

# Möglichkeiten der Anwendung pneumatischer Fördererlemente beim Umschlag fester Minereraldünger

Dipl.-Landw. B. MEIER, KDT \*  
Dipl.-Ing. M. ILTZSCHE, KDT \*\*

Die erste pneumatische Förderanlage wurde 1893 im Londoner Hafen als pneumatischer Getreideheber zur Schiffsentladung in Betrieb genommen [1]. Als den Begründer der pneumatischen Fördertechnik kann man den Engländer DUCKHAM bezeichnen, der sich die ersten Patente sicherte.

Bis zur breiten Entwicklung der chemischen Industrie, insbesondere der Kunststoffindustrie, wurde die Pneumatik fast ausschließlich für die Förderung von Getreide eingesetzt. Bei der Förderung der verschiedensten chemischen Produkte in Pulver- oder Granulatform kommt es darauf an, diesen Prozeß bei möglichst geringen Förderverlusten durchzuführen. Dabei haben sich nach BARTH [2] und GÜNTHER [1] nicht nur die ursprünglichen pneumatischen Förderanlagen auf der Basis des Dünnstromförderprinzips bewährt, sondern auch die auf anderen physikalischen Prinzipien beruhende Dichtstromförderung.

Aufbauend auf diesen Erkenntnissen beginnen sich pneumatische Förderanlagen auch in anderen Zweigen der Volkswirtschaft, insbesondere aber bei der Förderung chemischer Erzeugnisse, durchzusetzen. Daher ist die Fragestellung, ob sich auch feste Minereraldünger pneumatisch fördern lassen, sehr aktuell.

Der Vorteil pneumatischer Förderanlagen liegt nach SPIWAKOWSKI [3] in:

- nach außen dicht geschlossenem Fördervorgang ohne Förderverluste,
- geringem Raumbedarf und beliebiger Linienführung der Förderleitungen,
- verhältnismäßig wenig Wartungsarbeiten infolge geringer Anzahl beweglicher Teile,
- der Möglichkeit der vollständigen Automatisierung des Fördervorgangs.

Von GÜNTHER [1] wird ergänzt:

- unabhängig von Witterungseinflüssen, keine Staubbelästigung,
- eine zwischen weiten Grenzen mögliche Anpassung der Förderleistung (1 bis 450 t/h),
- hoher Ausnutzungsgrad durch die Möglichkeit, mit der gleichen Anlage hintereinander verschiedene Fördergüter zu transportieren,
- verhältnismäßig niedrige Anlagenkosten.

Als Nachteil ergeben sich:

- höherer spezifischer Kraftbedarf als bei mechanischen Anlagen,
- durch die hohe kinetische Energie des Fördergutes und der Gutbeladung treten an Krümmern oder auch in den Abscheidern starke Verschleißerscheinungen auf.

Die Grenzen der meisten pneumatischen Förderanlagen liegen dort, wo auf absolut schonende Behandlung des Fördergutes Wert gelegt werden muß (z. B. Saatgetreide). Nicht anwendbar ist die pneumatische Förderung (außer bei reinen Schubförderanlagen) bei klebenden, stückigen und solchen Gütern, die einen zu hohen Feuchtigkeitsgehalt aufweisen [4].

SPIWAKOWSKI [3] unterscheidet die pneumatischen Verfahren nach der auszuübenden Funktion in

- Sauganlagen,
- Druckanlagen,
- kombinierte Anlagen.

