

# FÖRDERMÖGLICHKEITEN ZUR FILTERSTAUBENTSORGUNG

Diplomarbeit  
von  
Andreas Steiner



**Montanuniversität Leoben**

Studienrichtung: Montanmaschinenwesen

**Department Product Engineering**

Lehrstuhl für Fördertechnik und Konstruktionslehre

Vorstand:  
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont. Franz KESSLER

---

## Eidesstattliche Erklärung

Die selbstständige Ausarbeitung der vorliegenden Diplomarbeit unter Verwendung der angeführten Literatur versichere ich an Eides Statt.

---

Andreas Steiner

Leoben, November 2006

---

## **Mein Dank gilt:**

Univ. Prof. Dipl. Ing. Dr. mont. Franz Kessler

und

Dipl. Ing. Dr. mont. Stefan Wirth

und allen Mitarbeitern des

Lehrstuhls für Fördertechnik und Konstruktionslehre

und meiner Familie

sowie allen Freunden und Kollegen

für das Zustandekommen und Betreuung der Arbeit

---

## **Kurzfassung**

In der heutigen Zeit gewinnt der Einsatz von Filteranlagen für die Reinhaltung der Luft aufgrund der stetig steigenden Produktion und aus ökologischen Gründen immer mehr an Bedeutung. Folglich hat die Industrie, sowohl Anlagenbauer bzw. Anlagenbetreiber dafür Sorge zu tragen, dass bei dem jeweils ankommenden Staub die vorgeschriebenen Grenzwerte nach der Filterabscheidung nicht überschritten werden. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit von Fördersystemen, um den anfallenden Filterstaub einer End- bzw. Zwischenlagerung zuzuführen.

Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung eines Fördersystems zum automatischen Befüllen einer Normmulde bzw. von Big Bags, wodurch sich gewisse konstruktive Anforderungen an das System ergeben. Diese Anforderungen ergeben sich zum einen aus der Beschaffenheit des Fördergutes selbst, aus der Austragsvariante aus dem Filterboden und der eigentlichen Förderung.

Die zu verwendenden Verfahren und konstruktiven Gestaltungen sollen dabei die vorgegebenen wirtschaftlichen und ökologischen Bedingungen erfüllen und eine einfache Herstellung und Handhabung gewährleisten. Bei der Lebensdauer und der Gewährung eines einwandfreien und sicheren Betriebes muss das Fördersystem den gesetzlichen und den geforderten Anforderungen entsprechen.

---

## **Abstract**

Filtration plants are used for the cleaning process of the waste air and getting more important based on increasing production rate and economical reasons. The industry, this includes the manufacturers and operators of plants, have to take care that the produced dust, which is going through the filtration plant, will be cleaned up to a certain limit. According to the limitation values for dust in the air, filtration plants and storage possibilities are a must.

The aim of this study was the development of a conveyor system which can be used for filling up containers or big bags with the produced dust. There are some constructive demands which are depending on the characteristic of the transported material and the delivery variations to the right conveyor system.

The used systems and constructive solutions are depending on the economic and ecological conditions and the handling should be as simple as possible. The conveyor system has to fulfil a safety and working regulations according to legal standards.

## Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	3
1.1.	Aufgabenstellung	3
1.2.	Vorgaben an das Fördersystem	4
2.	Fördersysteme	6
2.1.	Mögliche Fördersysteme	6
2.1.1.	Übersicht der Fördersysteme	7
2.1.2.	Prinzipskizze von Fördersystemen (Beispiele)	8
3.	Austragungsorgane und Fördermöglichkeiten	10
3.1.	Austragungsorgane	12
3.2.	Offene Austragsmöglichkeiten	13
3.2.1.	Schieber	13
3.2.2.	Flachschieber	13
3.2.3.	Drehschieber	16
3.2.4.	Klappe	16
3.2.5.	Kegelverschluss	18
3.3.	Geschlossene Austragsmöglichkeiten	20
3.3.1.	Zellradschleuse	20
3.3.2.	Doppelpendelklappe	25
3.3.3.	Doppelkegelverschluss	26
3.3.4.	Weitere Möglichkeiten	27

---

4.	Fördermöglichkeiten des Filterstaubes vom Filterboden bis zur Endlagerung	28
4.1.	Bandförderer	30
4.2.	Kettenförderer	51
4.2.1.	Trogkettenförderer	52
4.2.2.	Rohrkettenförderer	58
4.3.	Schneckenförderer	59
4.4.	Schwingförderer	66
4.5.	Pneumatische Förderung	75
4.5.1.	Fließbettförderung	77
5.	Entladesysteme	80
5.1.	Normmulden	80
5.2.	Big Bags	82
6.	Weitere mögliche Baukomponenten des Fördersystems	83
6.1.	Teleskopverladeeinrichtungen	83
6.1.1.	Anwendungsgebiet	83
6.1.2.	Ausführung	83
7.	Zusammenfassung und Empfehlungen	86
7.1.	Offene Austragung	86
7.2.	Geschlossene Austragung	87
7.3.	Empfohlenes Anlagenkonzept	88
7.4.	Übersichtsdarstellung der vorgeschlagenen Anlage	89
8.	Literaturverzeichnis	90
9.	Abbildungsverzeichnis	92
10.	Tabellenverzeichnis	95

---

# 1. Einleitung

Heutzutage gewinnen Entsorgungslösungen von gasförmigen, festen und flüssigen Abfällen immer mehr an Bedeutung. Ziel dieser Arbeit war es, mögliche Fördersysteme zur Entsorgung von Sonderabfällen, speziell von Filterstaub aufzulisten.

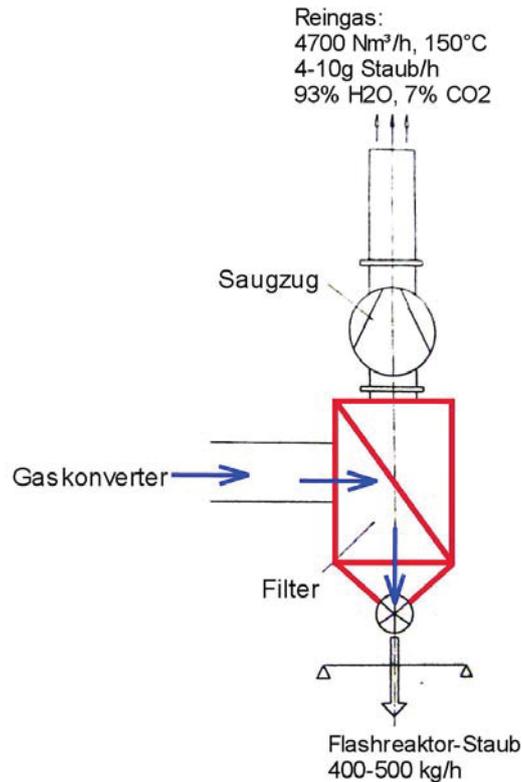
## 1.1. Aufgabenstellung

Das zu entwickelnde Fördersystem, die verwendeten Verfahren und die konstruktive Gestaltung sollen eine Servicefreundlichkeit garantieren. D.h. das System muss implementierbar zu der bestehenden Anlage sein und eine einfache Handhabung gewährleisten.

Ziel dieser Arbeit ist es verschiedene Varianten für den Austrag aus dem Bunker, den Transport des produzierten Filterstaubes und Speichermöglichkeiten aufzuzeigen.

### Werte der bestehenden Anlage:

- Fördermenge           max. 600 kg/h (zu erwarten sind 300 ÷ 500 kg/h)
- Dichte                    trocken 0,68 [t/m<sup>3</sup>], feucht 1,2 [t/m<sup>3</sup>]
- Temperatur             150 ÷ 200°C
- Feinstaub                94% H<sub>2</sub>O, 90% haben durchschnittlich 10 µm  
(= 0,01 mm) Korngröße



**Abb. 1:** Skizze Filterstaubaustrag

## 1.2. Vorgaben an das Fördersystem

Dadurch, dass eine bestehende Anlage erweitert werden soll, stellen sich folgende Anforderungen an die Förderleistung und Konstruktion:

- Max. Fördermenge: 600 kg/h
- Filteröffnungshöhe: 1950 mm
- Bunkeröffnung: □ 250 x 250 mm (siehe Abb. 2 Position F–3)

Im Rahmen dieser Diplomarbeit ist primär die Endlagerung des Filterstaubes in Normmulden herangezogen worden, aber auch die mögliche alternative Lagerung in Big Bags.

Die folgende Abbildung zeigt die Seitenansicht der bestehenden Filteranlage mit einer Mulde als Endlagerungsvariante.

Zum Zeitpunkt der Planung stand eine mögliche Größe mit dem entsprechenden Fassungsvermögen noch nicht fest. Nähere Informationen über Normmulden sind im Kapitel 5. zu finden.

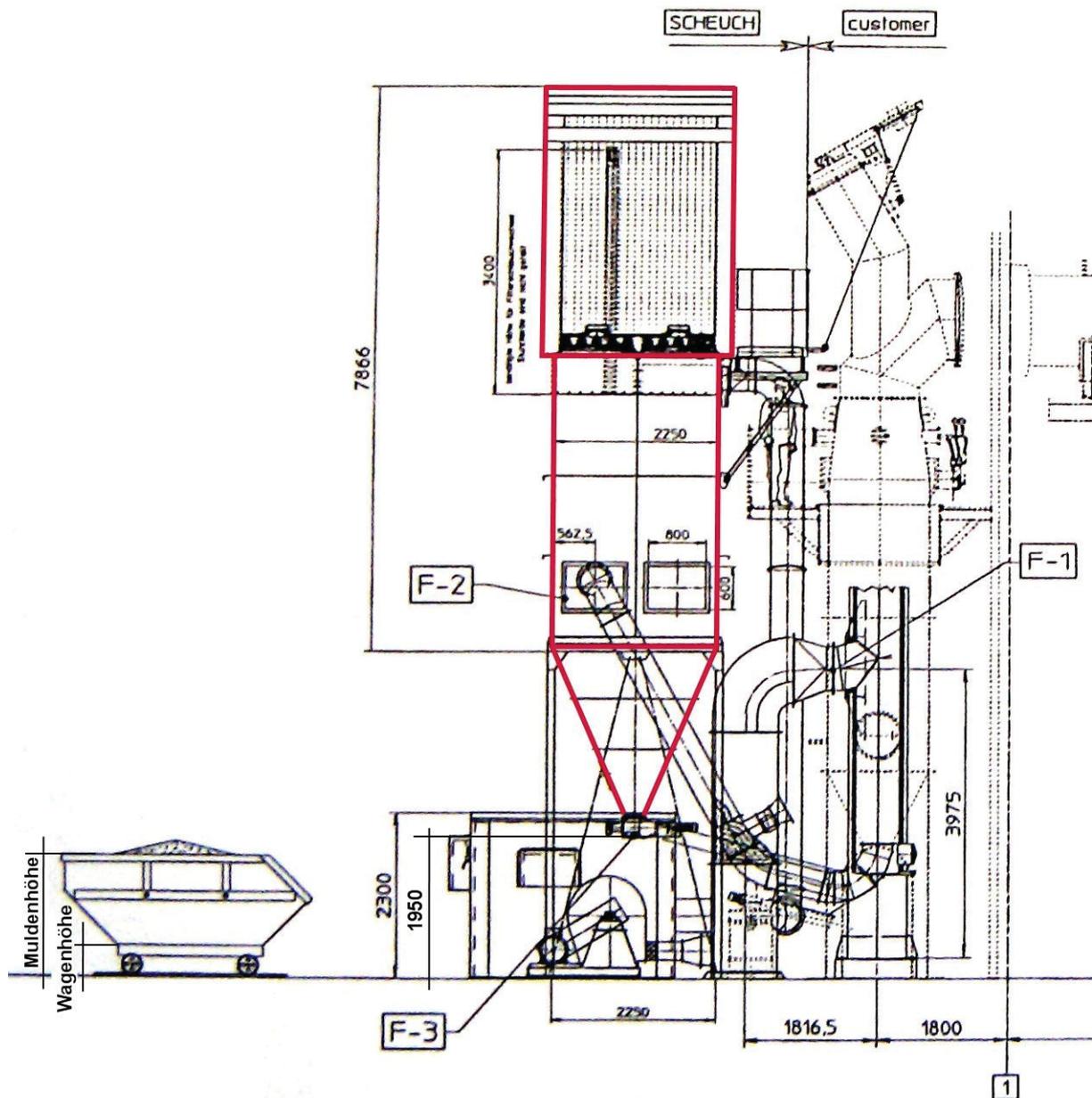


Abb. 2: Skizze Filteranlage

## 2. Fördersysteme

Die Wahl des geeigneten Fördersystems ist von mehreren Faktoren abhängig. Bei der Beantwortung folgender Fragen, kann die Entscheidung bzw. die Auswahl erleichtert werden.

Zu den wichtigsten Fragen zählen [ 1 ] :

- Ist der Förderweg des Fördermittels stets derselbe oder ändert er sich?
- Welche Streckenlänge ist zurückzulegen?
- Ist der Förderweg geradlinig, gebogen oder sogar verzweigt?
- Werden andere Verkehrswege gekreuzt?
- Ist die Förderrichtung horizontal, senkrecht oder geneigt?
- Erfolgt die Förderung kontinuierlich oder diskontinuierlich?
- Welche Mengen sind in welcher Zeitspanne zu fördern?
- Welches Gewicht und welche Dichte hat das Fördergut?
- Kann die Schwerkraft bei der Förderung genutzt werden?

### 2.1. Mögliche Fördersysteme

Der Schwerpunkt dieser Diplomarbeit liegt bei Stetigförderern. Da es viele unterschiedliche Ausführungsarten für Stetigförderer gibt, ist die Auswahl des Fördermittels für die gestellte Förderaufgabe nicht leicht zu treffen.

Neben den rein technischen Gesichtspunkten und wirtschaftliche Überlegungen werden heutzutage verstärkt auch umwelttechnische Fragen geprüft und berücksichtigt, wie z.B.: Geräusch- und Staubentwicklung, ...

### 2.1.1. Übersicht der Fördersysteme

Zur Förderung von Feinstaub eignen sich am besten stetige Fördersysteme. Die Einteilung von Stetigförderer erfolgt nach DIN 15201.

#### **Definition von Stetigförderer [ 2 ] :**

Stetigförderer sind mechanische, pneumatische oder hydraulische Fördereinrichtungen, mit denen das Schütt- oder Stückgut auf einem festgelegten Förderweg mit einer begrenzten Länge von der Aufgabestelle bis zur Abgabestelle stetig, evtl. mit wechselnder Geschwindigkeit bewegt werden kann. Diese Geräte können ortsfest oder beweglich ausgeführt werden.

Prinzipiell können Stetigförderer nach verschiedenen Gesichtspunkten geordnet werden:

- nach **Art des zu fördernden Gutes:**
  - Schütt- oder Stückgut, feucht oder trocken
- nach der **Art der Bewegung des Fördergutes:**
  - das Fördergut wird getragen (Bandförderer),
  - das Fördergut wird geschoben (Kratzerförderer),
  - das Fördergut wird mit Relativbewegung gefördert (Schneckenförderer)
  - oder durch ein Fremdmedium transportiert (pneumatischer Förderer)
- nach dem **Funktionsprinzip**
  - in mechanischen Förderer mit Zugmittel (Gurt, Kette)
  - in mechanischen Förderer ohne Zugmittel (Schneckenförderer)
  - bzw. Förderer mit Luft (Gas) oder Wasser als Trägermedium

Aufgrund der Aufgabenstellung werden die in Tab. 1 genannten Stetigförderer nach ihrem Funktionsprinzip für die weitere Auslegung des Fördersystems genauer betrachtet.

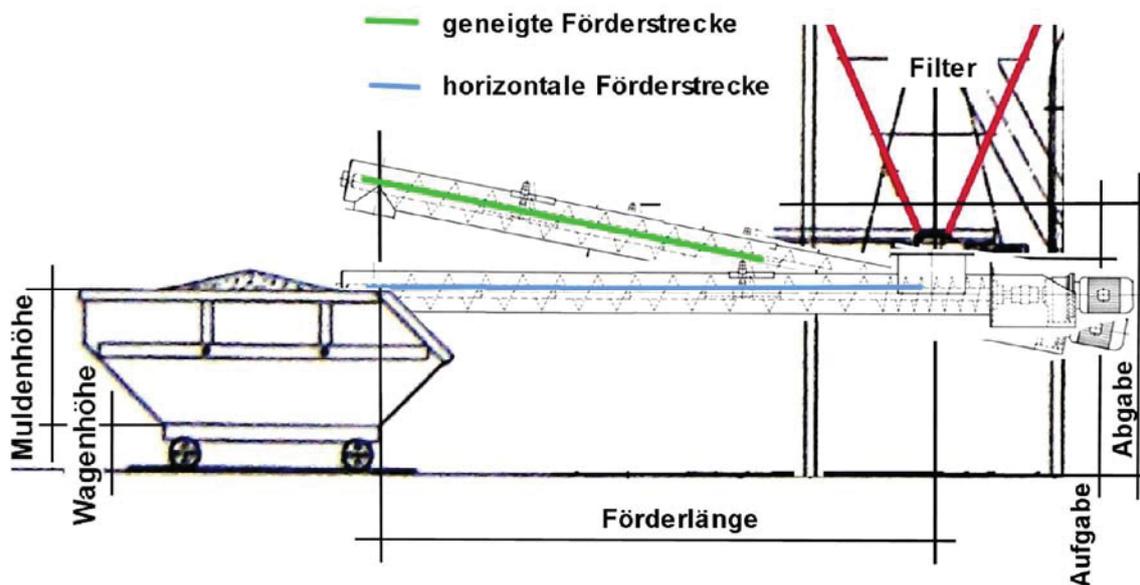
<b>Mechanische Förderer</b>	<b>mit Zugmittel</b>	<b>ohne Zugmittel</b>
	Bandförderer	Schneckenförderer
	Kettenförderer	Schwingförderer
<b>Strömungsförderer</b>	Pneumatische Förderung	

Tab. 1: Einteilung von Stetigförderer nach Funktionsprinzip

### 2.1.2. Prinzipskizze von Fördersystemen (Beispiele)

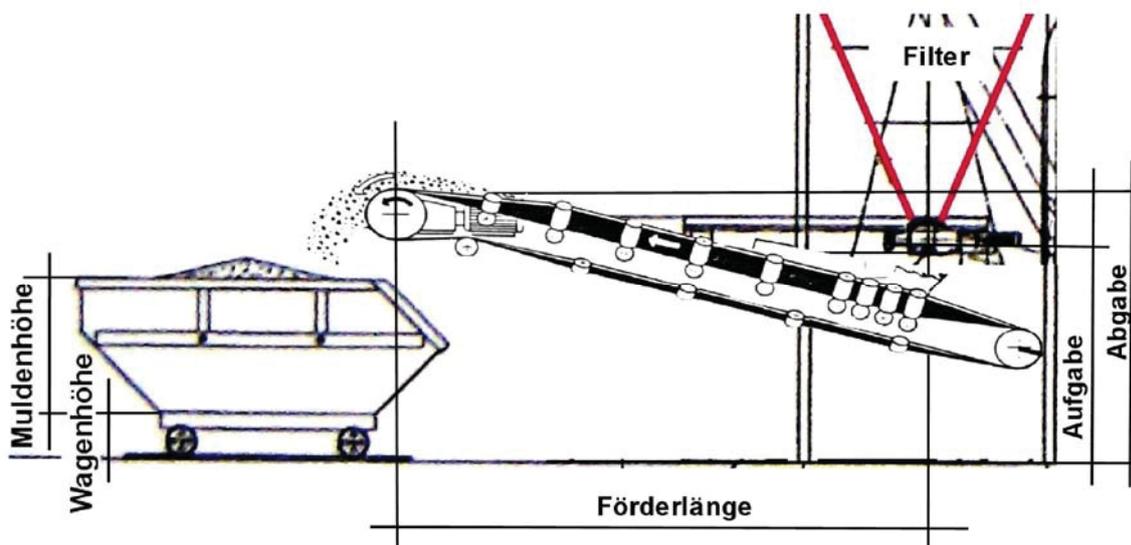
Abhängig vom Öffnungsmechanismus des Filterbodens und den Varianten für die Endlagerung (Mulde oder Big Bags) variieren die Maße für die Aufnahme und Abgabe des Fördergutes. Daraus kann eine horizontale oder geneigte Förderstrecke resultieren.

