

Ergebnisse der Untersuchungen zur Entmischung gekörnter Mineraldünger und Auswirkungen auf die Verfahren der Mineraldüngerausbringung

Dr. K. Greiner/Dr. sc. K. Kämpfe, Institut für Düngungsforschung Leipzig – Potsdam der AdL der DDR

1. Einleitung

Mit der Einführung der „Lösen-Mineraldünger-Kette“ erlangt die Frage der Entmischung zunehmende Bedeutung, da bei gekörnten Mineraldüngern während der Transport-, Lagerungs- und Umschlagprozesse Klassier- und Sortierungseffekte auftreten, die sich auch auf die Verteilgenauigkeit der Mineraldünger auswirken können.

Als Hauptursache für die Entmischung wird das unterschiedliche Korngrößenspektrum angesehen, wobei die Entmischung um so ausgeprägter ist, je größer die Breite des Kornspektrums ist. Die Zusammenhänge zwischen Korngrößenzusammensetzung und Entmischung sind in mehreren wissenschaftlichen Arbeiten dargestellt worden [1 bis 6]. Im Gegensatz zur Korngrößenzusammensetzung beeinflussen die Dichte, die Kornform und die Rauigkeit der Oberfläche der Granalien und Prills die Entmischung bei Mineraldüngern oder Mineraldüngermischungen nur unwesentlich.

Weil Untersuchungen zum Entmischungsverhalten von Teilchenverbänden, wie sie aus gekörnten Mineraldüngern darstellen, bei den Prozessen Transport, Umschlag und Lagerung einen hohen materiellen und personellen Aufwand erfordern, gewinnt die Nutzung von Modellen und Simulationsmethoden zukünftig mehr an Bedeutung. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, daß in entsprechenden Grundlagenuntersuchungen das Verhalten von Teilchenverbänden bei Transport, Umschlag und Lagerung und die Übertragbarkeit von Ergebnissen aus Modellversuchen auf Praxisbedingungen zu klären sind. Den in diesem Beitrag mitgeteilten Ergebnissen liegen Untersuchungen mit den in den agrochemischen Zentren (ACZ) eingesetzten Transportmitteln, Maschinen und Geräten zugrunde.

2. Versuchs- und Untersuchungsmethodik

Die Untersuchungen zum Entmischungsverhalten wurden mit Kalkammonsalpeter I ($d_m = 2,12 \text{ mm}$), Kalkammonsalpeter II ($d_m = 2,62 \text{ mm}$) und Harnstoff ($d_m = 1,69 \text{ mm}$) durchgeführt. Sie wurden gezielt bei der Waggonentladung, bei der Haufwerkbildung und -entspeicherung sowie bei der Abgabe des Düngers aus Düngerstreuern vorgenommen. Dabei wurden verschiedene Methoden angewendet:

2.1. Waggonentladung

– Selbstentladewagen:

Die Entnahme der Proben erfolgte an der Übergabestelle zwischen Entladeschieber und sich anschließender Fördertechnik mit Probelöffel (500 ml). Bei der Entladung jedes Waggons wurden 10 Proben an jedem Schieber in zeitlich gleichen Abständen entnommen.

– geschlossene Wagen:

Die Entladung erfolgte mit dem Handschraper T 176 und mit der Entlademaschine KV 70. Die Probenahme wurde am Gurtbandabwurf dieser Maschinen durchgeführt.

– offene Wagen:

Bei der Entladung mit dem Mobilkran T 174 wurde der Mineraldünger über einen Trichter an ein Gurtband übergeben. Die Probenahme erfolgte an der ersten Gurtbandübergabestelle.

2.2. Haufwerkbildung und -entspeicherung

– Haufwerkbildung:

Die Probenahme erfolgte vom Schüttkegelfuß aus bis zur Kegelspitze in Abständen von 0,5 m, wobei sowohl der Kern als auch die Randzonen erfaßt wurden.

– Entspeicherung:

Die Entspeicherung wurde mit dem

Schaufellader Fadroma L 2 A, der mit einer 1,4-m³-Ladeschaufel ausgerüstet war, vorgenommen. Bei der Übergabe des Mineraldüngers an den Streuer sind aus jeder Ladeschaufel drei Proben entnommen worden. Beim Einsatz des Mobilkrans ist die Probenahme aus jedem zweiten Greiferinhalt erfolgt.

