

Von der im Prognosezeitraum vorgesehenen Ertragssteigerung der pflanzlichen Produktion sollen 50% durch vermehrten Einsatz von Agrochemikalien erreicht werden. Das erfordert die Zufuhr höherer Mineraldüngergaben und die ordnungsgemäße Kalkversorgung des Acker- und Grünlands. Durch Übergang zu Mehrnährstoffdüngern mit hoher Konzentration wird die Kalkzufuhr über Mineraldüngung zukünftig reduziert werden, so daß höhere Kalkmengen nötig sind. Damit haben rationelle Kalkungsverfahren ebenso ihre Bedeutung wie industriemäßige Arbeitsverfahren der Mineraldüngung, zumal durch Übergang zur Vorratsdüngung viele Verfahren für beide Düngerarten Anwendung finden können.

## Gliederung der Arbeitsverfahren

Die Möglichkeit der Arbeitsverfahren ist bei der Kalkung und Vorratsdüngung recht vielfältig. Der internationalen Literatur zufolge gibt es gegenwärtig 18 bis 22 verschiedene Ausbringeverfahren mit etwa 40 Varianten. Hierbei werden die verschiedensten Transportaggregate und Fördererlemente verwendet bzw. miteinander kombiniert. Es erscheint zweckmäßig, die Fülle der Verfahren zu ordnen. Hierfür wird folgende

Großgliederung (nach Verfahrensweise)

- A. Gebrochene Arbeitsverfahren,
- B. Kombinierte Arbeitsverfahren,

und Feingliederung

(nach Fördererlementen für Umschlag und Ausbringung)

- 1. Mechanische Verfahren,
- 2. Mechanisch-pneumatische Verfahren,
- 3. Pneumatisch-mechanische Verfahren,

\* Ingenieurbüro für Agrochemische Zentren Schafstädt (Direktor: Dr. B. MEIER)

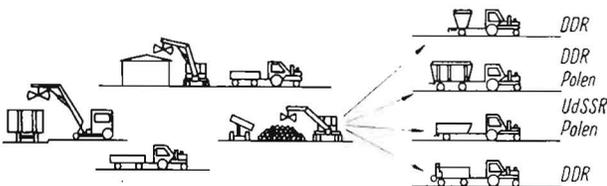
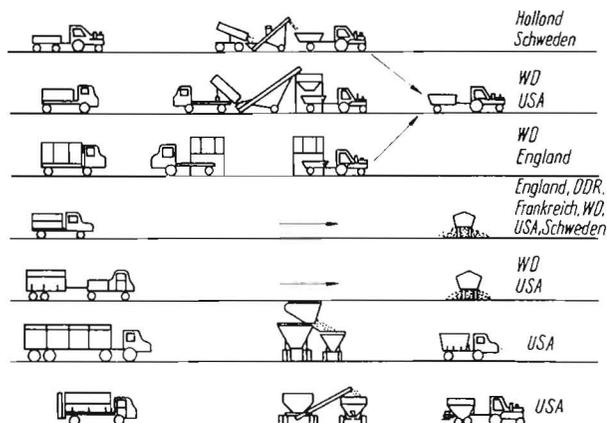


Bild 1. Mechanische Arbeitsverfahren für die Kalkung

Bild 2. Mechanische Arbeitsverfahren für die Kalkung und Vorratsdüngung



- 4. Pneumatische Verfahren
- 5. Explosionsverfahren vorgeschlagen.

*Gebrochene Verfahren* sind solche, bei denen am Feldrand ein Umschlag des Düngers in den Streuer erfolgt. Bei *kombinierten Verfahren* werden Transport und Streuen mit dem gleichen Aggregat ohne Umschlag durchgeführt. Letztere sind einfacher und ökonomischer. Ihnen ist jedoch eine Grenze gesetzt, wenn die Nutzmasse der Fahrzeuge so hoch wird, daß das Befahren der Felder Schwierigkeiten bereitet.

