

Entmischung von Mineralmischdünger im Schüttkegel und bei unterschiedlichen Logistiksystemen

Johannes Pichler, Gerhard Moitzi, Wolfgang Hofmair, Andreas Gronauer

Die Nachfrage nach physikalisch gemischten Mehrnährstoffdüngern ist in den letzten Jahren aufgrund der individuell mischbaren Formulierungen und aufgrund der geringeren Produktionskosten gestiegen. Für die drei Düngermischungen wurden jeweils drei unterschiedliche Komponenten verwendet. Für die Mischungen wurde ein 27%iger Kalkammonsalpeter (granuliertes, Rundkorn), ein granulierter NPK-Komplexdünger (15% N/15% P₂O₅/15% K₂O/3% S, Rundkorn) sowie ein 60%iges Kaliumchlorid (kantig-eckig) verwendet. Die Entmischung der einzelnen Düngerkomponenten wurde nach dem Mischvorgang im Schüttkegel, im Big Bag und im Schüttguthaufen nach dem Entladen aus dem Silo-LKW und Kipper-LKW untersucht. Eine systematische Beprobung des Schüttkegels zeigt insbesondere bei den Düngermischungen 2 und 3 beträchtliche Abweichungen vom Soll-Nährstoffgehalt. Ein zunehmender Anteil von „60er-Kali“ in der Mischung führt zu einer Entmischung der Mischkomponenten im Schüttkegel. Die kantig-eckigen Körner des „60er-Kali“ sammeln sich verstärkt an der Schüttkegelspitze an, während die runden Körner des KAS sich an der Schüttkegelbasis häufen. Das Entladen der Düngermischung vom Kipper-LKW verringert die Entmischung, während die pneumatische Entladung durch den Silo-LKW die Entmischung fördert. Im Big Bag kann die Nährstoffverteilung beträchtlich variieren.

Schlüsselwörter

Mineralmischdünger, Entmischung, Kipper-Lastkraftwagen, Silotank-Lastkraftwagen, Big Bag

Zu herkömmlichen Mehrnährstoffdüngern stellen Mischdünger eine Alternative dar. Die Nachfrage nach physikalisch gemischten Mehrnährstoffdüngern ist in den letzten Jahren aufgrund der individuell mischbaren Formulierungen und der geringeren Produktionskosten gestiegen. Die Düngemittel produzierenden Unternehmen sind auch zunehmend gefordert, homogene Düngermischungen neben optimal abgestimmten Düngermengen, Ausbringungsgeräten und einer optimalen Ausbringungstechnik anzubieten.

Nach der Europäischen Düngemittelverordnung (Verordnung (EG) Nr. 2003/2003 vom Oktober 2003 über Düngemittel) bestehen Mehrnährstoffdünger („compound fertilizer“) aus mindestens zwei Primärnährstoffen, welche auf chemischem Wege und/oder durch Mischen hergestellt werden. Mischdünger („blended fertilizer“) werden durch Trockenmischung mehrerer Dünger ohne chemische Reaktion hergestellt. Im Gegensatz dazu werden „Komplexdünger“ („complex fertilizer“) durch chemische Reaktion, Lösung oder in fester Form durch Granulation gewonnen. In seiner festen Form enthält jedes Körnchen alle Primärnährstoffe (mindestens zwei) in der deklarierten Zusammensetzung. Die festgelegten Toleranzen (Anhang II der EG-Düngemittelverordnung 2003/2003) für minera-

liche Mehrnährstoffdünger betragen für die Nährstoffe N, P₂O₅ und K₂O je 1,1 % (absolute negative Abweichung).

Besonders bei physikalisch gemischten Düngern, sogenannten Mischdüngern, muss eine gute Durchmischung garantiert sein, damit eine Entmischung während des Transports und bei der Ausbringung verhindert wird. Umso wichtiger ist eine gute und optimal abgestimmte Mischanlage, um eine physikalische Entmischung nach dem Ablaufrohr des Düngers zu verhindern (HEHENBERGER 1993).

Als Entmischung wird die Trennung eines Mischdüngers in seine Einzelkomponenten bezeichnet, dies wird innerhalb der Logistikkette durch verschiedenen Einflüsse bestimmt (EUROPEAN FERTILIZER BLENDERS ASSOCIATION 2007, Abbildung 1). Zwei Einflussgruppen bestimmen im Zusammenwirken den Grad der Entmischung von Mineraldüngermischungen: Einerseits die stoffabhängigen Einflüsse, wie z. B. die Korngrößenverteilung, Korndichte, Kornform, Hygroskopizität, Oberflächenbeschaffenheit, etc. und andererseits prozessabhängige Einflüsse durch Misch-, Umlade-, Förder- und Verteilprozesse in der Logistikkette (HEHENBERGER 1993).

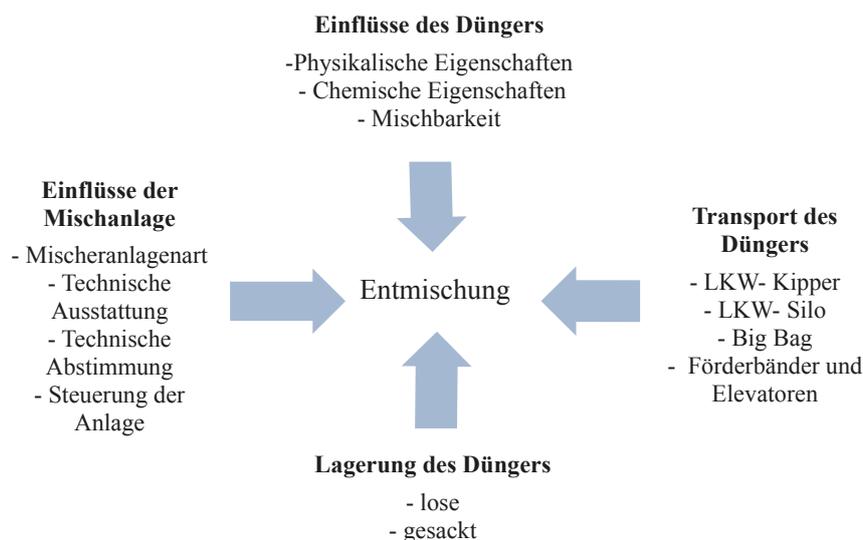


Abbildung 1: Einflüsse auf die Entmischung von mineralischen Mischdüngern innerhalb der Logistikkette

Prozessabhängige Einflüsse können nur dann eine Entmischung verursachen, wenn auch stoffabhängige Einflüsse vorhanden sind und umgekehrt. Entmischungen, welche zu Beginn der Arbeitskette bzw. während des Mischvorganges entstehen, können zwar teilweise wieder durch Mischung bei der Ausbringung reduziert, jedoch nicht gänzlich aufgehoben werden (HEHENBERGER 1993). Untersuchungen von BALG et al. (1979), HEEGE und HELLWEG (1982), MARQUERING (2001) und CEN (2014) haben gezeigt, dass das Phänomen der physikalischen Entmischung nach dem Ablaufrohr der Mischanlage bei der Bildung eines Schüttkegels auftritt. Diese ist vorwiegend auf die stoffabhängigen Einflüsse zurückzuführen (Abbildung 2).