Darüber hinaus kann man jedoch nach GÜNTHER [1] die pneumatischen Verfahren nach der Eigenart des Strömungszustandes, dem wichtigsten Unterscheidungsmerkmal zwischen den verschiedenen Förderarten, aufgliedern:

A. Pneumatische Dünnstromförderanlagen (Flugförderanlagen)

- Niederdruckanlagen < 2000 mm WS (Wassersäule)
- Mitteldruckanlagen 2000 bis 5000 mm WS
- Hochdruckanlagen > 5000 mm WS

B. Pneumatische Dichtstromförderanlagen

a) Fluidisierungsverfahren

- Druckgefäßförderer
- Emulsionsverfahren mit Preßschneckeneintragung
- Zellenradschleuseneinspeisung
- Wirbelwindverfahren
- pneumatische Förderrinnen

b) Reine Schubförderanlagen

- Schubförderanlagen für sehr geringen Luftbedarf und sehr hohe Drücke
- Schubförderanlagen mit perforiertem Schlauch für Zweitluft

Für die pneumatische Förderung von festen Mineraldüngern kommen im Prinzip, außer den Niederdruckanlagen, alle Dünnstrom- und Dichtstromförderer in Frage. Die Anwendung von reinen Schubförderanlagen — vor allen Dingen bei Anwendung eines perforierten Schlauches für die Zweitluft — für die Förderung von festen Mineraldüngern erscheint bei dieser noch relativ jungen Entwicklungsrichtung der Pneumatik noch sehr zweifelhaft [4].

## 1. Arbeitsweise pneumatischer Förderanlagen

Nach der Funktion der pneumatischen Anlagen kann man grob Saug- und Druckanlagen unterscheiden. Nachfolgend werden die Hauptmerkmale der Förderprinzipien beschrieben.

### 1.1. Arbeitsweise von Sauganlagen

Alle Förderanlagen nach dem Saugsystem arbeiten unter Ausnutzung der kinetischen Energie der hohen Luftgeschwindigkeit zum Transport des Fördergutes und haben dabei Förderluftgeschwindigkeiten im Bereich von 10 bis 32 m/s (bei Sauganlagen im Mitteldruckbereich).

Das Hauptprinzip von Sauganlagen besteht darin, daß das Gebläse grundsätzlich am Ende des Förderweges hinter der Materialabgabe- bzw. Filterstation steht. Durch das Gebläse wird der erforderliche Unterdruck erzielt, der den Förderungsprozeß einleitet, das zu fördernde Gut über die Saugdüsen in die Förderleitung reißt und zu den jeweiligen Abgabestellen für das Material fördert. In der Materialabgabestation erfolgt die Grobtrennung des Fördergutes von der Luft und die Austragung des Gutes durch Zellenradschleusen. Um eine Nachreinigung der Förderluft zu erreichen, wird die Förderluft über einen Nachabscheider und einen Filter gesaugt und vom Gebläse ins Freie geblasen. Das Schema von Sauganlagen ist in Bild 1 dargestellt.

Der maximale Unterdruck bei Sauganlagen soll 5000 mm WS nicht überschreiten, da bei größer werdendem Vakuum die Tragfähigkeit der Förderluft zu sehr herabgesetzt wird. Nach SCHMIDT [5] läßt sich Minereraldünger am besten in Anlagen bis zu 4000 mm WS fördern.

Die Gutaufnahme in die Förderleitung erfolgt bei Sauganlagen überwiegend nach zwei Verfahren:

- bei Punktaufnahme des Materials durch stationär eingebaute Saugdüsen und fest verlegte Förderleitung,
- bei ebenerdig lagernden Materialien durch schwenk-, heb- und senkbar angeordnete Saugrüssel.

\* Institut für Minereraldüngung Leipzig der DAL  
(Direktor: Prof. Dr. habil. KUNDLER)

\*\* VEB Fördertechnik Freital

Bild 1

Sauganlage: A Waggonentladung – Absaugung mit heb-, senk- und schwenkbarem Saugrüssel; B Waggonentladung – Sackentleerung – Absaugung über Saugtrichter; C Selbstentladewaggon – Absaugung über Tiefbunker; D Bunkerabsaugung über Saugtrichter. a Saugdüse, b flexibler Rohrstrang, c Schwenkkrümmer, d Stützgerüst mit Ausleger, e Elektrozug für Bedienung, f Saugtrichter mit Saugdüse, g Absperrschieber, h Schüttmulde – Tiefbunker, i Siloanlage, k Drehrohrweiche, l Förderleitung, m Rezipient – Abscheider, n Nachabscheider – Zyklon, o Luftleitung, p Hochvakuumfilter, q Spülluftventilator, r Zellenradschleuse, s Sicherheitsventil, t Hochton-Schalldämpfer, u Tiefton-Schalldämpfer, v Ausblasleitung, w Gebläse

