

15. Fachtagung Schüttgutfördertechnik 2010
Neue Trends und Technologien

**Mehrfach-Verteiler zur kontinuierlichen Aufteilung eines
Fördergutes während der pneumatischen Förderung
(Auslegung, Berechnung, Betriebsverhalten)**

Dipl.-Phys.-Ing. Klaus Schneider

KS-Engineering
Ingenieurbüro
Klaus Schneider



Dipl.-Phys.-Ing. Klaus Schneider
KS-Engineering GmbH
Melchiorstr. 11
50670 Köln

Mehrfach-Verteiler zur kontinuierlichen Aufteilung eines Fördergutes während der pneumatischen Förderung (Auslegung, Berechnung, Betriebsverhalten)

1 Einleitung

In der Industrie werden weltweit zur kontinuierlichen Aufteilung der geförderten Schüttgutmenge auf mehrere Empfangsstellen sehr viele sogenannte „Verteiler“ (engl. Splitter) als Bestandteile pneumatischer Förderleitungen betrieben. Diese haben innerhalb von pneumatischen Förderanlagen eine wichtige Stellung eingenommen und werden in ganz unterschiedlichen Ausführungsformen eingesetzt. Dagegen lässt sich recht wenig zusammenfassendes Schrifttum finden, welches aus übergeordneter Sicht das Phänomen „Verteiler“ beleuchtet und Hilfestellungen bezüglich Einsatzmöglichkeiten, Auslegung, Auswahl und Betriebserfahrungen gibt. Meist handelt es sich um Antworten auf spezielle Fragestellungen, wie zum Beispiel Druckverluste unterschiedlicher Verzweigungsformen etc.

Der vorliegende Artikel soll diese Lücke schließen und einen Überblick über Einsatzmöglichkeiten und typische Bauformen von Verteilern mit ihren Vor- und Nachteilen liefern. Darüber hinaus werden diverse Auswahlkriterien für den Einsatz von Verteilern vorgestellt und diskutiert.

Weiter soll auf die Auslegung und den Betrieb von Verteilern eingegangen werden. Es wird auf mögliche Störanfälligkeiten hingewiesen und es werden Maßnahmen erläutert, die einen störungsfreien Betrieb ermöglichen bzw. begünstigen.

Betriebserfahrungen mit Verteilern werden vorgestellt.

2 Verteiler - Versuch einer Definition und Eingrenzung für die weiteren Ausführungen

Der Begriff des „Verteilens“ steht für eine Vielzahl verfahrenstechnischer Operationen in der Schüttgutindustrie. Allen gemeinsam ist es, einen Stoffstrom möglichst gleichmäßig aufzuteilen und gleichzeitig mehreren Zielorten zuzuführen. Dies kann sowohl innerhalb einer mechanischen Förderstecke; z.B. mit einer speziellen Verteilerschnecke und Injektoren (siehe Abb. 1) als auch in einer pneumatischen Förderstecke durch ein konstruktives Element (den Verteiler) geschehen. Weiter lässt sich von einer alternierenden Verteilung sprechen, wenn jeweils momentan nur ein bestimmter Zielort von mehreren möglichen erreicht werden soll (z.B. mit Hilfe einer Rohrweiche), und von einer gleichmäßigen Verteilung, wenn alle möglichen Zielorte gleichzeitig beschickt werden sollen.

Die Verteilung im Sinne dieses Artikels soll die gleichmäßige und gleichzeitige Verteilung von Feststoffen sein, in welchen ein Arbeitsgas (i.d.R. Luft) pneumatisch als Trägermedium dient.

Verteiler werden meist in verfahrenstechnischen Anlagen eingesetzt, beispielsweise für die Behandlung von Rauchgasen, bei der ein Sorbens an bis zu 16 Stellen gleichmäßig in den

Rauchgaskanal eingeblasen wird. Eine weitere Anwendung ist die Staubfeuerung in Kohlekraftwerken, bei der ein gleichmäßiges Überstreichen der eingeblasenen Staub-/ Luftgemische über den Kesselquerschnitt wichtige Voraussetzung für eine optimale und emissionsarme Verbrennung ist.

Setzt man in den angesprochenen Fällen keine Verteiler in der Förderleitung ein, so wird für jede Einblasstelle ein eigener Förderstrang inklusive Förderleitung, Förderorgan, Dosierorgan und evtl. Luftversorgung erforderlich (vergl. Abb. 2a), wodurch, abgesehen von Problemen des Platzbedarfes, die Kosten entsprechend potenziert werden.

Eine erste Kostenersparnis bringt dann ein luftseitiger Verteiler, bei dem die Gesamtluftmenge auf die einzelnen Förderstränge resp. Dosierstellen verzweigt wird. Die (Luft-) Verteilung kann dabei als Gleichgewichtsverteilung (vergl. Abb. 2b) oder durch den Einsatz von Stellorganen/Venturidüsen als Zwangsverteilung (vergl. Abb. 2c) ausgeführt werden. Eine deutlich Einsparung kann erzielt werden, wenn der Verteiler förderseitig angeordnet wird, in optimaler Anordnung möglichst nahe an den Einblasstellen (vergl. Abb. 2d). In diesem Fall sind jeweils Luftversorgung, Dosierorgan, Förderorgan und ein Teil der Förderstrecke nur einfach auszuführen. Bei einem Eintrag gegen höhere Drücke oder bei Dichtstromförderung lässt sich die Verteilung auch im Förderorgan realisieren (vergl. Abb. 2f).

Als Verteiler im Sinne des vorliegenden Artikels soll im weiteren auf solche Bauformen eingegangen werden, welche eine Verteilung innerhalb einer pneumatischen Förderstrecke als verteilendes Förderorgan (z.B. wie in Abb. 2d/2e) oder als Verzweigungsorgan in der Förderleitung ermöglichen (z.B. wie in Abb. 2f).



Abbildung 1: 4 Einzelleitungen hinter 4-fach Schnecken-Verteilerbox und Injektoren (vergl. Abb. 2c) mit 2 Gebläsen