Zwei mögliche Prinzipien zur Förderung des Filterstaubes mit Mulden als Endlagerungsvariante werden in den Abb. 3 und Abb. 4 dargestellt.



**Abb. 3:** Prinzipskizze der Förderung mit einer Förderschnecke (mit geneigter und horizontaler Förderstrecke)

Ob die Förderstrecke geneigt oder horizontal errichtet werden kann, ist in diesem Fall speziell abhängig von der Muldengröße und der dafür notwendigen Wagenkonstruktion (siehe Abb. 3).



**Abb. 4:** Prinzipskizze der Förderung mit einem Bandförderer

### **3. Austragungsorgane und Fördermöglichkeiten**

Aufgrund der zuvor genannten Anforderungen ergeben sich prinzipiell die folgenden Möglichkeiten für Austragungselemente, Förderer und Endlagerung.

Der betrachtete Gesamtprozess zur Filterstaubentsorgung lässt sich in folgende Hauptbereiche unterteilen:

- Austragungsorgane am Filterboden
- Fördermöglichkeiten
- Endlagerung

Folgende Aspekte sind bei der Befüllung bzw. Entleerung oder Wechsel von der Endlagervariante weiters noch zu berücksichtigen. Beim Wechsel der Mulde oder der Big Bags ist der anzufallende Filterstaub zu speichern, damit der kontinuierliche Prozess der Entstaubungsanlage, welche zur Reinigung der Abluft dient nicht beeinflusst wird.

Dafür können zwei Varianten in Betracht genommen werden:

- Speicherung des Filterstaubes im Filterboden
- Mit einem konstruktiven Mehraufwand kann eine Speichermöglichkeit vor der Abgabe in die Endlagerung eingeplant werden

Die folgende Übersicht gibt eine detaillierte Darstellung über den Gesamtprozess:

### **A. FILTER - FLASHREAKTOR**

### **B. MÖGLICHE AUSTRAGUNGSORGANE**

Um den Förderstrom des Schüttgutes vom Filter bis zur Förderstrecke zu ermöglichen, werden Austragsorgane unterhalb des Filters montiert. Diese werden nach ihrer Bauweise unterschieden:

- Schieber
- Klappe
- Kegelschluss
- Zellradschleuse
- Doppelpendelklappe
- Doppelkegelschluss
- Austragsschnecke
- Rohrkettenförderer

### **C. FÖRDERMÖGLICHKEITEN**

Die Fördermöglichkeiten werden nach ihrem Funktionsprinzip unterteilt:

#### **Mechanische Förderer**

##### Mit Zugmittel

- Bandförderer
- Kettenförderer
  - Trogkettenförderer
  - Rohrkettenförderer

##### Ohne Zugmittel

- Schneckenförderer
- Schwingförderer
  - Schwingrinne
  - Schwingrohr

#### **Strömungsförderer**

##### Pneumatische Förderer

### **D. ENDLAGERUNG**

- Mulden
- Big Bags

### 3.1. Austragungsorgane

Der Auslaufmassenstrom des Schüttgutes vom Silo wird durch geeignete Geräte, welche unterhalb des Bunkers montiert werden initiiert und aufrechterhalten. Durch die Komplexität und Eigenschaften der Schüttgüter, bedingt durch ihre Korngröße, Kornform, Feuchtigkeitsgehalt und Schüttgewicht sowie durch die Oberflächenbeschaffenheit, existieren eine große Zahl verschiedener Einrichtungen zu dem Zweck, Schüttgüter aus dem Bunker auszutragen.

Die wichtigsten Anforderungen an Austragungsorgane sind die Aufrechterhaltung und Regelung des Massenstroms sowie die Möglichkeit den Silo zu verschließen. Die Größe des Einlaufquerschnittes des Bunkers ist ein Resultat der verfahrenstechnischen Auslegung der Entstaubungsanlage, wobei der Auslaufdurchmesser des Austragungsorgans auch von der nachfolgenden Förderung abhängig ist. [ 2 ]

Dadurch ergeben sich prinzipiell 2 Bauweisen:

Die geschlossene Bauweise eines Austragsorgans hat während des Betriebes den Vorteil, dass der Bunker luftdicht verschlossen bleibt und ein Medienaustausch verhindert wird.

#### **Offen**

- Schieber
- Klappe
- Kegelschluß

#### **Geschlossen**

- Zellradschleuse
- Doppelpendelklappe
- Doppelkegelschluß
- Austragsschnecke
- Rohrkettenförderer

## **3.2. Offene Austragsmöglichkeiten**

### **3.2.1. Schieber [ 3 ]**

Schieber sind Austragungsorgane mit der einfachsten Bauform und können als Flach- oder Muschelschieber ausgeführt werden. Die entsprechende Energieeinleitung zur Betätigung des Schiebers kann von Hand, pneumatisch, hydraulisch oder elektrisch erfolgen.

Mögliche Unterscheidungen von Schüttgutschiebern können getroffen werden:

- **Konstruktion**
  - Flachschieber
  - Muschel- bzw. Drehschieber
  
- **Verwendung**
  - Notaus- Schieber
  - Bunker- bzw. Siloabsperrschieber

### **3.2.2. Flachschieber**

Flachschieber dienen als Schließorgan von Behältern und werden häufig zusätzlich oberhalb von Austragsorganen, wie z.B.: Zellradschleusen, Austragsschnecken, usw. eingesetzt. Durch ihre Bauweise sind sie außerdem auch sehr wartungsfreundlich.

Beispiel: Hersteller IEV  
 Bauhöhe: 100 mm  
 Länge: 895 mm  
 Breite: 350 mm  
 Flanschöffnung: 250 x 250 mm  
 Gewicht: 44 kg



Abb. 5: Flachschieber mit Handkurbel [ 4 ]

Die wesentlichen Merkmale von einem Flachschiebers sind:

#### Konstruktion

- Niedrige Bauform
- Stahlschweißkonstruktion
- Geschlossene Bauform
- Staubdicht
- Sonderbauweisen möglich
- Standardabmessungen

#### Schließung, Betätigung

- Handkurbel, Handrad
- Kettenrad mit Handkette
- Pneumatisch
- Elektro-motorisch

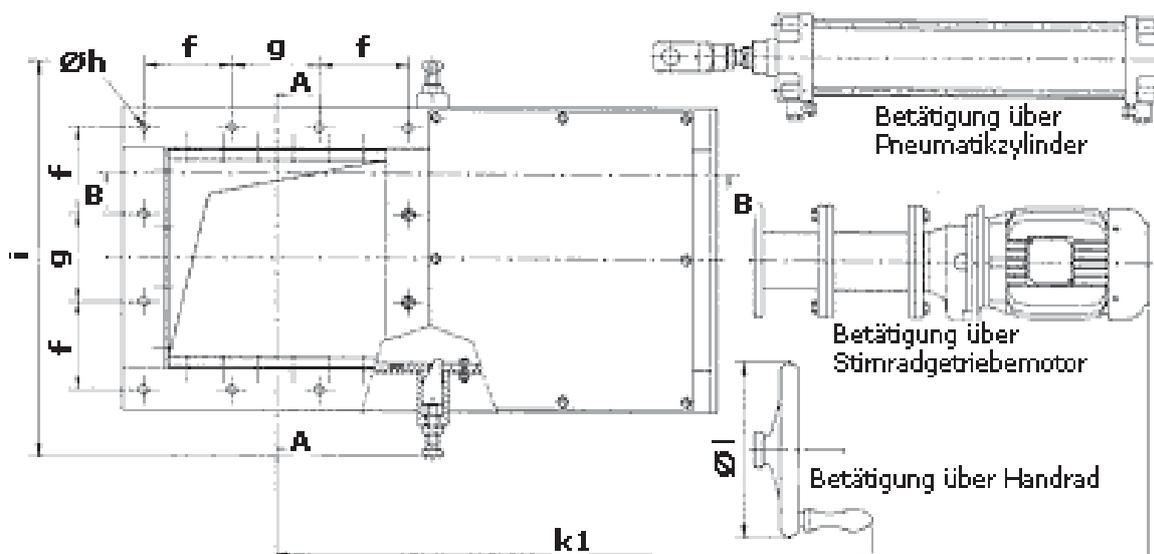


Abb. 6: Skizze eines Flachschiebers mit verschiedenen Schließvarianten [ 5 ]

## A. Spezifische Daten eines Flachschiebers

In den nachfolgenden Tabellen werden spezifische Daten für Flachschieber von möglichen Herstellern genannt.

### A-1. IEV [ 4 ]

Handabsperrschieber von IEV sind Schweißkonstruktionsschieber und bis zu einer Temperatur von 200°C einsetzbar.

Nennweite	Gesamtlänge [mm] Handantrieb	Ca. Gewicht [kg]
200 x 200	795	34
250 x 250	895	44
300 x 300	995	54

**Tab. 2:** Abmessungen für einem Handschieber von IEV

### A-2. MAHR GmbH [ 6 ]

Die Firma MAHR GmbH bietet Flachschieber in Stahl.- bzw. Gussausführung an.

#### Flachschieber

Nennweite	Gesamtlänge [mm] (abhängig vom Schließmechanismus)		Ca. Gewicht [kg] (mit pneumatischen Zylinder)
	Handantrieb	Pneumatisch	
200 x 200	498	875	65
300 x 300	598	975	76

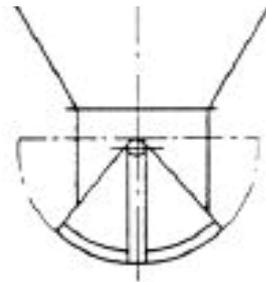
**Tab. 3:** Abmessungen für einem Flachschieber von MAHR

### 3.2.3. Drehschieber

Dreh- bzw. Muschelschieber werden vorwiegend als alleinige Absperrorgane eingesetzt und bestehen aus 2 schwenkbaren Klappen.



Quelle: www.weba-filter.de



**Abb. 7:** Drehschieber

#### Konstruktion

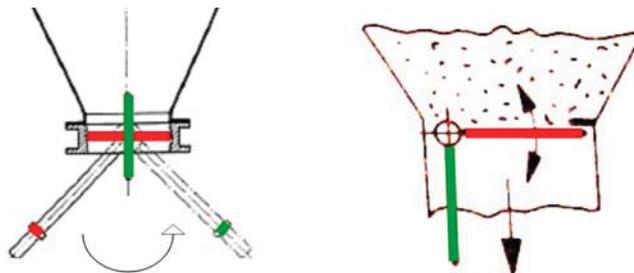
- Höhere Bauform
- Stahlschweißkonstruktion
- Sonderbauweisen möglich

#### Schließung, Betätigung

- Pneumatisch
- Elektro-motorisch

### 3.2.4. Klappe

Auch Klappen werden bevorzugt alleine eingesetzt, wie die zuvor genannten Drehschieber.



**Abb. 8:** Skizze einer Klappenkonstruktion [ 7 ]

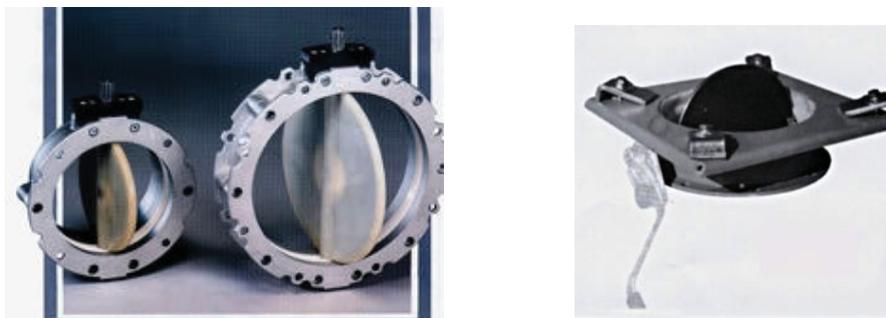
Die folgenden Punkte beschreiben die wesentlichen Merkmale von einer Klappe als Austragungsorgan:

**Konstruktion:**

- Höhere und komplexere Bauform
- Stahlschweißkonstruktion
- Sonderbauweisen möglich
- Standardabmessungen

**Schließung, Betätigung:**

- Handkurbel, Handrad
- Kettenrad mit Handkette
- Pneumatisch
- Elektro-motorisch



**Abb. 9:** Beispiel einer schwenkbaren Klappe

**A. Spezifische Daten von einem Kegelschluss**

**A-1. MAHR GmbH [ 6 ]**



Beispiel: Mahr GmbH  
Bauhöhe: 250 mm  
Länge: abhängig vom Antrieb (bei H = 420 mm, E = 535 mm, P = 500 mm)  
Breite: abhängig vom Antrieb (bei H = 328 mm, E = 375 mm, P = 395 mm)  
Flanschöffnung: Ø 250 mm

**Abb. 10:** Schließvorrichtungen für schwenkbare Klappen

### 3.2.5. Kegerverschluss

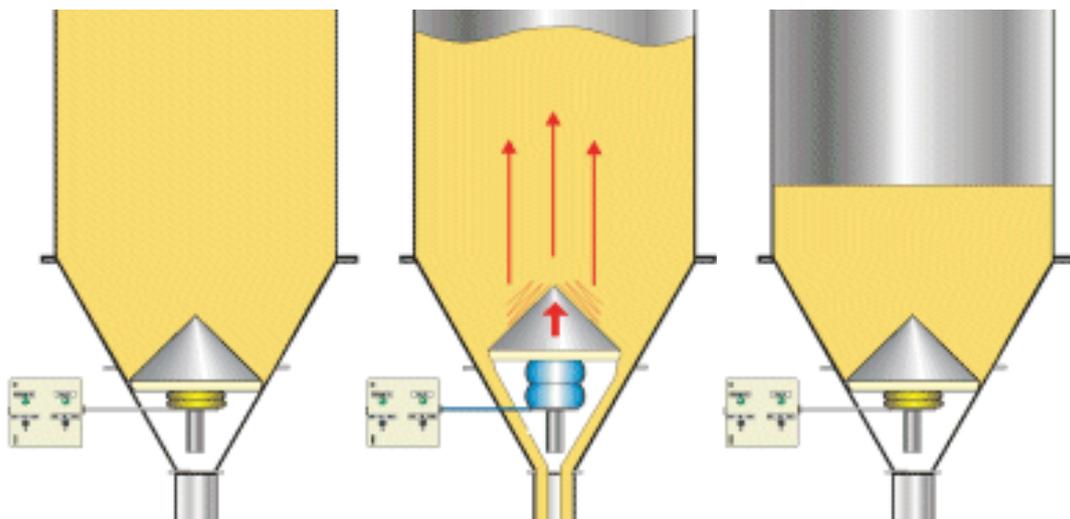
Ein Kegerverschluss ist eine klassische Lösung für die Funktionen Trennen und Abdichten. Wesentliche Merkmale eines Kegerverschlusses sind:

#### Konstruktion:

- Komplexe Bauform
- Sonderbauweisen möglich
- Großer Konstruktionsaufwand (Vibrationshilfe für Austragung)

#### Schließung, Betätigung:

- Pneumatisch
- Elektro-motorisch
- Hydraulisch



1. Gefüllter Silo mit geschlossenem Austragkegel
2. Kegel hebt und vibriert (für kontinuierlichen Austrag)
3. Geschlossener Austragskegel

**Abb. 11:** Kegerverschlussprinzip [ 8 ]

Die Vibrationshilfe eignet sich zum Austragen von feinkörnigen, kohäsiven Schüttgütern, die ohne Vibrationseinwirkungen eine geschlossene, stabile Schüttgutbrücke bilden würden.

Bei einer Schüttgutbrücke kann sich ein stabiles Gewölbe über der Austragungsöffnung bilden und den Materialfluss zum Erliegen bringen.



Abb. 12: Kegelverschluss [ 6 ]

## A. Spezifische Daten von einem Kegelverschluss

### A-2. MAHR GmbH [ 6 ]

Durch die Kegelform kann dieser Verschluss druckdicht die Materialöffnung verschließen. Beim Anpressen des Kegels gegen den im Stahlring eingesetzten Nutring wird der Filterboden druckdicht verschlossen.

Flansch- Öffnung	Gesamtlänge [mm]	Breite [mm]	Gewicht [kg]
Ø 200 mm	744	445	86
Ø 300 mm	863	565	145

Tab. 4: Abmessungen für einen Kegelverschluss von MAHR

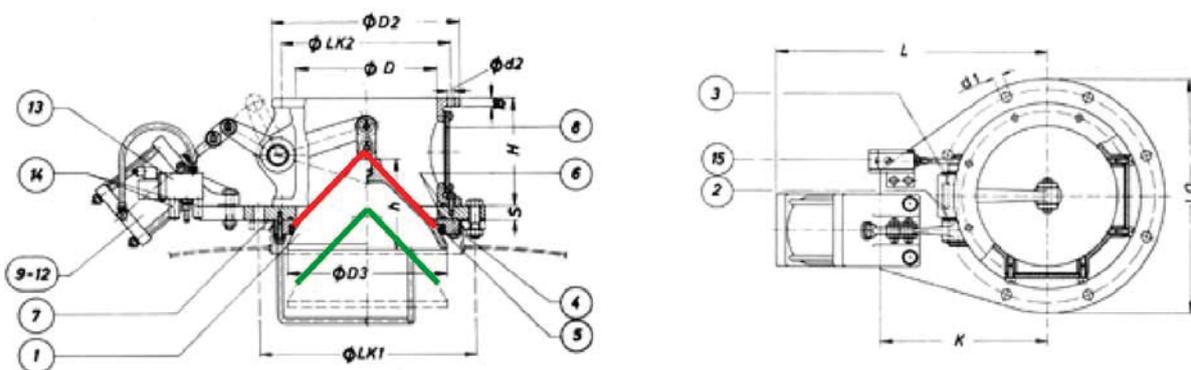


Abb. 13: Konstruktionsbeispiel eines Kegelverschlusses

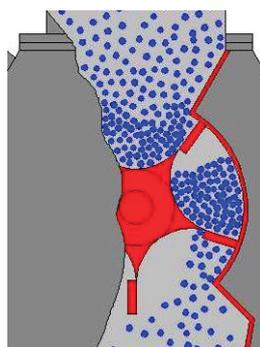
### 3.3. Geschlossene Austragsmöglichkeiten

#### 3.3.1. Zellradschleuse

Zellradschleusen dienen zum Produktaustrag aus Silos, zur Dosierung aus Behältern, sowie zur Einspeisung in pneumatische Förderanlagen bei Förderdrücken bis 1,5 bar und können auch als Absperrorgane nach Abscheidern dienen. Dort wo Falschluftdurchbrüche in den Prozessgang vermieden werden sollen kommen Zellradschleusen zum Einsatz. [ 9 ]

**Funktionsprinzip** einer Zellradschleuse:

Das Prinzip einer Zellenradschleuse ist einfach. Dabei dreht sich ein Zellenrad mit radialen Stegen, welche entweder auf die sich im zylindrischen Gehäuse drehende Welle aufgeschweißt sind oder als Ganzes gegossen wurden. Der Weg des Fördergutes erfolgt über den Schüttguteinlauf und lagert in den Kammern der Schleuse für die Dauer einer halben Umdrehung.