Bei den *mechanischen Verfahren* (Bild 1 und 2) erfolgen Umschlag und Ausbringung ausschließlich mit mechanisch arbeitenden Fördererlementen. In den Abbildungen werden jeweils einige Länder genannt, in denen das Verfahren angewendet wird. Beim Einsatz *mechanisch-pneumatischer Verfahren* (Bild 3) wird nur das Streuen pneumatisch durchgeführt. Das *pneumatisch-mechanische Verfahren* (Bild 4) sieht einen Antransport bis zum Bahnhof bzw. Einsatzort oder Feldrand in pneumatisch entleerbaren Behältern vor. Ausgebracht wird der Dünger mit mechanisch arbeitenden Streuern. Beim *pneumatischen Verfahren* (Bild 5) erfolgen Antransport, Umschlag und Weitertransport sowie das Streuen nur mit pneumatisch fördernden Behältern bzw. Streuern. Beim *Explosionsverfahren* wird der Dünger auf Hängern antransportiert, in mehreren Haufen auf dem Feld abgesetzt und durch Sprengen verteilt.

Bei der gebrochenen Verfahrensweise sind alle fünf Verfahren, bei der kombinierten nur zwei Arbeitsverfahren möglich. Damit ist jedoch die Problematik der Systematisierung noch nicht erschöpft. Noch viele Fragen sind offen, z. B. beginnt ein Verfahren am Bahnhof bei der Waggontladung oder im Werk? Ein anderes Problem ist die exakte Definition eines gebrochenen Verfahrens. Ist ein solches nur gegeben, wenn der Dünger am Feldrand umgeschlagen oder auch, wenn beim

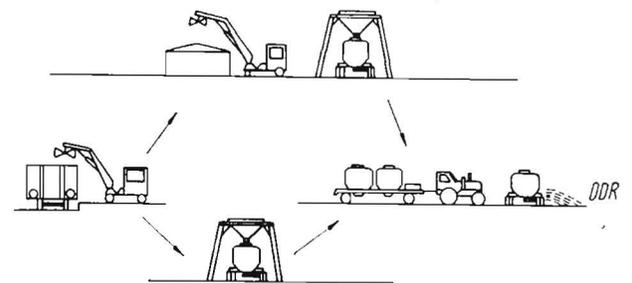
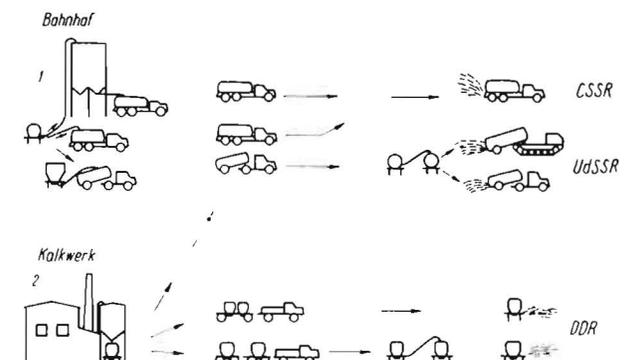


Bild 3. Mechanisch-pneumatische Kalkungsverfahren

Bild 4. Pneumatisch-mechanische Kalkungsverfahren



Brigadeinsatz am Feldrand die Zugmaschine gewechselt wird? Ist z. B. die Erweiterung um einen Hänger oder Einsatz von zwei gekoppelten Streuern ein neues Verfahren oder nur eine Verfahrensvariante? Die gleiche Frage ergibt sich, wenn bei gleicher Nutzmasse ein anderer Zugmaschinentyp eingesetzt wird. Es ist erforderlich, genau zu definieren, welche Abänderungen bzw. Elemente gegeben sein müssen, um die Verfahren und Verfahrensvarianten zu trennen.