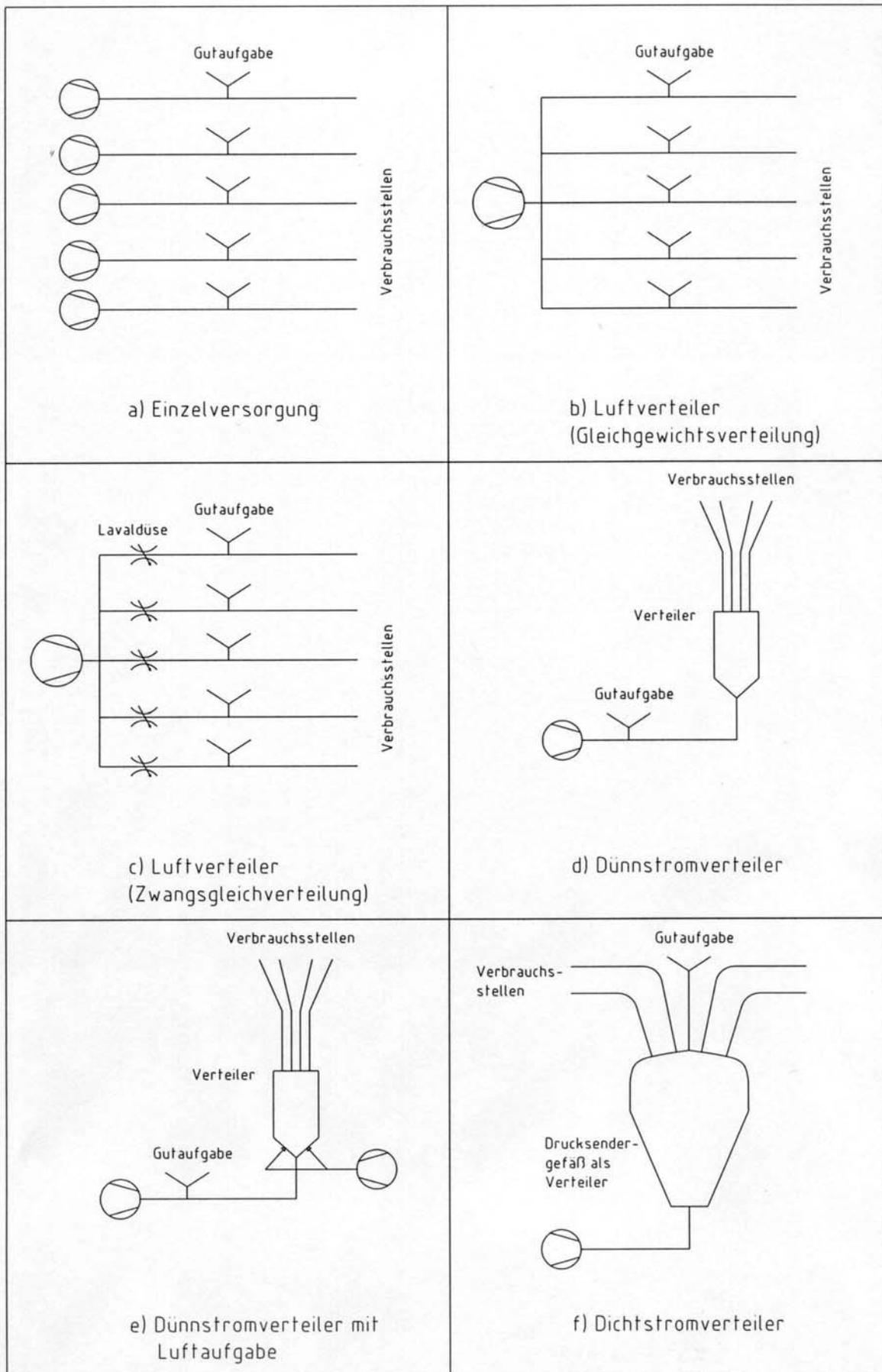


Abbildung 2: Verteiler in der pneumatischen Fördertechnik

2.1 Ausführungsformen von Verteilern

Je nach Materialeigenschaften, Förderaufgaben und Förderarten (Dünnstrom/Dichtstrom) gibt es die verschiedensten Ausführungsformen für Verteiler. Nicht alle sind für alle Einsatzfälle geeignet oder gut durchdacht. Die Verteilung kann bspw. aus einer Wirbelschicht heraus erfolgen, der Verteiler kann von oben nach unten oder von unten nach oben durchströmt werden, auch Verteiler in horizontaler Lage werden gebaut. Bekannt sind beispielsweise sogenannte Fächerverteiler (Abb. 3), welche zur Aufteilung von Kohlenstaub auf (meist 4 – 6) Brenner in Kohlekraftwerken benutzt werden.

Auch rotierende Verteiler werden/wurden zur Aufteilung eines Massenstromes bereits eingesetzt. Die weitaus meisten allerdings sind von unten nach oben durchströmte Dünnstromverteiler mit unterschiedlichen Verteilmechanismen (siehe z.B. Abb. 4,5).

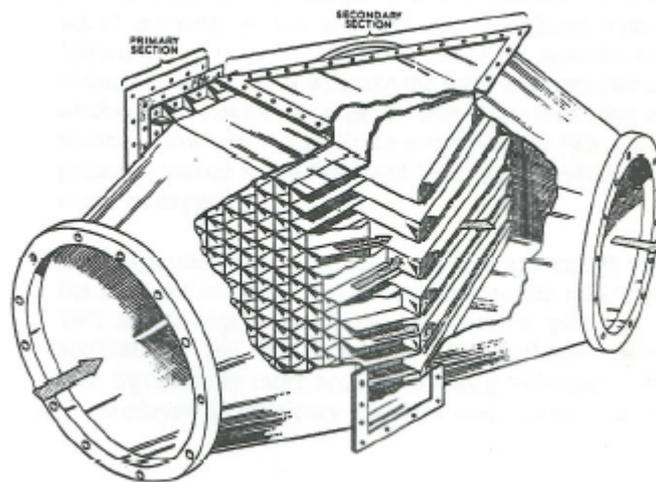


Abbildung 3: Kohlenstaub-Fächerverteiler [2]

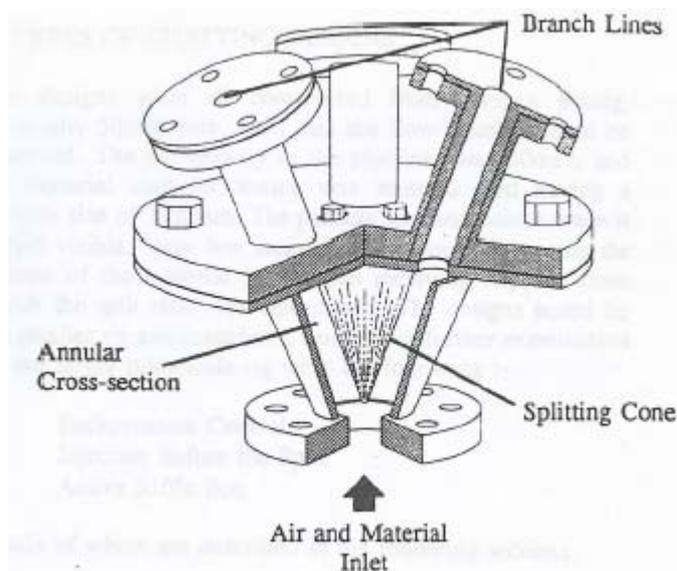


Abbildung 4: Fuller Konus-Verteiler [2]