**Abb. 14:** Darstellung einer Zellradschleuse

Die **Vorteile einer Zellradschleuse** sind: [ 2 ]

- kontinuierlicher Betrieb mit variabler Förderleistung
- einfache Einstellung des Durchsatzes
- einfache Steuerung und Bedienung
- wenige Armaturen
- geringer Platzbedarf
- niedrige Investitionskosten



**Abb. 15:** Bild einer Zellradschleuse mit angeflanschten Getriebemotor [ 10 ]

Je nach Anwendungsgebiet kann das robuste Gehäuse gegossen oder als Schweißkonstruktion aus Stahl oder Edelstahl gefertigt werden. Zellenräder aus Stahl oder Edelstahl mit meist 8-10 teilweise schräg gestellten Zellen garantieren einen ruhigen Lauf und hohe Betriebssicherheit.

Als Antrieb für die Zellradschleuse stehen Getriebemotoren zur Verfügung, welche entweder direkt über eine Kupplung oder über eine Kette mit dem Zellrad verbunden sind. Unterschiedliche Getriebedrehzahlen, variable Kettenuntersetzungen, handverstellbare Regelgetriebe oder frequenzgeregelter Motoren ermöglichen eine feine Abstufung der Austragsleistung.

Bei der konstruktiven Auslegung einer Zellradschleuse geht man häufig von einem Füllungsgrad von 70% - 75%. Je nach Materialeigenschaft des Schüttgutes wird eine Zellenradschleuse mit oder ohne Zwangsräumrad ausgeführt wie in Abb. 16 zu erkennen ist.

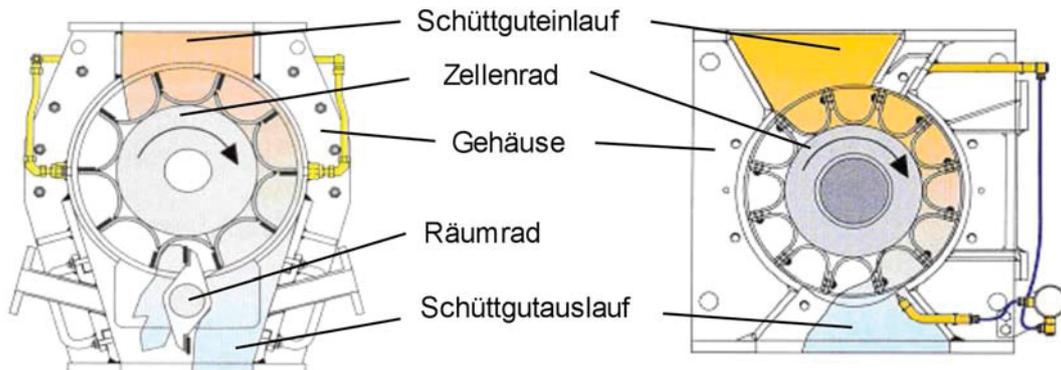


Abb. 16: Zellradschleuse mit und ohne Zwangsräumrad [ 9 ]

### A. Berechnung zur Auslegung einer Zellradschleuse

Der anfallende Fördergutstrom ist für die Auslegung einer Zellradschleuse von Bedeutung. Dieser kann als Volumenstrom  $\dot{V}$  [m<sup>3</sup>/s] oder als Massenstrom  $\dot{m}$  [kg/h] angegeben werden. Beide Kennwerte sind über die Schüttdichte  $\rho_s$  [kg/m<sup>3</sup>] miteinander verknüpft.

#### A-1. Angaben

$$\text{Massenstrom: } \dot{m} = \dot{V} \cdot \rho_s \text{ [kg/h]} = 600 \text{ [kg/h]} = 0,6 \text{ [t/h]} \quad \text{Glg. 3-1}$$

$$\text{Volumenstrom: } \dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho_s} \text{ [m}^3\text{/h]} \quad \text{Glg. 3-2}$$

Dichte $\rho_s$ [t/m <sup>3</sup> ]	Volumenstrom $\dot{V}$	
	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /s]
0,68 (trocken)	0,88	0,000245
1,20 (feucht)	0,50	0,000139

Tab. 5: Volumenstrom in Abhängigkeit der Dichte

## A-2. Wahl einer Zellradschleuse:

Ein / Auslauf [mm]	Bauhöhe [mm]	Leistung [kW]	Kammervolumen	
			[dm³]	[m³]
250 x 250	400	0,55	8,8	0.0088

**Tab. 6:** Abmessungen einer Zellradschleuse von BS-Vertrieb

Die Angaben des Kammervolumens von Tab. 6 gelten für einen Füllungsgrad von 70%. Der Füllungsgrad einer Zellradschleuse wird am meisten beeinflusst von der Form des Zellenrades und den Materialeigenschaften des Fördergutes.

$$\frac{V_{Zellenrad}}{V_{Soll}} = \frac{0.0088}{0.000245} = 35,92 \text{ [s]} \quad \text{Glg. 3-3}$$

Das Verhältnis Kammervolumen der Zellradschleuse durch den max. zu erwartenden Volumenstrom ergibt die benötigte Zeit für 1 Umdrehung.

$$1 \text{ Umdrehung} = \text{ca. } 36 \text{ [s]} \quad \text{Drehzahl: } n = \text{ca. } 0,6 \text{ [U/min]}$$

Um das max. Volumen von 0,88 [m³/h] zu fördern wird eine min. Drehzahl von 0,6 [U/min] benötigt. Eine Drehzahlregelung von 1 [U/min] ÷ 2 [U/min] kann das gespeicherte Feinstaubvolumen, welches durch einen Mulden- bzw. Big Bag Wechsel anfällt, wieder abbauen.

## B. Spezifische Daten von einer Zellradschleuse

### B-1. BS - Vertrieb

BS - Vertrieb bietet Zellenradschleusen des Typ KR an, welche sich zum Austragen von 5 - 1000 m³/h eignen.

---

Nenngröße	Ein-/Auslauf [mm]	Bauhöhe [mm]	Leistung [kW]	Kammervolumen [dm <sup>3</sup> ]	Masse [kg]
200	Ø 200	300	0,37	4,2	100
250	Ø 250	350	0,55	8,8	130
200	200 x 200	350	0,37	4,2	100
250	250 x 250	400	0,55	8,8	130
300	315 x 315	450	0,75	18,7	250

Tab. 7: Abmessungen einer Zellradschleuse von BS-Vertrieb

## B-2. KREISEL GmbH & Co. KG

### Zellradschleusen

Förderleistung	Bis 1000 [m <sup>3</sup> /h]
Temperaturbereich	Bis 900 °C
Typen	Von Ø 125 x Ø 500 [mm] Von 160 x 160 bis 1250 x 1250 [mm]

Antrieb	Elastische Kupplung und Flansch-Getriebemotor
	Ketten und Fuß- Getriebemotor
Optionen	Drehüberwachung
	Drehzahlregelung
	Verstellgetriebemotor
Sonderausführungen	Durchblasschleusen
	Schnell demontierbare Schleusen
	Beheizte oder gekühlte Ausführung
	Heißgasausführung
	Verschleißschutzausführung

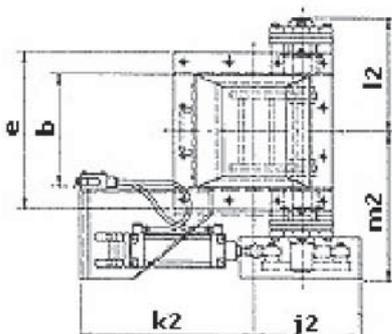
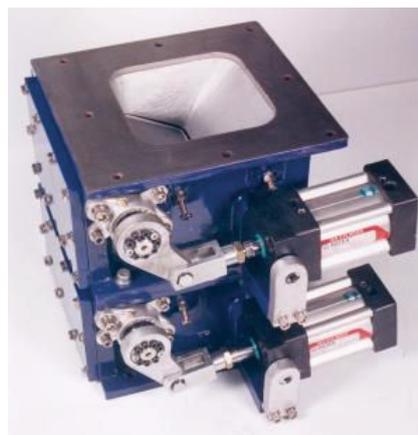
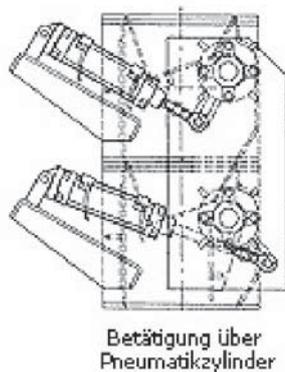
Tab. 8: Abmessungen und spezifische Daten einer Zellradschleuse von KREISEL

Bei der Wahl der Zellradschleuse wird eine leistungsstärkere Zelle als notwendig gewählt. Durch eine höhere Drehzahl und einem größeren Kammervolumen kann das gespeicherte Schüttgut schneller ausgetragen werden.

### 3.3.2. Doppelpendelklappe

Der reibungslose Anlagenbetrieb in der Verfahrenstechnik ist von vielen Faktoren abhängig. So können beispielsweise Schüttguteigenschaften wie Abrasivität und anlagenspezifische Verhältnisse wie Temperatur, Unterdruck und Überdruck den Ablauf stören. Einen wirkungsvollen Schutz in diesen Fällen bieten Doppelpendelklappen.

Doppelpendelklappen dienen zum sicheren, kontinuierlichen Ein- und Ausschleusen von Schüttgütern aus und in Druckdifferenzräume wie z.B. Filterabscheider.



Beispiel:	IEV
Schließung:	Pneumatisch
Bauhöhe:	800 mm
Länge:	830 mm
Breite:	565 mm
Flanschöffnung:	300 x 300 mm
Gewicht:	290 kg

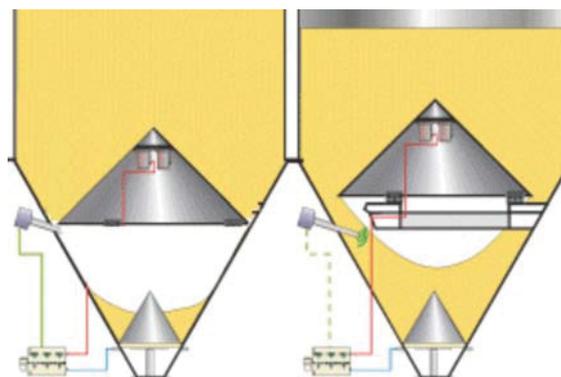
Abb. 17: Doppelpendelklappe [ 4 ] + [ 5 ]

Die Funktion der Doppelpendelklappe beruht auf einem Doppelklappensystem, wobei niemals beide Klappen gleichzeitig geöffnet sind.

Die Betätigung erfolgt entweder pneumatisch, elektro-motorisch (mit verstellbarer Kurvenscheibe) oder gewichtsbelastet. Außen liegende Klappenlagerungen und Stopfbuchsenabdichtungen sind vorteilhaft. Auswechselbare Einlauftrichter und Klappen erhöhen zudem die Flexibilität und die Betriebssicherheit von Doppelpendelklappen.

### 3.3.3. Doppelkegelverschluss

Ein Doppelkegelverschluss kann eingesetzt werden, wo Falschluftdurchbrüche vermieden werden sollen.



**Abb. 18:** Prinzip eines Doppelkegelverschlusses [ 8 ]

Die Wesentlichen Merkmale eines Doppelkegelverschlusses sind:

#### **Konstruktion:**

- Komplexe Bauform
- Sonderbauweisen erforderlich
- Großer Konstruktionsaufwand

#### **Schließung, Betätigung:**

- Pneumatisch
- Elektro-motorisch
- Hydraulisch

### 3.3.4. Weitere Möglichkeiten

- Austragsschnecke
- Rohrkettenförderer



**Abb. 19:** Filteraustrag mit Rohrkettenförderer oder Austragsschnecke [ 5 ]

Die Filteraustragung mit Rohrkettenförderern ist heute Stand der Technik. Durch das einwandfreie Abdichten des Förderers gegen vorhandenen Über/Unterdruck kann unter bestimmten Voraussetzungen auf andere Kapselwerke, wie z.B. Zellenradschleusen und Doppelpendelklappen verzichtet werden.

Diese 2 Varianten sind sowohl Austragsorgane als auch Fördereinrichtungen und werden dort eingesetzt wo anlagenspezifische Verhältnisse wie Druck und Temperatur den Ablauf nicht stören sollen.

## 4. Fördermöglichkeiten des Filterstaubes vom Filterboden bis zur Endlagerung

Für die Erweiterung der Filteranlage muss auch die fördertechnische Seite berücksichtigt werden. Im folgenden Kapitel werden die Fördermöglichkeiten des Schüttgutes genauer betrachtet.

Die Gutaufgabe auf das Fördermittel erfolgte durch die in Kapitel 3. beschriebenen Austragungsmöglichkeiten wie z.B.: durch einen Schieber, Schneckenförderer, Zellenradschleuse, usw. und ermöglicht den Transport des Schüttgutes zur Abgabestelle.

Wie schon bekannt können Stetigförderer nach verschiedenen Arten geordnet werden:

- nach **Art des zu fördernden Gutes**
- nach der **Art der Bewegung des Fördergutes**
- nach dem **Funktionsprinzip**

Die folgende Matrix zeigt eine Gegenüberstellung, dass die Eigenschaft des Schüttgutes die Auswahl der Fördermöglichkeit wesentlich beeinflusst.

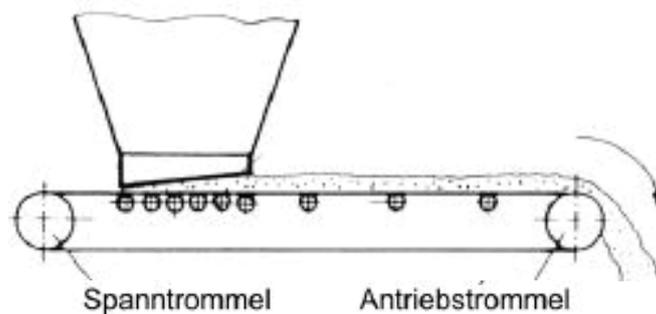
Eigenschaft	Austragsorgan und Fördersystem												
	Staubförmig (0 – 0,1 mm)	Feinkörnig (0,1 – 5mm)	Grobkörnig (5 – 50mm)	Kugelförmig	Faserig	zum Schließen neigend	schwerfließend	Leicht haftend	Klebend	Stark schleißend	Leicht schleißend	Mäßig empfindlich	Sehr empfindlich
Zellradschleuse	X	X	-	X	X	X	-	X	X	-	-	X	-
Flachschieber	X	X	X	X	X	-	X	X	X	-	X	-	-
Bandförderer	-	X	X	X	-	-	-	X	-	-	X	X	X
Trogkettenförderer	-	X	X	X	X	-	-	X	-	X	X	-	-
Rohrkettenförderer	-	X	-	X	-	X	-	X	-	-	X	X	-
Schneckenförderer	-	X	X	X	-	-	-	X	-	X	X	-	-
Schwingrinne	-	X	X	X	X	-	-	X	-	X	X	X	X

Abb. 20: Eignungsmatrix für Fördersysteme (X positiv, - negativ)

## 4.1. Bandförderer

Gurtförderer bestehen aus einem endlosen Band, das zwischen einer Antriebs- und einer Spanntrommel läuft. Im Bereich zwischen den Trommeln wird das Band durch Tragrollen unterstützt. Unterhalb der Austragsöffnung des Silos ist der Abstand der Tragrollen besonders eng, um die dort auftretenden Vertikallasten aufzufangen.

Im Fall des Gurtförderers ist das Endlosband ein Gummigurt. Der Vorteil des Gurtförderers ist das er sich für besonders viele Schüttgüter einsetzen lässt und die Schüttgüter besonders schonend befördert. Für anbackende, aggressive oder heiße Schüttgüter können Spezialgurte angewandt werden.



**Abb. 21:** Prinzip eines Band bzw. Gurtförderers [ 11 ]

Bandförderer sind für waagrechte, leicht steigende oder geneigte Förderung einsetzbar, wobei das Fördergut auf dem flachen oder gemuldeten Obertrum (Lasttrum) von der Aufgabestelle bis zu seiner Abgabestelle, geführt wird. Das rücklaufende Untertrum (Leertrum) wird meist flach geführt.

**Vorteile:**

- Universell einsetzbar
- Der Bandförderer hat von allen Stetigförderer den kleinsten Laufwiderstand, daraus folgt der kleinste Leistungsbedarf
- Im Betrieb treten im Vergleich zu anderen Förderern wenig Geräusche auf
- Niedrige Investitions- und Wartungskosten, geringer Verschleiß
- Leichter Einbau von Bandwaagen zur Bestimmung der kontinuierlichen und absoluten Fördermenge
- Hohe Fördergeschwindigkeit und Fördermenge bei relativ geringen Antriebsleistungen
- Große Förderlängen auch bei schwer belasteten Bändern durch Stahlseileinlagen
- Gurtreparaturen lassen sich einfach durchführen

**Nachteile:**

- Ansteigende Förderung beschränkt
- Nur geradlinige Förderwege (Ablenkungen in horizontaler Ebene sind wegen der großen Ablenkradien und des Führungsaufwandes für das Band nur begrenzt möglich)
- Empfindlichkeit bestimmter Bänder gegenüber heißem und stark schleißendem Fördergut

## A. Berechnung zur Auslegung eines Bandförderers [ 1 ]

Für die Auslegung eines Bandförderers benötigt man eine Aussage über die wirkenden Kräfte.

Das **Ziel der Berechnung** ist: die Ermittlung:

- des Fördergutstroms gemäß der Aufgabenstellung
- der Antriebsleistung mit der dieser Fördergutstrom erzeugt wird

Hierfür müssen folgende Punkte ermittelt werden:

- Füllquerschnitt
- Gesamtwiderstandskraft

### A-1. Förderstrom

#### A-1.1. Angaben

$$\text{Massenstrom: } \dot{m} = \dot{V} \cdot \rho_s \text{ [kg/h]} = 600 \text{ [kg/h]} = 0,6 \text{ [t/h]} \quad \text{Glg. 4-1}$$

$$\text{Volumenstrom: } \dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho_s} \text{ [m}^3\text{/h]} \quad \text{Glg. 4-2}$$

Dichte $\rho_s$ [t/m <sup>3</sup> ]	Volumenstrom $\dot{V}$	
	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /s]
0,68 (trocken)	0,88	0,000245
1,20 (feucht)	0,50	0,000139

**Tab. 9:** Volumenstrom in Abhängigkeit der Dichte

Der volumenmäßige Förderstrom wird analog nach der Kontinuitätsgleichung berechnet:

$$\dot{V} = I_V = 3600 \cdot v \cdot A \cdot k \quad \text{Glg. 4-3}$$

$I_V$  = volumenmäßige Förderstrom [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]  
 $v$  = Fördergeschwindigkeit [ $\text{m}/\text{s}$ ]  
 $A$  = Querschnitt des Gutstromes [ $\text{m}^2$ ]  
 $k$  = Minderungsfaktor bei schräger Förderung

$k = 0.95$	$5^\circ$	$k = 0,9$	$15^\circ$
$k = 0,955$	$10^\circ$	$k = 0,8$	$20^\circ$

**Tab. 10:** Einteilung von Stetigförderer nach Funktionsprinzip

Der anfallende Fördergutstrom kann als Volumenstrom  $\dot{V}$  [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] oder als Massenstrom  $\dot{m}$  [ $\text{kg}/\text{h}$ ] angegeben werden. Beide Werte sind über die Schüttdichte  $\rho_S$  [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ] miteinander verknüpft.

$$\dot{m} = I_G = I_V \cdot \rho_S \quad \text{Glg. 4-4}$$

$\dot{m}$  = gewichtmäßiger Förderstrom [ $\text{t}/\text{h}$ ]  
 $\rho_S$  = Schüttgewicht [ $\text{t}/\text{m}^3$ ]

Da der gewichtmäßige Förderstrom gegeben war, wurde die dafür erforderliche Fördergeschwindigkeit ermittelt:

$$I_V = \frac{\dot{m}}{\rho_S} = \frac{0,6}{0,68} = 0,88 \text{ [m}^3/\text{h]} \dots \text{Max. Volumenstrom} \quad \text{Glg. 4-5}$$

$$v = \frac{I_V}{3600 \cdot A \cdot k} = \frac{0,88}{3600 \cdot A \cdot k} \dots \text{Erforderliche Geschwindigkeit} \quad \text{Glg. 4-6}$$

Um die erforderliche Geschwindigkeit für den max. Volumenstrom ermitteln zu können, muss der Querschnitt des Gutstromes folgendermaßen berechnet werden:

## A-2. Füllquerschnitt:

In Abhängigkeit der Muldungsformen ergeben sich die unterschiedlichen Füllquerschnitte.



