

Lagerregime und Lagerkapazität in zentralen Düngelagern der ACZ

Dipl.-Landw. G. Schüppel/Dr. B. Hübner, VEB Ausrüstungen ACZ Leipzig

Die effektive Nutzung der Düngelagerhallen steht in engem Zusammenhang mit Ökonomie und Wirksamkeit des Einsatzes von Mineraldüngemitteln in der Pflanzenproduktion. Sie hat volkswirtschaftliche Bedeutung für die Entwicklung und Ausnutzung der Lagerkapazität (L.K.) aus der Sicht der Grundfondswirtschaft, der sparsamen Verwendung des Bodenfonds für Bauvorhaben, des Investitionsgeschehens und über die Mineraldüngerwirtschaft des Agrochemischen Zentrums (ACZ) auf die Kosten der Pflanzenproduktion. Sie hängt andererseits zusammen mit den Arbeits- und Lebensbedingungen der in Lagerung und Umschlag von Mineraldünger beschäftigten Menschen und wird durch die unterschiedlichen Lagertypen mit ihrer dazugehörigen Technologie und dem technischen und bautechnischen Ausrüstungsgrad nicht unwesentlich beeinflusst. In Vorbereitung auf den IX. Parteitag der SED soll die vorliegende Arbeit zur weiteren sozialistischen Intensivierung in den ACZ beitragen.

Mit dem Ziel, alle im Bereich der ACZ einzusetzenden Mineraldüngerarten verlustarm und unter weitestgehender Erhaltung der anwendungstechnischen Eigenschaften bis zum Zeitpunkt der Applikation zu lagern, verbindet sich die Gestaltung eines optimalen Lagerregimes.

Dies wird um so deutlicher, als der Betriebsanalyse 1974 von 61 ACZ zu entnehmen ist, daß 40% der ACZ < 70% (31...69%) der N-P-K-Düngemittel in Lagerhallen lagern und die ACZ ein

Mineraldüngersortiment von durchschnittlich 12 (7...17) Sorten zu bewältigen haben. Für die Lagerung stehen ihnen gegenwärtig im Mittel 9m Boxentrennwände je kt Mineraldünger zur Verfügung, während Düngemittelsortiment und richtige Lagerwirtschaft einen Bestand von 15...19m anschüttbare Boxentrennwände je kt erfordern. 30% der ACZ besitzen 0...5m Trennwände/kt.

Die Ausarbeitung eines solchen Lagerregimes setzt besonders die Kenntnis der Einflußfaktoren und ihres quantitativen Einflusses voraus, die auf die Stapelungsmöglichkeiten in Düngelagerhallen begrenzend wirken.

1. Einflußfaktoren für die Stapelungsmöglichkeiten

Die Stapelungsmöglichkeiten werden durch das Bauwerk, die technischen Ausrüstungen und die Eigenschaften des Lagergutes beeinflusst.

1.1. Einflüsse des Bauwerks

Die *Stapelfläche* ist abhängig von den einzelnen Lagertypen und deren konzipierter Größe. Sie wird wesentlich beeinflusst durch den Bedarf an technologischer Manipulierfläche, die besonders durch die Varianten „Innengleis“ oder „Außengleis“ und durch die Varianten „mobile Technik“ oder „stationäre Technik“ zur Ein- bzw. Ausspeicherung in den Lagerhallen veränderlich ist.

Die *Stapelhöhe* wird begrenzt durch die lichte Höhe des Bauwerks und besonders durch die sehr unterschiedlich ausgelegte Höhe der anschüttbaren Wände, die z. B. in den einzelnen Lagerhallen von 2,40m...3,90m schwankt (Bilder 1 und 2).