### Anwendung der Arbeitsverfahren

Pneumatische Verfahren kommen vornehmlich bei der Kalkung (UdSSR, CSSR, DDR) mit trockenen, pulverförmigen Kalken zur Anwendung [1, S. 165]. In England wird auch Thomasphosphat und in der UdSSR Rohphosphat pneumatisch ausgebracht. Pneumatisch-mechanische Verfahren sind stark verbreitet bei der Kalkdüngung in Westdeutschland [2], aber auch in Schweden und Polen [1, S. 44]. Dabei wird der Kalk in Silowaggons oder -fahrzeugen antransportiert und in Silobehälter bzw. Streuer umgeladen. Versuchsweise wurde es auch in Schweden für Antransport und Umschlag von Kalkammonsalpeter benutzt [3]. Mechanisch-pneumatische Verfahren kamen in der DDR bei der Silokalkung zur Anwendung. In Australien wird danach auch Superphosphat ausgebracht [4]. In Schweden und Westdeutschland arbeitet man danach bei der Waldkalkung.

Am verbreitetsten sind die mechanischen Verfahren, die vornehmlich für die Minereraldüngung zur Anwendung kommen und auch für alle Kalkarten geeignet sind. Das Explosionsverfahren wurde vereinzelt in der DDR, insbesondere in den südlichen Bezirken für die Kalkung benutzt [5].

Pneumatische Verfahren haben den Vorteil, daß sie mit geringstem Arbeitsaufwand einen staubfreien Umschlag ermöglichen. Sie erfordern jedoch Fahrzeuge mit hoher Nutzmasse, weil sonst die höheren Investkosten unökonomisch sind. Beim Streuen erreichen sie infolge großer Arbeitsbreiten von 12 bis 25 m hohe Arbeitsproduktivität. Pneumatische Streuer arbeiten mit geringen Kosten (Tafel 1, Silowagen) bei einer Streuqualität, die denen vieler mechanischer Streuer nicht nachsteht. Bei stärkerer Windeinwirkung wird jedoch die Streuqualität negativer beeinflusst als bei mechanischen Streuern mit geringerer Arbeitsbreite.

Sehr vorteilhaft sind pneumatisch-mechanische Verfahren. Über große Transporteinheiten wird der Vorteil der Pneumatik genutzt und man arbeitet mit kleineren Aggregaten auf dem Feld.

An zukünftige Düngeverfahren sind folgende Anforderungen zu stellen:

1. Hohe Arbeitsbreiten bei guter Streuqualität

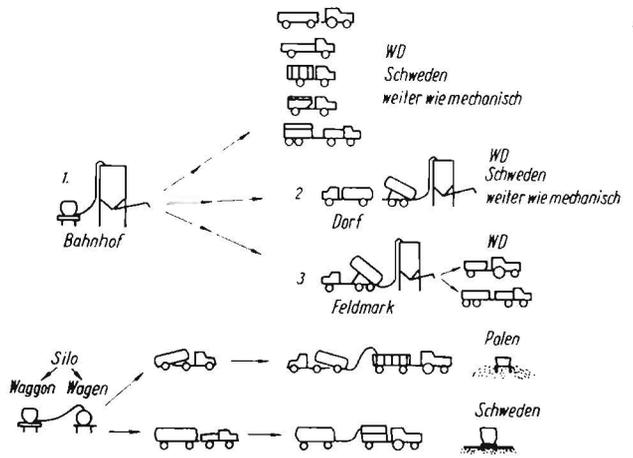
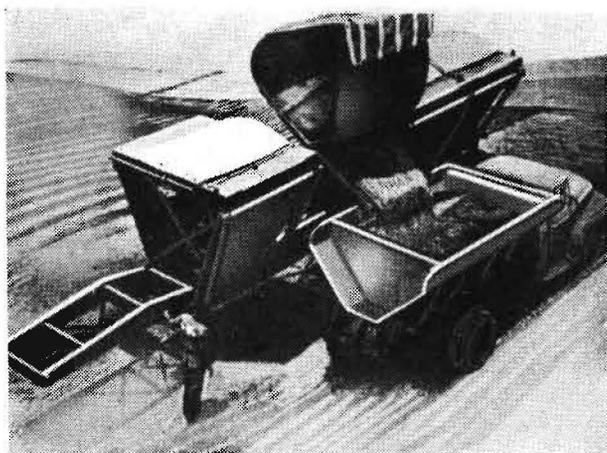