Abb. 22: Muldungsformen [ 12 ]

Für die Berechnung des Füllquerschnitts bei waagerechter Förderung können für dreiteilige Muldensätze geometrischen Verhältnisse zugrunde gelegt werden. Dabei ist ein dynamischer Böschungswinkel des Förderguts  $\beta$  vorzugeben. Man geht von der Gurtbreite  $B$  aus und setzt für

$$B < 2000\text{mm} \quad b = 0,9 \cdot B - 50\text{mm}$$

$$B > 2000\text{mm} \quad b = B - 250\text{mm}$$

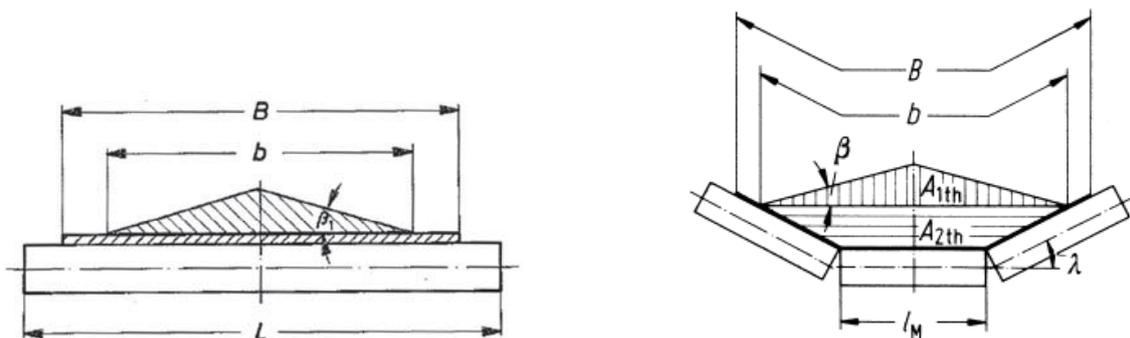


Abb. 23: Geometrische Abmessungen zur Berechnung des Füllquerschnittes bei flachen Förderband (1 Rolle) bzw. bei gemuldeten Förderband (3 Rollen) [ 11 ]

Der Böschungswinkel ist neben der Schüttdichte oft die einzige Angabe und gilt als Maß für die Fließfähigkeit des Schüttgutes.

### A-2.1. für ein gemuldetes Förderband

In Abhängigkeit der nutzbaren Gurtbreite, der Querschnittsform (Tragrollenanordnung und Tragrollenabmessung) und den vom Fördergut variablen Böschungswinkel ergibt sich die theoretische Querschnittsfläche.

$$A_{th} \approx \left(\frac{b}{2}\right)^2 \cdot \left(\tan \beta + \frac{3}{4} \tan \lambda\right) \quad \text{Glg. 4-7}$$

Näherungsweise gilt nach DIN 22101 für den Förderstrom bei dem Muldungswinkel  $\lambda$

$$\text{bei } \lambda = 20^\circ \quad I_v \approx 465 \cdot v \cdot (0,9 \cdot B - 0,05)^2 \quad \text{Glg. 4-8}$$

$$\text{bei } \lambda = 30^\circ \quad I_v \approx 545 \cdot v \cdot (0,9 \cdot B - 0,05)^2 \quad \text{Glg. 4-9}$$

Bei einer angenommenen Gurtbreite von **B = 300mm = 0,3m** wurden folgende Fördergeschwindigkeiten für einen gemuldeten Bandförderer bei unterschiedlichen Neigungen errechnet:

Neigung [Grad]	Geschwindigkeit [m/s]	
	$\lambda = 20^\circ$	$\lambda = 30^\circ$
0	0,03921	0,03345
5	0,04127	0,03521
10	0,04105	0,03503
15	0,04356	0,03717
20	0,04901	0,04181

Tab. 11: Fördergeschwindigkeiten für ein gemuldetes Förderband bei verschiedenen Neigungen

### A-2.2. für ein flaches Förderband

Die theoretische Querschnittsfläche  $A_{th}$  ist wie bei einem gemuldeten Förderband abhängig von der nutzbaren Gurtbreite und den variablen Böschungswinkel des Fördergutes.

---

$$A_{th} = \left(\frac{b}{2}\right)^2 \cdot \tan \beta \quad \text{Glg. 4-10}$$

$\beta$  = dynamischer Böschungswinkel = 25°

$$A_{th} = \left(\frac{b}{2}\right)^2 \cdot \tan \beta = \left(\frac{0,22}{2}\right)^2 \cdot \tan 25 = 0,0056 \text{ [m}^2\text{]} \quad \text{Glg. 4-11}$$

$$I_v \approx 240 \cdot v \cdot (0,9 \cdot B - 0,05)^2 \quad \dots \text{ Näherungsweise}$$

Förderstrom für flaches Band Glg. 4-12

Bei einer angenommenen Gurtbreite von **B = 300mm = 0,3m** wurden folgende Fördergeschwindigkeiten für einen Bandförderer mit einem flachen Fördergurt bei unterschiedlichen Neigungen errechnet:

$$v = \frac{I_v}{240 \cdot (0,9 \cdot B - 0,05)^2}$$

$$v = \frac{0,88}{240 \cdot (0,9 \cdot 0,3 - 0,05)^2} = 0,07596 \text{ [m/s]} \quad \dots \text{ 0° Neigung} \quad \text{Glg. 4-13}$$

Neigung [Grad]	Geschwindigkeit [m/s]
0	0,07596
5	0,07996
10	0,07953
15	0,08440
20	0,09495

**Tab. 12:** Fördergeschwindigkeiten für ein flaches Förderband bei verschiedenen Neigungen

### **A-3. Gesamtwiderstandskraft**

Nach DIN 22101 erfolgt die Ermittlung der Bewegungswiderstände:

Die Summe der Bewegungswiderstände ist gleich der von der Antriebstrommel auf den Gurt zu übertragenden Umfangskraft  $F$  und setzt sich folgendermaßen zusammen:

$$F = F_H + F_N + F_{St} + F_S$$

**Glg. 4-14**

$F$	Gesamtwiderstand
$F_H$	Hauptwiderstand
$F_N$	Nebenwiderstand
$F_{St}$	Steigungswiderstand
$F_S$	Sonderwiderstand

#### **A-3.1. Hauptwiderstand $F_H$**

Aus den Widerständen der Förderstrecke ergibt sich der Hauptwiderstand  $F_H$ .

Die Laufwiderstände der Tragrollen (z.B.: Lagerung und Dichtung), die Widerstände am Fördergurt (z.B.: innere Reibung und Eindrückwiderstand zwischen Tragrolle und Gurt) sowie die Widerstände des Förderguts zählen zum Hauptwiderstand  $F_H$ .

Abhängig von der Fördergeschwindigkeit und dem Tragrollenabstand verändert sich der Hauptwiderstand. Prinzipiell gilt, dass der Hauptwiderstand mit steigender Fördergeschwindigkeit zunimmt.

Aufgrund der geringen Gurtgeschwindigkeit wird in diesem Fall der Hauptwiderstand nur einen kleinen Beitrag zum Gesamtwiderstand liefern.

$$F_H = f_{ges} \cdot L \cdot g \cdot [m_R + (2 \cdot m_G + m_L) \cdot \cos \alpha] \quad \text{Glg. 4-15}$$

$F_H$  = Hauptwiderstand [N]  
 $L$  = Förderlänge (waagrechte Projektion) [m]  
 $g$  = Fallbeschleunigung [ $m/s^2$ ]  
 $m_R$  = Streckenlast infolge der drehenden Tragrollenteile von  
Ober- und Untertrum [kg/m]  
 $m_G$  = Streckenlast infolge von Fördergurt [kg/m]  
 $m_L$  = Streckenlast infolge Förderlast [kg/m]  
 $\alpha$  = Neigungswinkel der Anlage [Grad]  
 $f_{ges}$  = Gesamtreibungsbeiwert

$$f_{ges} = f \cdot C \quad \text{Glg. 4-16}$$

$f$  = Reibungszahl; berücksichtigt die Hauptwiderstände bestehend aus dem Walkwiderstand, der Fördergüter und der Tragrollenreibung

$$f = 0,020 \div 0,023$$

$C$  = Beiwert dessen Größe von der Förderlänge abhängig ist, er berücksichtigt Nebenwiderstände, wie Umlenkwiderstand des Gurtes an den Trommeln, Trommellagerreibung usw. (siehe Abb. 24)

$$C = 6,6$$

$$f_{ges} = f \cdot c = 0,023 \cdot 6,6 = 0,1518$$

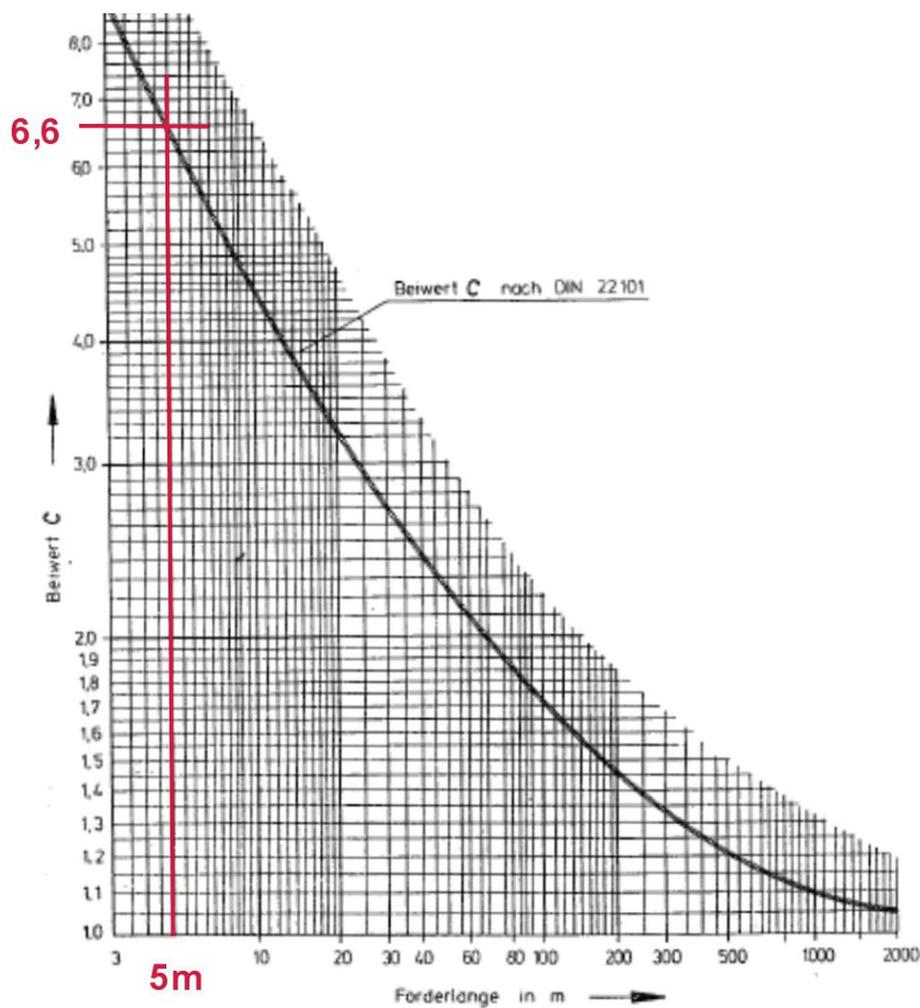


Abb. 24: C – Beiwert

Zur Berechnung der Bandanlage wurden folgende Werte angenommen:

Förderlänge:	$L = 5000 \text{ mm} = 5,0 \text{ m}$
Streckenlast infolge von Fördergurt :	$m_G = 5 \text{ kg/m}$
Wirkungsgrad.	$\eta_{\text{ges}} = 0,8$
Rollenabstand im Obertrum:	$a_o = 1,0 \text{ m}$
Rollenabstand im Untertrum:	$a_u = 1,6 \text{ m}$

Das Gewicht der Tragrollen wurde laut Hersteller Tranza gewählt: [ 12 ]

Oberrolle (3 Rollen):      Ø 63,5 mm, Länge = 132mm, Masse = 2,0 kg

Unterrolle:                      Ø 63,5 mm, Länge = 400 mm, Masse = 4,8 kg

$$m_{RO} = \frac{3 \cdot 2,0}{1,0} = 6,0 \text{ [kg/m]} \quad \text{Glg. 4-17}$$

$$m_{RU} = \frac{4,8}{1,6} = 2,88 \text{ [kg/m]} \quad \text{Glg. 4-18}$$

$$m_R = m_{RO} + m_{RU} = 6,0 + 2,88 = 8,88 \text{ [kg/m]} \quad \text{Glg. 4-19}$$

$$m_L = \frac{I_G}{3,6 \cdot v} = \frac{0,6}{3,6 \cdot 0,04181} = 4,0 \text{ [kg/m]} \quad \text{Glg. 4-20}$$

$$F_H = f_{ges} \cdot L \cdot g \cdot [m_R + (2 \cdot m_G + m_L) \cdot \cos \alpha]$$

$$F_H = 0,1518 \cdot 5,0 \cdot 9,81 \cdot [8,88 + (2 \cdot 5,0 + 4,0) \cdot \cos 20^\circ] = 164,07 \text{ [N]} \quad \text{Glg. 4-21}$$

$$F_H = 164,07 \text{ [N]}$$

### A-3.2. Nebenwiderstand $F_N$

Der Nebenwiderstand  $F_N$  ist die Summe der auftretenden Widerstände in der Aufgabestelle, der Reibungswiderstände durch die Gurtreinigung, der Widerstände beim Umlenken des Gurtes um die Trommel und der Reibung in den Trommellagern.

Der Beiwert C nach DIN 22101 ist der Abb. 24 zu entnehmen und ist abhängig von der Förderlänge L. Mit zunehmender Förderlänge sinkt der Beiwert C, da die genannten Widerstände nur in einzelnen Anlagenteilen auftreten und diese mit größerer Anlagenlänge an Einfluss verlieren.

$$F_N = (C - 1) \cdot F_H$$

$$F_N = (6,6 - 1) \cdot 164,07 = 918,81 \text{ [N]} \quad \text{Glg. 4-22}$$

### A-3.3. Steigungswiderstand $F_{St}$

Durch den Höhenunterschied auf der Förderstrecke ergibt sich der Steigungswiderstand  $F_{St}$ .

$$F_{St} = L \cdot g \cdot m_L \cdot \sin \alpha$$

$$F_{St} = 5,0 \cdot 9,81 \cdot 4,0 \cdot \sin 20^\circ = 67,1 \text{ [N]}$$

Glg. 4-23

### A-3.4. Sonderwiderstände $F_S$

Zu dem Sonderwiderstand  $F_S$  zählen alle bis jetzt noch nicht berücksichtigten Werte wie z.B.: Sturzwiderstand, Reibungswiderstand zwischen Fördergut und seitlichen Schurren außerhalb des Bereiches von Aufgabenstellen bzw. Widerstände von Einrichtungen zur Gutübernahme auf der Förderstrecke.

### A-3.5. Gesamtwiderstand $F$

$$F = F_H + F_N + F_{St} + F_S = 164,07 + 918,81 + 67,1 + 0 = 1149,9 \text{ [N]}$$

Glg. 4-24

### A-4. Antriebsleistung

$$P_V = \frac{F \cdot v}{\eta_{ges}}$$

$$P_V = \frac{F \cdot v}{\eta_{ges}} = \frac{1149,9 \cdot 0,04181}{0,8} = 0,0601 \text{ [kW]}$$

Glg. 4-25

$$P_V = 60,1 \text{ W}$$

$P_V$  = Leistung [kW]

$F$  = Umfangkraft an der Antriebstrommel [kN]

$v$  = Fördergeschwindigkeit [m/s]

$\eta_{ges}$  = Gesamtwirkungsgrad,  $\eta_{ges} = 0,8$

Zusätzlich muß für den Abstreifer eine Leistung von etwa 1kW angenommen werden, wodurch sich die Motorleistung zu 1,5kW ergibt.

### A-5. Zusammenfassung Bandförderer

Max. Volumenstrom	0,88 [m³/h]
Max. Fördergeschwindigkeit bei 20° Neigung	
Gemuldetes Band, Muldung 30°	0,04181 [m/s]
Förderlänge	5000 [mm]
Fördergurt	5 [kg/m]
Rollenabstand im Obertrum	1,0 [m]
Rollenabstand im Untertrum	1,6 [m]

Gemuldetes Band	
Gurtbreite	300 [mm]
Oberrolle (3 Rollen)	
Rollendurchmesser	63,5 [mm]
Länge	132 [mm]
Masse pro Rolle	2,0 [kg]
Unterrolle	
Rollendurchmesser	63,5 [mm]
Länge	400 [mm]
Masse	4,8 [kg]
Gesamtwiderstand	1149,9 [N]
Hauptwiderstand	164,07 [N]
Nebenwiderstand	918,81 [N]
Steigungswiderstand	67,1 [N]
Leistung	60,1 [W]

Tab. 13: Zusammenstellung der spezifischen Daten

Wie bereits erwähnt ist ein Abstreifer vorzusehen. Dieser benötigt aufgrund des relativ hohen Bewegungswiderstandes eine höhere Leistung des Antriebsmotors, weshalb ein **1,5 kW** Antriebsmotor empfohlen wird.

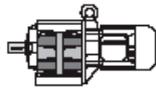
## B. Spezifische Daten für den Antriebsmotor

### B-1. DANFOSS

Erwünschte Leistung: 1,5kW

Ein Getriebemotor mit einer Leistung von  $P = 1,5\text{kW}$  wird gewählt.