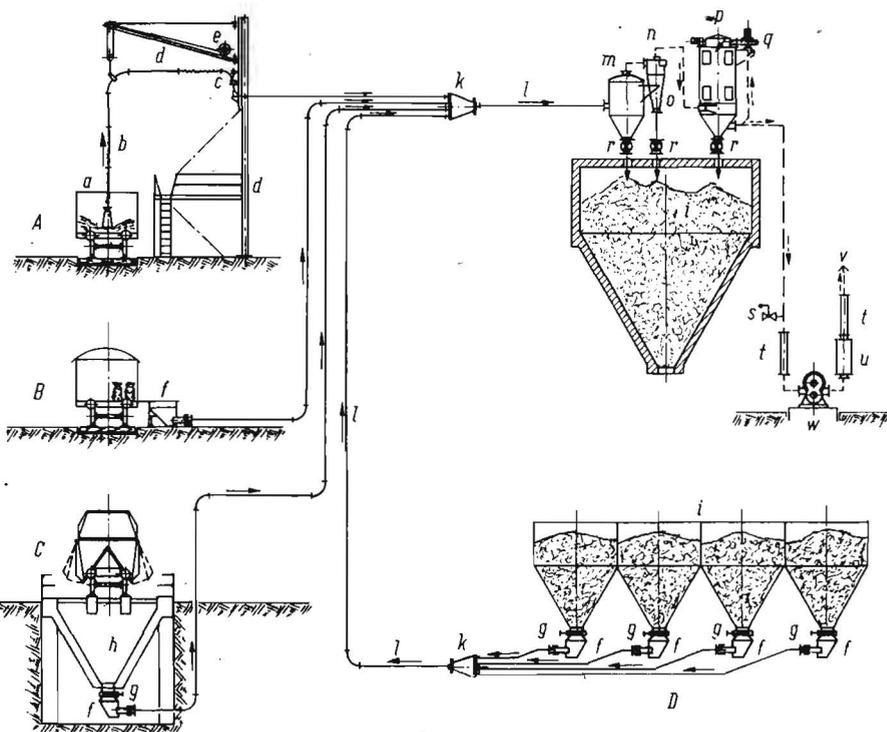
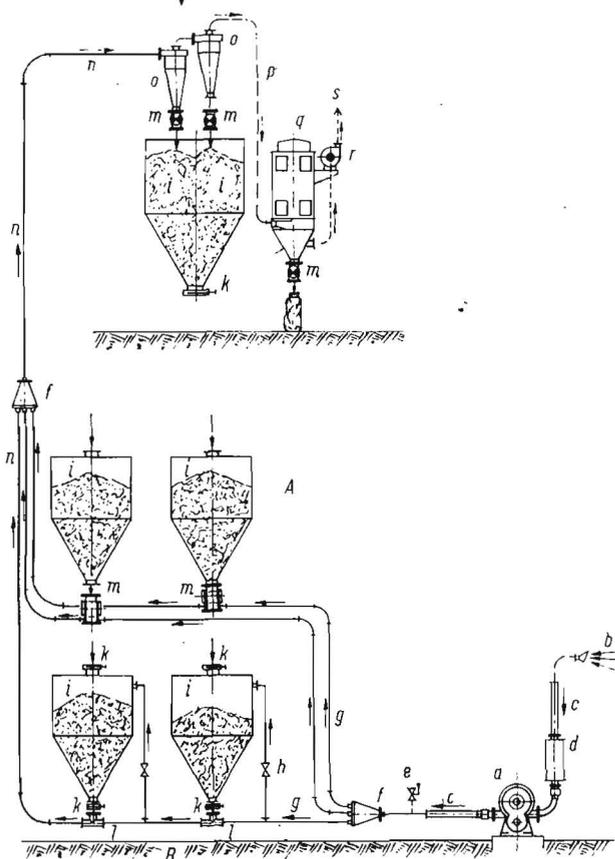