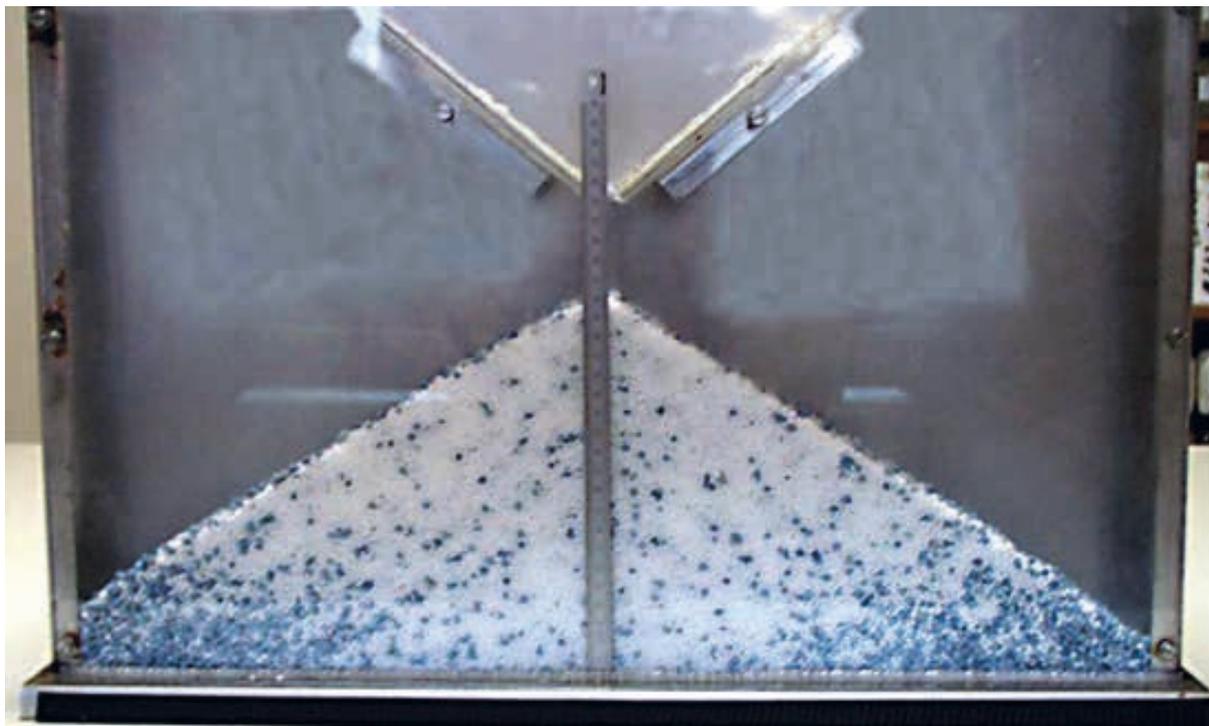


Abbildung 2: Entmischung von Kalkammonsalpeter (KAS, 27% N, Rundkorn, blau gefärbt) und Harnstoff (46% N, Rundkorn, weiß) (MARQUERING 2001)

Für die Feststellung und Bewertung der Entmischung ist jedoch die Art der Probenahme ausschlaggebend. Die partielle Beprobung eines Schüttkegels einer Mineraldünger Mischung an der Schüttkegelbasis kann aufgrund des Phänomens der physikalischen Entmischung zu Nährstoffabweichungen im Analyseergebnis führen.

Im Rahmen eines Forschungsprojektes in Kooperation mit einem internationalen Mineraldüngerhersteller (Borealis L.A.T. GmbH, Linz) wurden drei Mineralmischdünger auf die physikalische Entmischung im Schüttkegel untersucht. Der Einfluss von drei Logistiksystemen (Silo-LKW, Kipper-LKW und Big Bag) wurde ebenso analysiert.

Material und Methode

Drei Mineralmischdünger (Tabelle 1) wurden in einer stationären Düngermischanlage der Firma Fuchshuber in Enns (Oberösterreich) gemischt. Für die Abmischung wurde eine Mischanlage verwendet, welche nach dem Sandwichverfahren und mit einer Mischschnecke (Abbildung 3) arbeitet. Wie bereits erwähnt wurden für die Mischungen drei Komponenten verwendet. Kalkammonsalpeter, NPK-Komplexdünger und Kaliumchlorid sind die am häufigsten eingesetzten Dünger. Kalkammonsalpeter und NPK-Komplexdünger werden häufig zusammengemischt. Kaliumchlorid wurde aufgrund der kantig-eckigen Kornform verwendet. Dadurch sollte untersucht werden, wie sich unterschiedliche Kornformen auf die Entmischung auswirken. Die drei Einzeldünger wurden auch aufgrund der gleichen Dichten verwendet. Kalkammonsalpeter hat eine Dichte von $1,9\text{--}2,0\text{ g/cm}^3$, NPK-Komplexdünger eine Dichte von $1,8\text{--}2,1\text{ g/cm}^3$ und Kaliumchlorid eine Dichte von $1,9\text{--}2\text{ g/cm}^3$. Somit konnte der Einfluss der Dichte auf die Entmischung vermindert werden.

Tabelle 1: Zusammensetzung der drei Düngermischungen

Zusammensetzung der Mischungen		Chemische Zusammensetzung
Mischung 1	50 % KAS ¹⁾ (Rundkorn, granuliert) 50 % Complex ²⁾ (Rundkorn, granuliert)	21,0 % N 7,5 % P ₂ O ₅ 7,5 % K ₂ O
Mischung 2	33 % KAS (Rundkorn, granuliert) 33 % Complex (Rundkorn, granuliert) 34 % MOP ³⁾ („60er-Kali“; eckig, kompaktiert)	13,9 % N 5,0 % P ₂ O ₅ 25,4 % K ₂ O
Mischung 3	50 % KAS (Rundkorn, granuliert) 50 % MOP („60er-Kali“; eckig, kompaktiert)	13,0 % N 0,0 % P ₂ O ₅ 30,5 % K ₂ O

¹⁾ KAS = Kalkammonsalpeter 27 % N.