$P = 1.5 \text{ kW}$



*Danfoss*

50 Hz			i	Typ	m kg	$F_{RN}$ N	$F_{RV}$ N	60 Hz		
$n_2$ 1/min	$M_2$ Nm	$f_b$						$n_2$ 1/min	$M_2$ Nm	$f_b$
3.3	4000	1.15	436.2	BG80G40-.../D09LA4	224	26000	-	3.9	3300	1.4
2.9	4550	1.0	484.3	"	"	26000	-	3.5	3700	1.25
2.5	5300	0.87	572.0	"	"	26000	-	3.0	4350	1.05
4.7	2750	3.3	298.8	BG90G50-.../D09LA4	334	65000	-	5.7	2200	4.2
3.9	3150	2.9	360.3	"	"	65000	-	4.7	2550	3.6
3.3	3950	2.3	435.8	"	"	65000	-	3.9	3250	2.8
2.8	4600	2.0	504.7	"	"	65000	-	3.4	3700	2.5
2.4	5400	1.7	588.8	"	"	65000	-	2.9	4350	2.1
2.2	5800	1.6	644.7	"	"	65000	-	2.7	4650	2.0
2.0	6500	1.4	714.2	"	"	65000	-	2.4	5300	1.75
1.6	8200	1.1	883.7	"	"	65000	-	2.0	6400	1.45
1.2	11200	0.82	1174	"	"	65000	-	1.5	8800	1.05

$P = 2.2 \text{ kW}$

410	51	1.2	3.42	BG10-.../D09XA4	30	630	880	495	42	1.5
325	64	1.05	4.36	"	"	650	910	390	53	1.3
265	79	0.95	5.34	"	"	620	910	315	66	1.15
210	100	0.81	6.78	"	"	660	920	250	84	0.96
425	49	1.9	3.33	BG20-.../D09XA4	32	1830	-	510	41	2.2
320	65	1.6	4.38	"	"	1990	-	385	54	1.95
260	80	1.45	5.49	"	"	2100	-	310	67	1.7
220	95	1.3	6.48	"	"	2250	-	260	80	1.55
175	120	1.15	8.02	"	"	2500	-	210	100	1.35
169	124	0.98	8.29	"	"	2250	-	205	102	1.2
158	132	1.1	8.91	"	"	2600	-	189	111	1.3
146	143	0.85	9.65	"	"	2250	-	175	120	1.0
133	157	0.98	10.54	"	"	2700	-	160	131	1.2
120	175	0.9	11.71	"	"	2800	-	144	145	1.1
106	198	0.84	13.21	"	"	2900	-	128	164	1.0
96	215	0.8	14.67	"	"	3050	-	115	182	0.95
415	50	2.8	3.40	BG30-.../D09XA4	37	1580	-	495	42	3.3
335	62	2.8	4.21	"	"	1630	-	400	52	3.3
260	80	2.5	5.44	"	"	1670	-	310	67	3.0
210	100	2.2	6.75	"	"	1760	-	250	84	2.6
177	118	1.85	7.91	"	"	1760	-	215	97	2.2
163	128	1.9	8.60	"	"	2800	-	196	107	2.3
147	142	1.8	9.55	"	"	3000	-	176	119	2.1
132	159	1.65	10.65	"	"	2950	-	158	132	2.0
119	176	1.55	11.82	"	"	3200	-	143	146	1.9
102	205	1.45	13.77	"	"	3150	-	123	170	1.75
92	225	1.35	15.27	"	"	3450	-	111	189	1.6
83	250	1.2	17.06	"	"	3700	-	99	210	1.45

Tab. 14: Motorenauswahltabelle

## B-2. Hersteller: INTERROLL

Trommelmotor Serie 6700, Ø 216 mm, TM 220

Gewünschte Leistung: 1,5kW

Ein Trommelmotor mit einer Leistung von P = 1,5kW wird gewählt.

	Motor		Nennge- schwin- digkeit bei Volllast 50 Hz m/s	Dreh- moment Nm	Band- zug- kraft N	Max. zu- lässiger Gurtzug T <sub>1</sub> + T <sub>2</sub> N	Masse** in kg für Standardausführung											
	Leistung kW/HP	Anzahl der Pole					RL in mm											
							400	450	500	550	600	650	700	750	800	pro 50 mm bis 1500		
Trommelmotor – Standardausführung	1,50/ 2,00	4	0,25	616	5730	25000*	-	61	65	68	71	74	77	80	83	3 kg		
			0,32	481	4476		-											
			0,40	385	3581													
			0,50	307	2856													
			0,63	243	2260													
			0,80	191	1777													
			1,00	153	1423	11500	48	51	54	57	60	63	66	69	72		3 kg	
			1,25	123	1144													
			1,60	96	893													
			2,00	77	716													
	2,50	62	572															
	2,20/ 3,00	4	0,32	705	6558	25000*	-	-	68	72	75	78	81	84	87	3 kg		
			0,40	564	5246		-	-										
			0,50	451	4195		-	-										
			0,63	358	3330		-	-										
			0,80	282	2623		-	-										
			1,00	226	2102	11500	-	55	58	61	64	67	70	73	76		3 kg	
			1,25	180	1674		-											
			1,60	140	1302		-											
			2,00	115	1070		-											
2,50			90	837		-												
3,00/ 4,00	4	0,50	616	5730	25000*	-	-	-	74	77	80	83	86	89	3 kg			
		0,63	481	4476		-	-	-										
		0,80	385	3581		-	-	-										
		1,00	307	2856		-	-	-										
		1,25	245	2279	11500	-	-	60	63	66	69	72	75	78		3 kg		
		1,60	192	1786		-	-	-										
		2,00	154	1433		-	-	-										
2,50	123	1144		-	-	-												
4,00/ 5,50	2	0,63	684	6349	25000*	-	-	-	74	77	80	83	86	89	3 kg			
		0,80	539	5000		-	-	-										
		1,00	431	4009		-	-	-										
		1,25	345	3200	11500	-	-	-	60	63	66	69	72	75	78	3 kg		
		1,60	255	2500		-	-	-										
		2,00	204	2000		-	-	-										
2,50	163	1600		-	-	-												
Umlenktrommel						11500	25	27	29	31	33	35	37	39	41	2 kg		

Tab. 15: Motorauswahltabelle

### B-3. Hersteller: ATLANTA

Gewünschte Leistung: 1,5kW

Ein Schneckengetriebemotor mit einer Leistung von  $P = 1,5\text{kW}$  wird gewählt.

Bestell- Nummer Order code	Abtriebs- Drehzahl Output speed $n_2$ (min <sup>-1</sup> )	Abtriebs- Drehmoment Output torque $M_2$ (Nm)	Betriebs- faktor Service factor $f_B$	Motor- bezeichnung Motor designation	Getriebe Nr. Gear no.	Gewicht Weight (kg)	Maßbild Seite Dimensions page
<b>1,5 kW</b>							
55 26 082	17	520	0,85	90L4	56 26 082	40,0	B-9
55 27 182	17	553	1,55	90L4	56 27 082	50,0	B-9
55 26 161	23	418	1,05	90L4	56 26 061	40,0	B-9
55 26 151	27	383	1,30	90L4	56 26 051	40,0	B-9
55 27 351	27	393	2,40	90L4	56 27 951	50,0	B-9
55 26 682	35	255	1,75	90S2	56 26 082	38,0	B-9
55 25 039	35	315	0,90	90L4	56 25 039	32,0	B-8
55 26 139	36	303	1,55	90L4	56 26 039	40,0	B-9
55 25 661	46	193	1,40	S90S2	56 25 061	30,0	B-8
55 26 761	46	205	2,20	90S2	56 26 061	38,0	B-9
55 25 551	54	189	1,15	90S2	56 25 051	30,0	B-8
55 26 751	55	188	2,30	90S2	56 26 051	38,0	B-9
55 25 639	71	154	1,55	90S2	56 25 039	30,0	B-7
55 25 120	72	167	1,40	90L4	56 25 020	32,0	B-8
55 24 015	97	124	0,95	90L4	56 24 015	26,5	B-8
55 25 215	97	127	1,95	90L4	56 25 015	32,0	B-8
55 24 620	146	80	1,25	90S2	56 24 020	24,5	B-8
55 25 820	146	82	2,45	90S2	56 25 020	30,0	B-8
55 24 615	197	61	1,70	90S2	56 24 015	24,5	B-8
55 23 515	204	57	0,85	S90S2	56 23 015	22,0	B-7
55 24 107	207	62	1,60	90L4	56 24 007	26,5	B-8
55 23 607	422	30	1,45	S90S2	56 23 007	22,0	B-7
<b>2,2 kW</b>							
55 27 082	17	800	1,05	S100L4	56 27 082	56,0	B-9
55 26 061	23	605	0,85	S100L4	56 26 061	46,0	B-9
55 27 161	23	623	1,85	S100L4	56 27 061	56,0	B-9
55 26 051	27	553	0,90	S100L4	56 26 051	46,0	B-9
55 27 251	27	569	1,65	100L4	56 27 051	56,0	B-9
55 26 582	35	374	1,20	90L2	56 26 082	38,0	B-9
55 26 039	36	438	1,05	S100L4	56 26 039	46,0	B-9
55 27 339	36	450	2,35	100L4	56 27 039	56,0	B-9
55 25 561	46	283	0,95	S90L2	56 25 061	33,0	B-8
55 26 661	46	301	1,50	90L2	56 26 061	41,0	B-9
55 26 651	55	276	1,55	90L2	56 26 051	41,0	B-9
55 25 539	71	227	1,20	90L2	56 25 039	33,0	B-8
55 25 020	72	242	1,00	S100L4	56 25 020	38,0	B-8
55 25 115	97	184	1,35	S100L4	56 25 015	38,0	B-8
55 24 520	146	117	0,85	90L2	56 24 020	27,5	B-8
55 25 720	146	120	1,70	90L2	56 25 020	33,0	B-8
55 24 515	197	89	1,15	90L2	56 24 015	27,5	B-8
55 25 715	197	92	2,20	90L2	56 25 015	33,0	B-8
55 24 007	209	90	1,10	S100L4	56 24 007	32,5	B-8
55 25 307	209	91	2,25	100L4	56 25 007	38,0	B-8
55 23 507	422	44	1,00	S90L2	56 23 007	25,0	B-7
55 24 707	422	45	1,90	90L2	56 24 007	27,5	B-8

Tab. 16: Motorenauswahltabelle

### C. Spezifische Daten für Tragrollen

Tragrollen für Bandförderer werden nach DIN 15207 mit Rohrlängen nach DIN 22107 gewählt:

<b>Oberbandtragrollen</b>									
Rohr-Ø	Achs-Ø	Rollenlänge mm, EL = RL + 6 mm							
63,5	20	132	165	200	250	315	380	465	530
80	20		165	200	250	315	380	465	530
88,9	20 + 25		165	200	250	315	380	465	530
108	20 + 25		165	200	250	315	380	465	530
133	20 + 25				250	315	380	465	530
<b>Unterbandrollen</b>									
63,5	20	400	500	600	750	950	1150	1400	
80	20	400	500	600	750	950	1150	1400	
88,9	20 + 25	400	500	600	750	950	1150	1400	1600
108	20 + 25	400	500	600	750	950	1150	1400	1600
133	20 + 25	400	500	600	750	950	1150	1400	1600

Tab. 17: genormte Tragrollenabmessungen

<b>Auswahltabelle</b>	Rollenlängen nach DIN 22107 mm							
Gurtbreite mm	300	400	500	650	800	1000	1200	1400
Unterbandrolle	400	500	600	750	950	1150	1400	1600
Oberbandrolle zweitellig	200	250	315	380	465	600	700	–
Oberbandrolle dreiteilig	132	165	200	250	315	380	465	530

Tab. 18: Tragrollenbreite in Abhängigkeit der Gurtbreite

## C-1. Hersteller: TRANZA

### C-1.1. Obertrum 3-teilig

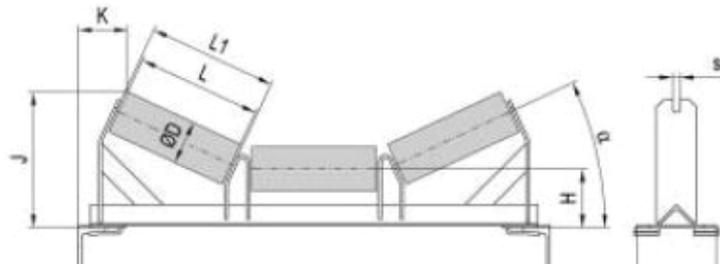


Abb. 25: Skizze eines Obertrums 3-teilig für gemuldetes Förderband

Belt width (mm)	$\alpha$	Dimensions (mm)										Weight (kg)
		E	D	L	L1	H	J	K	b	s	[	
400	20°	700	63, 76, 89	160	168	100	204	97	140	14	10 – 14	6,0
500	20°	800	63, 76, 89	200	208	100	218	89	140	14	10 – 14	6,5
650	20°	950	63, 76, 89, 108	250	258	121	253	95	160	14	10 – 14	10,3
650	25°	950	63, 76, 89, 108	250	258	121	276	101	160	14	10 – 14	10,4

Tab. 19: Abmessungen eines Obertrums von TRANZA

### C-1.2. Untertrum

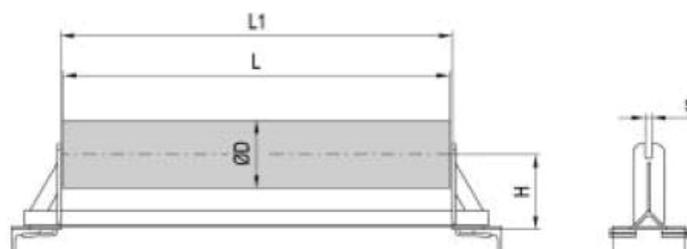


Abb. 26: Skizze eines Untertrums

Belt width (mm)	Dimensions (mm)										Weight (kg)
	E	D	L	L1	H	b	s	[			
400	700	63, 76, 89	500	508	106	140	14	10 – 14	4,8		
500	800	63, 76, 89	600	608	106	140	14	10 – 14	4,9		
650	950	63, 76, 89	750	758	146	140	14	10 – 14	5,7		

Tab. 20: Abmessungen eines Untertrums von TRANZA

## D. Gurtabstreifer

Um einen ungleichmäßigen Bandlauf zu vermeiden, der durch haftendes Fördergut verursacht wird, werden Bandreiniger bzw. Gurtabstreifer als Präventivmaßnahme eingesetzt.



Abb. 27: Gurtabstreifer

## E. Spezifische Daten für Gurte

### E-1. Gurtverbindungen

Um ein Endlosband herstellen zu können werden die Gurtenden entweder mechanisch mit z.B.: einem Gurtschloss verbunden oder vulkanisiert bzw. geklebt. Eine mechanische Verbindung ist jedoch nur für leichte Bandanlagen geeignet, da etwa nur 70% des Gurtzuges übertragen werden können.

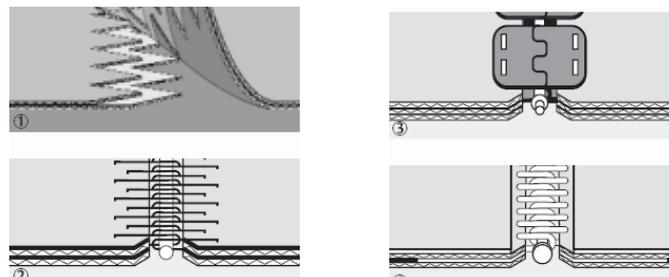
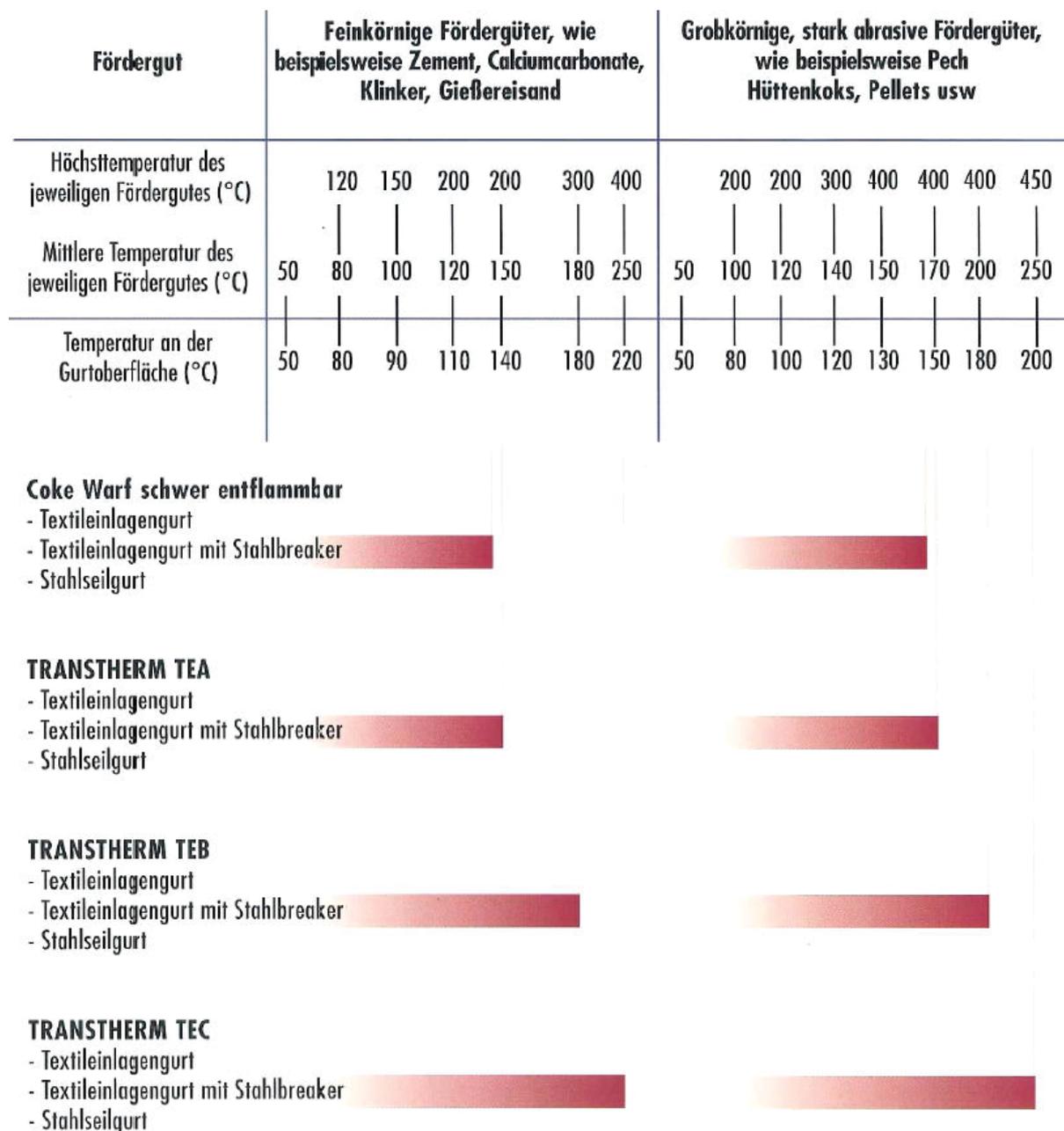


Abb. 28: Gurtverbindungen

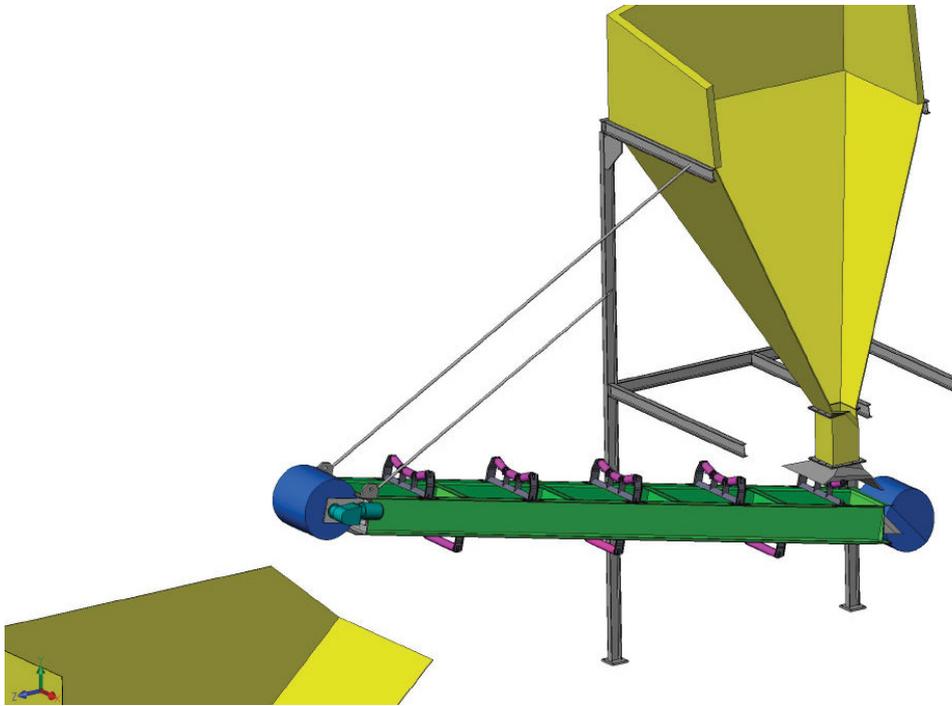
Aufgrund Ihrer Temperaturbeständigkeit können Transtherm - Fördergurte empfohlen werden.