2.3. Abgabe des Mineraldüngers aus dem Düngerstreuer

Die Untersuchungen wurden mit den LKW-Streuern D 032 und D 035 mit und ohne Antisegregationseinsatz [7] durchgeführt. Dazu ist der mit Mineraldünger gefüllte Streuer auf einen Rollenprüfstand gefahren worden, so daß die Entleerung im Stand erfolgen konnte. In zeitlich gleichen Abständen ist die Probenahme am Dosierschieber vom Beginn der Entleerung bis zum Abschluß vorgenommen worden. Je Entleerung wurden rd. 50 Proben gewonnen.

Für alle Proben wurde mit Hilfe der Siebanalyse das Kornspektrum bestimmt. Die Meßergebnisse sind statistisch verrechnet worden.

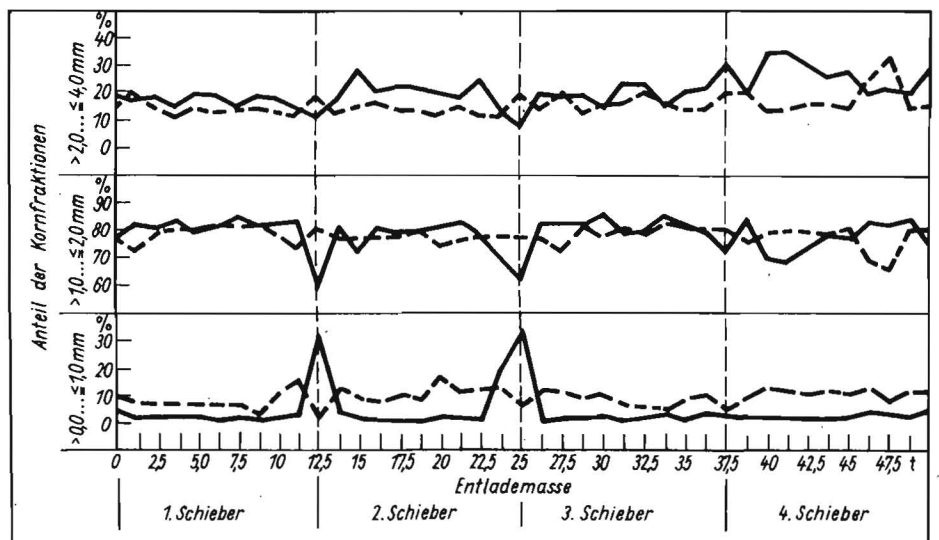
3. Versuchsergebnisse und Diskussion

3.1. Waggonentladung

Bei der Auswertung von Siebanalysen aus sechs Selbstentladewagen (je drei Tds- und Tads-Wagen) mußte festgestellt werden, daß bei der Entladung von Harnstoff unregelmäßige Schwankungen im Korngrößenspektrum auftraten, die keinem in der Literatur beschriebenen Fließsystem bzw. Fließstyp zugeordnet werden konnten. Sie sind ihrem Wesen nach Kombinationen aus Kern- und Massenfluß [8 bis 11]. Der Verlauf der Schwankung des Korngrößenspektrums

Bild 1. Verlauf der Schwankungen des Korngrößenspektrums von Harnstoff bei der Entladung aus Tads-Wagen;

— 1. Tads-Wagen, - - - 2. Tads-Wagen



Fortsetzung von Seite 482

ten von Mineraldüngern, die Auswirkungen auf die Verfahrensgestaltung der Mineraldüngerausbringung analysiert und gewertet. Dabei zeigte sich die Notwendigkeit, vorrangig durch die Verbesserung der qualitativen Kenngrößen der Mineraldünger eine verfahrensökonomisch günstige Gestaltung des Applikationsprozesses, eine Senkung der Verluste, eine Minderung der schädlichen Befruchtungen der Böden und ein besseres Aufwand-Nutzen-Verhältnis zu erreichen, aber auch den Umweltschutzanforderungen besser Rechnung zu tragen und die Arbeitsbedingungen zu verbessern. Damit kann zur Steigerung und Stabilisierung der Erträge, zur Senkung der Kosten und des DK-Einsatzes sowie zur Erhöhung der Effektivität des Fondseinsatzes in der Landwirtschaft beigetragen werden. A 4030

Tafel 1. Schwankung des Korngrößenspektrums bei der Entladung von Harnstoff aus Selbstentladewagen