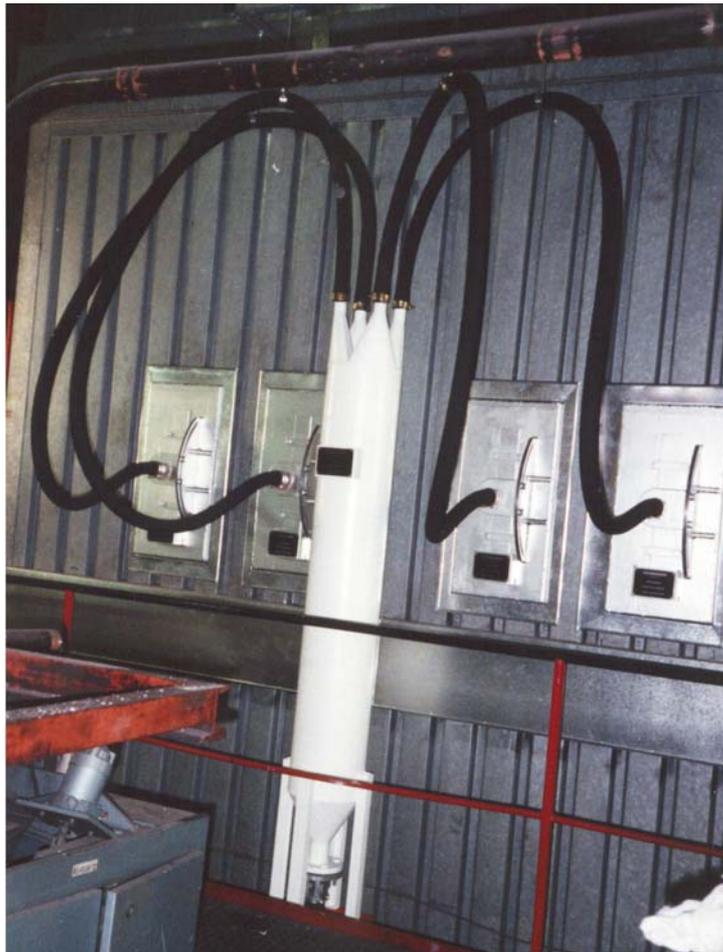


Abbildung 5: 4-fach-Verteiler für Kalkhydrat in einem Kraftwerk

2.2 Wirkungsweise von Dünnstromverteilern für feinkörniges und staubförmiges Schüttgut

Bereits Lempp [5] hat in seiner Arbeit (1966) festgestellt, dass speziell für die hier näher betrachteten Dünnstromverteiler und Verzweigungen erst Feststoff und Gas entmischt und der Feststoff beruhigt werden sollte, bevor erneut gemischt und dann schließlich geteilt wird. Bild 6 zeigt am Beispiel einer Patentzeichnung (K.-H. Mohr, 1988, Patentschrift DE 3626983 C2) die prinzipielle Vorgehensweise beim Verteilen von Gas-Feststoff-Gemischen.

Bei seinen Untersuchungen hat Lempp gezeigt, dass beispielsweise Trennbleche oder sich öffnende Verzweigungen keine befriedigende Lösung darstellen, da bei ungleichmäßigen Verteilkonzentrationen des Feststoffes über dem Rohrquerschnitt (Bildung von Strähnen) vor dem Verteiler diese auch nach Verteiler zu beobachten sind.. Nur bei einem ganz normalen T-Stück, bei der die Feststoffteilchen nach dem senkrechten Aufprall bis zum Stillstand abgebremst wurden, konnte nachher eine relativ gleichmäßige Zumischung und Verteilung des Feststoffes gemessen werden.

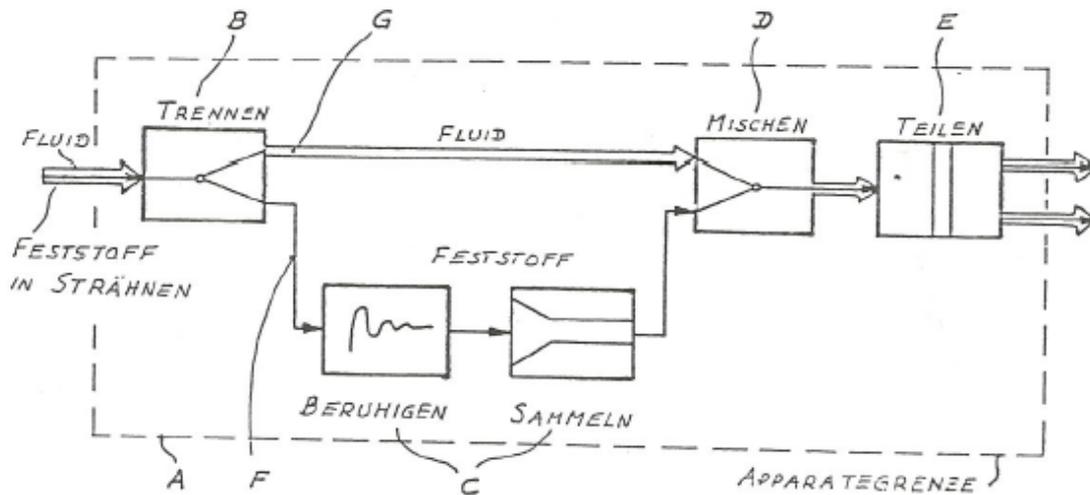


Abbildung 6: Arbeitsschritte Verteiler [nach Mohr]

Aus diesen Gründen arbeiten die sogenannten Fächerverteiler trotz einer hohen Zahl von Teilblechen und Teilungen immer dann unzureichend, wenn die Feststoffverteilung im Zuleitungsrohr nicht gleichmäßig ist. Strahlen ziehen sich auch durch einen aufwändig konstruierten Fächerverteiler. Hier liegt also ein systemischer Fehler vor.

Auch der in Abbildung 3 gezeigte Splitter wird nicht mit ausreichender Genauigkeit arbeiten, da auch dort auftretende Strahlen bevorzugt einen Kanal beaufschlagen werden.

2.3 Forderungen an einen „idealen“ Verteiler:

Um die Vielfalt der möglichen Verteilervarianten und Bauformen einzuschränken, werden im Folgenden nur noch Dünnstromverteiler mit einer max. Beladung bis 15 kg/kg und einer max. Korngröße von 1mm betrachtet. Durchströmung des Verteilers in senkrechter Position von unten nach oben. Nachstehende Forderungen sind demnach durch einen idealen Verteiler zu erfüllen:

- Entmischen von Gas und Feststoff
- Strömungsberuhigung und Vergleichmäßigung
- Strahlen dürfen nicht „durchschlagen“
- Vergleichmäßigte Gas-Feststoffströmung trennen

Eine vollständige Entmischung von Feststoff und Gas ist schwer zu erzielen, angestrebt wird daher eine Verzögerung der Gasgeschwindigkeit in den Bereich der Sinkgeschwindigkeit der Feststoffteilchen. Dazu erfolgt eine entsprechende Aufweitung des Querschnittes im Vertei-

ler. Diese Aufweitung wird über eine bestimmte Länge fortgeführt um Strähnen aufzulösen und ein Vergleichmäßigen des Gemisches zu erreichen. Erst danach erfolgt die Trennung des Gemisches entsprechend der Anzahl der Abgänge.

2.4 Häufig gestellte Fragen bezüglich der Verteilerauslegung

Gibt es eine optimale Anzahl der Abgänge?

Die Anzahl der Abgänge richtet sich nach den verfahrenstechnischen Erfordernissen. Es wurden mit dieser Verteilerart bis zu 16 Abgängen parallel realisiert, meist jedoch 4- bis 6-fach Verteiler, da dort die Verstopfungsgefahr einzelner Leitungen aufgrund der sich dann einstellenden Rückstellkräfte nicht so hoch ist. Bei einer Zweifach-Verteilung beispielsweise wird sich die Gasgeschwindigkeit aufgrund einer Verstopfung verdoppeln und damit auch den statischen Druck als Rückstellkraft auf den Stopfen wesentlich erhöhen. Bei einem 16-fach Verteiler nimmt die Geschwindigkeit in den verbliebenen 15 Abgängen dagegen nur um knapp 7% zu. Die Rückstellkräfte sind dann entsprechend geringer.

Wie lassen sich Verstopfungen einzelner Abgänge detektieren?

Dies lässt sich durch Druckmessungen vor/hinter Verteiler am sichersten und schnellsten nachweisen. Da die durchströmten Förderleitungen im Normalfall höhere Temperaturen aufweisen als die blockierten, kann man auch Temperaturmessungen hinter Verteiler zur Störungsdetektion einsetzen. Ebenfalls geeignet sind Durchsatzmessungen in den Förderleitungen hinter Verteiler, welche auf elektronischen Verfahren (elektrostatisches Rauschen, Mikrowelle) basieren. Diese Verfahren erlauben auch je nach gewähltem Komfort eine qualitative Aussage über Durchsatzunterschiede.

Welche Genauigkeiten lassen sich mit Verteilern erreichen?