1.2. Einflüsse der technischen Ausrüstung

Die erzielbare *Stapelhöhe* ist abhängig von den maximalen Abgabehöhen der Fördermechanismen, wie sie unter den Bedingungen der Stapelung freifließbaren Stapelgutes möglich sind. Im Jahre 1975 schwankte diese maximale Abgabehöhe entsprechend den Typentechnologien zwischen 3,80m (Lagertyp Cottbus, Brückenkran-Greiferabschaltung in Kabinenhöhe) und 5,50m (15-m-Förderband bei vertretbarer Einschüttung des Fahrwerks, Bild 3) bzw. $\approx 8,00$ m (Holzleichtbauhalle).

Die *Stapellänge* wird beeinflusst durch den Manipulerradius mobiler Ein- und Ausspeichermaschinen. So beträgt sie z. B. in den Lagertypen P 220 und L 254 mindestens 20,00m, wenn die Boxen vierseitig begrenzt werden sollen.

Die *Stapeltiefe* und damit die durchschnittliche Stapelhöhe ist abhängig von der für die Vertikalförderung bei der Einspeicherung benötigten Horizontalstrecke innerhalb der Lagerhalle. Dies ist z. B. für die erreichbare Lagerkapazität in den Lagertypen P 220, L 254 und Magdeburg mit Innengleisführung von ausschlaggebender Bedeutung.

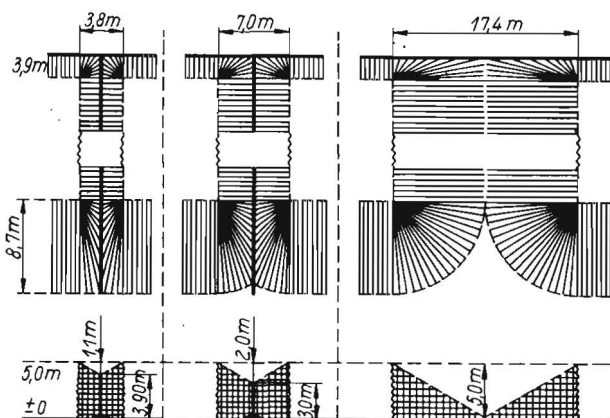


Bild 1. Einfluß der Sortentrennung durch unterschiedliche Anschüttwände (Stapelhöhe 5,0 m) auf die Lagerkapazität

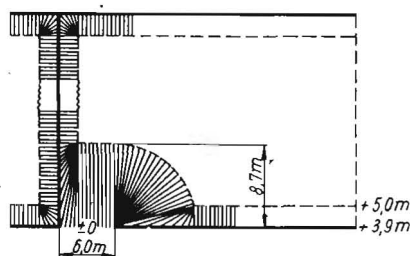


Bild 2. Einfluß einer Öffnung bei vierseitig geschlossenen Boxen (Stapelhöhe 5,0 m) auf die Lagerkapazität

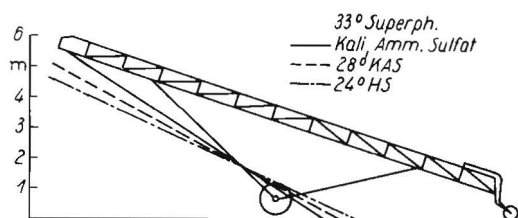


Bild 3. Einfluß verschiedener Schüttwinkel auf den Einsatz eines 15-m-Förderbandes zur Stapelbildung bei vertretbarer Einschüttung des Fahrwerks

Die Stapelfläche schließlich wird auch dadurch beeinflusst, in welchem Maße Aufbereitungs-, Dosier- oder Wägeeinrichtungen und stationäre Förderwege innerhalb der Lagerhalle die disponible Lagerfläche verringern.

1.3. Einflüsse des Lagergutes

Freifließende Mineraldüngemittel in loser Schüttung, wie sie im Gesamtortiment anzustreben sind, besitzen einen relativ geringen Schüttwinkel, der im Mittel mit $\approx 30^\circ$ angenommen werden kann. Da mit sinkendem Schüttwinkel der Radius des Schüttkegels steigt, bedingt die technologische Notwendigkeit der Freifließbarkeit bei der Lagerung eine wachsende Erhöhung der Anschüttwände für den Stapel (Bild 4).