Korngrößensklasse mm	Schwankungsbreite		
	unterer Wert %	Mittelwert %	Höchstwert %
> 0,0 ... < 1,0	31,7	91,7	213,5
≧ 1,0 ... < 2,0	3,2	5,4	7,9
≧ 2,0	13,5	23,1	33,5

Tafel 2. Veränderung der Korngrößenzusammensetzung von Kalkammonsalpeter I während der Entladung mit unterschiedlichen Maschinen

Entlade- maschine	Wagentyp	Variationskoeffizienten V für die Korngrößensbereiche		
		> 0,0 ... < 1,0 mm %	≧ 1,0 ... < 2,5 mm %	≧ 2,5 ... < 4,0 mm %
T 174	offen	123,1	20,1	64,9
KV 70	geschlossen	47,0	12,3	44,8
T 176	geschlossen	51,8	11,0	33,8

Tafel 3. Verteilung der Mengenanteile der Korngrößensklassen im Haufwerk von Kalkammonsalpeter I (s. Bild 2)

Probe-Nr. ¹⁾	Mengenanteile des Kornspektrums			d _m mm
	> 0,0 ... < 1,6 mm %	≧ 1,6 ... < 2,5 mm %	≧ 2,5 ... < 4,0 mm %	
1	0,52	11,30	88,18	3,10
2	1,53	45,80	52,67	2,60
3	17,74	66,40	15,86	2,03
4	32,22	52,64	15,14	1,90
5	56,20	37,78	6,02	1,57
6	63,90	19,76	16,34	1,28
GD 5 %	1,96	3,38	4,05	-

1) Mittelwert aus 5 Probenahmen

während der Entladung von Harnstoff aus Tads-Wagen ist im Bild 1 dargestellt.

Die zusammenfassende Bewertung der Schwankungen des Korngrößenspektrums unter Verwendung des Variationskoeffizienten bei der Entladung von Harnstoff aus Selbstentladewagen führt zu dem in Tafel 1 zusammengestellten Ergebnis.

Während die Hauptfraktion des Harnstoffs (≧ 1,0 ... < 2,0 mm) nur geringe Schwankungen aufwies, lag der Schwankungsbereich des Feinkornanteils < 1,0 mm um ein Vielfaches höher. Damit wird bestätigt, daß der Feinkornanteil die Entmischung von gekörntem Mineraldünger wesentlich beeinflusst.

Geschlossene und offene Wagen

Die Beladung der geschlossenen Wagen erfolgt mit Gurtbandförderern und Wurfmaschinen. Der Einsatz dieser Geräte verursacht bereits bei der Beladung Entmischungen. Die Entladung der geschlossenen Wagen erfolgte mit der Waggonentlademaschine KV 70 und mit dem Handschraper T 176. Zur Entladung der offenen Wagen ist der Mobilkran T 174 eingesetzt worden. Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Entmischung bei der Waggonentladung sind aus Tafel 2 ersichtlich.

Hinsichtlich des Einflusses auf den Verlauf der Veränderung der Korngrößenzusammensetzung während der Entladung von geschlossenen Wagen besteht zwischen der

KV 70 und dem T 176 kein wesentlicher Unterschied.

Während beim Einsatz der KV 70 zu Beginn der Entladung der Hauptkornanteil (≧ 1,0 ... < 2,5 mm) ansteigt, sinkt der Anteil der groben Fraktion. Bei der Entladung mit dem T 176 ist eine gegenläufige Tendenz ermittelt worden. Die Untersuchungen ergaben ferner, daß durch beide Entlademaschinen ein Rückmischungseffekt bewirkt wird, der bei der KV 70 deutlicher ausgeprägt war. Beim Einsatz des Mobilkrans T 174 setzte sich dagegen die Entmischung fort. Die Haufwerke wiesen eine sehr große Variationsbreite in der Korngrößenzusammensetzung auf.