Bild 2

Druckanlage: A Gutaufgabe durch Zellenradschleuse; B Gutaufgabe durch Einlaufdüse mit Druckausgleich. a Gebläse, b Ansaugkopf, c Hochton-Schalldämpfer, d Tiefton-Schalldämpfer, e Sicherheitsventil, f Drehrohrweiche, g Luft – Druckleitung, h Druckausgleichleitung mit Ventil, i Siloanlage, k Absperrschieber, l Einlauf- bzw. Druckdüse, m Zellenradschleuse, n Förderleitung, o Zyklon-Abscheider, p Luftleitung, q Filter, r Ventilator, s Ausblasleitung, (Pos. q, r und s entfallen bei Granulatförderung)



staub- und pulverförmig sind, dabei eine gute Auflockerungseigenschaft zeigen und somit ein entsprechendes Lufthaltevermögen besitzen.

Druckanlagen arbeiten im Gegensatz zu Sauganlagen mit hohen Drücken und geringen Förderluftgeschwindigkeiten. Der Hauptunterschied zu Sauganlagen besteht jedoch in der Stellung des Gebläses in Hinsicht auf die Förderleitung. Das Gebläse steht hier grundsätzlich am Anfang der Förderleitung. Da gleichzeitig mit wesentlich geringeren Förderluftgeschwindigkeiten gearbeitet wird, haben die Materialabgabestationen und Nachabscheider wesentlich kleinere Maße als bei den Sauganlagen gleicher Leistung. Vielfach werden – wie bei den Zementsilos – nur einfache Zykloane zur Materialabgabe verwendet. Darüber hinaus können die Förderwege bei Druckförderanlagen mehr als 1000 m betragen, sie sind damit wesentlich größer als bei Sauganlagen (bis etwa 350 m).

Ein Schema der Druckanlagen ist in Bild 2 dargestellt. Bei den Förderleitungen können auf Grund der geringen Gutgeschwindigkeit erheblich kleinere Dimensionen gewählt werden. Die Förderung von Granulaten ist jedoch kompliziert, da sie nur ein geringes Lufthaltevermögen besitzen.

Die Formen der Einspeisung in das Rohrleitungssystem können unterteilt werden in:

- Druckgefäßspeisung
- Preßschneckeneinspeisung
- Zellenradschleuseneinspeisung
- Wirbelwindeneinspeisungsverfahren

## 2. Ergebnisse der Untersuchungen zur Förderung von festen Mineräldüngern mit Sauganlagen

### 2.1. Beschreibung der Versuchsanlage

Die Untersuchungen über die Förderbarkeit der verschiedenen festen Mineräldünger wurden in der Versuchsanlage des VEB Fördertechnik Freital durchgeführt [6]. Die Versuchsanlage wird zur Untersuchung der Fördereigenschaften der zu prüfenden Materialien sowohl als Druck- wie auch als Sauganlage mit waagerechten und senkrechten Förderleitungen benutzt. Sie weist eine Gesamtförderlänge von 84 m bei einem Höhenunterschied von 8 m auf. Die Prüfung kann mit drei verschiedenen Rohrquerschnitten erfolgen, und

### 1.2. Arbeitsweise von Druckanlagen

Zu den Druckanlagen für die mögliche Förderung von festen Mineräldüngern können pneumatische Anlagen sowohl aus dem Bereich der Hochdruckanlagen im Dünnstromverfahren, als auch das Fluidisierungs- und Schubförderverfahren gerechnet werden. Die Hauptunterscheidungsmerkmale zwischen den einzelnen Druckanlagen bestehen in der Form der Einspeisung des Materials in die Förderleitung. Überwiegend werden Druckanlagen bei solchen Gutarten eingesetzt, die

zwar mit lichten Weiten von 70, 100 und 125 mm. Durch verschiedene Klappenstellungen am Beginn der Förderleitungen können die gewünschten Rohrweiten eingestellt werden. Gleichfalls ist es möglich, über eine entsprechende Rohrweite die gewünschte Förderart — Druck- bzw. Saugförderung — zu wählen. Der Druckbetrieb ist jedoch nur mit der Rohrdimension von 100 mm durchführbar.