Bei Harnstoff weichen Dichte und Schüttwinkel vom Mittelwert so stark ab, daß der Lagerkapazitätsbedarf je t Harnstoff etwa das 1,6fache des übrigen Düngemittelsortiments beträgt, d. h., es können nur etwa 60% im Vergleich zur übrigen Düngermenge auf der möglichen Stapelfläche gelagert werden.

Für Berechnungen zur Lagerhaltung wird im allgemeinen nur das Lagergut in seiner Quantität berücksichtigt. Wichtig ist aber zur objektiven Beurteilung der Lagerung auch der unterschiedliche Nährstoffgehalt der Düngemittel. So kann z. B. bei o. a. Spezifik des Harnstoffs (N-Gehalt 46,3%) trotzdem auf der gleichen Lagerfläche etwa die gleiche Menge an N wie bei Kalkammonsalpeter mit 25% ... 28% N-Gehalt gestapelt werden.

Das gegenwärtig eingesetzte Mineraldüngersortiment hat bis auf Harnstoff im Durchschnitt einen Raumbedarf von $1 \text{ m}^3/\text{t}$.

Gegenüber der durchgehenden Schüttung eines Lagergutes im Düngerlager führt jede notwendige Sortentrennung im Rahmen des Sortimentsangebots zu Verminderungen der Lagerkapazität bis zu einem sehr erheblichen Umfang.

Die Summe der Einflüsse verringert in Abhängigkeit von den Düngerhallentypen sowie der Art der Gleisführung und der daraus resultierenden typischen Technologie die in Tafel I aufgeführte maximale Lagerkapazität bei durchgehender Schüttung.

2. Lagerregime

Das Lagerregime sollte in nachfolgend beschriebenen Schritten ausgearbeitet werden.

2.1. Ermittlung der Sortenhöchstbestände

Ausgangswert für die Errechnung der Boxengrößen und damit des Bedarfs an Lagerkapazität ist die maximale Lagermenge je Mineraldüngersorte.

Diese maximale Lagermenge wird durch Lagergleitbilanzen ermittelt, deren Ergebnis um so realer ist, je präziser Ein- und Auslagerungstermine bestimmt werden können. Im allgemeinen ist gegenwärtig nur die Bestimmung eines Monats als kleinstes Zeitintervall für die Bewegung des Lagergutes möglich und deshalb auch üblich. Dabei muß in Kauf genommen werden, daß durch nicht planbare Verschiebungen von Ein- und Auslagerungsterminen innerhalb des Monats im ungünstigen Falle der Bedarf

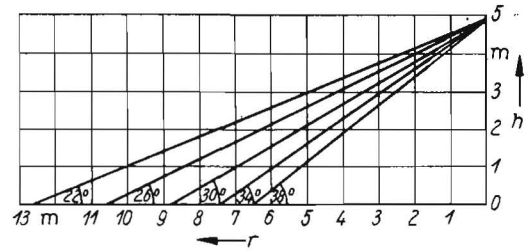


Bild 4. Kegelradius r bei verschiedenen Schüttwinkeln

Winkel α °	Kegelradien r in m für Stapelhöhen von $h = 5 \text{ m}$	$h = 7 \text{ m}$
22	12,4	17,3
24	11,3	15,7
26	10,3	14,4
28	9,4	13,2
30	8,7	12,1
32	8,0	11,2
34	7,4	10,4
36	6,9	9,6
38	6,4	9,0