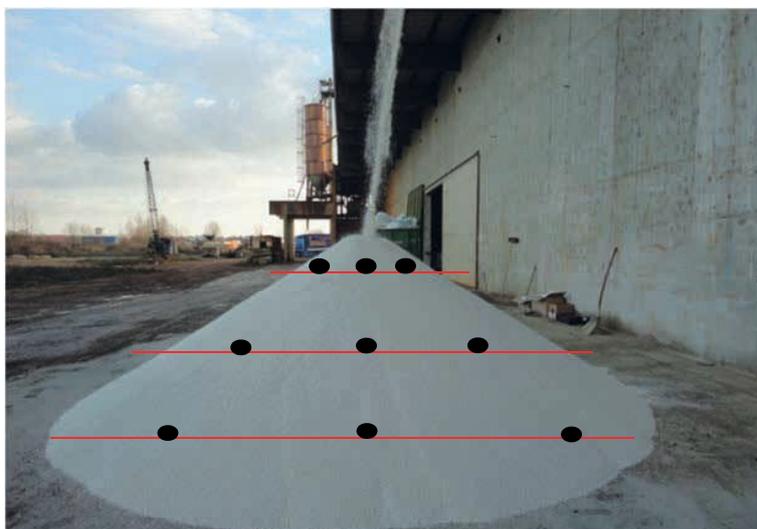
²⁾ Complex = Komplexdünger 15 % N/15 % P₂O₅/15 % K₂O/3 % S.

³⁾ MOP = Muriate of Potash = Kaliumchlorid, „60er-Kali“, 60 % K₂O, Herkunft BPC Weißrussland.



Abbildung 3: Stationäre Düngermischanlage: Trichter links befüllt mit NPK-Complex, Trichter Mitte befüllt mit MOP, Trichter rechts befüllt mit KAS (© J. Pichler)

Unter dem Ablaufrohr der Düngermischanlage wurden Schüttkegel (ca. 25 t) gebildet und mittels Getreideprobenstecher systematisch beprobt (Abbildung 4). Die Schüttkegel wurden in drei Ebenen (Schüttkegelspitze – Top, Schüttkegelmitte – Center, Schüttkegelbasis – Bottom) unterteilt und auf zwei Schichttiefen (30 cm, 80 cm) beprobt. Pro Probeentnahmestelle wurden 3 Einzelproben entnommen, welche zu einer Mischprobe zusammengemischt wurden.



Schüttkegelspitze: 3 Mischproben

Schüttkegelmitte: 3 Mischproben

Schüttkegelbasis: 3 Mischproben

Abbildung 4: Schüttkegelbildung unter dem Ablaufrohr der stationären Düngermischanlage mit Probenentnahmeschema (© J. Pichler)

Zusätzlich wurden drei üblicherweise verwendete Logistiksysteme (Silo-LKW, Kipper-LKW, Big Bag) verglichen. Der Silo-LKW (Nutzvolumen 30 m³) und der Kipper-LKW (Nutzlast 25 t) wurden direkt vom Ablaufrohr der stationären Düngermischanlage befüllt. Die Big Bags wurden über eine Big-Bag-Befüllanlage (nach der Düngermischanlage) ebenfalls direkt befüllt. Die Entladung in den Lagerboxen erfolgte durch Abkippen vom Kipper-LKW bzw. durch Ausblasen aus dem Silo-LKW. Der Dünger wurde somit durch zwei Manipulationsschritte (Beladung und Entladung) in die Lagerboxen eingebracht. Bei der Big-Bag-Befüllung waren jedoch mehrere Manipulationsschritte nötig. Der Mischdünger wurde über das Ablaufrohr der Mischanlage und mittels Radlader in die Gosse befördert, woraus der Mischdünger über eine Förderschnecke in die Big-Bag-Befüllanlage gelangte. Die erzeugten Schüttkegel (à 25 t) nach der stationären Düngermischanlage sowie die Schüttguthaufen (à 25 t) nach dem Abladen aus dem Kipper-LKW und Silo-LKW und die Big Bags (3 à 600 kg) wurden mittels Getreideprobenstecher beprobt. Der Schüttguthaufen nach dem Entladen aus dem Kipper-LKW wurde im horizontalen Abstand von 1,5 m auf einer Schichtebene von 30 und 80 cm beprobt. Beim Schüttguthaufen wurde nach dem Entladen aus dem Silo-LKW aufgrund der geringeren Haufenhöhe auf einer Schichtebene von 30 und 50 cm beprobt. Die Big Bags wurden von oben auf einer Schichttiefe von 30 und 80 cm beprobt. Nach erfolgter Beprobung wurden die Proben einer chemischen Analyse (N, P₂O₅, K₂O) und Siebanalyse (Korngrößenverteilung) im Labor der Borealis L.A.T. GmbH in Linz unterzogen. Die verwendeten Analyseverfahren entsprechen den Vorschriften der EG-Düngemittelverordnung 2003/2003 (Tabelle 2).

Tabelle 2: Anzahl der analysierten Mischproben bei den Mischungen 1, 2 und 3

	Mischung 1	Mischung 2	Mischung 3	Probenanzahl
Schüttkegel (systematische Beprobung)	15 ¹⁾	15	15	45
Schüttguthaufen nach dem Entladen aus dem Kipper-LKW	5 ²⁾	5	5	15
Schüttguthaufen nach dem Entladen aus dem Silo-LKW	11 ³⁾	9	8	28
Big Bag	6 ⁴⁾	6	6	18
Proben der Einzeldünger	KAS	Complex	MOP	
	2	2	2	6
	Gesamtproben			112

¹⁾ 30 cm Schichttiefe: 3 Ebenen (Schüttkegelspitze, Schüttkegelmitte, Schüttkegelbasis) x 3 Mischproben
80 cm Schichttiefe: 2 Ebenen (Schüttkegelspitze, Schüttkegelmitte) x 3 Mischproben

²⁾ 30 cm Schichttiefe: 3 Ebenen (Schüttkegelspitze, Schüttkegelmitte, Schüttkegelbasis) x 1 Mischprobe
80 cm Schichttiefe: 2 Ebenen (Schüttkegelspitze, Schüttkegelmitte) x 1 Mischprobe

³⁾ Unterschiedliche Probenanzahl aufgrund der unterschiedlichen Mächtigkeit der Schüttkegel. Zusätzlich musste die maximale Schichttiefe von 80 cm auf 50 cm reduziert werden.

⁴⁾ In einer Schichttiefe von 30 cm und 80 cm wurden von oben jeweils 3 Mischproben entnommen.