Bei beiden Förderarten gelangt das Luft-Material-Gemisch am Ende des Rohrleitungssystems in einen Rezipienten, in dem auf Grund des großen Durchmessers die Luftgeschwindigkeit vermindert wird und infolge der großen Bauhöhe eine Beruhigung eintritt. Das von der Luft dadurch nicht mehr getragene Material wird durch eine Zellenradschleuse nach unten in eine Drehgefäßwaage mit einem darunter befindlichen Zwischenbunker abgegeben. Von hier kann man das Material erneut in den Förderprozeß eingeben. Die aus dem Rezipienten nach oben entweichende Luft hat nur noch einen geringen Materialbesatz und wird im anschließenden Saugschlauchfilter gereinigt. Auch hier wird das Material mit einer Zellenradschleuse ausgetragen und abgesackt. Der unter der Drehgefäßwaage befindliche Zwischenbunker dient bei der Erstbeschickung als Eingabebunker. Falls kein mehrmaliger Durchlauf vorgesehen ist, bzw. beim letzten Umlauf, wird das Material nach der Drehgefäßwaage einem Absackstutzen zugeleitet.

Das Gebläse hat einen maximalen Drucksprung von 4000 mm Wassersäule und liefert eine Luftmenge von 6,5 bis 49,2 m<sup>3</sup>/min. Durch Variation der Drehzahl können Luftgeschwindigkeiten von etwa 5 bis 50 m/s erzielt werden.

Zur Messung des statischen Druckes sind an verschiedenen Punkten der Förderleitung sowie bei den einzelnen Apparateteilen Meßstellen eingerichtet.

## 2.2. Arten und Eigenschaften der geprüften festen Mineraldünger

Insgesamt wurden 9 verschiedene Arten fester Mineraldünger geprüft. Dabei handelte es sich sowohl um zur Zeit in der DDR im Handel befindliche Düngemittelsorten als auch um Produkte aus der Versuchsproduktion der chemischen Industrie.

In Tafel 1 sind die einzelnen Düngemittel und ihre wichtigsten Eigenschaften zum Zeitpunkt der Prüfung angeführt.

## 2.3. Ergebnisse der Förderversuche

Die Untersuchungen erfolgten bei allen zu prüfenden Düngemitteln bei den Rohrdimensionen von 100 und 125 mm Dmr. (Sauganlage).

Auf Grund der Untersuchungen kann festgestellt werden, daß alle geprüften 9 Düngemittelarten bei Einhaltung der vorgeschriebenen Feuchtigkeitsgrenzen gute Eigenschaften für eine pneumatische Förderung besitzen. In Tafel 2 sind die wichtigsten Kennwerte unter Berücksichtigung der beschriebenen Versuchsanlage dargestellt.

Verstopfungen im Rohrleitungssystem traten bei den geprüften Düngemittelarten außer bei granuliertem Kali nicht auf. Bei Einhaltung der entsprechenden Luftgeschwindigkeiten konnte auch bei Kali (granuliert) eine einwandfreie Förderung erreicht werden. Die bei einigen staubförmigen Düngemittelarten durch zu geringe Luftgeschwindigkeiten aufgetretenen Ablagerungen im Rohrleitungssystem (z. B. Superphosphat) ließen sich nach Abschaltung des Bunkerflusses durch den Luftstrom wieder beseitigen.