an Lagerkapazität kurzfristig höher sein kann, als er durch die Lagergleitbilanz ermittelt wurde. Bei stabilisierten Anbauverhältnissen dürfte es nicht notwendig sein, über eine Lagergleitbilanz die erforderlichen Boxengrößen jährlich neu zu bestimmen. Auswertungen der vergleichenden Betriebsanalysen von 61 ACZ haben allerdings ergeben, daß im mehrjährigen Mittel durch Verschiebungen der Ausbringe- und Anlieferungstermine gegeneinander beim Lagerkapazitätsbedarf für einzelne Mineraldüngersorten ein Sicherheitszuschlag von etwa 10% erfolgen sollte. Hinsichtlich der Ausbringetermine gibt es bei den einzelnen Sorten der P- und K-Düngemittel kaum eine Differenzierung, so daß die Lagergleitbilanz entsprechend dem angewendeten Düngungssystem die P- und K-Düngemittel zusammenfassen kann. Sortimentsverschiebungen können sich auf den LK-Bedarf nur dann auswirken, wenn sich die Nährstoffkonzentrationen einzelner Sorten gravierend ändern. Die Umschlagszahl

$$UZ = \frac{t/a}{t \text{ Lagerhöchstbestand}}$$

je Sorte ändert sich nicht.

Anders verhält sich das bei den N-Düngemitteln. Hier können sich für die einzelnen Sorten entsprechend den Anwendungsrichtlinien sowohl hinsichtlich der Ausbringetermine als auch — im Zusammenhang damit — der Umschlagszahlen und damit der

Tafel I. Maximale LK bei durchgehender Schüttung (LK_M)

Stapelungs- variante	Kurz- bez.	P 220 ¹⁾ A	P 220 ¹⁾ I	Cottbus ²⁾		TLH		28,5 × 50,0 m ³⁾	36,5 × 65,0 m ⁴⁾
				a	b	c	d		
vierseitig geschlossen									
Vorderwand	3,90 m	t/lfm	a_1	92,5	82,6	77,5	71,1	—	—
	3,00 m	t/lfm	a_2	89,9	80,0	74,9	69,7	60,2	58,1
dreiseitig geschlossen									
		t/lfm	a_3	71,6	61,6	56,6	51,1	47,9	46,4
		t/m ²	a_4	—	—	—	—	—	—
								$\approx 3,8$	$\approx 4,2$

1) P 220 A bzw. I \triangleq P 220/L 254 mit Außen- bzw. Innengleis

2) Cottbus a 5,0 m Stapelhöhe, 3,9 m anschüttbare Außenwand

b 5,0 m Stapelhöhe, 2,4 m anschüttbare Außenwand

c 3,8 m Stapelhöhe, 3,9 m anschüttbare Außenwand

d 3,8 m Stapelhöhe, 2,4 m anschüttbare Außenwand

3) Stapelfläche hufeisenförmig, 1030 m²

4) Stapelfläche hufeisenförmig, 1780 m²

Lagerhöchstbestände nicht unerhebliche Unterschiede ergeben. So kann z. B. Harnstoff auf Böden der Versorgungsgruppe 1 nur in einem terminlich sehr begrenzten Zeitraum ausgebracht werden, während die Anwendungszeitspanne für Kalkammonsalpeter dort bedeutend größer ist. Ähnliche Unterschiede können sich auch auf Böden der Versorgungsgruppen 3 oder 4 beispielsweise zwischen der Anwendung von Ammoniumsulfat und Harnstoff ergeben. Deshalb muß für jede N-Sorte getrennt eine Lagergleitbilanz berechnet werden.

2.2. Zusammenstellung der Lagermöglichkeiten

Um das Lagerregime zweckmäßig gestalten zu können, muß eine Übersicht über die überdachten und Freilagerflächen vorhanden sein. Anzahl und Art der Trennwandelemente ist aufzunehmen, um über Stapelvarianten oder die Art der Sortentrennung entscheiden zu können.

2.3. Vorentscheidung

Anhand des angebotenen N-P-K-Düngemittelsortiments, der Stapellosgrößen (Sortenhöchstbestände lt. Gleitbilanz) und der Lagermöglichkeiten ist nun zu entscheiden, wie die Sorten gestapelt werden sollen.