Die Daten wurden mit Excel und der Statistiksoftware SPSS 21 ausgewertet. Dabei wurde sowohl eine deskriptive Statistik als auch ein strukturprüfendes Verfahren der Varianzanalyse (ANOVA) eingesetzt. Anschließend an die ANOVA wurde der multiple Gruppenvergleich nach dem Student-Newman-Keuls-Test (SNK-Test) bzw. ein T-Test bei zwei Gruppen durchgeführt. Die untersuchten abhängigen Variablen sind Nährstoffgehalt (in % N, % P₂O₅, % K₂O) und die Korngrößenverteilung. Der untersuchte Faktor ist der Mineralmischdünger mit den drei Abstufungen (Mischung 1, 2 und 3). Die statistische Auswertung erfolgte separat für den Schüttkegel nach dem Ablaufrohr der Mischanlage – dies entspricht dem Beladen eines Transport-Lkw –, für den Schüttguthaufen nach dem Entladen aus dem Silo-Lkw und dem Kipper-Lkw bzw. für die Big Bag.

Ergebnisse und Diskussion

Entmischung im Schüttkegel

In den Abbildungen 5 bis 10 sind die Nährstoffzusammensetzung und die Korngrößenverteilung der drei Mineralmischdünger im Schüttkegel (30 cm Schichttiefe) dargestellt. Die Mischung 1 (50% KAS, Rundkorn und 50% Complex, Rundkorn) zeigte wie erwartet keine signifikante Entmischung. Die Abweichungen von den Soll-Nährstoffgehalten waren am geringsten. In einer Schichttiefe von 30 cm konnten keine signifikanten Unterschiede innerhalb der Mischung als auch zu den Soll-Nährstoffen (Abbildung 5) festgestellt werden.

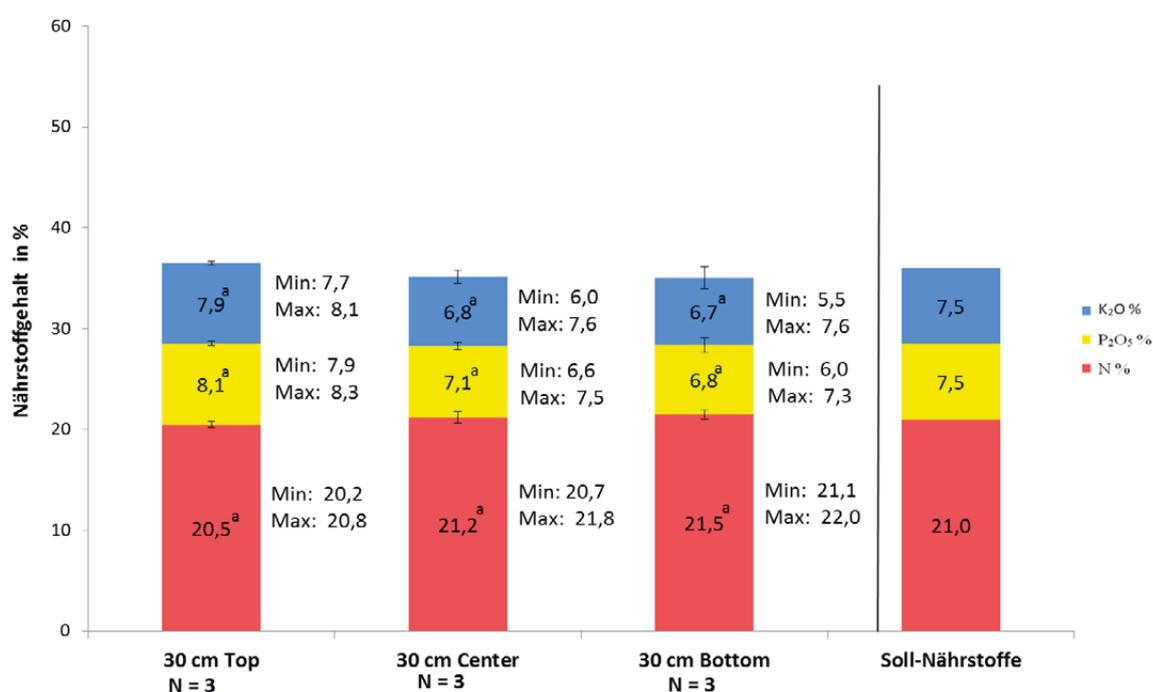


Abbildung 5: Mittlere Nährstoffzusammensetzung mit Standardabweichung der Mischung 1 im Schüttkegel in 30 cm Schichttiefe. Die unterschiedlichen Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede (Student-Newman-Keuls-Test, $\alpha = 0,05$) zwischen Ebene Top, Center und Bottom

Auch die Korngrößenzusammensetzung dieser Mischung in der Schüttkegelspitze (Top), Schüttkegelmitte (Center) und Schüttkegelbasis (Bottom) unterscheiden sich mit einer Ausnahme nicht signifikant (Abbildung 6).

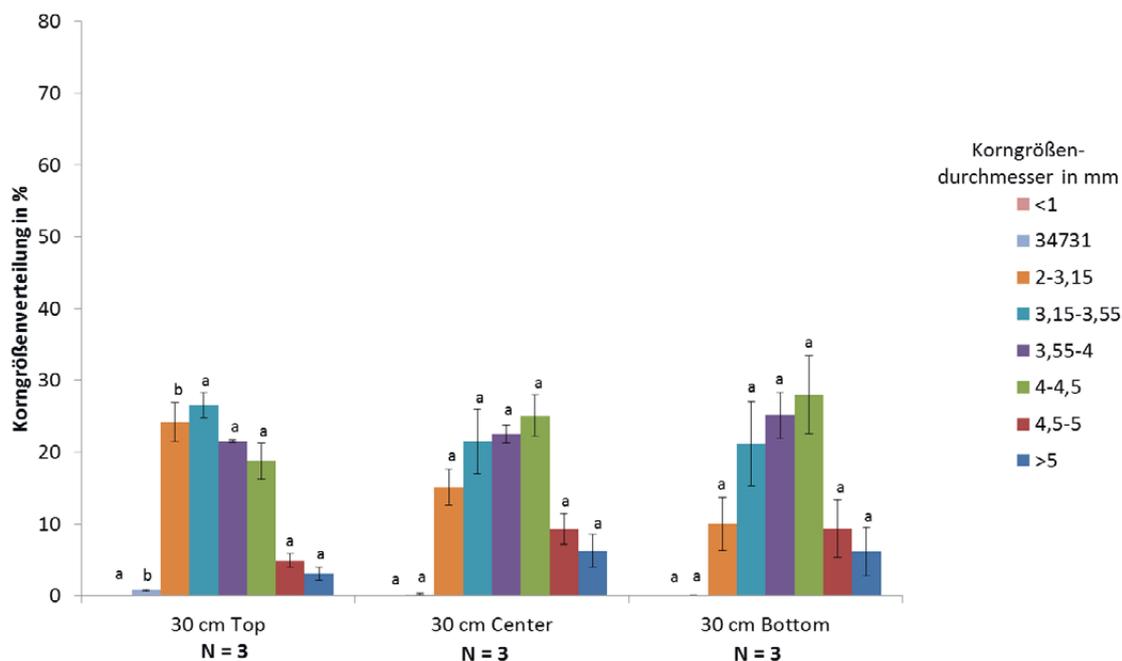


Abbildung 6: Mittlere Korngrößenzusammensetzung mit Standardabweichung der Mischung 1 im Schüttkegel in 30 cm Schichttiefe. Die unterschiedlichen Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede (Student-Newman-Keuls-Test, $\alpha = 0,05$) zwischen Ebene Top, Center und Bottom