Bild 5. Pneumatische Arbeitsverfahren für Kalkung und Rohphosphatdüngung

Tafel 1. Arbeitsbedarf und Verfahrenskosten beim Kalken (3 t/ha, ohne Kalktransport)

	Silowagen	Barthika	Dessower	Guteborner
Akh/ha	0,52	1,00	0,94	1,10
M/ha	7,24	11,20	11,46	13,43
Trh/ha <sup>1</sup>	0,26	0,75	0,71	0,83
Ak	2	4	4	4
MotPS/ha	17	37	35	41

<sup>1</sup> Trh = Traktorstunden

2. Hohe Nutzmasse der Fahrzeuge bei geringem Bodendruck
3. Vermeidung des doppelten Umschlages
4. Vermeidung von unrationellen Leerfahrt- und Umsetzzeiten
5. Hohe Einsatzsicherheit auch bei ungünstigen Witterungs- und Bodenbedingungen
6. Geringe Verfahrenskosten und geringer Akh-Bedarf
7. Organisatorisch einfacher Einsatz

Zur Realisierung zuvor genannter Forderungen wurden von 22 Düngungsverfahren und 48 Varianten die Verfahrenskosten und der Akh-Bedarf ermittelt [1, S. 179].

### Vergleich der DDR-Verfahren

In der DDR kamen bisher drei verschiedene Verfahren zur Anwendung

- Mechanische Verfahren mit den Streuern Barthika, Dessow und Guteborn

Bild 6. Großtransporter bei der Düngerübergabe (USA)

Bild 7. Silofahrzeug Tatra 138 beim Kalkstreuen (CSSR)



Tafel 2. Relative Verfahrenskosten für die Kalkung bei unterschiedlicher Feldentfernung

km	5	10	15	20
Silowagen	100	100	100	100
Barthika	118	108	105	100
Dessower	118	109	103	101
Guteborner	132	119	114	109

Tafel 3. Relative Verfahrenskosten und Akh-Bedarf derzeit möglicher Kalkungsverfahren (3 t/ha, 10 km Entfernung)

Transporteinheit	Zugkraft	Übergabe in Streuer	Kosten	Akh-Bedarf
<b>Mechanische Verfahren</b>				
10 t	Traktor	Kran	100	100
5 t	Traktor	ZF 12,5 bzw. 25	114/107	110
5 t	Traktor	ZF 40	104	100
5 t	Traktor	Förderband	105	103
4 t	Traktor	—	101	95
2x4 t	Traktor	—	102	127
10 t	Traktor	ZF 12,5 bzw. 25	101/93	83
5 t	LKW	Wechselbehälter hochstehend	91	77
10 t	Traktor	ZF 40	90	73
10 t	Traktor	Förderband	90	75
10 t	LKW	Kran	88	85
10 t	Traktor	Hochbehälter	86	77
5 t	LKW	Hochbehälter	83	72
10 t	LKW	Hochbehälter	78	62
<b>Pneumatische Verfahren</b>				
6 t Brigade	Traktor	—	98	77
2x6 t Einzel-	Traktor	—	97	93
6 t Einsatz	Traktor	—	97	97
6 t Brigade	LKW	—	76	52

ZF = Förderschnecke  
 — = kombinierte Verfahren

- Mechanisch-pneumatische Verfahren für die Silokalkung mit Eisenbahntransport des Kalks
- Pneumatische Verfahren für die Kalkung ab Werk

Beim ersten Verfahren wird der Kalk mit Traktorzug (10 t) zum Feldrand angefahren, abgekippt und mit dem Kran in die Streuer geladen. Beim zweiten Verfahren wird der Kalk aus Waggon oder Zwischenlager in einem Silowagen mit Traktor antransportiert, am Feldrand übernimmt ihn ein schwerer Feldtraktor zum Ausstreuen.