**E-2. Hersteller: SEMPERIT**

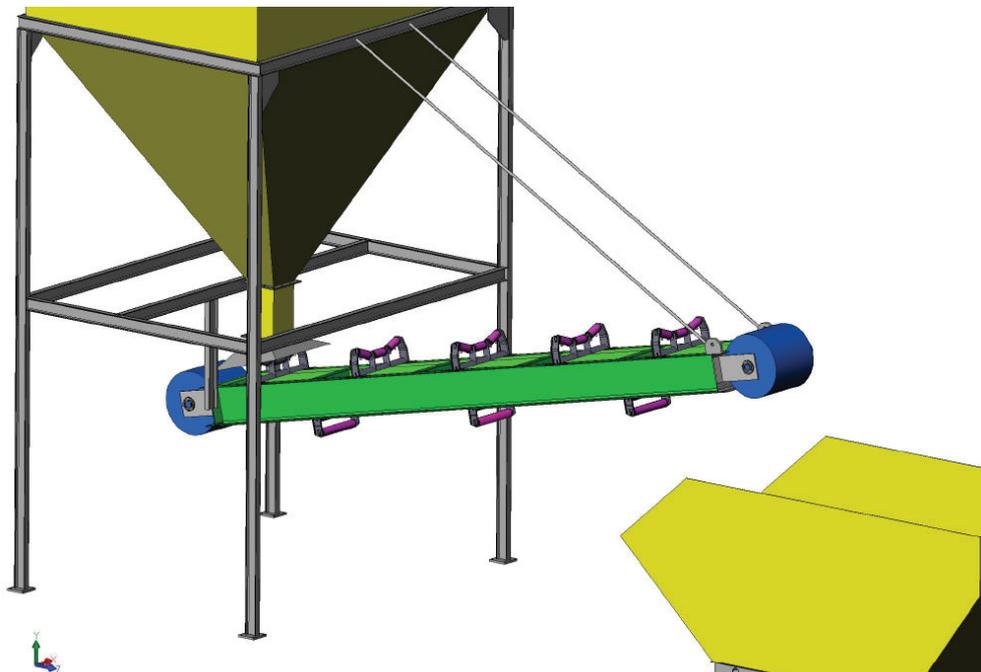


**Tab. 21:** Fördergurtauswahl von SEMPERIT

## F. Konstruktive Ausführung



**Abb. 29:** Konstruktion eines Bandförderers mit Muldenentleerung (Isometrischer Schnitt)



**Abb. 30:** Konstruktion eines Bandförderers mit Muldenentleerung (Isometrische Ansicht)

## 4.2. Kettenförderer

Bei Kettenförderern läuft eine Ein- oder Mehrstrangkette um eine Antriebs- und Spannstation um, welche mit Mitnehmern bestückt ist. Die in regelmäßigen Abständen angebrachten Mitnehmer sorgen für den Schüttguttransport in einer Rinne.

Aufgrund der Mitnehmerform werden prinzipiell 2 Kettenfördersysteme unterschieden:

- Trogkettenförderer
- Rohrkettenförderer

### **Vorteile:**

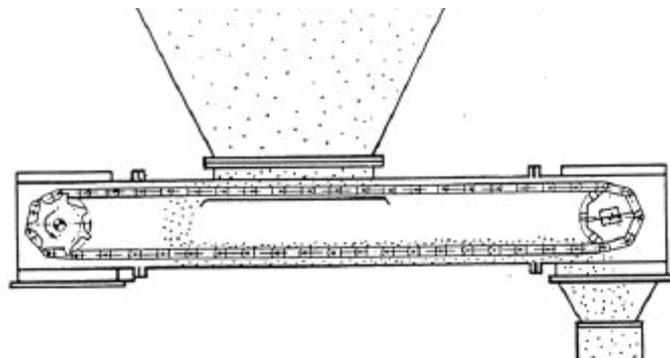
- Geschlossener Trog (dadurch keine Staubbildung)
- Geringer Platzbedarf
- Einfache Gutauf- und Abgabe an verschiedenen Stellen
- Einfache Wartung, weil auf dem Förderweg keine Schmierstellen vorhanden sind

### **Nachteile:**

- Starker Ketten- und Trogverschleiß aufgrund der nicht vorhandenen Schmierung
- Größerer Kraftbedarf

#### 4.2.1. Trogkettenförderer

Bei der Ausführung des Kettenförderers als Trogkettenförderer handelt es sich um eine geschlossene Anordnung. Der Trogkettenförderer hat seine Vorteile bei der Beförderung von Schüttgütern bis zu einer Partikelgröße von 100 mm. Es wird damit vor allem anbackendes, abrasives und heißes (bis zu 1000 °C) Schüttgut befördert. Ungeeignet sind Kettenförderer für empfindliche Schüttgüter.



**Abb. 31:** Skizze eines Trogkettenförderer [ 11 ]

Mögliche Mitnehmervarianten für Trogkettenförderer:

- Flache Mitnehmer für horizontale Förderung
- U-förmige Mitnehmer für schräg bis senkrecht Förderung
- O-förmige Mitnehmer für senkrechte Förderung (mit zusätzlichen Mitnehmerblechen möglich)



**Abb. 32:** Mitnehmer für Trogkettenförderer [ 5 ]



Abb. 33: Trogkettenförderer [ 13 ]

## A. Berechnung zur Auslegung eines Trogkettenförderer

### A-1. Förderstrom

#### A-5.1. Angaben

$$\text{Massenstrom: } \dot{m} = \dot{V} \cdot \rho_s \text{ [kg/h]} = 600 \text{ [kg/h]} = 0,6 \text{ [t/h]}$$

Glg. 4-26

$$\text{Volumenstrom: } \dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho_s} \text{ [m}^3\text{/h]}$$

Glg. 4-27

Dichte $\rho_s$ [t/m <sup>3</sup> ]	Volumenstrom $\dot{V}$	
	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /s]
0,68 (trocken)	0,88	0,000245
1,20 (feucht)	0,50	0,000139

Tab. 22: Volumenstrom in Abhängigkeit der Dichte

### A-5.2. Annahmen:

Förderlänge: 5000 [mm] = 5,0 [m]  
Rinnenbreite: B = 300 [mm]  
Rinnenquerschnitt rechteckig

$$m = \frac{B}{h} \quad \text{Glg. 4-28}$$

m = Verhältnis Rinnenbreite / Rinnenhöhe (m = 2,4 ... 4)

bei m = 3 ergibt sich eine Rinnenhöhe von h = 100 [mm]

bei m = 4 ergibt sich eine Rinnenhöhe von h = 75 [mm]

$$\text{Max. Volumenstrom: } I_V = \frac{I_G}{\rho_S} = \frac{\dot{m}}{\rho_S} = \frac{0,6}{0,68} = 0,88 \text{ [m}^3/\text{h]} \quad \text{Glg. 4-29}$$

$\dot{m} = I_G =$  gewichtmäßiger Förderstrom [t/h]

$\rho_S =$  Schüttgewicht [t/m<sup>3</sup>]

$$A = \frac{I_V}{3600 \cdot v \cdot k} \quad \text{daraus folgt} \quad v = \frac{I_V}{3600 \cdot A \cdot k} \quad \text{Glg. 4-30}$$

k = Minderungsfaktor bei geneigter Förderung (k = 1 bei 0°Neigung)

$$v = \frac{I_V}{3600 \cdot A \cdot k} = \frac{0,88}{3600 \cdot 0,03 \cdot 1} = 0,00817 \text{ [m/s]} \quad \text{.... für h = 100 [mm]}$$

$$v = \frac{I_V}{3600 \cdot A \cdot k} = \frac{0,88}{3600 \cdot 0,0225 \cdot 1} = 0,01089 \text{ [m/s]} \quad \text{.... für h = 75 [mm]}$$

## A-2. Antriebsleistung

$$F_U = f_{ges} \cdot L \cdot g \cdot \left( G_M + \frac{I_G}{3,6 \cdot v} \right) \pm \frac{I_G \cdot H}{3,6 \cdot v} \cdot g \quad \text{Glg. 4-31}$$

+ bei ansteigender Förderung  
- bei fallender Förderung

$F_U$  = Umfangskraft an der Antriebstrommel [N]

$L$  = Förderlänge (waagrechte Projektion) [m]

$H$  = Förderhöhe [m]

$G_M$  = Metergewicht von Ober- und Untertrum [kg/m]

$I_G$  = gewichtsmäßiger Förderstrom [t/h]

$v$  = Fördergeschwindigkeit [m/s]

$f_{ges}$  = Gesamtreibungsbeiwert

$$f_{ges} = 0,3 \div 0,6$$

bei nicht schleifenden Mitnehmern

$$f_{ges} = 0,5 \div 0,9$$

bei schleifenden Mitnehmern

**Annahme:**  $G_M = 35$  [kg/m]

$$F_U = f_{ges} \cdot L \cdot g \cdot (G_M + G_G) \pm G_G \cdot g \cdot H \quad \text{wobei} \quad G_G = \frac{I_G}{3,6 \cdot v} \quad \text{Glg. 4-32}$$

$$G_G = \frac{I_G}{3,6 \cdot v} = \frac{0,6}{3,6 \cdot 0,01089} = 15,3 \text{ [kg/m]} \quad \text{Glg. 4-33}$$

$G_G$  = Metergewicht des Fördergutes [kg/m]

$$F_U = f_{ges} \cdot L \cdot g \cdot (G_M + G_G)$$

$$F_U = 0,9 \cdot 5 \cdot 9,81 \cdot (35 + 15,3) = 2220,49 \text{ [N]} \quad \text{Glg. 4-34}$$

$$P_V = \frac{F_U \cdot v}{\eta_{ges}}$$

$$P_V = \frac{2220,49 \cdot 0,01089}{0,8} = 0,03023 \text{ [kW]} = 30,23 \text{ [W]}$$

Glg. 4-35

$$P_V = 30,23 \text{ W}$$

$P_V$  = Leistung [kW]

$F_U$  = Umfangkraft an der Antriebstrommel [kN]

$v$  = Fördergeschwindigkeit [m/s]

$\eta_{ges}$  = Gesamtwirkungsgrad,  $\eta_{ges} = 0,8$

### A-3. Zusammenfassung

Förderlänge	5000 [mm]
Rinnenbreite	300 [mm]
Max. Geschwindigkeit	
Bei Rinnenhöhe $h = 100$ [mm]	0,00817 [m/s]
Bei Rinnenhöhe $h = 75$ [mm]	0,01089 [m/s]
Umfangskraft	2220,49 [N]
Leistung	30,23 [W]

Tab. 23: Zusammenstellung der spezifischen Daten

## B. Bestandteile des Trogkettenförderers

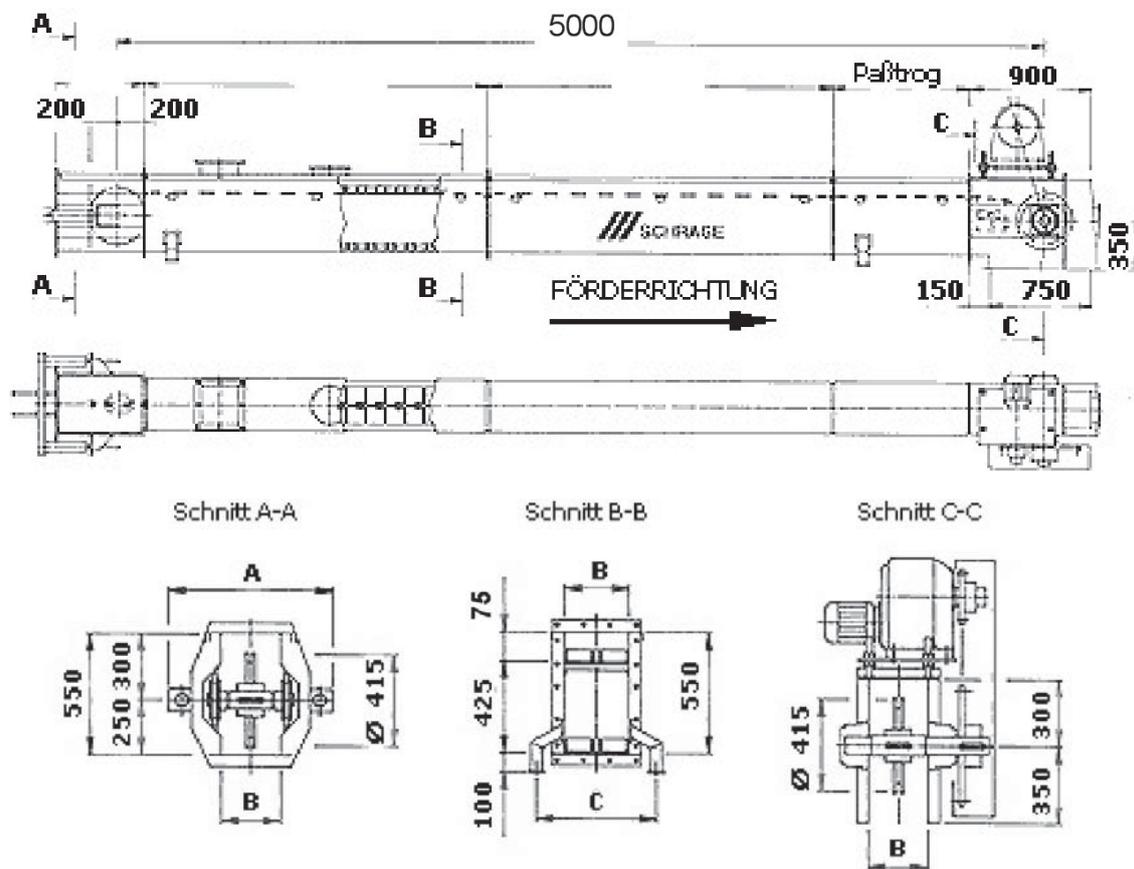


Abb. 34: Schematische Darstellung eines Trogkettenförderers [ 5 ]

### B-1. Hersteller: SCHRAGE Anlagenbau GmbH & Co. KG

Theoretische Förderleistung in [m<sup>3</sup>/h]

Baugröße	v = 0,1 [m/s]	v = 0,2 [m/s]	v = 0,3 [m/s]
Tkf 200	14,4	28,8	43,2
Tkf 250	18,0	36,0	54,0
Tkf 315	22,6	45,4	68,0

Tab. 24: Abmessungen eines Trogkettenförderers von SCHRAGE

#### 4.2.2. Rohrkettenförderer

Eine ebenso geschlossene Ausführung ist der Rohrkettenförderer, der aus einem Rohrsystem besteht in dem eine Endloskette umläuft. Die in regelmäßigen Abständen angeordneten Mitnehmerscheiben befördern das Schüttgut durch das Rohr. Sind die Mitnehmerscheiben mit Übermaß gefertigt, kann der Förderer für druckdichten Betrieb eingesetzt werden.

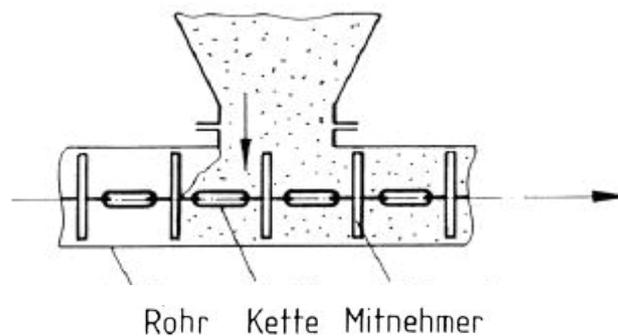


Abb. 35: Skizze eines Rohrkettenförderer [ 11 ]

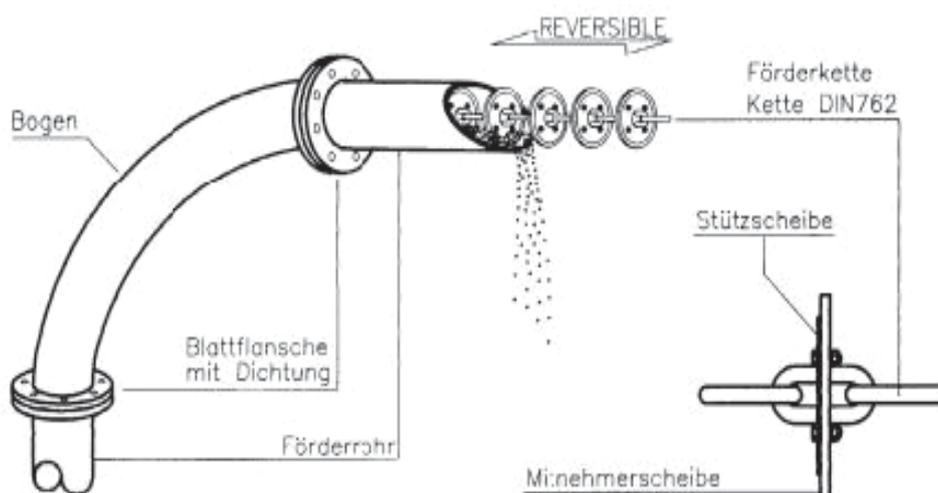


Abb. 36: Mitnehmerausführung für Rohrkettenförderer [ 5 ]

### 4.3. Schneckenförderer

Schneckenförderer sind Schüttgutförderer für waagrechte oder geneigte Förderung mit ruhendem Trog als Tragorgan und angetriebener Schneckenwelle als Schuborgan.

Schneckenförderer sind sehr weit verbreitet und zählen zu den ältesten Fördermitteln überhaupt. Die Einsatzgebiete sind im Besonderen der Transport von feinen, staubförmigen Schüttgütern wie Asche, Holzmehl, Mais, Zement, Sand oder Kohlenstaub. Sie können bei entsprechender Ausführung jedoch auch zusätzliche Aufgaben, zum Beispiel Kühlen, Heizen oder Mischen erfüllen.

Sie bestehen im wesentlichen aus 3 Teilen:

- Trog bzw. Rohr
- Förderschnecke
- Antrieb

Der Schneckenförderer besteht aus einem Trog mit kreis- oder u-förmigen Querschnitt. Auf einer rotierenden Schneckenwelle ist die Schneckenwendel angebracht, die das Schüttgut im Trog vorwärts bewegt. Wenn möglich sollte der Antrieb der Schnecke in Förderrichtung angeordnet sein, damit die Schnecke auf Zug belastet ist. Dies ist insbesondere bei Förderschnecken ohne Schneckenwelle zu beachten. Die Förderleistung von Schnecken steigt linear mit der Schneckendrehzahl.