Die Mischung 2, bestehend aus 33% KAS, 33% Complex, 34% MOP, zeigt eine physikalische Entmischung im Schüttkegel (Abbildung 7 und 8). Dabei entmischen sich die Rundkornkomponente (KAS, Complex) und das eckige Kompaktat (MOP), welches sich in der Kalium- und Stickstoff-Verteilung innerhalb des Schüttkegels zeigt. In der Schüttkegelspitze (Top) sammelt sich signifikant mehr Kalium als an der Schüttkegelbasis (Bottom). Gegenteilig verhält sich dies bei Stickstoff. Im unteren Bereich des Schüttkegelfußes überwiegt der Stickstoffanteil. Die Korngrößenzusammensetzung zeigt keine signifikanten Unterschiede.

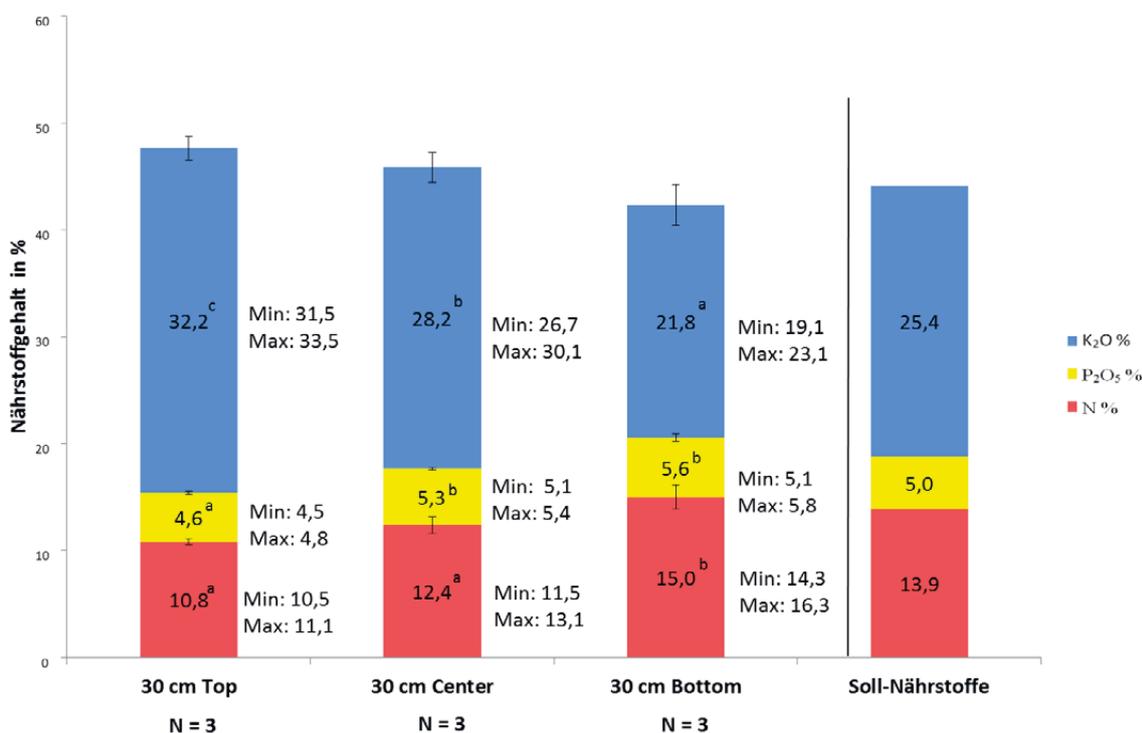


Abbildung 7: Mittlere Nährstoffzusammensetzung mit Standardabweichung der Mischung 2 im Schüttkegel in 30 cm Schichttiefe. Die unterschiedlichen Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede (Student-Newman-Keuls-Test, $\alpha = 0,05$) zwischen Ebene Top, Center und Bottom

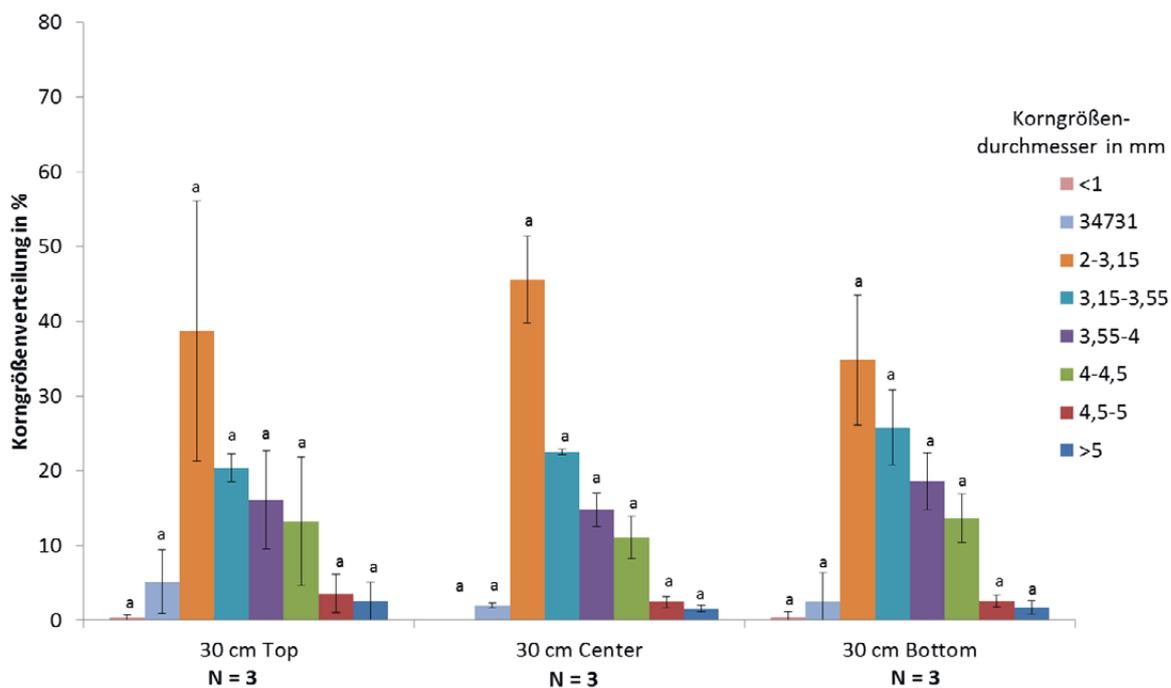


Abbildung 8: Mittlere Korngrößenzusammensetzung mit Standardabweichung der Mischung 2 im Schüttkegel in 30 cm Schichttiefe. Die unterschiedlichen Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede (Student-Newman-Keuls-Test, $\alpha = 0,05$) zwischen Ebene Top, Center und Bottom