Bezieht man den Durchsatzfehler auf den theoretischen Mittelwert hinter Strang (Beispiel: Gesamtdurchsatz Feststoff 1000 kg/h; 4-fach Verteiler; Mittelwert 250kg/h), können sich bei ungeeignetem Verteilertyp; ungenügender Strähnenauflösung, zu vielen Abgängen, wechselnden Feststoffeigenschaften oder schiefer Einströmung Abweichungen von bis zu +/- 35% beobachtet werden. Sind die Voraussetzungen dagegen optimal, kann der Verteilfehler unter 5% liegen, ein Bereich unter 10% lässt sich meist erreichen. Für unser Beispiel bedeutet das, die Fördermengen pro Leitung können bei minimal ca. 235 kg und maximal bei ca. 265 kg/h liegen. Häufig reichen aber auch geringere Genauigkeiten aus, da das Hauptaugenmerk auf der Aufteilung des Gesamtförderstromes an sich liegt.

Kann man Zusatzluft aufgeben und wenn ja, wo?

Aus verfahrenstechnischen Gründen ist manchmal notwendig, die Luftmenge hinter Verteiler zu erhöhen, sei es um die Beladung (und damit den Leitungsdruckverlust) zu senken oder sich an bestimmte Rohrleitungsgeometrien besser anzupassen. Zusatzluft sollte im unteren Teil des Verteilers aufgegeben werden. Die Zusatzluft kann dann aufgrund der Turbulenzerhöhung zur Vergleichmäßigung beitragen, es ist jedoch der Verteiler entsprechend länger (höher) auszuführen.

Lassen sich auch mengenmäßig unterschiedliche Aufteilungen des Förderstromes erzielen?

Dies ist in Grenzen möglich, beispielsweise wurden aus einem 4-fach-Verteiler heraus zwei Leitungen insgesamt mit ca. 40%, die beiden anderen mit insgesamt 60% beaufschlagt. Dazu wurden die Abgänge am und die Leitungsquerschnitte hinter Verteiler entsprechend angepasst. Die geforderte Verteilung wurde erreicht.

Wo sollte der Verteiler im Leitungsverlauf positioniert werden?

Aus verfahrenstechnischer Sicht wäre eine Aufteilung bereits nach einigen Metern Förderstrecke möglich. Dann wären die Förderstrecken (und damit die Druckverluste) hinter Verteiler relativ gleich. Die wirtschaftlichste Lösung ist allerdings eine Aufteilung möglichst nahe an den Einblasstellen, da dann nur eine Leitung bis zum Verteiler geführt werden muss und die verbleibenden Mehrfach-Leitungen relativ kurz ausfallen könnten.

Im nächsten Kapitel werden noch einige Hinweise zur Vergleichmäßigung des Druckverlustes und der Aufteilung des Förderstromes gegeben.

Wie verschleißempfindlich ist der vorgestellte Verteiler ?

Verschleiß entsteht bevorzugt dort, so lokal hohe Gasgeschwindigkeiten (resp. auch Feststoffgeschwindigkeiten) auftreten. Beim Verteiler sind das im wesentlichen der Verteilerkopf und/oder der Bereich der Zusatzlufteindüsung.

Bei verschleißintensiven Fördergütern ist daher der Verteilerkopf abnehmbar und kann bei Bedarf ausgewechselt werden. Eventuell lässt sich innen ein Verschleißschutz aufspritzen. Durch den abnehmbaren Kopf hat man auch die Möglichkeit, die Verteilung selbst zu ändern.

2.5 Berechnung der Verteiler

Die hauptsächlichen Berechnungen zum Verteiler sind neben der Flächenaufteilung in funktionaler Abhängigkeit zur Anzahl der Abgänge die Berechnung der Sinkgeschwindigkeit sowie die Abschätzung des Zusatzdruckverlustes.

2.5.1 Berechnung der Sinkgeschwindigkeit der Einzelteilchen

Die Sinkgeschwindigkeit der Einzelteilchen w berechnet sich aus dem Gleichgewicht der Gewichtskraft F_G (senkrecht nach unten) und der Umströmungskraft F_W (senkrecht nach oben) unter Vernachlässigung der Auftriebskräfte folgendermaßen:

$$F_W = F_G \text{ (vereinfacht)}$$

$$A_S \cdot c_W \cdot \rho_L / 2 \cdot v^2 = g \cdot \rho_S \cdot \pi / 6 \cdot d_S^3$$

$$w = [4/3 \cdot g \cdot d_S \cdot \rho_S / (c_W \cdot \rho_L)]^{0,5}$$

wobei:

A_s	=	projizierte Fläche des Teilchens	$[m^2]$
g	=	Erdbeschleunigung	$[m/s^2]$
d_s	=	Teilchendurchmesser	$[m]$
ρ_s	=	Teilchendichte	$[kg/m^3]$
c_w	=	Widerstandsbeiwert des Teilchens	$[1/1]$

Man möge beachten, dass diese Gleichung nur für Einzelpartikel zutreffen, die Sinkgeschwindigkeit von Partikelkollektiven ist je nach Zusammensetzung davon unterschiedlich. Mehr zum Thema finden Interessierte beispielsweise unter:

http://www-vt.uni-paderborn.de/techprak/Wirbelschicht_Endversion.pdf

Übliche Sinkgeschwindigkeiten feiner Teilchen liegen bei ca. 0,5 bis 2,5 m/s. Diese Werte gelten für das Einzelkorn. Praxisnahe Werte lassen sich durch experimentelle Ermittlung der Sinkgeschwindigkeit beispielsweise im Gonell-Sichter ermitteln.

2.5.2 Berechnung des Verteilerdruckverlustes

Der Druckverlust des beschriebenen Verteilers rührt im wesentlichen vom Wiederbeschleunigen des Feststoff-/Gasgemisches her und wird mit hinreichender Genauigkeit durch untenstehende Gleichung beschrieben:

$$\Delta p_v = K \cdot \rho_L \cdot v^2 / 2 \cdot (1 + 2 \cdot \mu \cdot c / v)$$

wobei:

Δp_v	=	Druckverlust des Verteilers	$[Pa]$
K	=	Empirischer Faktor	$[1/1]$ Wert $\approx 1,2$
ρ_L	=	Gasdichte	$[kg/m^3]$
v	=	Gasgeschwindigkeit	$[m/s]$
μ	=	Beladung	$[kg \text{ Feststoff} / kg \text{ Gas}]$
c	=	Feststoffgeschwindigkeit	$[m/s]$

Der Zusatzdruckverlust eines solchen Verteilers bewegt bei üblichen Geschwindigkeiten, Systemdrücken, Temperaturen und Beladungen im Bereich von 8 – ca. 50 mbar.

3 Betrieb der Anlage

Bei der Aufstellung des Verteilers sind zur Erreichung einer möglichst gleichmäßigen Aufteilung des Massenstromes einige weitere Punkte zu beachten (siehe hierzu auch weiter unten Abbildung 8):

- Der Verteiler muss unbedingt senkrecht aufgestellt werden.
- Die senkrechte Anströmlänge vor Verteilereintritt muss mindestens 10 (besser 15) $\times d_E$ (wobei d_E der lichte Leitungsdurchmesser am Verteilereintritt ist) betragen.

Erst bei Einhaltung dieser Mindestvoraussetzungen kann eine gleichmäßige Aufteilung des Gutmassenstromes gewährleistet werden. Es empfiehlt sich, auch hinter dem Verteiler entsprechende gerade Nachlaufstrecken ($10 - 15 \times d_A$) einzuhalten.

Von besonderem Interesse ist ein störungsfreies Arbeiten der Förderung. Genauigkeiten im Bereich ± 5 bis 10% sollten erreicht werden.