Auffällig ist der bei einigen staubförmigen Düngemittelarten vorhandene hohe Filteranteil, den man jedoch durch die Zwischenschaltung eines Zyklonabscheiders, der bei den meisten praktischen Anlagen eingebaut ist, reduzieren kann. Funktionsstörungen traten im Rezipienten nicht auf und die Anhaftungen blieben in erträglichen Grenzen. Bei Harnstoff kam es jedoch zu Brückenbildungen über den austragenden Zellenradschleusen, was sich ebenfalls beim Austrag aus dem Filter zeigte.

Tafel 1. Düngemittel-Eigenschaften

Düngemittelart	Körnung bei Versuchsbeginn [mm]	Feuchtigkeit bei Versuchsbeginn [%]	Schüttdichte [kg/dm <sup>3</sup> ]
Komplexdünger 15 : 15 : 15 (Rustica)	< 2,5	3,44	1,13
Kali (granuliert)	< 2,5	1,32	1,10
Ammonsulfat	< 1,0	0,51	0,92
Harnstoff	< 1,0	0,39	0,79
Kalkammonsalpeter	< 2,5	2,30	1,04
Kali 40 %	staubförmig	1,90	0,96
Alkalisinterphosphat	staubförmig	0,33	0,82
Superphosphat	staubförmig	8,59	0,61
Superphosphat (granuliert)	< 4	nicht gemessen	1,20

Tafel 2. Kennwerte der Förderversuche

Düngemittelart	Rohr-Dmr. [mm]	erforderliche Luftgeschwindigkeit [m/s] für Flugförderungen bei Förderleistungen von 2 t/h	5 t/h	Filteranteil [%]
Komplexdünger 15 : 15 : 15	100	15	20	1,5
Kali (granuliert)	125	12	16	1,0
	100	14	21	5,1
	125	12	18	3,0
Ammonsulfat	100	18	20	2,1
Kalkammonsalpeter	100	16	20	3,1
	125	14	18	3,1
Harnstoff	100	15	18	8,5
	125	14	17	8,5
Kali 40 % (staubförmig)	100	18	—	7,4
	125	17	21	14,2
Alkalisinterphosphat	100	24	—	19,0
	125	20	25	9,9
Superphosphat (staubförmig)	100	25	—	20,5
	125	19	24	25,8
Superphosphat (granuliert)	100	25	—	5,5
	125	19	—	8,5

Als Abfilterorgan hat sich der Saugschlauchfilter System „Beringer“ bewährt. Die Porengröße des Filtergewebes reicht aus, um das Eindringen von Staub in das Gebläse zu verhindern. Das verwendete Drehkolbengebläse eignete sich gut für die Förderung von Düngemitteln.

Während die granulierten Düngemittelarten gute bis sehr gute Ausflußfähigkeiten aus den Bunkern zeigten, mußte für die staubförmigen Kali- und Phosphatdüngemittel sowie für Harnstoff Auflockerungsluft zugeführt werden. Wider Erwarten zeigte dann auch Superphosphat (staubförmig) gute Ausflußeigenschaften.

Zu beachten ist, daß es auf Grund der geringen Kornstabilität der geförderten Granulate beim mehrmaligen Umlauf zu starken Abrieberscheinungen und damit zur Erhöhung des Anteils kleiner Korngrößen kam. Deshalb sollte man das gleiche Material nicht mehr als dreimal pneumatisch umschlagen.

In Hinsicht auf die korrodierende Wirkung der Düngemittel auf die Anlagenteile konnte festgestellt werden, daß Stahlblech von allen Düngemittelarten stark angegriffen wurde. V2a-Blech zeigte lediglich bei den Superphosphatdüngemitteln und beim staubförmigen Kali geringe Korrosionserscheinungen, während auf Alu-Blech außer Ammonsulfat, Kalkammonsalpeter und Alkalisinterphosphat alle Düngemittelarten ebenfalls korrodierend wirken. Diese Versuche wurden über einen Zeitraum von 3 Monaten durchgeführt.