Die Mischung 3 (50% KAS, Rundkorn, 50% MOP, Kompaktat eckig) zeigt die größte Entmischung (Abbildung 9 und 10). Insbesondere an der Schüttkegelspitze (Top) wurde ein wesentlich höherer K_2O -Gehalt (40,8%) festgestellt als zu erwarten wäre (Soll- K_2O -Gehalt: 30,0%). Der zu erwartende Stickstoffgehalt von 13,5% konnte ebenfalls nicht erreicht werden. Der analysierte Stickstoffgehalt betrug dagegen 8,4%. An der Schüttkegelbasis wurde ein Stickstoffgehalt von 16,3% und ein K_2O -Gehalt von 22,9% festgestellt.

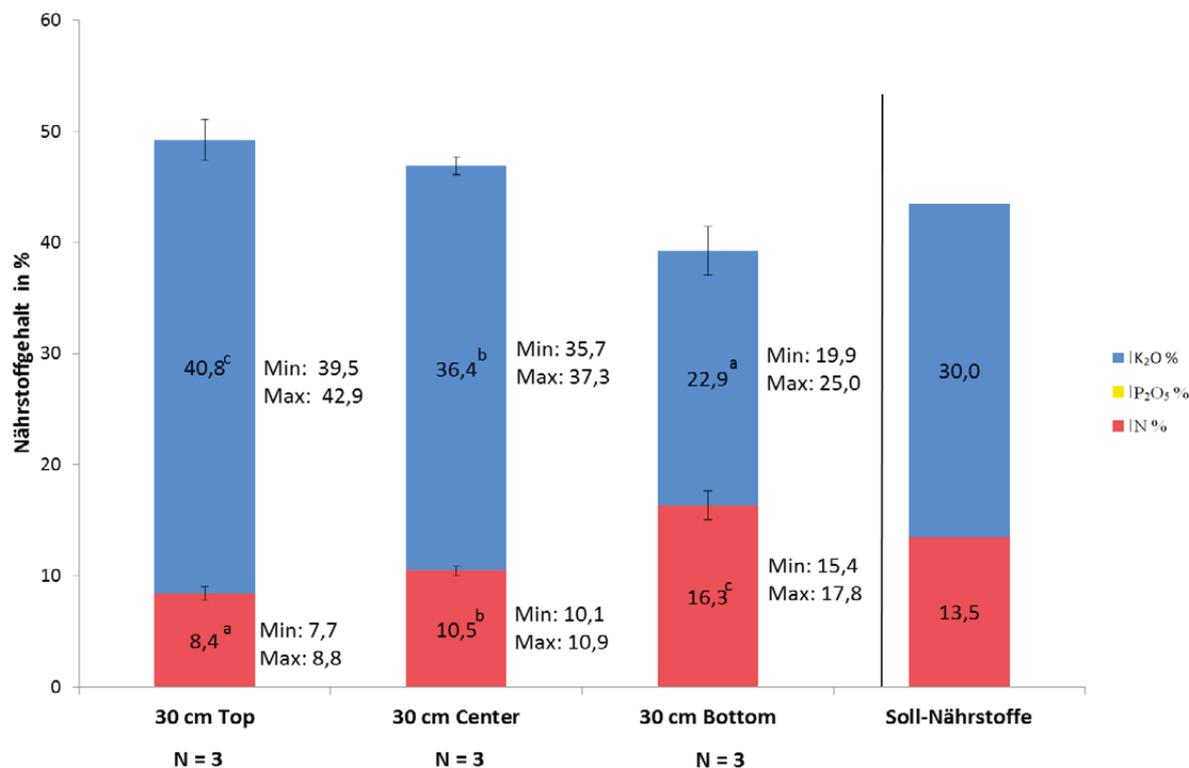


Abbildung 9: Mittlere Nährstoffzusammensetzung mit Standardabweichung der Mischung 3 im Schüttkegel in 30 cm Schichttiefe. Die unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede (Student-Newman-Keuls-Test, $\alpha = 0,05$) zwischen Ebene Top, Center und Bottom.

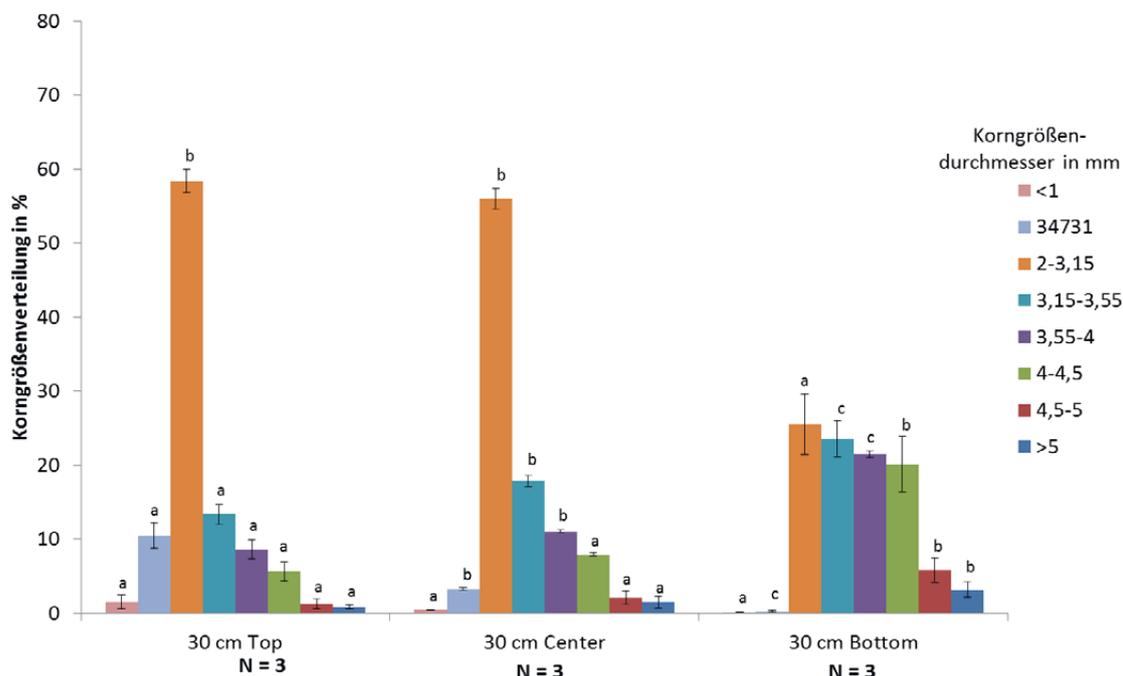


Abbildung 10: Mittlere Korngrößenzusammensetzung mit Standardabweichung der Mischung 3 im Schüttkegel in 30 cm Schichttiefe. Die unterschiedlichen Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede (Student-Newman-Keuls-Test, $\alpha = 0,05$) zwischen Ebene Top, Center und Bottom.