Der Verteiler ist Teil der Gesamtanlage und bei der Auslegung müssen neben den geometrischen Größen auch strömungstechnische Gesichtspunkte beachtet werden.

Wichtig ist, dass der bestimmende Druckverlust am Ende der Förderstrecke liegt und hierdurch kleine Differenzen in den Förderleitungslängen nach Verteiler gegenüber diesem Druckverlust vernachlässigt werden können.

Dies geschieht am einfachsten durch Anbringen einer Düse mit definiertem Druckverlust am Ende der Förderleitung. Ein entsprechendes Beispiel ist im nachfolgenden Diagramm (Abbildung 7) dargestellt. Nähere Erläuterungen hierzu im nächsten Kapitel.

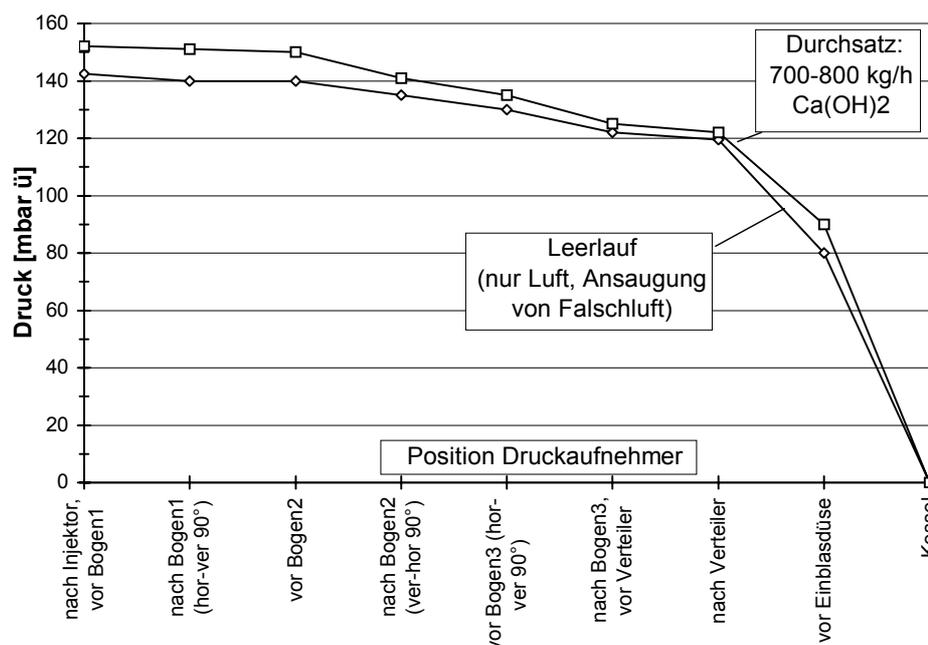


Abbildung 7: Typischer Druckverlauf in einem Fördersystem mit Verteiler

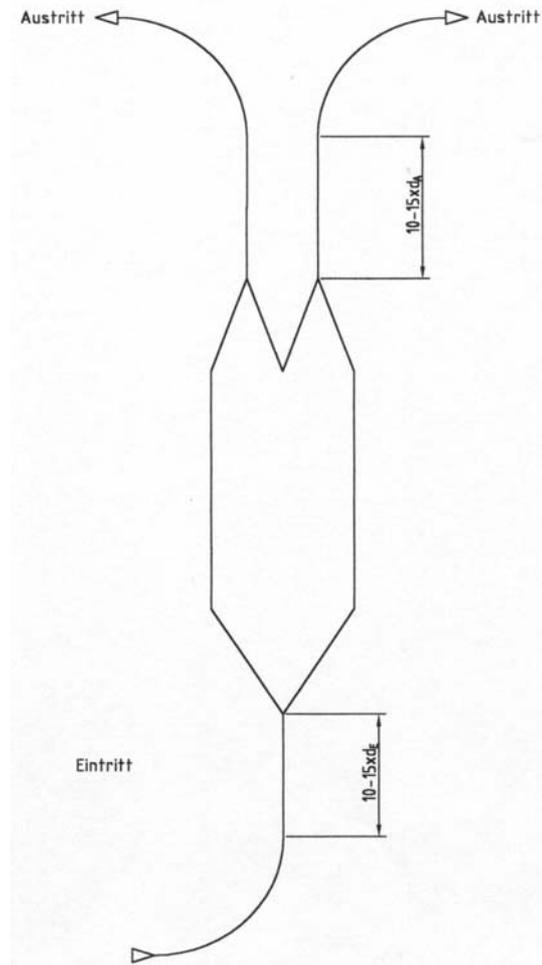


Abbildung 8: Aufstellung eines Verteilers mit An- und Abströmlängen

Die Verteilerlängen sind abhängig von den Materialeigenschaften, einer zusätzlichen Luft-eindüsung und der Anzahl der Abgänge. Übliche Längen bewegen sich im Bereich 5 – 10 x Verteilerdurchmesser.

4 Vergleichmäßigung des Durchsatzes

Strömungsmechanische Zusammenhänge am Verteiler kann man durch eine vereinfachte elektrische Schaltung gut darstellen. Als Analogon gilt:

Spannung U = Druckgefälle

Strom I = Materialdurchsatz

Widerstand R = Widerstandsverhalten der Rohrleitungen

Ziel wird immer der gleichmäßig verteilte Durchsatz an Material sein. Oft ist es jedoch so, dass aufgrund örtlicher Gegebenheiten die Leitungsführung hinter Verteiler nicht unbedingt völlig gleichmäßig durchgeführt werden kann. Dadurch werden die Widerstände $R_1 - R_4$ unterschiedlich ausfallen und somit auch der Durchsatz, da dieser unmittelbar an den Leitungswiderstand gekoppelt ist (siehe Abbildung 9).

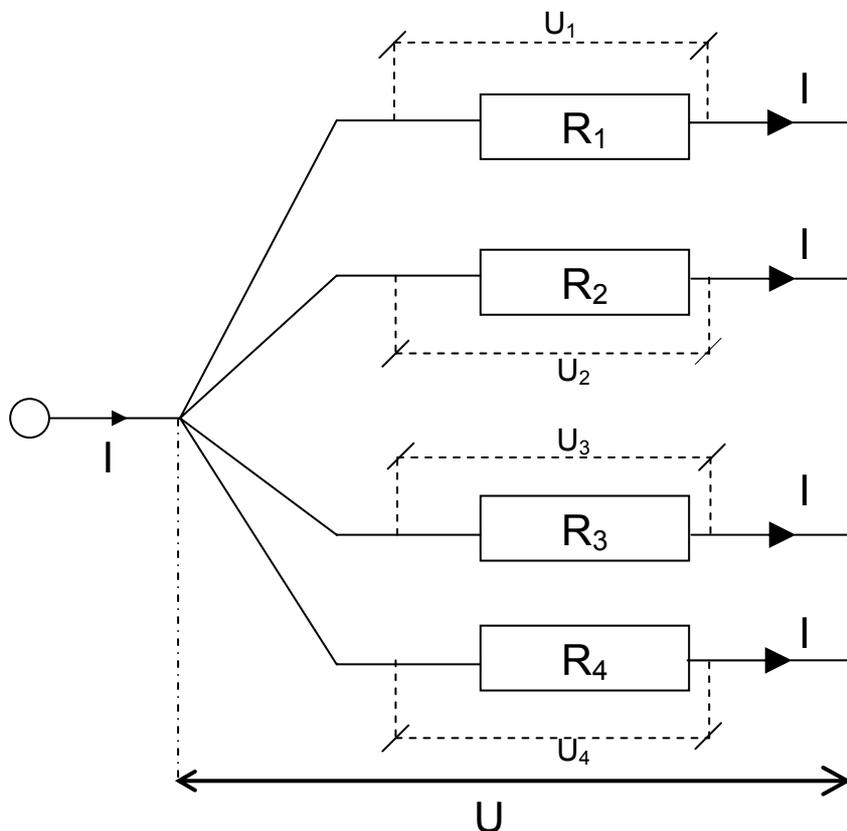


Abbildung 9: Ersatzschaltbild Verteiler (4-fach)

Hier gilt:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$$

$$R = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$

$$U = U_1 = U_2 = U_3 = U_4$$

Änderungen des Widerstandes schlagen voll auf die Änderung des Durchflusses (des Stromes) durch.