3.2. Haufwerkbildung und -entspeicherung

Die Haufwerkbildung wird in den ACZ vorwiegend durch die Anwendung von Gurtbandförderern vorgenommen. Derartige Haufwerke wurden hinsichtlich ihrer lokalen Korngrößenzusammensetzung untersucht. Die Ergebnisse sind für ein Haufwerk von Kalkammonsalpeter I in Tafel 3 und für ein Haufwerk von Harnstoff in Tafel 4 dargestellt. In beiden Haufwerken konnte eine erhebliche Segregation festgestellt werden. Mit den Untersuchungen wurde bestätigt, daß bei der Haufwerkschüttung mit zentralem Aufgabepunkt die groben Teilchen vorwiegend an der Peripherie abgelagert werden und das Feingut im Zentrum verbleibt. Die bei der Haufwerkbildung entstehende

Tafel 4. Verteilung der Mengenanteile der Korngrößensklassen im Haufwerk von Harnstoff (s. Bild 3)

Probe-Nr. ¹⁾	Mengenanteile des Kornspektrums			d _m mm
	> 0,0 ... < 1,0 mm %	≧ 1,0 ... < 2,0 mm %	≧ 2,0 ... < 4,0 mm %	
1	0,42	34,16	65,42	1,81
2	0,36	56,72	42,92	1,82
3	0,50	74,30	25,20	1,79
4	0,12	73,20	26,72	1,70
5	2,08	81,62	16,30	1,65
6	3,10	81,98	14,92	1,72
7	2,28	81,76	15,96	1,75
8	7,44	79,34	13,22	1,60
9	11,72	81,74	6,54	1,44
GD 5 %	1,19	2,97	2,85	-

1) Mittelwert aus 5 Probenahmen

Tafel 5. Verteilung der Mengenanteile der Korngrößensklassen im Haufwerk von Kalkammonsalpeter II (s. Bild 4)

Probe-Nr. ¹⁾	Mengenanteile des Kornspektrums			d _m mm	Bemerkungen
	> 0,0 ... < 1,6 mm %	≧ 1,6 ... < 2,5 mm %	≧ 2,5 ... < 4,0 mm %		
1	0,26	8,26	91,48	3,21	Haufwerkbildung mit Gurtband- förderer
2	0,28	16,68	83,04	3,08	
3	0,24	16,56	83,20	3,02	
4	1,64	29,38	68,98	2,83	
5	2,16	38,34	59,50	2,71	
6	82,42	13,40	4,18	0,77	
GD 5 %	0,92	1,73	2,02	-	
7	0,16	21,10	78,74	2,89	Auslagerung des Haufwerks mit Mobilkran T 174 und direkter Streuer- beladung
8	0,24	33,54	66,22	2,77	
9	0,66	51,44	47,90	2,53	
10	1,42	59,44	39,14	2,42	
GD 5 %	0,11	1,59	1,60	-	

1) Mittelwert aus 5 Probenahmen

Segregation wird bei der Entspeicherung mit dem Mobilkran T 174 teilweise ausgeglichen (Tafel 5). Dazu muß jedoch vorausgesetzt werden, daß die Entspeicherung und der gesamte Stapelabbau von einer Stelle aus erfolgen. Ein ständiges Verändern des Entnahmepunktes bewirkt nur eine geringe Rückmischung. Analoge Ergebnisse, wie sie mit dem T 174 erzielt wurden, konnten auch beim Einsatz des Schaufelladers Fadroma L 2 A nachgewiesen werden.

3.3. Abgabe des Düngers aus dem Vorratsbehälter von Mineraldüngerstreuern

Aufgrund der Wirkungsweise der Förderorgane (Band, Kette) muß davon ausgegangen werden, daß sich im Vorratsbehälter von Mineraldüngerstreuern ein Entmischungsprozeß vollzieht, der sich auch auf die Verteilung durch die Schleuderscheiben auswirkt. Die Untersuchungen zum Entmischungsverhalten von Kalkammonsalpeter II wurden mit den LKW-Streuern D 035 und D 032 durchgeführt, wobei auch die Wirkung eines Wabeneinsatzes geprüft worden ist. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in Tafel 6 angeführt.

Der Vergleich der Schwankungen der Korngrößenzusammensetzung bei der Entleerung von Mineraldüngerstreuern mit und ohne Antisegregationseinsatz weist auf eine segregationshemmende Wirkung des Wabeneinsatzes hin, die jedoch nicht befriedigt. Die positive Wirkung wird besonders bei der Be-

trachtung der Ergebnisse zu Beginn (0 bis 350 kg) und am Ende (1 650 bis 2 000 kg) der Entleerung deutlich.