Welche Auswirkung die physikalische Entmischung im Schüttkegel auf die theoretischen Nährstoffmengen im Feld hat, zeigt die Tabelle 3. Die größte Abweichung ist im Mischdünger 3 feststellbar. Die applizierte Stickstoffmenge ist um 37,5% geringer als die Zielmenge, wenn die Mischdünger von der Spitze des Schüttkegels entnommen wird. Dagegen ist der K_2O -Menge um 36,2% höher. Die Auswirkungen des Entmischungseffekts im Schüttkegel auf die potenziellen Nährstoffmengen im Feld nehmen mit dem Mineralmischdünger 2 und 3 zu.

Tabelle 3: Theoretische Nährstoffmengen im Feld in kg/ha und deren prozentuelle Abweichung von der Zielmenge, wenn der Mineralmischdünger vom Schüttkegel stammt (30 cm Schichttiefe)

	N in kg/ha	P ₂ O ₅ in kg/ha	K ₂ O in kg/ha
Zielmenge Mischung 1	120	55	80
Top	117 (-2,5%)	59 (+7,3%)	85 (+6,3%)
Center	121 (+0,8%)	52 (-5,5%)	73 (-8,8%)
Bottom	123 (+2,5%)	50 (-9,1%)	71 (-11,3%)
Zielmenge Mischung 2	120	55	80
Top	94 (-21,7%)	51 (-7,3%)	102 (+27,5%)
Center	107 (-10,8%)	59 (+7,3%)	89 (+10,1%)
Bottom	130 (+8,3%)	62 (+12,7%)	69 (-13,8%)
Zielmenge Mischung 3	120		80
Top	75 (-37,5%)		109 (+36,3%)
Center	93 (-22,5%)		97 (+21,3%)
Bottom	145 (+20,8%)		61(-23,8%)

Düngerempfehlung bei einer mittleren Ertrags Erwartung von 5 t/ha Winterweizen nach den Richtlinien für sachgerechte Düngung (BMLFUW 2006)

In diesen Betrachtungen ist noch nicht der Entmischungseffekt bei der Mineraldüngerabbringung durch den Zweiseibenstreuer berücksichtigt. Zahlreiche Untersuchungen (MATHES UND BRÜBACH 1966, HEEGE UND HELLWEG 1982, MARQUERING 2001) zeigen, dass bei der Mineraldüngerabbringung die Querverteilgenauigkeit durch die Korngrößenverteilung und Kornform beträchtlich beeinflusst werden.

Entmischung durch das Transportmittel

Umladeprozesse in der Logistik können die ursprüngliche Entmischung im Schüttkegel verstärken oder mindern (Tabellen 4–6). Der Mineralmischdünger 1, welcher bereits im Schüttkegel eine gleichmäßige Nährstoffverteilung aufwies, wies nach dem Entladen aus dem Kipper-LKW, Silo-LKW und im Big Bag kaum Entmischungstendenzen auf. Bei Mineralmischdünger 2 und 3 konnte eine Wechselwirkung zwischen der Düngermischung und dem Transportmittel festgestellt werden. Die pneumatische Entladung des Mineralmischdüngers 2 und 3 aus dem Silo-LKW in die Lagerbox verstärkte die Entmischung (Tabelle 4). Die mittlere relative Abweichung beträgt zwischen 16,4 % und 43,2 %. Dabei wirken sich die unterschiedlichen Flugeigenschaften der Rundkörner und eckigen Kompaktkörner auf die Flugweiten und somit auf die räumliche Verteilung der Körner im Schüttguthaufen aus.

Tabelle 4: Durchschnittlicher Nährstoffgehalt in % mit relativer Abweichung in % der Mineralmischdünger 1, 2 und 3 nach dem Entladen aus dem Silo-LKW in 30 und 50 cm Schichttiefe

	N in %	P ₂ O ₅ in %	K ₂ O in %	Mittlere relative Abweichung ¹⁾ in %
Sollgehalt Mischung 1	21,0	7,5	7,5	
30 cm (N = 6)	20,9 (3,0%) ¹⁾	7,5 (11,6%)	7,3 (12,5%)	9,0
50 cm (N = 5)	20,8 (2,3%)	7,5 (8,5%)	7,3 (8,8%)	6,5
Sollgehalt Mischung 2	13,9	5,0	25,4	
30 cm (N = 7)	15,2 (12,4%)	5,1 (5,8%)	21,8 (30,9%)	16,4
50 cm (N = 2)	15,4 (33,4%)	5,5 (8,2%)	21,3 (87,9%)	43,2
Sollgehalt Mischung 3	13,5		30,0	
30 cm (N = 6)	14,9 (21,7%)		26,1 (52,3%)	37,0
50 cm (N = 2)	13,4 (29,9%)		29,5 (30,1%)	30,0

¹⁾ Relative Abweichung = (Sollwert-Messwert)/Messwert × 100.

Das Abkippen des Mineralmischdüngers 2 und 3 aus dem Kipper-LKW verringert tendenziell die Entmischung durch eine Wiedervermischung (Tabelle 5). Mit Ausnahme der Mischung 3, in einer Schichttiefe von 80 cm, beträgt die mittlere relative Abweichung zwischen 2,3 und 5,3 %.

Tabelle 5: Durchschnittlicher Nährstoffgehalt in % mit relativer Abweichung in % der Mineralmischdünger 1, 2 und 3 nach dem Entladen aus dem Kipper-LKW in 30 cm und 80 cm Schichttiefe

	N in %	P ₂ O ₅ in %	K ₂ O in %	Mittlere relative Abweichung ¹⁾ in %
Sollgehalt Mischung 1	21,0	7,5	7,5	
30 cm (N = 3)	20,4 (2,8%) ¹⁾	7,8 (3,8%)	7,9 (5,4%)	4,0
80 cm (N = 2)	20,5 (2,5%)	8,0 (5,6%)	8,2 (7,9%)	5,3
Sollgehalt Mischung 2	13,9	5,0	25,4	
30 cm (N = 3)	13,2 (5,1%)	5,0 (3,3%)	26,5 (4,1%)	4,2
80 cm (N = 2)	13,1 (6,6%)	5,1 (1,9%)	27,1 (6,0%)	4,8
Sollgehalt Mischung 3	13,5		30,0	
30 cm (N = 3)	13,6 (2,6%)		29,7 (2,0%)	2,3
80 cm (N = 2)	11,8 (14,4%)		32,9 (8,8%)	11,6

¹⁾ Relative Abweichung = (Sollwert-Messwert)/Messwert × 100.