Das ist in den meisten Fällen nicht gewünscht und man hilft sich mit einem kleinen „Trick“ durch Zuschalten eines weiteren Widerstandes in Reihe (siehe Abbildung 10).

Wählt man nun den Zusatzwiderstand groß genug aus, kann man die Unterschiede in den Leitungswiderständen vernachlässigen. Natürlich muss dann, um den Durchsatz zu halten, die Spannung, resp. den Druck entsprechend erhöht werden.

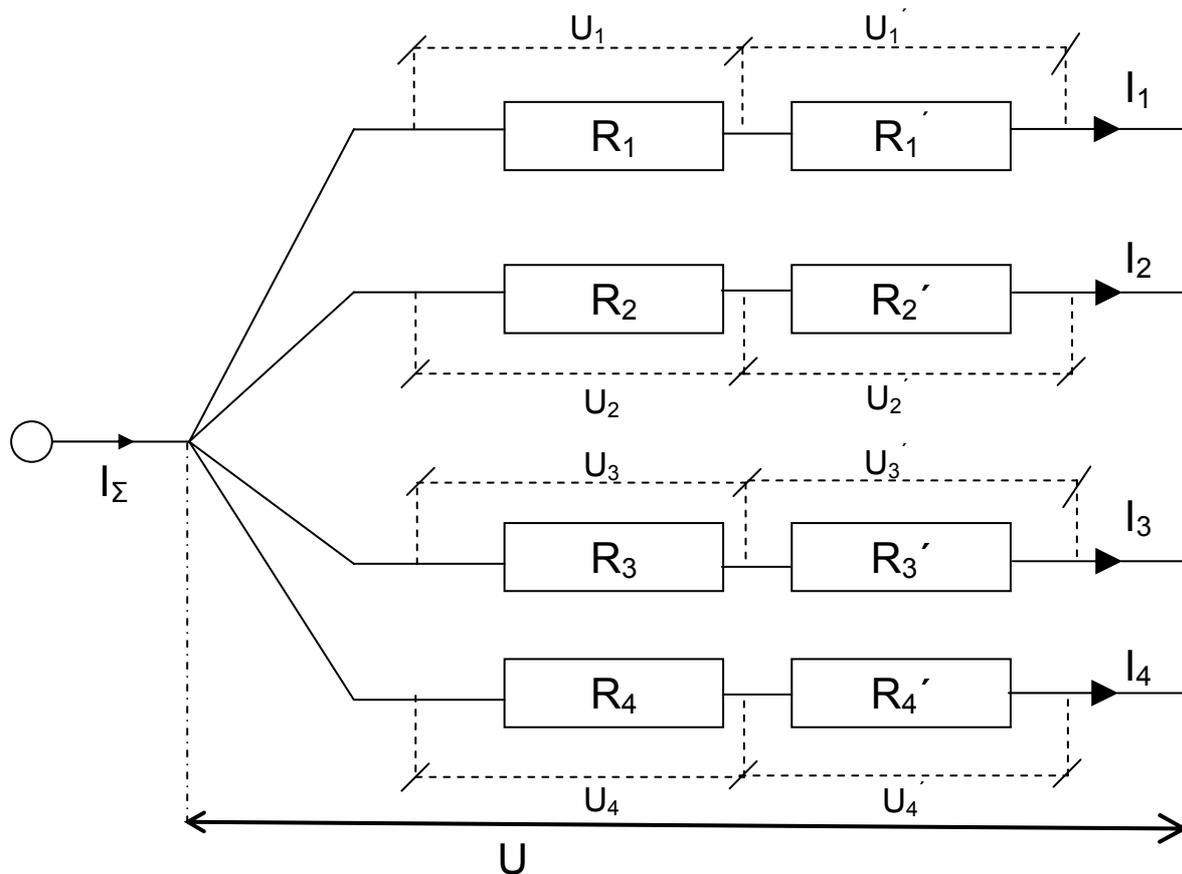


Abbildung 10: Ersatzschaltbild Verteiler

Hier gilt:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$$

$$R = \frac{1}{\frac{1}{R_1 + R_1'} + \frac{1}{R_2 + R_2'} + \frac{1}{R_3 + R_3'} + \frac{1}{R_4 + R_4'}}$$

$$U = (U_1 + U_1') = (U_2 + U_2') = (U_3 + U_3') = (U_4 + U_4')$$

Damit bestimmt der zusätzliche Widerstand (z.B. in Form einer Austrittsdüse am Ende der Leitung) die Gleichverteilung der Feststoffe im Verteiler. Man möge sich jedoch vor Augen führen, dass diese Gleichverteilung bei anderen Verteilertypen nur machbar ist, wenn dort alle Strahlen vollständig aufgelöst sind.

5 Beispiele ausgeführter Anlagen

Als Beispiele ausgeführter Anlagen soll einmal ein "Dichtstromverteiler" für Kohlenstaub aus einem Druckgefäß heraus und ein "Dünnstromverteiler" bei der Mitverbrennung von Tiermehl dienen. Beides sind Anwendungen aus dem Kraftwerksbereich, sind ähnlich aber auch in der Chemie zu finden.

5.1 Dichtstromverteiler aus einem Druckgefäß

Die Abbildung 11 unten zeigt den Aufbau der Förderanlage aus der 2 x 6 Kohlenstaubbrenner im Dichtstrom beschickt werden. Die Leistungen pro Strang liegen bei ca. 1200 kg/h und der Leitungsdurchmesser bei 35 mm licht. Die Leitungsstränge sind einzeln zu und abschaltbar.