Tafel 2 zeigt, daß mit zunehmender Entfernung das mechanische Verfahren kostengünstiger wird. Das ist bedingt durch die geringe Nutzmasse (6 t) der Silohänger gegenüber 10 t beim mechanischen Verfahren. Große Schwierigkeiten ergaben sich beim Silowageneinsatz weiterhin durch die fehlenden Zwischenlager am Bahnhof, was zum Zwangseinsatz auch bei nasser Witterung führte. Die Folge waren hohe Kosten durch geringe Leistung infolge unproduktiver Ausfallstunden und Materialschäden. Unkontinuierlicher Waggonzulauf führte zu häufigen Warte- und Überstunden. Der oft erwähnte hohe Bodendruck war bei Zwillingbereifung nicht höher als bei anderen Streuern [1, S. 105].

### Vergleich internationaler Verfahren

Im weiteren wurden international bekannte Verfahren, die derzeit in der DDR möglich wären, untersucht und mit dem mechanischen Arbeitsverfahren unter Verwendung eines Streuers vom Typ Barthika (Standardverfahren) verglichen. Danach zeigt sich (Tafel 3), daß eine Beladung der Streuer mit Schnecke bzw. Förderband im 5-t-Zug unrationell, im 10-t-Zug vorteilhaft ist. Der Antransport des Kalks im LKW vermindert die Kosten um 12 % und den Akh-Bedarf um 15 %. Der in Westdeutschland propagierte Wechselbehälter bringt eine Einsparung von 9 %. Vorteilhafter ist der am Feldrand stehende mobile Hochbehälter, insbesondere bei LKW-Antransport des Düngers mit Hänger. Zur Streuerbeladung sind ebenso wie beim Wechselbehälter keine Übergabeaggregate notwendig, da der Dünger durch die eigene Schwerkraft in den darunter stehenden Streuer fällt.

Die pneumatischen Verfahren mit Traktorzug (hier nur mit 15 m Arbeitsbreite berechnet) sind bei 10 km wohl billiger

Tafel 4. Relative Verfahrenskosten und Akh-Bedarf leistungsfähiger Kalkungsverfahren (3 t/ha, 10 km Entfernung)

Transporteinheit	Zugkraft	Übergabe in Streuer	Anwendung	Mechanische Streuer Kosten	Akh	Pneumatische Streuer <sup>1</sup> Kosten	Akh
10 t	Traktor	Kran	DDR	100	100	—	—
8 t	LKW	Schlauch	UdSSR	—	—	71	48
3x6 t	LKW	Hochbeh.	Engld.	74	52	67	45
15 t	LKW	Kippen	USA	71	48	62	42
5 t	LKW	—	DDR	65	50	59	47
10 t	LKW	—	CSSR	—	—	48	32
5 t	Unimog	—	WD	62	50	57	47
10 t	LKW	—	USA	66	35	56	30
2x10 t	LKW	—	CSSR	—	—	56	45
15 t	LKW	—	USA	61	30	48	25

<sup>1</sup> Relativ zu „Mechanisch“, erstes Verfahren  
 — = kombinierte Verfahren

Tafel 5. Relative Verfahrenskosten pneumatischer Kalkungsverfahren

km	5	10	15	20
Tatra 10 t	100	100	100	100
Tatra 10 t mit Hänger	102	95	92	86
LKW Streuer 5 t	91	102	108	114
LKW Streuer 10 t	95	96	98	98

Tafel 6. Relative Verfahrenskosten ausgewählter Kalkungsverfahren

km	5	10	15	20
Barthika	100	100	100	100
Streuer-LKW 5 t	57	65	72	78
Streuer-LKW 10 t	63	66	70	71
Großtransporter 15 t	73	71	68	68
Großtransporter 20 t	72	69	66	62

als das Barthikaverfahren, aber erst der Einsatz von LKW macht sie in Verbindung mit der doppelten Arbeitsbreite den anderen Verfahren überlegen.