Nach dem Abfüllen der Big Bags wurden bei den Mineralmischdüngern 2 und 3 z. T. beträchtliche Entmischungstendenzen innerhalb des Big Bags festgestellt (Tabelle 6). Dies kann auf die Entmischung während der Big-Bag-Befüllung zurückgeführt werden, bei der ähnliche Entmischungsvorgänge stattfinden können wie bei der Bildung eines Schüttkegels nach der Mischanlage (Abbildung 4). Weitere Untersuchungen sind für die Abklärung dieser Vermutung notwendig.

Tabelle 6: Durchschnittlicher Nährstoffgehalt in % mit relativer Abweichung in % der Mineralmischdünger 1, 2 und 3 im Big Bag in 30 cm und 80 cm Schichttiefe

	N in %	P ₂ O ₅ in %	K ₂ O in %	Mittlere relative Abweichung ³⁾ in %
Sollgehalt Mischung 1	21,0	7,5	7,5	
30 cm ¹⁾ (N = 3)	21,0 (2,4%) ³⁾	7,0 (11,6%)	7,0 (13,3%)	9,1
80 cm ²⁾ (N = 3)	20,7 (2,9%)	7,5 (7,7%)	7,6 (10,1%)	6,9
Sollgehalt Mischung 2	13,9	5,0	25,4	
30 cm (N = 3)	15,5 (10,1%)	5,2 (5,7%)	21,2 (19,7%)	11,8
80 cm (N = 3)	14,3 (3,0%)	5,1 (5,3%)	23,8 (6,8%)	5,0
Sollgehalt Mischung 3	13,5		30,0	
30 cm (N = 3)	16,4 (17,3%)		20,9 (44,1%)	30,7
80 cm (N = 3)	14,1 (8,5%)		26,7 (14,6%)	11,5

¹⁾ 30 cm oder ²⁾ 50 cm vertikale Beprobungstiefe von oben im stehenden Big Bag.

³⁾ Relative Abweichung = (Sollwert-Messwert)/Messwert × 100.

Schlussfolgerungen

Die Mischbarkeit von Düngemitteln werden von chemischen Eigenschaften (Nährstoffzusammensetzung, Wasseraufnahme, Explosionsfähigkeit) und physikalischen Eigenschaften (Oberfläche, Schüttgewicht, Korngrößenspektrum) beeinflusst. Eine systematische Beprobung eines Schüttkegels aus einer Mineraldünger Mischung zeigt näherungsweise die Nährstoffverteilung im Schüttkegel auf und kann von einer punktuellen Probenentnahme abweichen.

Aus dem Versuch geht hervor, dass MOP-60er-Kali sich zentral an der Schüttkegelspritze akkumuliert, während die granulierten Rundkörner des KAS abrollen und sich an der Schüttkegelbasis sammeln. Diese Entmischung kann im Mineralmischdünger 3 mit einem 50%igen Anteil von MOP-60er-Kali zu einer 37,5% geringen N-Nährstoffmenge und 36,3% höheren K_2O -Nährstoffmenge im Feld bewirken. Die Anzahl der Umschlagprozesse sowie die Transportmittel haben unterschiedliche Auswirkungen auf die Entmischung. Während die beiden Transportsysteme Silo-LKW und Big Bags eine eindeutige Entmischung aufzeigen, kann die Entmischung mittels Kipper-LKW zum Teil verringert werden. Aufgrund der Entmischung sollten Mischdünger nach erfolgter Mischung nicht zwischengelagert werden. Durch eine mehrmalige Umschichtung des Schüttkegels kann es zu einer Entmischung kommen.

Werden verschiedene Einzeldünger verwendet, welche sich in ihrer physikalischer Beschaffenheit – z.B. Kornform eckig oder rund – sehr unterscheiden, sollte eine getrennte Ausbringung der Dünger in Betracht gezogen werden. Neben den stoffspezifischen Eigenschaften und dem Logistiksystem kann die Applikationstechnik bei der Mineraldüngerausbringung die Streuungenauigkeit verstärken (MARQUERING 2001).

Literatur

- Balg, J.; Heege, H.J.; Hellweg, W. (1979): Düngerentmischung am Schüttkegel. Landtechnik 34(3), S. 122–126
- BMLFUW (2006): Richtlinie für die sachgerechte Düngung. 6. Auflage. Hg. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft)
- CEN (2014): Development of a standardized method to sample conical heaps of fertilizer (Mandat M/454). Report of the first trial Aunay-sous-Crecy (F), report of the second trial Carhaix (F) and report of the third trial Carhaix (F). CEN/TC 260 N1922, unveröffentlicht
- Europäisches Parlament und Rat Der Europäischen Union (2003): Verordnung (EG) Nr. 2003/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Oktober 2003 über Düngemittel
- European Fertilizer Blenders Association (EFBA) (2007): Handbuch für feste Düngermischungen, Leitfaden für Qualitätsmischdünger, Bundesverband der Düngermischer. <http://www.bv-duengermischer.de/images/stories/fachinfos/handbuch2007.pdf>, Zugriff am 17.01.2017
- Heege, H.J.; Hellweg, W. (1982): Entmischung bezüglich der Korngröße beim Verteilen von Mineraldünger. Grundlagen der Landtechnik 32(1), S. 13–19
- Hehenberger, M. (1993): Untersuchungen über Verteilgenauigkeit eines Mehrnährstoffdüngers und eines mechanisch gemischten Düngers gleicher Zusammensetzung. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur Wien
- Marquering, J. (2001): Die Auswirkungen unterschiedlicher Stoffeigenschaften bei der Ausbringung von Mischdüngern mit Zentrifugaldüngerstreuern. Dissertation, Universität Hohenheim
- Mathes, A.; Brübach, M. (1966): Das Ausbringen von Perlkalkstickstoff mit Schleuderstreuern. Grundlagen der Landtechnik, 16(4), S.156–159

Autoren

DI Johannes Pichler war Masterand, **Dr. Gerhard Moitzi** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter, **Prof. Dr. Andreas Gronauer** ist Professor für Agrarsystemtechnik am Institut für Landtechnik, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Universität für Bodenkultur Wien, Peter-Jordan-Straße 82, A-1190 Wien, E-Mail: gerhard.moitzi@boku.ac.at.

DI Wolfgang Hofmair ist Senior Agronomist bei der Borealis L.A.T. GmbH, St.-Peter-Straße 25, A-4021 Linz