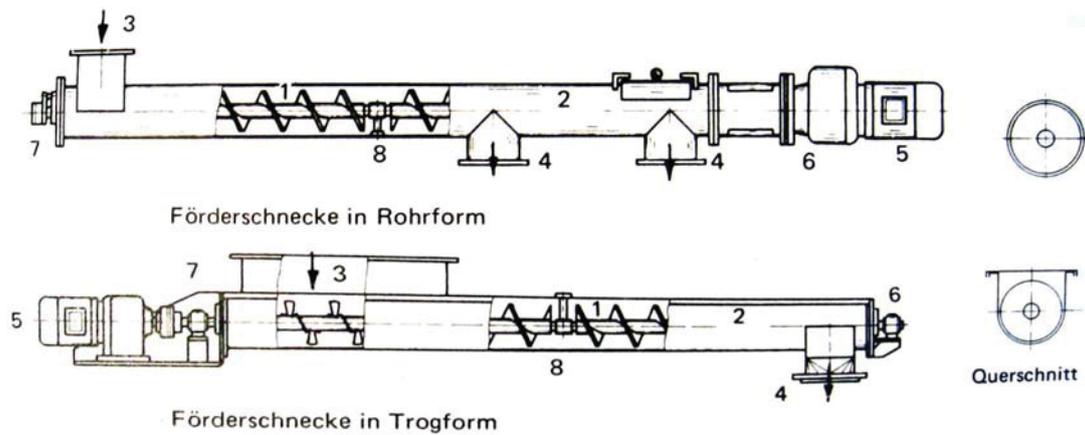


Abb. 37: Förderschneckenvarianten

**Vorteile:**

- Die gekapselte, also staubfreie Ausführung und die Möglichkeit der Auf- und Abgabe an mehreren Stellen wie bei Kettenförderer
- Die geringe Störanfälligkeit, weil die Schnecke den einzigen beweglichen Bestandteil bildet
- Die Möglichkeit zur Förderung von heißen Gütern

**Nachteile:**

- Höhere Antriebsleistung
- Der große Verschleiß der Schnecke und der Auskleidungsbleche des Trogs bzw. des Rohres
- Nur für kleine Förderlängen (1 ÷ 40m) bzw. Förderhöhen

## A. Berechnung zur Auslegung eines Schneckenförderer

### A-1. Allgemeine Angaben

$$\text{Massenstrom: } \dot{m} = \dot{V} \cdot \rho_s \text{ [kg/h]} = 600 \text{ [kg/h]} = 0,6 \text{ [t/h]} \quad \text{Glg. 4-36}$$

$$\text{Volumenstrom: } \dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho_s} \text{ [m}^3\text{/h]} \quad \text{Glg. 4-37}$$

Dichte $\rho_s$ [t/m <sup>3</sup> ]	Volumenstrom $\dot{V}$	
	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /s]
0,68 (trocken)	0,88	0,000245
1,20 (feucht)	0,50	0,000139

**Tab. 25:** Volumenstrom in Abhängigkeit der Dichte

Die Förderwirkung entsteht durch Zusammenwirken von Flieh- und Schwerkraft. Bei einer Drehzahl

$$n > \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{2g}{D}} \quad \text{Glg. 4-38}$$

überwiegt die Fliehkraft, das Gut dreht sich mit. Es erfolgt keine Förderung!

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot \dot{m}}{\pi \cdot 0,8 \cdot n \cdot \varphi \cdot k \cdot \rho_s}} \quad \text{Glg. 4-39}$$

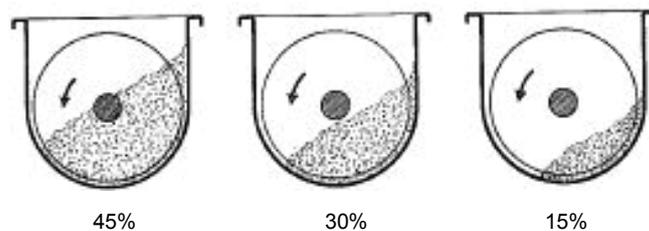
D = Schneckendurchmesser [m]  
 $\dot{m}$  = Massenstrom [kg/s]  
 n = Drehzahl [1/min]  
 $\varphi$  = Füllungsgrad [%]  
 k = Faktor bei ansteigender Förderung  
 $\rho_s$  = 0,68 [t/m<sup>3</sup>] trocken

### A-1.1. Annahmen

$$\text{Drehzahl } n = 30 \text{ [min}^{-1}\text{]}$$

$$\text{Massenstrom } \dot{m} = 0,6 \text{ [t/h]}$$

Der Füllungsgrad kann bei einem Schneckenförderer zwischen 15% bis 45% variieren, da er von den Materialeigenschaften des Fördergutes, der Art der Zuführung bzw. von der Fördermenge abhängig ist. Bei Schnecken bei denen ein Mittellager vorhanden ist, sollte der Fördergutstrom nicht höher als bis zur Unterkante des Mittellagers sein. Daraus würde einer verzögerter Materialfluss und ein erhöhter Kraftbedarf resultieren, welches auch zu einem erhöhten Risiko des Verstopfens führt.



**Abb. 38:** Füllungsgrad abhängig von den Materialeigenschaften [ 3 ]

Schneckendurchmesser D bei Füllungsgrad  $\varphi = 15\%$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot \dot{m}}{\pi \cdot 0,8 \cdot n \cdot \varphi \cdot k \cdot \rho_s}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 0,6}{\pi \cdot 0,8 \cdot 30 \cdot 0,15 \cdot 1 \cdot 0,68}} = 0,1733 \text{ [m]} \quad \text{Glg. 4-40}$$

Schneckendurchmesser D bei Füllungsgrad  $\varphi = 12,5\%$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot \dot{m}}{\pi \cdot 0,8 \cdot n \cdot \varphi \cdot k \cdot \rho_s}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 0,6}{\pi \cdot 0,8 \cdot 30 \cdot 0,125 \cdot 1 \cdot 0,68}} = 0,1841 \text{ [m]} \quad \text{Glg. 4-41}$$

Steigung (s) der Förderschnecke

$$\frac{s}{D} = 0,8$$

Glg. 4-42

Steigung der Schnecke bei 15% Füllungsgrad:  $s = 0,8 \cdot D = 0,8 \cdot 0,1732 = 0,1386$

Steigung der Schnecke bei 15% Füllungsgrad:  $s = 0,8 \cdot D = 0,8 \cdot 0,1841 = 0,1472$

**Folgende Dimension der Schnecke wurde gewählt:**

Durchmesser  $D = 200$  [mm]

Steigung  $s = 160$  [mm]

Für die Transportgeschwindigkeit des Schneckenförderers ergibt sich:

$$v = s \cdot n$$

$$v = \frac{0,16 \cdot 30}{60} = 0,08 \text{ [m/s]}$$

Glg. 4-43

## A-2. Antriebsleistung

$$P = \frac{\dot{m} \cdot g \cdot (f_{ges} \cdot L \pm H)}{\eta_{ges}}$$

Glg. 4-44

- + bei ansteigender Förderung
- bei fallender Förderung

P = Antriebsleistung an der Schneckenwelle [kW]

$\dot{m}$  = Massenstrom [kg/s]

$f_{ges}$  = Gesamtverlustbeiwert

L = Förderlänge [m]

H = Förderhöhe [m]

$\eta_{ges}$  = Gesamtwirkungsgrad,  $\eta_{ges} = 0,8$

**Annahmen:**

Förderlänge  $L = 5000 \text{ [mm]} = 5,0 \text{ [m]}$

Gesamtverlustbeiwert  $f_{ges} = 5$

$$P = \frac{\dot{m} \cdot g \cdot (f_{ges} \cdot L)}{\eta_{ges}} = \frac{600}{3600} \cdot 9,81 \cdot (5 \cdot 5,0) = 51,09 \text{ [W]}$$

**Glg. 4-45**

**P = 51,09 W**

**A-3. Zusammenfassung**

Drehzahl	30 [min <sup>-1</sup> ]
Min. Schneckendurchmesser	
Füllungsgrad 15,0%	0,1733 [m]
Füllungsgrad 12,5%	0,1841 [m]
Gewählte Schnecke	
Schneckendurchmesser	200 [mm]
Steigung	160 [mm]
Transportgeschwindigkeit	0,08 [m/s]
Förderlänge	5000 [mm]
Leistung	51,09 [W]

**Tab. 26:** Zusammenstellung der spezifischen Daten

**A-4. Herstellers: SCHRAGE Anlagenbau GmbH & Co. KG [ 5 ]**

Schnecken- Ø	Steigung	Q(m³/h)	n(min-1)	Fördergut als Beispiel
160	160	2,5	70	
200	200	4	64	
250	250	6,5	55	
315	300	11	50	
400	350	18	45	
500	400	29	40	
630	450	45	35	
800	500	70	32	
<b>Füllungsgrad = 15%</b>				
Asbest, Asche, Erz, E-Filterstaub, Flugasche, Kakao-Bohnen, Kohle, Kies, Soda, Schlamm, Schwefel, Sand, Ton, Zucker, Rübenschnitzel				

**Tab. 27:** Abmessungen eines Schneckenförderers von SCHRAGE

## B. Konstruktive Ausführung

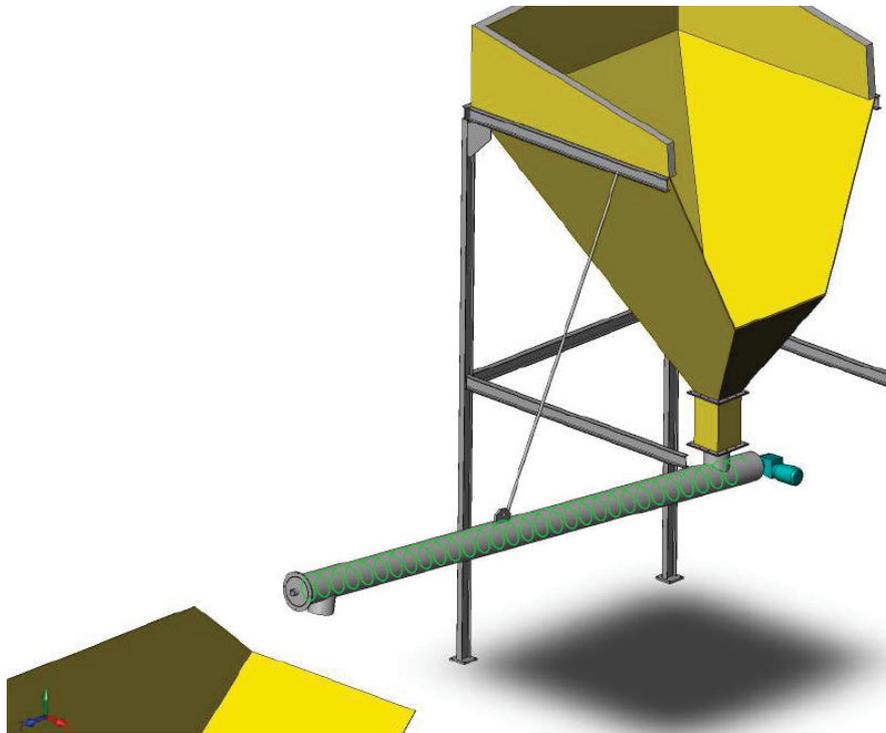


Abb. 39: Konstruktion einer Förderschnecke mit Muldenentleerung (Isometrischer Schnitt)

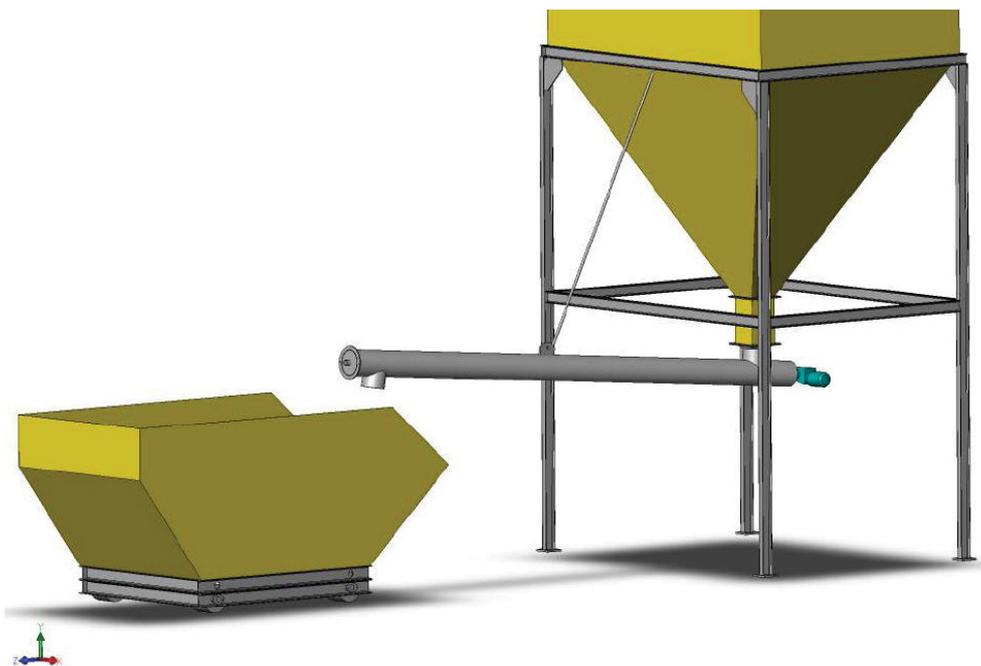


Abb. 40: Konstruktion einer Förderschnecke mit Muldenentleerung (Isometrische Ansicht)

#### 4.4. Schwingförderer

Schwingförderer arbeiten mit Schwingungserregern, die das Schüttgut in eine gerichtete Schwingung versetzen und so zum Austragen bewegen. Als Erreger werden häufig Unwuchtmotoren und elektromagnetische Vibratoren eingesetzt.

Eine Schwingrinne besteht aus einem Trog bzw. Rohr das unter der Austragsöffnung angeordnet ist. Soll Gut ausgetragen werden wird der Trog bzw. das Rohr in Schwingung versetzt. Je nach Schwingintensität verändert sich der Massenstrom.

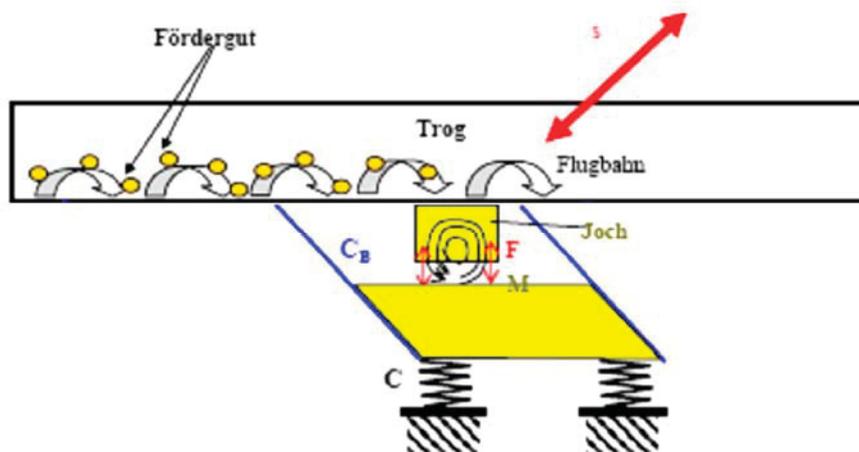


Abb. 41: Funktionsmodell einer Schwingförderrinne mit einem Schwingerreger

#### Vorteile:

- Die einfache Bauweise der Förderorgane ohne sich gegeneinander bewegende Teile gestattet
  - die Kapselung (Förderung giftiger und staubender Güter)
  - die ökonomische Verwendung von Sonderwerkstoffen (Förderung heißer und aggressiver Güter)
  - die Auskleidung mit Gummi und Plastwerkstoffen (Förderung klebender und abrasiver Güter)

- Neben der Förderung grobstückigem bis feinstkörnigem Schüttgutes können auch technologische Funktionen wie z.B. abkühlen erfüllt werden
- Bei den nach dem Wurfprinzip arbeitenden Schwingförderern ist der Fördervorgang äußerst verschleißarm

**Nachteile:**

- Bei größeren Förderlängen ist der Durchsatz gering
- Die Förderlängen sind gering

Fördermenge	Förderlänge
200 ÷ 300 m³/h	Bis 40 m (in Sonderfällen 80m)
> 1000 m³/h	Nicht länger als 5 m

**Tab. 28:** Einteilung von Stetigförderer nach Funktionsprinzip

- In Abhängigkeit vom Fördergut können Lärmbelästigungen auftreten
- Bei der Aufstellung sind Isolationsmaßnahmen erforderlich, damit keine störenden Schwingungen in die Umgebung getragen werden

**A. Berechnung zur Auslegung eines Schwingförderers**

**A-1. Angaben**

Massenstrom:  $\dot{m} = \dot{V} \cdot \rho_s$  [kg/h] = 600 [kg/h] = 0,6 [t/h] **Glg. 4-46**

Volumenstrom:  $\dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho_s}$  [m³/h] **Glg. 4-47**

Dichte $\rho_s$ [t/m³]	Volumenstrom $\dot{V}$	
	[m³/h]	[m³/s]
0,68 (trocken)	0,88	0,000245
1,20 (feucht)	0,50	0,000139

**Tab. 29:** Volumenstrom in Abhängigkeit der Dichte

### A-1.1. Annahmen:

Förderlänge  $L = 5000 \text{ [mm]} = 5,0 \text{ [m]}$



Abb. 42: Schwingförderrohr [ 14 ]

Folgende Punkte sind bei Schwingförderern zu ermitteln:

- **Förderquerschnitt**
  - Kreisquerschnitt
  - Rechteckquerschnitt
- **Erforderliche Fördergeschwindigkeit**
- **Schwingungstechnischen Daten**
- **Antriebsleistung**

Je nach Konstruktion wird ein Kreisquerschnitt für einen Rohrschwingförderer und ein Rechteckquerschnitt für eine Schwingrinne angenommen.