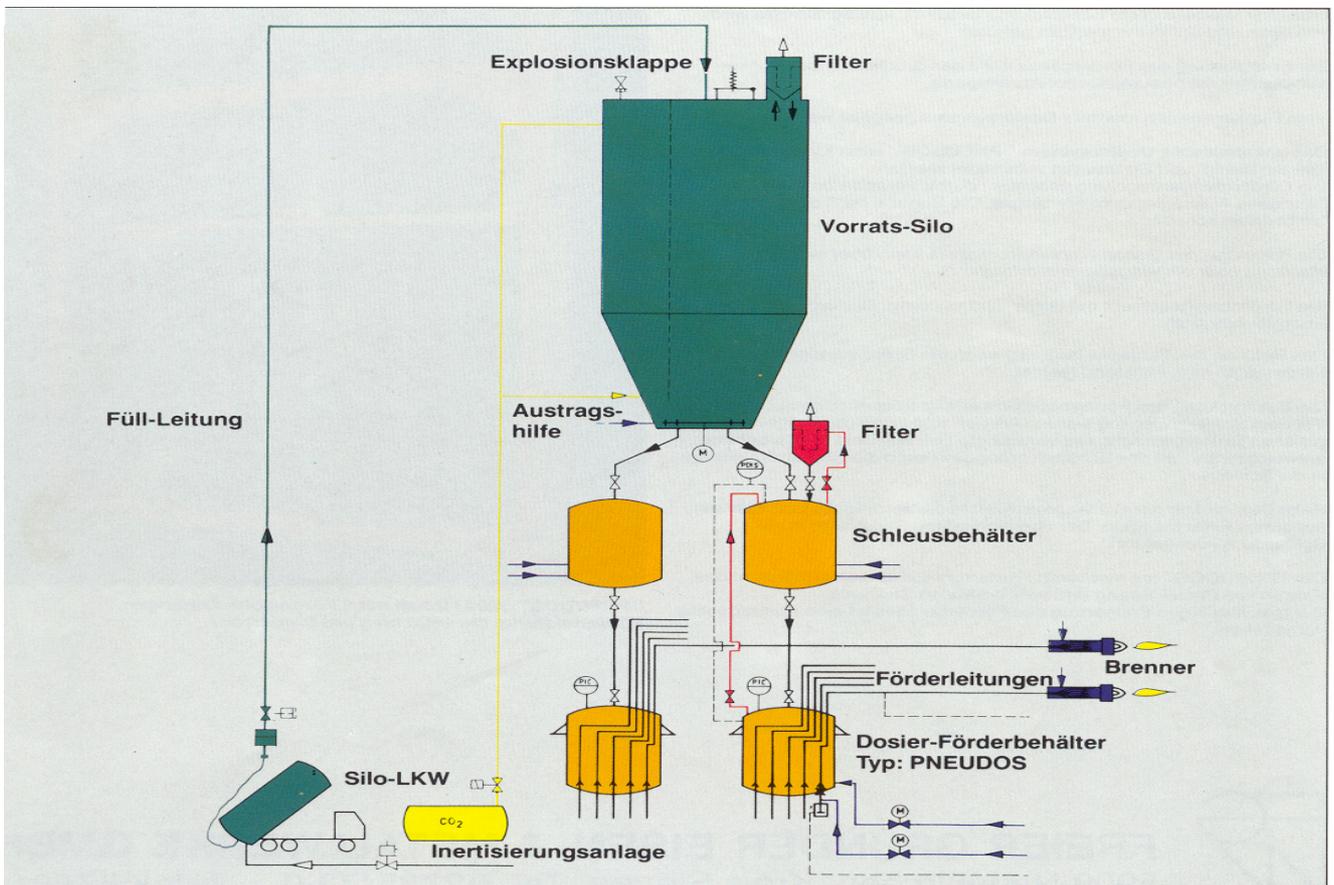


Abbildung 11: Mehrfach-Dosiersystem für Kohlenstaub

5.2 Dünnstromverteiler für die Förderung von Tiermehl

Die in den Abbildungen 12 (Prinzip) und 13 (Foto) gezeigte Anlage fördert Fleisch- und Blutmehl direkt aus dem Silo-LKW in den Kessel.

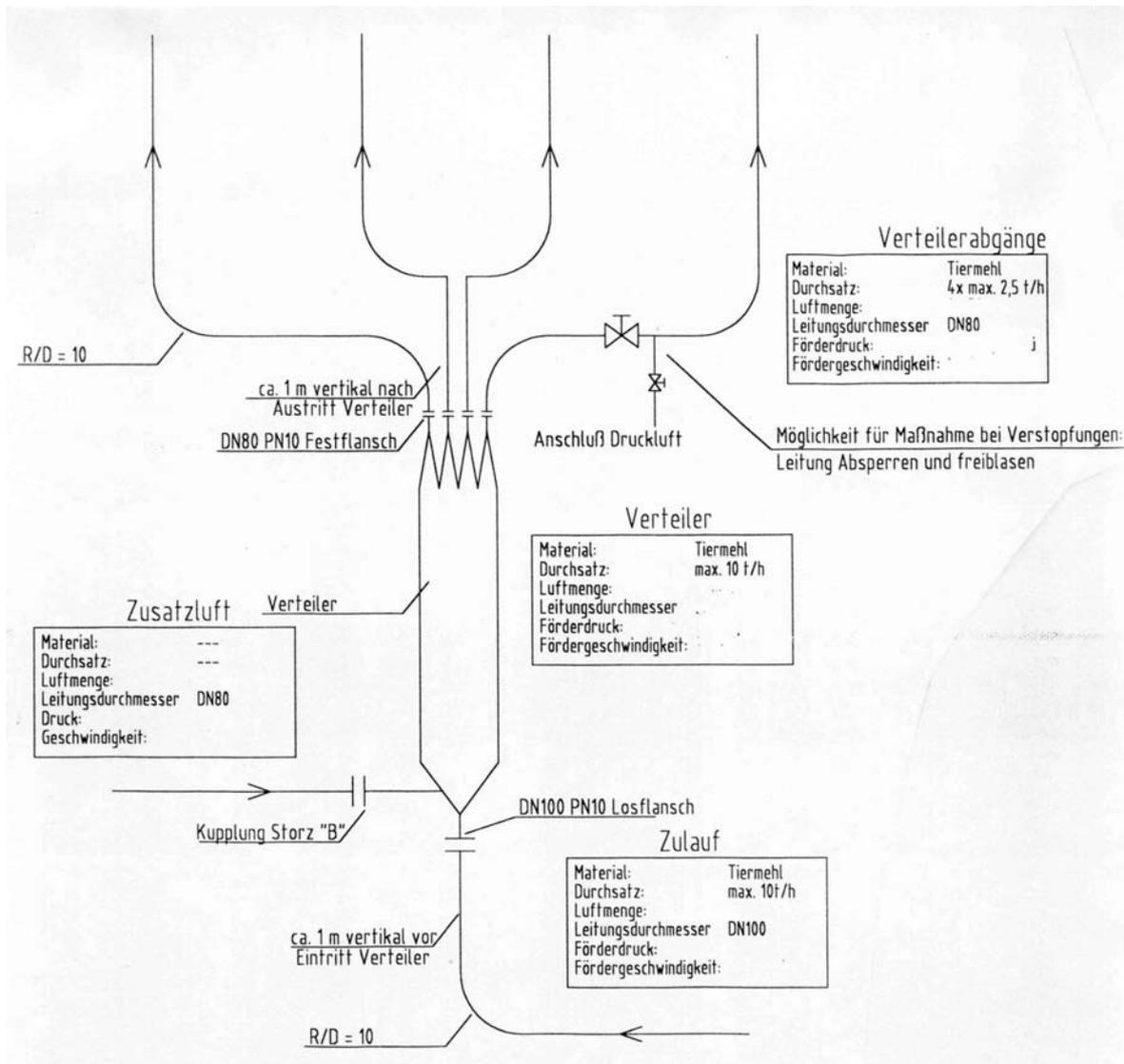


Abbildung 12: Prinzipbild Tiermehlverteiler

Das Material lässt sich (auch wegen der relativ gleichmäßigen Kornform) relativ einfach fördern. Um die geforderten Geschwindigkeiten in den Brennerleitungen zu halten, wurde eine größere Menge Zusatzluft im unteren Bereich des Verteilers eingedüst. Die Eindüsung geschieht tangential (mittlerweile von beiden Seiten um Schieflagen zu vermeiden) im unteren Bereich des Verteilers.

Abbildung 12 verdeutlicht den Aufbau der Anlage. Aus einer zentralen Luftversorgung heraus wird die Luft zweimal zum LKW (Bespann- und Treibluft) und einmal zum Vierfach-Verteiler (Zusatzluft) geführt. Die Luftmenge wird so aufgeteilt, dass die gewünschte Fördermenge von 4 x 2,5 t/h erreicht wird. Der Druck im LKW wird bewusst niedrig gehalten, so dass die gewünschte Leistung erreicht wird.