Dabei ist zu beachten:

- welche Boxenform soll für welche Sorte gewählt werden (dreiseitig oder vierseitig geschlossen)
- welche Sorten sollen gemeinsam in einer Box gelagert werden
- welche Sorten können nicht durch Trennwände voneinander getrennt werden
- welchen Raumbedarf haben die Splittersorten.

In Tafel 2 werden entsprechende Entscheidungshilfen gegeben. Die verwendeten Kurzzeichen a_1 bis a_3 beziehen sich auf Tafel 1. Bei Hallen des Typs „Cottbus“ gibt es aus technologischer Sicht keine Anforderungen an die Mindestgrößen von Boxen.

2.4. Berechnung des Bedarfs an Lagerfläche je Sorte bzw. Box

Die Boxengröße und die daraus resultierende LK errechnen sich nach der Formel

$$B_D = \frac{LK_B + \sum LK_E}{LK_M}$$

LK_B Sortenhöchstbestand aus der Lagergleitbilanz + 10% Sicherheitszuschlag

LK_E Einflußgrößen, die die LK vermindern

LK_M max. LK bei durchgehender Schüttung

B_D Boxengröße bzw. Stapelfläche

Tafel 2. Entscheidungshilfen zur Bestimmung des Lagerregimes

	Kurzbezeichnung	Hallenart	Hallentyp			
			P 220 A	P 220 I	TLH 28,5×50,0m	36,5×65,0m
1. Mindestgröße der Boxen zur Erreichung von a_1 bzw. a_2	t c_1		1700	1500	—	—
	lfm		20	20	—	—
2. Mindestgröße der Box zur Erreichung von a_3	t c_2		700	500	—	—
	lfm		10	10	—	—
3. Mindestgröße der Box für Auslagerungsmöglichkeit	c_3					
	lfm		7	7	5	5
4. Boxengröße bei Losgröße $< c_3$						
500...700	lfm d_1		10	—	—	—
400...500	lfm d_2		8	10	—	—
300...400	lfm d_3		7	8	—	—
< 300	lfm d_4		7	7	$\approx 70 \text{ m}^2$	$\approx 110 \text{ m}^2$

Bei Stapelgrößen $< 700 \text{ t}$ ist die Formel in einigen Lagertypen aus technologischen Gründen nicht zutreffend. Für diese Fälle sind in Tafel 2 die entsprechenden Boxengrößen direkt angegeben. Die Einflußgrößen LK_E in Tafel 3 geben an, um wieviel t bzw. m^3 sich die Lagerkapazität verringert durch

- Trennung der Sorten
- Form der Boxen
- spezielle Manipulierflächen
- Höhe der Trennwände
- Boxenöffnung
- stationäre Auslagerungsstrecke.

2.5. Lagerkapazitätsbilanz

Die Bilanz gibt Aufschluß darüber, ob ein Überschuß oder ein Defizit an Lagerkapazität vorhanden ist. Sie wird berechnet nach

$$L_F = \sum B_D - L_D$$

wobei L_F die Größe des Überschusses bzw. Defizits und L_D die Lagerlänge bzw. -fläche angibt.

Sie ist wichtiger Bestandteil für die Regimeentscheidung.