Am schlechtesten ließ sich Harnstoff fördern, da hier starke Anhaftungserscheinungen in den Anlagenteilen auftraten.

Insgesamt konnte festgestellt werden, daß die Anwendung pneumatischer Elemente bei der Förderung von Düngemitteln durchaus möglich erscheint, und daß es darauf ankommt, unter praktischen Bedingungen den Einsatz dieser Fördererlemente in den nächsten Jahren zu prüfen.

(Literatur auf Seite 59 unten)

Unserem Bauwesen fehlt Baukapazität. Die immer größer werdenden Aufgaben müssen mit weniger Bauarbeitern erledigt werden. Wir sind ein rohstoffarmes Land; hochwertige Baustoffe müssen in großem Umfang eingeführt werden.

Im landwirtschaftlichen Bauwesen wirkt sich dies besonders schwer aus. Während beim Industriebau durch die Konzentration großer Bauvolumen der Einsatz leistungsfähiger großer Baumaschinen möglich ist, wird dies durch die natur- und strukturbedingte Situation im landwirtschaftlichen Bauwesen nur in engen Grenzen möglich. Diese Schwierigkeiten gibt es auch in anderen hochindustrialisierten Ländern.

Die Hinwendung zum Leichtbau ist eine Schlußfolgerung aus dem Vorhergesagten, denn der Leichtbau hilft wichtige Rohstoffe sparen, er ermöglicht hochproduktive Fertigungen und einfache Montagemaßnahmen sowie Demontagen.

Dazu folgen hier Ausführungen über die räumliche Fachwerk-Bauweise, die die anderen, schon bekannten Leichtbauweisen ergänzt (das sind u.a. Tragfluthallen, Schalen aus glasfaserverstärkten Platten, ebene Binder- und Stützensysteme als Leichtbaukonstruktion).

Die räumlichen Fachwerke werden aus vorgefertigten Stäben und Knoten aufgebaut, die hochmechanisiert gefertigt werden können: Transport und Montage sind einfach. Auf dem letzten Internationalen Kongreß in London (1966) wurde an internationalen Beispielen demonstriert, daß sich eine Vielzahl unterschiedlicher Bauten auf der Grundlage dieser Systeme herstellen läßt, die bei entsprechender Fertigung auch billig sind.

Man kann zwei prinzipielle Möglichkeiten der Schüttgütererlagerung annehmen:

- freigeschüttetes Lagergut
- Silolagerung

Zwischen diesen beiden Lagerungsarten gibt es eine Vielzahl Varianten, die jeweils mehr zu der einen oder anderen Möglichkeit tendieren.

Es liegt nahe, für das geschüttete Lagergut bauliche Hüllen zu suchen, die sich der Form des natürlichen Schüttkegels anpassen (Bild 1). In Bild 2 werden die speziellen Formen der räumlichen Fachwerke dargestellt, die sich hierfür anbieten: Tonne, Kuppel bzw. Kegel (Abdeckungen dieser räumlichen Fachwerke mit beschichteten Geweben oder Wellaluminiumplatten).

Bild 3 zeigt Beispiele für die mechanisierte Förderung des Lagergutes (es wurden Aggregate von AMECO, Mulhouse-Kingersheim, eingezeichnet). Obwohl bekannt ist, daß es bei

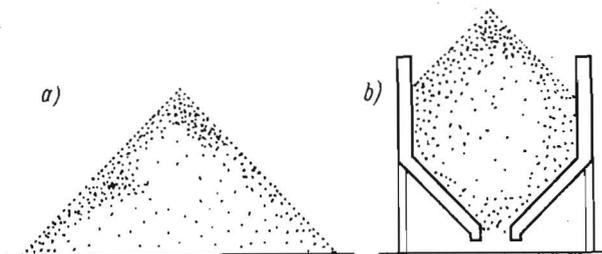


Bild 1. Prinzipielle Möglichkeiten der Schüttgütererlagerung:  
a Freigeschüttetes Lagergut, b Silolagerung

\* DBA, Institut für Industriebau

<sup>1</sup> Die hier wiedergegebenen Überlegungen resultieren aus gemeinsamen Bemühungen mit Dipl.-Landw. B. MEIER, Leipzig. Ich bin ihm zu Dank verpflichtet. O. P.