Von größerem Interesse sind jedoch die zukünftig möglichen leistungsfähigeren Verfahren (Tafel 4). Das pneumatische 8-t-Siloverfahren (UdSSR) bringt bereits eine Kosteneinsparung von 29 %. Recht vorteilhaft erscheinen die nächsten beiden Verfahren mit einem Wechselbehälter-Fahrzeug (drei Wechselbehälter 6 t) und einem Großtransporter (15 t-Hydraulikkipper) als Sattelaufleger (Bild 6). Beide bringen in einem Zug große Mengen zum Feldrand, stellen die witterungsgeschützt abgedeckten Transporteinheiten dort ab und fahren im Wechselzug. Auf dem Felde arbeiten Streuer mit nur 2 bis 5 t Nutzmasse, die mit Niederdruck- bzw. Flotationsreifen ausgerüstet sogar bei feuchtem und lockerem Boden arbeiten können; daß bedeutete eine fast völlige Ausschaltung ungünstiger Witterungs- und Bodenverhältnisse. Würden statt der mechanischen pneumatische Streuer arbeiten, wäre eine weitere Kostensenkung um 7 bzw. 9 % möglich.

Kostenmäßig und vor allem im Akh-Bedarf sehr günstig sind die kombinierten Verfahren. Der in der DDR zukünftig zum Einsatz kommende LKW W 50 mit dem Streuaufsatz D 032 ist um 35 % bzw. 50 % günstiger als das Barthikaverfahren. Bei Ausrüstung mit pneumatisch arbeitenden Streurelementen wäre eine weitere Kostensenkung um 6 % möglich. Das in der CSSR eingesetzte Silofahrzeug Tatra 138 (Bild 7) vermindert die Kosten um 42 % und den Akh-Bedarf sogar um 68 %. Auf Grund dessen ist vorgesehen, dieses Verfahren, nach dem 1965 14 % der Gesamtkalkmenge der CSSR (36 Fahrzeuge) gestreut wurden, weiter auszudehnen. Ab 1967/68 sollen etwa 180 Fahrzeuge eingesetzt und 1970 50 % der Gesamtkalkmenge pneumatisch gestreut werden [6] [7] [8]. In der UdSSR ist der Anteil des pneumatisch gestreuten Kalks von 1964 mit 2 % auf etwa 20 % im Jahre 1968 gestiegen. In der DDR ist der Anteil dagegen von 6,3 % im Jahre 1964 auf 3 % 1966 zurückgegangen und beträgt z. Z. etwa 1 %.

Bei geringer Entfernung sind alle Verfahren mit 5 t Nutzmasse billiger als solche mit 10 t und letztere billiger als mit 20 t. Mit zunehmender Entfernung werden jedoch die Verfahren mit höherer Nutzmasse kostengünstiger (Tafel 5). Von

Bedeutung ist auch die Relation des LKW- und Großtransportverfahrens (15 und 20 t Nutzmasse) zum Standardverfahren mit zunehmender Entfernung. Hier zeigt sich, daß das Großtransportverfahren erst ab 15 km kostengünstiger als das LKW-Verfahren mit 5 und 10 t Nutzmasse ist (Tafel 6).

