenehmer zu gestalten. (Besonders das Stauben bei windigem Wetter kann dadurch vermieden werden.)

Zur Prüfung des Einflusses der verschiedenen Streumengen auf die Güte der Verteilung wurden mit trockenen einwandfreien Düngemitteln einige Streuversuche durchgeführt.

Die Streumengenregulierung erfolgt bei fast allen Düngerstreumaschinen einmal durch Veränderung der Geschwindigkeit der Streuorgane und zum anderen durch Veränderung des Streuschlitzes. Die Kombination dieser beiden Einstellungen ergibt bei einigen Maschinen 200 Einstellungsmöglichkeiten. Von den drei in der Untersuchung befindlichen Maschinen wurden mit Kalkammonsalpeter, Superphosphat und Kali je drei Versuche mit verschiedenen Einstellungen durchgeführt.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 9 wiedergegeben. In der Spalte „Einstellung“ bedeuten römische Ziffern die Geschwindigkeitseinstellung der Streuorgane und die arabischen Ziffern die Einstellung des Streuschlitzes.

Die Testzahlen zeigen, daß die Mengenvariierung beim Walzen- und Kettenstreuer keine so wesentliche Beeinflussung der Streugüte wie beim Tellerstreuer verursacht.

Zusammenfassung

Der Industrie ist es nicht möglich, alle Düngemittel so zu gestalten, daß sie bei der Lagerung keine Feuchtigkeit aufnehmen. Bei allen schnell wirkenden und infolgedessen auch leicht löslichen Düngemitteln ist eine gewisse Hygroskopizität sogar erforderlich. Durch entsprechende Lagerung ist es aber möglich, die Feuchtigkeitsaufnahme zu verhindern. Die Lagerversuche zeigten dafür folgende Möglichkeiten:

1. Die Einlagerung muß in gut geschlossenen Räumen stattfinden,
2. Lose eingelagerte Düngemittel sind mit Bitumenpapier abzudecken.

Düngemittel in gekörnter Form nehmen weniger Feuchtigkeit auf als in mehlig Form (Superphosphat).

Durch Streuversuche konnte festgestellt werden, daß die größten Ungenauigkeiten bei der Düngerverteilung von den Streumaschinen verursacht werden. Die Düngemittel beeinflussen die Streugüte ungünstig, wenn sie einen bestimmten, voneinander unterschiedlichen Feuchtigkeitsgehalt erreicht haben.

Beim Ketten- und Walzenstreuer wirkt sich die Zunahme des Feuchtigkeitsgehaltes beim Düngemittel durch Abnehmen der Streumenge und Ansteigen der prozentualen Fehlerstreuung aus. Der Tellerstreuer reagiert auf die Feuchtigkeitszunahme der Düngemittel weniger. Von einem bestimmten Feuchtigkeitsgehalt der Düngemittel an vermögen aber die Teller nicht mehr die Düngemittel dem Streustern zuzuführen.

Résumé:

Dr. F. Lorenz und Dr. A. Mathes: „Die Streufähigkeit von mineralischen Düngemitteln.“

Alle mineralischen Düngemittel, auch die hygroskopischen, können bei der Lagerung trocken und damit streufähig erhalten bleiben, wenn sie in einem geschlossenen Lagerraum und möglichst mit Bitumenpapier abgedeckt eingelagert werden.

Bei Streuversuchen in einer Klimakammer wurden die Düngemittel Kalkammonsalpeter, Superphosphat und Kali mit drei verschiedenen Düngerstreusystemen ausgestreut. Variiert wurden die Feuchtigkeit des Düngemittels und in einer zweiten Versuchsreihe die Streumenge. Durch statistische Auswertung der Versuchsergebnisse wurde ein Maß für die Streufähigkeit der Düngemittel gefunden. Die größten Streuungenauigkeiten werden von den Düngerstreumaschinen verursacht. Die Düngemittel selbst beeinflussen das Streubild erst ungünstig, wenn sie einen bestimmten Feuchtigkeitsgehalt erlangt haben.

Dr. F. Lorenz and Dr. A. Mathes: „The Dispersion Capacity of Mineral Fertilizers.“

All mineral fertilizers, including such as are hygroscopic, can be stored so that they remain dry and dispersible, if they are kept in enclosed storage spaces and covered with bituminous paper.

Dispersion tests, with three different types of fertilizer distributors, were made in an air-conditioned chamber with calcium ammonium nitrate, superphosphate and potash. In one set of experiments the moisture content of the fertilizer was varied and the amount dispersed was varied in the second set. A standard for the measurement of the dispersion capacity of the fertilizers was obtained by a statistical evaluation of the results of the experiments. The greater variations from the standards were caused by the fertilizer distributors. The fertilizers themselves were only the cause of variations when they contain a certain definite amount of moisture.

Dr. F. Lorenz et Dr. A. Mathes: «Les propriétés d'épandage des engrais minéraux.»

Tous les engrais minéraux, y inclus les engrais fortement hygroskopiques, peuvent être maintenus secs et par conséquent conserver leurs propriétés d'épandage si l'on les met en stock dans un endroit fermé et les recouvre, si possible, d'un papier bitumé.

Au cours d'essais pratiqués dans une enceinte climatisée, les engrais, comme par exemple les nitrates de chaux et d'ammoniaque, les superphosphates et les engrais potassiques ont été épandus au moyen de trois systèmes de distribution différents. Lors des essais, on a varié d'une part le degré d'humidité et d'autre part la quantité d'engrais épandu. En rassemblant les résultats ainsi obtenus, l'auteur arrive à un coefficient permettant de déterminer les propriétés d'épandage des engrais. Les plus grandes irrégularités d'épandage proviennent des machines de distribution. Les engrais eux-mêmes n'influent sur la distribution d'une façon désavantageuse qu'à partir d'un certain degré d'humidité.

Dr. F. Lorenz y Dr. A. Mathes: «Las condiciones de dispersión de abonos minerales.»

Todos los abonos minerales, con inclusión de los higroscópicos, se conservan secos durante el almacenaje y, por consiguiente, sus condiciones para la dispersión, almacenándose en local cerrado y, pudiendo ser, cubiertos con papel bituminoso. Haciendo ensayos de dispersión en una cámara de clima artificial, se derramaron los abonos de nitrato de amonio cálcico, de superfosfato y de potasa por tres sistemas de dispersión distintos. Se varió el grado de humedad del abono en la primera serie de ensayos y en la segunda la cantidad vertida. Basándose en un cuadro estadístico de los resultados conseguidos se encontró un modo de determinar las condiciones de dispersión de los abonos. La mayor precisión de dispersión se consigue con las máquinas de verter abonos. Los mismos abonos sólo ejercen una influencia desfavorable, cuando hayan llegado a un grado de humedad determinado.