Tafel 3
Einflußgrößen, die die Lagerkapazität vermindern

	Kurzbezeichnung	Cottbus				TLH			
		P 220 A	P 220 I	a	b	c	d	28,5×50,0m	36,5×65,0m
Trennwände vierseitig geschlossen									
3,90 m	t/Tr ¹⁾ b_1	58,7	41,7	48,2	43,5	—	—	—	—
3,00 m	t/Tr b_2	117,0	106,4	92,6	75,1	34,8	32,0	—	—
dreiseitig geschlossen									
3,90 m	t/Tr b_3	54,8	48,9	45,4	60,7	—	—	—	—
3,00 m	t/Tr b_4	134,2	117,9	109,8	107,3	39,5	38,2	—	—
je lfm 3,90 m	t b_5	—	—	—	—	—	—	$\approx 1,8$	$\approx 3,5$
je lfm 3,00 m	t b_6	—	—	—	—	—	—	$\approx 3,2$	$\approx 8,2$
Sortentrennung ohne Trennwände	t								
Boxenöffnung									
je 6,0 m	t b_7	709,6	622,8	579,3	579,3	350,7	350,7	≈ 502	≈ 783
Manipulierfläche zur Waggonentladung	t								
stationäre Auslagerungsstrecke nach hinten	t b_8	204,4	204,4	204,4	204,4	106,6	106,6	—	—
	t b_9	—	—	310,0	287,5	240,8	232,5	—	—
	t b_{10}	—	—	—	—	—	—	≈ 110	≈ 170

1) Tr Trennwand

2.6. Regimeentscheidung

Nach Errechnung des Lagerflächenbedarfs und der LK-Bilanz ist zu entscheiden über die Anordnung der Sorten/Boxen zueinander, die Zuordnung der Sorten zu überdachten und Freilagerflächen und die eventuelle Doppelnutzung bzw. Variierung von Boxengrößen durch Termindifferenzen im LK-Bedarf einzelner Sorten [1]. Dabei sind in erster Linie die sortenspezifischen Eigenschaften der Düngemittel zu beachten.

Entscheidungskriterien sind u. a.

- Nährstoffbedeutung
- Verträglichkeit
- Verbackungsneigung
- Schüttwinkel
- Brandgefährlichkeit
- Lagerdauer

3. Beispiel für optimale Lagernutzung

Die Kurzbezeichnungen in eckigen Klammern entsprechen den in den Tafeln 1 bis 3 verwendeten.

3.1. Sortenhöchstbestände laut Lagergleitbilanz einschließlich 10% Sicherheitszuschlag

Kali 50% (K 50)	2 650 t
Alkalisinterphosphat (ASP)	660 t
Kalkammonsalpeter 25% Stickstoff (KAS 25)	330 t
Ammoniumsulfat (AS)	770 t
Superphosphat (SP)	1 320 t
Harnstoff lose (HS)	2 200 t · 1,6 = 3 520 t ¹⁾
Kalkammonsalpeter 28% Stickstoff (KAS 28)	1 100 t
insgesamt	10 350 t LK-Bedarf

3.2. Lagermöglichkeit

Lagerhalle P 220, Außengleis, 120 m nutzbare Länge, Winkelstützelemente 3,00 m hoch

3.3. Vorentscheidung

- vierseitig geschlossene Boxen (> 1700 t [c₁]) für K 50 und HS
- dreiseitig geschlossene Boxen (< 1700 t bis > 700 t [c₁, c₂]) für SP, KAS 28, AS
- Bestände < 700 t [d₁...d₄] bei ASP und KAS 25

3.4. Berechnung der Boxengrößen

3.4.1. K 50	$\frac{2650 + 204,4 b_2 + 117,0 b_2 }{89,9 a_2 }$	≈ 33 lfm
3.4.2. SP	$\frac{1320 + b_2 }{ a_3 }$	≈ 20 lfm
3.4.3. ASP [d ₁]		= 10 lfm
3.4.4. HS	$\frac{3520 + b_2 + b_2 }{ a_2 }$	≈ 43 lfm
3.4.5. KAS 25 [d ₃]		= 7 lfm
3.4.6. KAS 28	$\frac{1100 + b_2 }{ a_3 }$	≈ 17 lfm
3.4.7. AS	$\frac{770 + b_2 }{ a_3 }$	≈ 13 lfm
	$\Sigma B_D =$	143 lfm

3.5. Lagerkapazitätsbilanz

$$L_F = \Sigma B_D - L_D$$

$$L_F = 143 \text{ lfm} - 120 \text{ lfm} = 23 \text{ lfm Defizit}$$

3.6. Regimeentscheidung

- Reihenfolge der Boxen in der Lagerhalle: 1. HS, 2. K 50, 3. ASP, 4. AS, 5. KAS 28, 6. KAS 25
- SP (Sorte, die aus dem Sortimentsangebot des ACZ entsprechend ihren spezifischen Eigenschaften noch am ehesten im Freilager gelagert werden kann) wird außerhalb der Halle gelagert.