4. Schlußfolgerungen

In den Untersuchungen erwies sich die Höhe des Feinkornanteils < 1,0 mm als wesentlicher, die Entmischung fördernder Faktor. Eine erhebliche Minderung der Entmischungsprozesse tritt ein, wenn Mineraldünger bereitgestellt werden, deren Feinkornanteil < 1,0 mm 1 % nicht überschreitet. Bereits bei der Beladung der Selbstentladewagen, der geschlossenen und der offenen Wagen in den Mineraldünger herstellenden Betrieben tritt in Abhängigkeit von der Beladetechnologie eine Entmischung ein. Die Entmischung kann vermindert werden, wenn Tds-Wagen und offene Wagen in den Mineraldünger herstellenden Betrieben nicht von

Tafel 6. Auswirkung der Anwendung von Antisegregationseinsätzen auf den Variationskoeffizienten V der Schwankung der Korngrößenbereiche von Kalkammonsalpeter II bei der Entleerung der LKW-Streuer D 035 und D 032

Streuer- typ	ausgetragene Düngermenge kg	Variationskoeffizienten der Schwankung der Korngrößenbereiche					
		ohne Antisegregationseinsatz			mit Antisegregationseinsatz		
		> 0,0 ... ≤ 1,6 mm %	≥ 1,6 ... ≤ 2,5 mm %	≥ 2,5 ... ≤ 6,3 mm %	> 0,0 ... ≤ 1,6 mm %	≥ 1,6 ... ≤ 2,5 mm %	≥ 2,5 ... ≤ 6,3 mm %
D 035	0 ... 350	36,05	3,07	24,28	21,06	5,12	28,80
	350 ... 1 650	15,00	2,01	12,17	13,91	3,30	20,41
	1 650 ... 2 000	34,70	5,80	36,10	12,79	3,29	22,78
	gesamt	24,85	3,28	22,76	16,14	3,77	23,12
D 032	0 ... 350	66,25	19,27	24,34	29,47	11,81	15,85
	350 ... 1 650	21,23	5,02	8,83	18,77	7,18	9,97
	1 650 ... 2 000	25,23	18,28	18,85	19,76	5,93	10,52
	gesamt	34,81	12,67	19,03	22,21	5,38	11,48

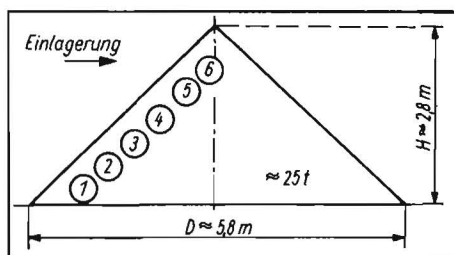


Bild 2. Haufwerk von Kalkammonsalpeter I (CKB), freier Schüttgutkegel; Abstand der Probenahmen ≈ 0,5 m

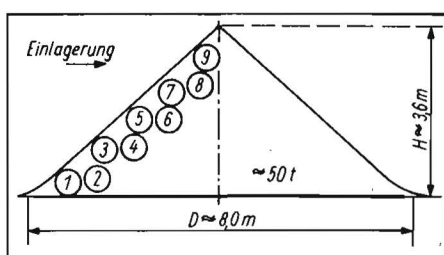


Bild 3. Haufwerk von Harnstoff, freier Schüttgutkegel; Abstand der Probenahmen ≈ 0,4 m

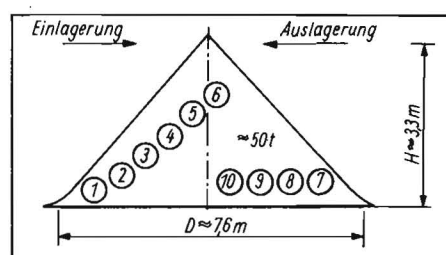


Bild 4. Haufwerk von Kalkammonsalpeter II (CKB), freier Schüttgutkegel; Abstand der Probenahmen ≈ 0,6 m

einer Abgabestelle, sondern von mehreren gleichzeitig beladen werden.

Bei der Beladung der geschlossenen und offenen Wagen ist dem Einsatz der Waggonentlademaschine KV 70 und des Handschrappers T 176 der Vorzug zu geben. Beide Maschinen bewirken eine begrenzte Rückmischung von Mineraldüngerpartien, bei deren Verladung bereits eine deutliche Entmischung entstanden ist.