**Literatur**

- [1] GÜNTHER, F. A.: Die pneumatische Förderung — Dünnstrom- und Dichtstromförderanlagen und ihre Abwandlungen. fördern und heben, Sonderausgabe zur Hannover-Messe 1966
- [2] BARTH, W.: Windsichten, Staubabscheiden, pneumatische und hydraulische Förderung. Fortschr. Verfahrenstechnik (1960/61) H. 5, S. 635 bis 641
- [3] SPIWAKOWSKI, A. O. / W. K. DJATSCHKOW: Förderanlagen, Transport- und Verladeeinrichtungen für Massengüter. VEB Verlag Technik, Berlin 1959
- [4] MÜLLER, W. / K. SCHRÖTER: Über das pneumatische Schubfördern (Theorie und Praxis). Deutsche Hebe- und Fördertechnik (1965) H. 7, 8 und 9
- [5] SCHMIDT, D.: Projekt: Chemiezentrum Landwirtschaft, technologischer Teil, 1965, unveröffentlicht
- [6] Untersuchung der pneumatischen Förderfähigkeit verschiedener Düngemittel in der Versuchsanlage des VEB Fördertechnik Freital, 1966, unveröffentlicht A 6724

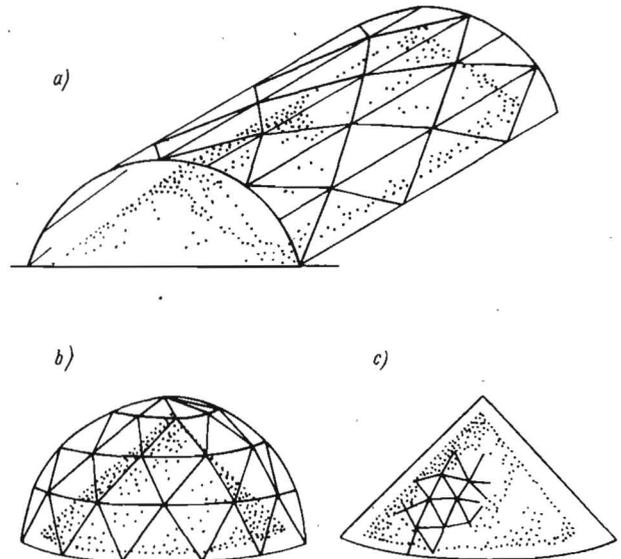


Bild 2. Spezielle Formen der räumlichen Fachwerke:  
a Tonne, b Kuppel, c Kegel. Die Konstruktionen sind schematisch und ohne Abdeckhaut gezeichnet.

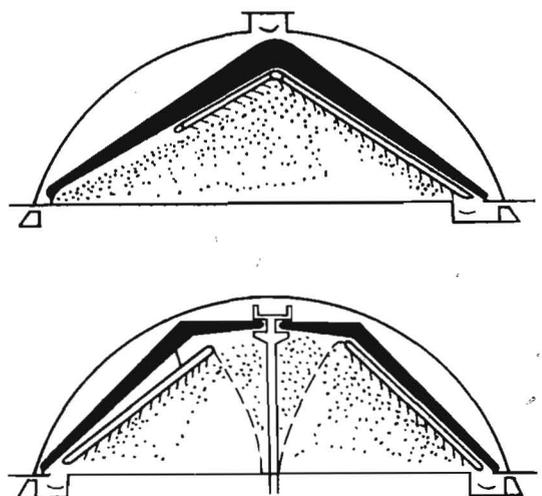


Bild 3. Fahrkratzer in Stabnetzwerktonnen eingebaut