## Schlußfolgerungen

1. Der Einsatz pneumatischer Streuer vermindert die Kosten bei gleicher Verfahrensweise gegenüber mechanischen um 8 bis 20 %. Pneumatische Verfahren sind um so vorteilhafter, je höher der Anteil der Streuzeit am Gesamtverfahren ist. Das ist gegeben bei geringer Entfernung, geringerer Arbeitsgeschwindigkeit und hoher Nutzmasse. Gebläsestreuer sind bei geringer Entfernung vorteilhafter als Kompressorstreuer. Pneumatische Streuer eignen sich vorzüglich für die Waldkalkung.
2. Die Kosten des derzeitigen Barthikaverfahrens in der DDR können durch LKW-Antransport des Kalks um 12 % gesenkt werden. Etwas gleiche und teils höhere Kostenminderung bringt der Einsatz von mobilen Hochbehältern bzw. die Beladung der Streuer mit Förderband und leistungsfähigen Schnecken vom Wechselhänger.
3. Zwei Anhängestreuer zum Antransport gekoppelt erfordern bei geringerer Entfernung höhere und bei weiterer Entfernung geringere Verfahrenskosten als bei Einsatz eines Streuers.
4. Die zukünftig zweckmäßigste Form der Kalkung dürfte bei der in der DDR vorgesehenen Organisationsform Agrochemischer Zentren der Einsatz von mechanisch arbeitenden LKW-Streuer sein. Das erfordert keine zusätzlichen Investitionen, da mit den gleichen Streuern auch die PK-Vorratsdüngung und der Antransport von NPK- und N-Dünger zum Feldrand durchgeführt wird.

5. Da den kombinierten Verfahren (LKW-Verfahren) infolge ihrer hohen Nutz- und Bruttomasse Grenzen gesetzt und großvolumige Niederdruckreifen, die den Bodendruck stark vermindern, für hohe Transportgeschwindigkeiten wenig geeignet sind, werden zukünftig gebräuchtere Verfahren mit großen Transporteinheiten an Bedeutung gewinnen. Sie übergeben den Dünger durch Momentbelastung in mit Flotationsreifen ausgerüstete Streuer.

## Literatur

- [1] BÖHL, K.: Bessere Kalkversorgung der Böden durch industriemäßige Düngungsverfahren. Habilitationsschrift Humboldt-Universität Berlin 1967
- [2] ZIEMER, F. H.: Betriebswirtschaftliche Fragen der Kalkanwendung. Mitt. der DLG, Frankfurt am Main 78 (1963) H. 4, S. 473 bis 476
- [3] HARALDSON, A. / B. JOELSON: Hantering och spridning av handelsgödsel. GKS-Schriftenreihe Nr. 7, Stockholm 1964, S. 44
- [4] Jet fertilisers Spreader. Zeitschrift Practical Power Farming, September 1963
- [5] SZELJNSKI, A.: Anwendung des Sprengverfahrens bei der Ausbringung von Kalk, Stalldung und Niedermoorortf im Bezirk Cottbus. Forsch. Ber. Institut für Landw. Bez. Cottbus 1968
- [6] SIMA, I.: Nova tehnika vapneni. Agrochemia 4 (1964) H. 9, S. 1
- [7] Versuche mit Dienstleistungen in der Landwirtschaft. Rude pravo, Prag 30. Nov. 1965, S. 2
- [8] ŠABOTKA, O. / A. HAMPL / R. TOMICA: Vapneni pud a jeho mechanizace. Schriftenreihe Min. Landw. u. Forstw. Prag (1966) H. 8, S. 18 bis 20 A 7434

Dr. MARIA EHLICH

## Methode zur Bestimmung des Transportmittelbedarfs und Schlußfolgerungen für die Ausrüstung der Landwirtschaft und Nahrungsgüterproduktion

Die exakte Bestimmung des Bedarfes an Maschinen und Transportmitteln ist für die planmäßige und zielgerichtete Ausrüstung der Landwirtschaft und Nahrungsgüterwirtschaft unerlässlich. Das trifft sowohl für den Volkswirtschaftszweig als auch für jeden einzelnen Betrieb zu und ist eine wichtige Voraussetzung zur hohen Auslastung der Technik, wie GRÜNEBERG [1] erneut auf der 9. Tagung des ZK der SED forderte.