Das Foto zeigt leider nur den unteren Bereich des Verteilers. Weiter sind 4 Einzelleitungen erkennbar, die von sogenannten Wechselsilos bedient werden können.



Abbildung 13: Fotos des Verteilers mit Anschlüssen für Einzelleitungen und Zusatzluft

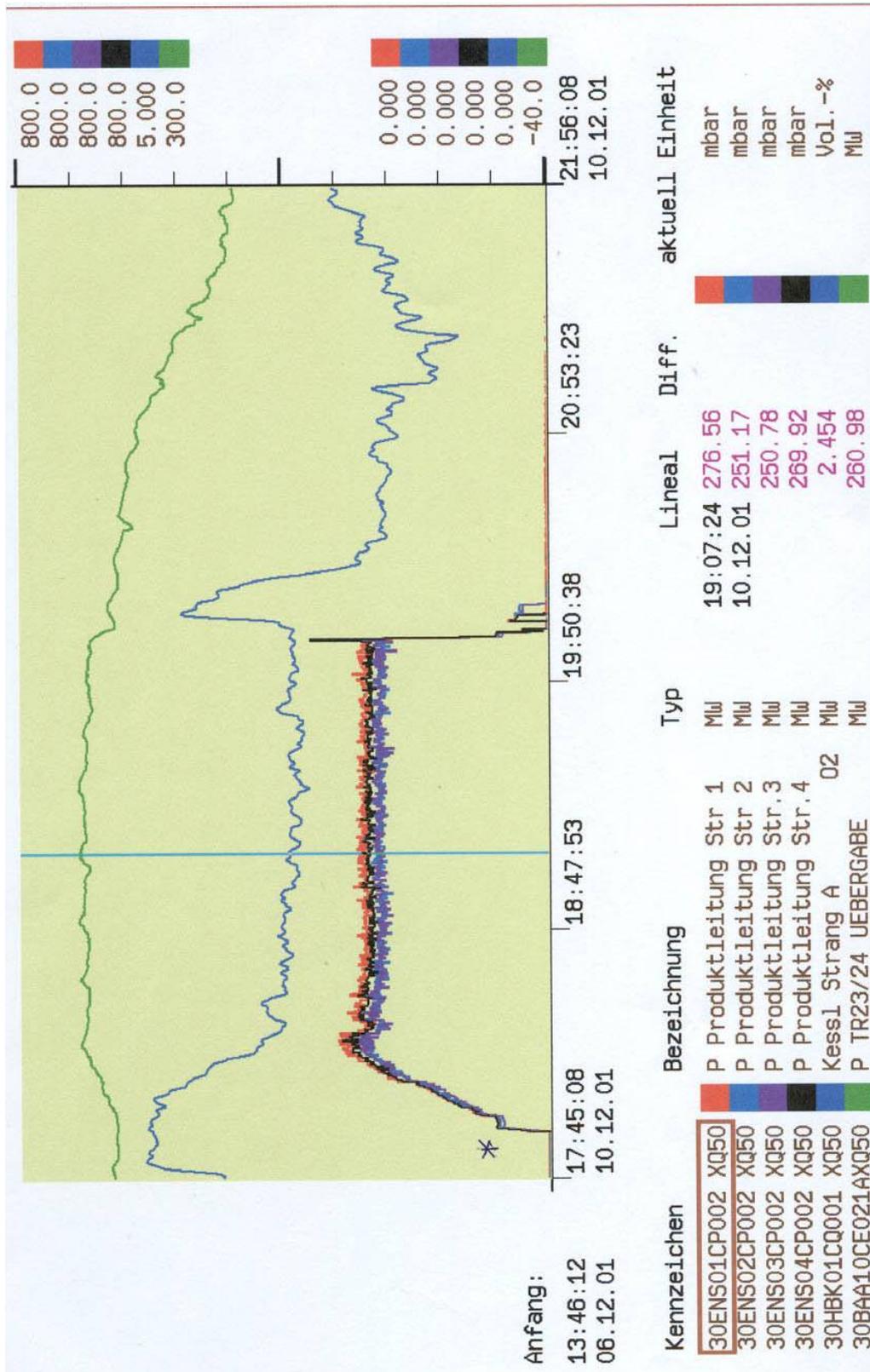


Abbildung 14: Messschriebe der pneumatischen Förderung mit Vierfach-Verteiler

Wie in Abbildung 14 zu sehen ist die Aufteilung sehr gleichmäßig und die Förderung recht ruhig. Der ebenfalls dargestellte O₂-Gehalt und die Kessellast lassen eine gute Verbrennung und Laststeigerung erkennen.

Um nicht ausschließlich von den Silo-LKW abhängig zu sein, kann an jede Leitung bei Bedarf noch eine Silo-Dosierstation angekoppelt werden. Die Silos sind ebenfalls transportabel. Der große Vorteil dieser Lösung ist das saubere Handling ohne Störungen durch Verschmutzungen etc. Die Betriebserfahrungen nach Inbetriebsetzung waren ausgesprochen positiv.

6 Zusammenfassung

Verteiler in pneumatischen Förderanlagen bedürfen einer sorgfältigen Auslegung und Berechnung. Nicht alle Verteilertypen sind für den vorgesehenen Einsatzfall optimal.

Am Beispiel eines Dünnstromverteilers für feinkörniges Schüttgut wurden die spezifischen Eigenschaften geometrien- und materialabhängig dargestellt. Häufig gestellte Fragen wurden beantwortet. Auf die generelle Berechnung und Auslegung inklusive des Betriebsverhaltens und Einbindung in die Anlagenumgebung wurde eingegangen.

Beispiele ausgeführter Verteiler wurden vorgestellt und der spezifische Einsatzfall erläutert.

Entsprechende Literatur- und Patentzitate finden sich im nächsten Abschnitt.

Literaturverzeichnis

- [1] Morimoto, T. ; Yamamoto, A.; Nakoo, T.: „On the Behaviour of Air-Solids Mixture in a Pipeline for Pneumatic Conveyance with Single or Double T- Branches" Bull. J.S.M.E., Vol. 20, 1977, pp 600 - 606A

- [2] Selves, T.P.; Bames, R.N.: „Review of in-line splitting techniques used in pneumatic conveying" Trans Inst Eng Aust Mech Eng VME 18, 1993 No. 1 ,March pp 51 – 56

- [3] Low, H.T.; Kar, S.; Winoto, S.H.: "Pneumotransport of Solid Particles through Manifold System" Tokyo, 1986, Proc. Third Asian Congress on Fluid Mechanics, pp 630 – 639

- [4] Morikawa, Y. et al.: „Pressure drop and solids distribution of Air Solids Mixture in horizontal unsymmetrical bends" Journal of Multiphase Flow, Vol. 4, 1978, pp 397 – 404

- [5] Lempp, M. : „Die Strömungsverhältnisse von Gas-Feststoff-Gemischen in Verzweigungen pneumatischer Förderanlagen“ Aufbereitungstechnik 7, 1966, pp81 -91

- [6] Thomas, G.: Verteilungsmessungen an einem 16-fach Staubverteiler ;LCS-Steinmüller, 1886

Patente

- [7] OS DE 28 29 867; Ruhrkohle AG, Erfinder: Schroer, Schedbauer, Zillessen

- [8] OS DE 28 32 846; Rockwell International Corp; Erfinder: Oberg et al.