4. Ermittlung der erreichbaren Lagerkapazität

Da die Lagerkapazitätsbezeichnung der Typenprojekte als grob gerundete Größenangabe die differenzierten Bewirtschaftungsbe-

dingungen der einzelnen ACZ nicht berücksichtigen kann, handelt es sich um eine „Nennlagerkapazität“.

Diese wird nur in seltenen Fällen mit der erreichbaren Lagerkapazität identisch sein.

Die erreichbare Lagerkapazität ist abhängig von der optimalen Gestaltung des Lagerregimes.

Für eine überschlägige Bestimmung der erreichbaren Lagerkapazität in den einzelnen Düngerlagern kann folgende Regel gelten:

Boxen vierseitig geschlossen:	dreiseitig geschlossen ≈ 100:75 ²⁾
LK-Abzug je Sortentrennwand 4,00 m hoch	60 t
LK-Abzug je Sortentrennwand 3,00 m hoch	100 t
LK-Abzug je Sortentrennung ohne Trennwand	600 t
LK-Abzug je Boxenöffnung 6,00 m	200 t
Schema	

Maximale Lagerkapazität bei durchgehender Schüttung ³⁾	–	Auswirkungen der Einflußfaktoren des Lagerregimes auf die LK ⁴⁾	=	Erreichbare Lagerkapazität
---	---	--	---	----------------------------

5. Zusammenfassung

Die Lagerkapazität der Zentralen Düngerlager der ACZ ist unter Praxisbedingungen abhängig von der Gestaltung des Lagerregimes. Die auf die Stapelung wirkenden Einflüsse werden methodisch so dargestellt, daß mit Hilfe von Richtwerten je nach Bewirtschaftungsmöglichkeit und -absicht über die Erarbeitung eines Lagerregimes die zu erreichende Lagerkapazität bestimmt werden kann.

Schlußfolgernd ist eine optimale Auslastung der vorhandenen Lagerkapazität dann möglich, wenn

- in den ACZ ein Lagerregime erarbeitet wird
- das Düngemittelsortiment für das einzelne ACZ auf ein Minimum reduziert wird
- die Einspeicherung, speziell die Stapelung, nur mit den dafür geeigneten Fördergeräten erfolgt
- ausreichend Trennwände (15...19 m/kt Düngemittel) für die Sortentrennung vorhanden sind
- die Anlage vierseitig geschlossener Boxen bei Düngersorten mit geringem Schüttwinkel und bei notwendigen Lagerhöchstbeständen von > 1 700 t je Sorte in den Lagertypen P 220/L 254 möglich ist
- die geringsten Stapellosgrößen je Sorte dem Lagertyp angepaßt werden und im wesentlichen 500 t nicht unterschreiten.

Literatur

- [1] Hübner, B.: Möglichkeiten zur Senkung des Lagerkapazitätsbedarfes in Agrochemischen Zentren. agrartechnik 3 (1973) H. 1, S. 11–14.
A 1117

1) Harnstoff wird durch Multiplikation mit dem Faktor 1,6 m mit dem Raumbedarf der übrigen Düngemittel vergleichbar gemacht

2) außer bei Traglufthalle (TLH)

3) Hallenlänge in m · t_{max}/lfm (LK_M) bzw. Lagerfläche in m² · t_{max}/m²

4) Summe aus: Sortentrennungen, Boxenöffnungen, dreiseitige Stapelbegrenzung, Losgrößen von Splittersorten, technologische Flächen auf der Stapelfläche