Im Rahmen einer Gemeinschaftsarbeit [2] wurden erste Schritte unternommen, den Bedarf an Transportmitteln auf der Grundlage von Transportketten nachzuweisen. Dabei wurde unter einer Transportkette die Aufeinanderfolge von Transportarbeitsgängen verstanden, die auf dem Wege eines bestimmten Gutes vom Erzeuger zum Verbraucher auszuführen sind, das auf Grund seiner Eigenschaften und seines Verwendungszweckes spezielle Anforderungen an den Transport stellt, ganz gleich, welche und wieviele Verkehrsträger sich daran beteiligen. Nur bei einer solchen Betrachtungsweise kann die von HAMMER [3] zu Recht geforderte durchgängige Mechanisierung aller Transportarbeitsgänge erreicht werden. Mit Hilfe nachstehender Angaben und Kennzahlen kann der Bedarf an Transportmitteln für jeden Abschnitt einer Transportkette festgestellt und schließlich zum Gesamtbedarf in den einzelnen Teilabschnitten des Jahres zusammengefaßt werden.

### 1. Kennzahlen und Angaben zur Charakterisierung der Einsatzbedingungen

- Transportgutmasse, in t  
(Besonders bei Leichtgut ist die zusätzliche Angabe des Volumens in  $m^3$  oder der Dichte in  $kg/m^3$  notwendig.)  
Eventuell anhaftender Schmutz u. a. Beimengungen gehören zur Transportgutmasse (z. B. bei Rüben, Kartoffeln u. a.).
- Transportentfernungen, in km
- Agrotechnische Zeitspannen, Verarbeitungszeiträume und verfügbare Einsatztage für den Transport

- Angaben über die Häufigkeit des Umschlagens und der Zwischenlagerung
- Angaben über die Fahrbahnverhältnisse wie Breite der Straßen und Wege, Belastungsklasse bei Wirtschaftswegen (42), Bodenart und -zustand, Relief, Befahrbarkeit und Geräumigkeit von Entlade-, Umschlags- bzw. Lagerplätzen u. a.

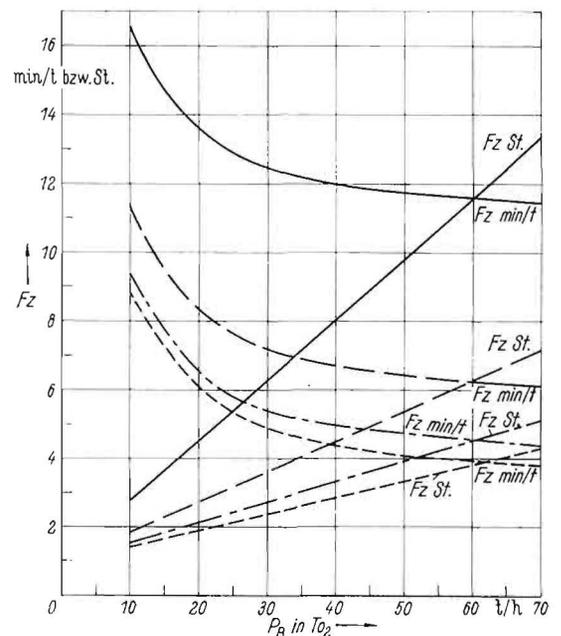


Bild 1. Zeitbedarf und für Fließeinheit benötigte Fahrzeuge in Abhängigkeit von  $P_B \cdot m_{FZ}$ : 5 t — — —,  $m_{FZ}$ : 10 t — — —,  $m_{FZ}$ : 15 t — — — (alls  $v_F = 10$  km/h;  $m_{FZ}$ : 10 bei  $v_F = 20$  km/h — — —;  $s = 4$  km,  $t_B = 5$  km)