Bei der Einlagerung von Mineraldünger in die Lagerhallen der ACZ führt eine Schüttkegelbildung mit zentralem Aufgabepunkt zu wesentlichen Entmischungserscheinungen. Durch eine Dammschüttung über die gesamte Hallen- oder Boxenbreite mit einem schwenkbaren Einlagerungsaggregat oder durch eine flächigere Haufwerkbildung (Netz mehrerer Schüttkegel), die durch mehrmaliges Umsetzen der Stapelbänder erreicht wird, kann der Entmischung wirkungsvoll entgegengewirkt werden.

Zur Einschränkung der Entmischung beim Austragen der Mineraldünger aus Vorratsbehältern von Mineraldüngerstreuern sind weitere Untersuchungen notwendig.

5. Zusammenfassung

In den durchgeführten Untersuchungen konnte der Nachweis erbracht werden, daß gekörnte Mineraldünger bei allen Transport- und Umschlagprozessen Entmischungs- und Rückmischungseinflüssen unterliegen. Die Hauptursache der Entmischung besteht in der Korngrößenzusammensetzung, wobei sich die Entmischungsneigung mit der Zu-

nahme der Breite des Korngrößenspektrums erhöht. Eine Verminderung der Entmischung kann durch folgende Maßnahmen erreicht werden:

- Verringerung des Feinkornanteils < 1,0 mm in allen gekörnten Mineraldüngern auf < 1,0 %
- Dammschüttung oder flächige Haufwerkbildung durch Setzen mehrerer Schüttkegel anstelle eines großen Schüttkegels
- Einsatz von Verteileinrichtungen bei der Waggonentladung und der Haufwerk-schüttung
- Verbesserung des Ausfließverhaltens der Tds-Wagen durch Anstriche und Beschichtungen
- Einsatz großer Ladeschaufeln bei der Entspeicherung.

Literatur

- [1] Alley, M. M., u. a.: Particle size effects on stockpiling and spreading agricultural limestone (Der Einfluß der Korngröße auf Lagerung und Ausbringung von landwirtschaftlichem Kalk). Soil Science Society of America Journal, Madison 44 (1980) 2; S. 438-444.
- [2] Denburg, J. F.; Bauer, W. C.: Segregation of particles in the storage of materials (Entmischung bei der Lagerung von Schüttgütern). Chem. Engng. New York (1964) 20, S. 135-142.
- [3] Glavackij, B. A.: Vlijanie razlicnyh faktorov na kačestvo prigotovljenija tukosmesej i stepen razložženija ich pri transportirovke i vnesenii (Der Einfluß verschiedener Faktoren auf die Qualität der Herstellung von Düngermischungen und den Grad ihrer Entmischung beim

Transport und bei der Ausbringung). Bjul. VNIJ udobr. i agroprevored (1971) 12, S. 55-63.

- [4] Heege, H. J.; Hellweg, W.: Entmischung bezüglich der Korngröße beim Verteilen von Mineraldünger. Grundlagen der Landtechnik, Düsseldorf 32 (1982) 1, S. 13-19.
- [5] Mogindovid, L. S.; Sindjaskina, E. Ch.: O razmere granul komponentov tukosmesi kratkij obzor (Über die Größe der Granalien der Komponenten eines Düngergemisches). Sel' skoe chozajstvo za rubežom, Moskva (1980) 2, S. 11-13.
- [6] Williams, J. C.: Cause and effects of segregation in powders (Ursachen und Effekte der Entmischung in pulverigen Schüttgütern). Chem. Process., London (1965) 4, S. 56-58.
- [7] WP A01 C 2292 518 DD. Einrichtung zur Verhinderung der Segregation von Mineraldüngern in Düngerbehältern.
- [8] Brown, B. L.; Hawksley, P. G. W.: The international flow of granular masses (Fließverhalten körniger Schüttgüter). Fuel, London 26 (1947) S. 159-173.
- [9] Kvapil, R.: Besondere Probleme der Gravitationsbewegung von Schüttgütern. Aufbereitungstechnik, Wiesbaden 5 (1964) 11, S. 642-654.
- [10] Kvapil, R.: Probleme des Gravitationsflusses von Schüttgütern. Aufbereitungstechnik, Wiesbaden 5 (1964) 2, S. 139-144; 3, S. 183-189.
- [11] Taubmann, H.: Probleme der Speicherung von Schüttgütern in Bunkern. Fördern und Heben, Mainz 8 (1958) 5, S. 275-285.

A 4203