## A-2. Schwingrohrförderer

### A-2.1. Kreisförmiger Förderquerschnitt

$$\text{Kreisquerschnitt: } A_s = \frac{(d - 2 \cdot s)^2}{8} \pi$$

Glg. 4-48

**Annahmen:**

Außendurchmesser  $d = 200$  [mm],  
Wandstärke  $s = 3$  [mm]

$$A_s = \frac{(d - 2 \cdot s)^2}{8} \pi = \frac{(0,2 - 2 \cdot 0,003)^2}{8} \pi = 1,4779 \cdot 10^{-2} \text{ [m}^2\text{]} \quad \text{Glg. 4-49}$$

**A-2.2. Erforderliche Fördergeschwindigkeit**

Fördergeschwindigkeit:  $v = \frac{\dot{V}}{3600 \cdot A_s}$

$$v = \frac{0,88}{3600 \cdot 0,014779} = 0,01658 \text{ [m/s]} \quad \text{Glg. 4-50}$$

$A_s$  = Querschnittsfläche

$\dot{V}$  = Volumenstrom

Die theoretische Fördergeschwindigkeit ergibt sich aus  $v$  unter Berücksichtigung der Korrekturfaktoren  $k_1$  bis  $k_4$ .

$$v_{th} = \frac{v}{k_1 \cdot k_2} \quad \text{Glg. 4-51}$$

$k_1$  = Korrekturfaktor für Unwuchtantrieb mit Erregerkreisfrequenz  $\Omega = 50$  [1/s]

$k_2$  = Schütthöhenfaktor,  $k_2 \sim 0,9$

$k_3$  und  $k_4$  werden mit 1 eingesetzt

Theoretische Fördergeschwindigkeit:  $v_{th} = \frac{v}{k_1 \cdot k_2} = \frac{0,01658}{0,95 \cdot 0,9} = 0,01939 \text{ [m/s]}$

### A-2.3. Festlegung der Schwingtechnischen Daten

$$\text{Wurfdauerfaktor: } \bar{n} = \sqrt{\frac{2 \cdot f_{err} \cdot v_{th}}{g \cdot \cot \beta}} \quad \text{Glg. 4-52}$$

$\bar{n}$  = Wurfdauerfaktor

$f_{err}$  = Erregerkreisfrequenz,  $f_{err} = 50$  [1/s]

$\beta$  = Schwingwinkel,  $\beta = 30^\circ$

$v_{th}$  = Theoretische Fördergeschwindigkeit [m/s]

$$\bar{n} = \sqrt{\frac{2 \cdot f_{err} \cdot v_{th}}{g \cdot \cot \beta}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 50 \cdot 0,01939}{9,81 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 1,732}} = 0,13479 \quad \text{Glg. 4-53}$$

Die zugehörige Wurfkennziffer  $\Gamma = 1,05$

Dadurch lässt sich die erforderliche Amplitude A des Förderorgans ermitteln.

$$A = \frac{\Gamma \cdot g}{\Omega^2 \cdot \sin \beta} \quad \text{Glg. 4-54}$$

$\Omega$  = Erregerkreisfrequenz [1/s]

$$A = \frac{\Gamma \cdot g}{(2 \cdot \pi \cdot f)^2 \cdot \sin \beta} = \frac{1,05 \cdot 9,81}{(2 \cdot \pi \cdot 50)^2 \cdot \sin 30} = 0,0002087 \text{ [m]} \quad \text{Glg. 4-55}$$

$$\text{Maschinenkennziffer: } K = \frac{\Gamma}{\sin \beta}$$

$$K = \frac{\Gamma}{\sin \beta} = \frac{1,05}{0,5} = 2,1 \quad \text{Glg. 4-56}$$

K = Maschinenkennziffer

$\Gamma$  = Wurfkennziffer

## Antriebsleistung

$$P = \frac{m_G \cdot g^2}{1000 \cdot \Omega} \cdot \left[ \frac{K^2}{4 \cdot \pi} \cdot f(\bar{n})^2 - \Gamma \cdot \bar{n} \cdot f(\bar{n}) + \bar{n}^2 \cdot \pi \right] \quad \text{Glg. 4-57}$$

Schüttgutmasse:  $m_G = A_S \cdot L \cdot \rho_S$  Glg. 4-58

$$m_G = 0,0148 \cdot 5 \cdot 1,2 = 0,089 \text{ [t]} = 89 \text{ [kg]}$$

$$f(\bar{n}) = 0,6$$

$$P = \frac{89 \cdot 9,81^2}{1000 \cdot 50} \cdot \left[ \frac{2,1^2}{4 \cdot \pi} \cdot 0,6^2 - 1,05 \cdot 0,13479 \cdot 0,6 + 0,13479^2 \cdot \pi \right] = 0,0169 \text{ [kW]}$$

$$\mathbf{P = 16,9 [W]}$$

## A-3. Schwingförderrinne

### A-3.1. Rechteckiger Förderquerschnitt

Rechteckquerschnitt:  $A_S = B \cdot H$  Glg. 4-59

#### Annahmen:

Breite  $B = 200 \text{ [mm]}$ ,

Höhe  $H = 150 \text{ [mm]}$

$$A = B \cdot H = 0,2 \cdot 0,15 = 3 \cdot 10^{-2} \text{ [m}^2\text{]} \quad \text{Glg. 4-60}$$



Abb. 43: Schwingförderrinne [ 15 ]

### A-3.2. Erforderliche Fördergeschwindigkeit

Fördergeschwindigkeit:

$$v = \frac{\dot{V}}{3600 \cdot A} = \frac{0,88}{3600 \cdot 0,03} = 0,00817 \text{ [m/s]} \quad \text{Glg. 4-61}$$

Theoretische Fördergeschwindigkeit:

$$v_{th} = \frac{v}{k_1 \cdot k_2} = \frac{0,00817}{0,95 \cdot 0,9} = 0,00955 \text{ [m/s]} \quad \text{Glg. 4-62}$$

### A-3.3. Festlegung der Schwingtechnischen Daten

$$\text{Wurfdauerfaktor: } \bar{n} = \sqrt{\frac{2 \cdot f_{err} \cdot v_{th}}{g \cdot \cot \beta}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 50 \cdot 0,00955}{9,81 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 1,732}} = 0,09461 \quad \text{Glg. 4-63}$$

Die zugehörige Wurfkennziffer  $\Gamma = 1,05$

Dadurch lässt sich die erforderliche Amplitude A des Förderorgans ermitteln.

$$A = \frac{\Gamma \cdot g}{\Omega^2 \cdot \sin \beta} \quad \text{Glg. 4-64}$$

$$A = \frac{\Gamma \cdot g}{\Omega^2 \cdot \sin \beta} = \frac{\Gamma \cdot g}{(2 \cdot \pi \cdot f)^2 \cdot \sin \beta} = \frac{1,05 \cdot 9,81}{(2 \cdot \pi \cdot 50)^2 \cdot \sin 30} = 0,0002087 \text{ [m]}$$

$$\text{Maschinenkennziffer: } K = \frac{\Gamma}{\sin \beta} \quad \text{Glg. 4-65}$$

$\Gamma =$  Wurfkennziffer

$$K = \frac{\Gamma}{\sin \beta} = \frac{1,05}{0,5} = 2,1$$

#### A-3.4. Antriebsleistung

$$P = \frac{m_G \cdot g^2}{1000 \cdot \Omega} \cdot \left[ \frac{K^2}{4 \cdot \pi} \cdot f(\bar{n})^2 - \Gamma \cdot \bar{n} \cdot f(\bar{n}) + \bar{n}^2 \cdot \pi \right] \quad \text{Glg. 4-66}$$

$$\text{Schüttgutmasse: } m_G = A_S \cdot L \cdot \rho_S \quad \text{Glg. 4-67}$$

$$m_G = A_S \cdot L \cdot \rho_S = 0,03 \cdot 5 \cdot 1,2 = 0,18 \text{ [t]} = 180 \text{ [kg]}$$

$$f(\bar{n}) = 0,6$$

$$P = \frac{180 \cdot 9,81^2}{1000 \cdot 50} \cdot \left[ \frac{2,1^2}{4 \cdot \pi} \cdot 0,6^2 - 1,05 \cdot 0,13479 \cdot 0,6 + 0,13479^2 \cdot \pi \right] = 0,0341 \text{ [kW]}$$

$$\mathbf{P = 34,1 [W]}$$

### A-3.5. Zusammenfassung

Förderlänge	5000 [mm]
Kreisquerschnitt	
Förderquerschnitt	0,015 [mm <sup>2</sup> ]
Durchmesser	200 [mm]
Wandstärke	3 [mm]
Fördergeschwindigkeit	0,01939 [m/s]
Antriebsleistung	16,9 [W]
Rechteckquerschnitt	
Förderquerschnitt	003 [mm <sup>2</sup> ]
Breite	200 [mm]
Höhe	150 [mm]
Fördergeschwindigkeit	0,00955 [m/s]
Antriebsleistung	34,1 [W]

Tab. 30: Zusammenstellung der spezifischen Daten

## B. Bestandteile des Schwingförderers

### B-1. Hersteller: ROSTA Schwingelemente

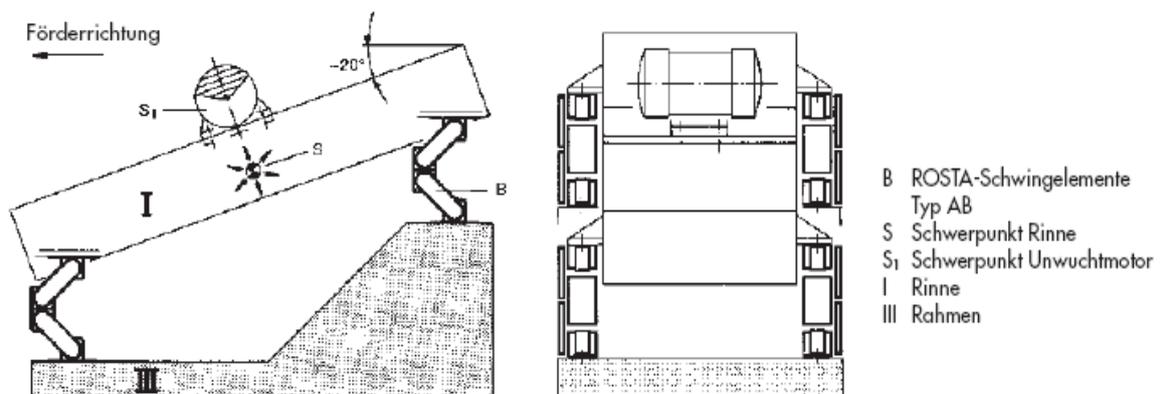


Abb. 44: Schwingelemente

## 4.5. Pneumatische Förderung

Pneumatische Förderer sind Förderer, die das Fördergut innerhalb eines Rohrsystems in senkrechter, waagrecht und schräger Richtung im Luftstrom fördern. Der Luftstrom kann durch Druckluft oder Saugluft erzeugt werden.

Unter einer pneumatischen Förderung wird im Allgemeinen der Transport von Feststoffen mit Hilfe von strömenden Gasen (Luft) verstanden. Dabei erfolgt der Transport in Rohrleitungen oder so genannten pneumatischen Rinnen.

Bei besonderen Fördergütern (bei Gütern mit Explosionsgefahr durch mögliche Reaktion mit dem Transportgas) ist die Möglichkeit der Verwendung eines „Schutzgases“ gegeben, wodurch eine Gefährdung des Gutes und der Umgebung vermieden werden kann. Als Fördergüter für die pneumatische Förderung sind körnige und pulverförmige rieselfähige Feststoffe geeignet.

Das Prinzip der pneumatischen Förderung ist:

Die in die Strömung eingeschleusten Feststoffteilchen werden infolge des Strömungswiderstandes von der Luft erfasst, beschleunigt und durch die Rohrleitungen mitgeführt.

<b>Entscheidungs- Kriterium</b>	<b>Pneumatische Förderung</b>	<b>Mechanische Förderung</b>
Energieverbrauch	Groß durch Gutreibung	Gering
Förderweg	<i>Flexibel in allen Richtungen</i>	Häufig nur gerade Wege
Gutaufgabe	<i>Einfach bei Sauganlagen</i>	Meistens nur mit Vordosierung
Gutbeanspruchung	Groß bei Flugförderung	<i>Gering</i>
Anlagenverschleiß	<i>Gering</i>	Groß bei hartem Korn
Größe des Korndurchmessers	Begrenzt	<i>Bei Bandförderung fast unbegrenzt</i>
Große Korndichte	Energiebedarf steigt an	<i>Unbedeutend</i>
Andere Guteigenschaften	Verstopfungsfahrer	<i>Unbedeutend</i>
Aufwand für Antrieb	Groß (Gebläse)	<i>Gering</i> (Getriebemotor)
Aufwand für Förderweg	<i>Gering</i> (Rohr)	Groß (Fördermittel)
Vermischung bei Sortenwechsel	<i>Vermeidbar</i>	Besondere Reinigungsvorrichtungen
Staubfreie Förderung	<i>Durch Abluftfilter</i>	Aspirationsanlage erforderlich
Gefahr einer Staubexplosion	<i>Vermeidbar durch Förderung unter Schutzgas</i>	Schlecht beherrschbar
Hohe Temperaturen	<i>Möglich bei Sauganlage</i>	<i>Möglich bei Trogkettenförderer</i>
Schallemission	- Am Gebläse - An Förderleitung	<i>Gering bei Gummigurt</i>

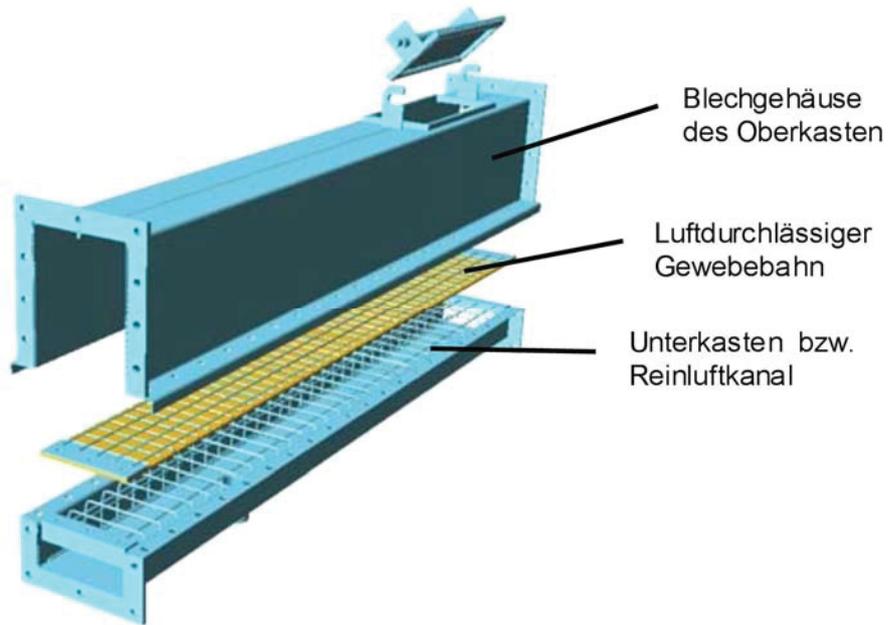
**Tab. 31:** Vergleich pneumatische Förderung mit der mechanischen Stetigförderung  
anhand von Entscheidungskriterien (*kursiv* = vorteilhafte Förderung)

#### **4.5.1. Fließbettförderung**

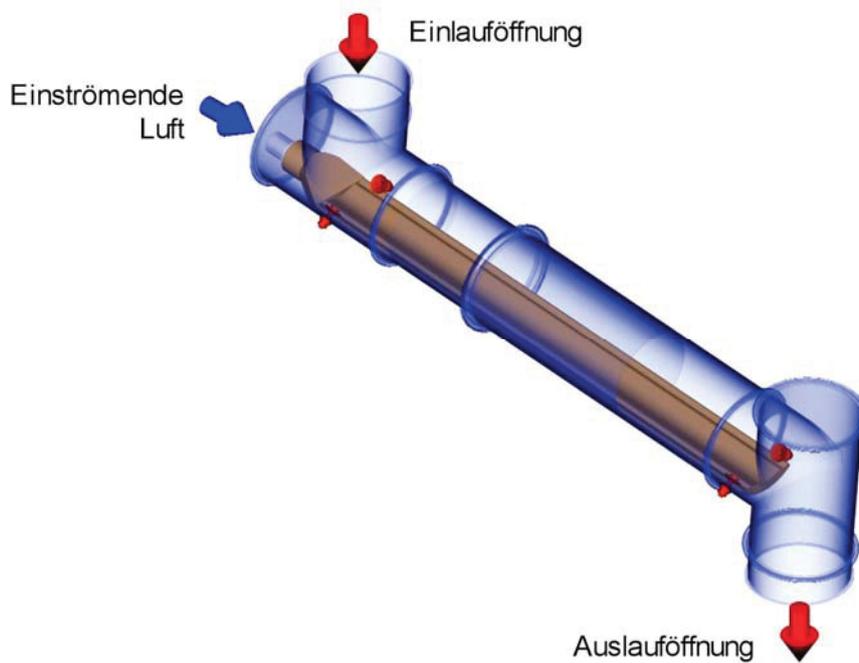
Bei der Fließbettförderung wird ein Schüttgut von Luft durchströmt wobei das Schüttgut fluidisiert wird. Sollte dies in einer Rinne mit nur wenigen Grad Neigung erfolgen, dann fließt das Schüttgut in der sogenannten Fließrinne ähnlich einer Flüssigkeit abwärts.

Die Luftförderrinne ist eine Transporteinrichtung, welche für staubförmige Schüttgüter (Zement, Kalk, Gips, Flugasche, usw.) geeignet ist. Sie dient dem Transport in leicht geneigter Richtung, wobei die Luftförderrinne in Förderrichtung montiert wird. An das Schüttgut werden folgende Anforderungen gestellt: es muss technisch trocken, einwandfrei förderwillig, fließfähig und fluidisierbar sein. Die Luftförderrinne besteht aus einem Blechgehäuse, welches durch eine luftdurchlässige Gewebbahn in einen Oberkasten und einen Unterkasten unterteilt ist. (siehe Abb. 45)

Durch einen Einlaufstutzen in den Oberkasten der Luftförderrinne fließt das Fördergut. Gleichzeitig wird von einem Ventilator Druckluft erzeugt und in den Unterkasten geblasen. Diese erzeugte Druckluft dringt gleichmäßig durch die Gewebbahn und durch das Fördergut und reichert es so mit Luft an (das Medium wird fluidisiert). Der innere Reibwert des Fördergutes wird durch die Anreicherung mit Luft reduziert und somit kann das Fördergut der Schwerkraft folgend über die geneigte Förderrinne zum Auslauf fließen. Die durch das Fördergut gedrungene Druckluft entweicht durch den freien Oberraum des Rinnenoberkastens und zum Entstaubungsstutzen.

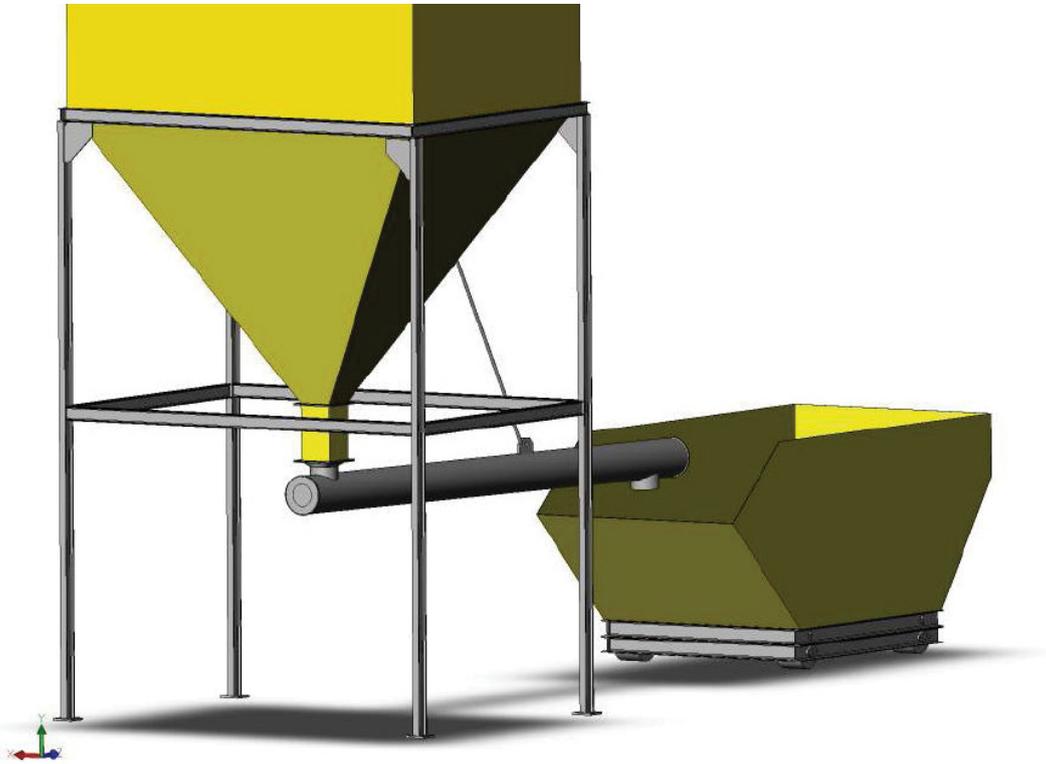


**Abb. 45:** Luftförderrinne [ 4 ]



**Abb. 46:** Prinzip einer Luftförderrinne [ 16 ]

### C. Konstruktive Ausführung



**Abb. 47:** Konstruktion einer Luftförderrinne mit Muldenentleerung (Isometrische Ansicht)

Aufgrund der geringen Einbauhöhe und der leicht geneigten Luftförderrinne ist bei dieser Konstruktion der Nachteil, dass die auf einem fahrbaren Wagen gelagerte Mulde nicht vollständig befüllt werden kann.

## 5. Entladesysteme

Das Entladesystem spielt bei der Planung des gesamten Förderprozesses eine wichtige Rolle, da durch diese die Höhe der Aufgabestelle bzw. die Neigung der Förderstrecke beeinflusst wird.

Hierfür stehen 2 Varianten zur Auswahl:

- Normmulden
- Big Bags

### 5.1. Normmulden

Da die Verwendung findende Mulde noch nicht bekannt ist, werden an dieser Stelle einige Möglichkeiten für offene, asymmetrische Normmulden, in Absetzkipperausführung gemäß DIN 30720, mit Bodenblech 6 mm und Wandblech 4 mm gezeigt. Diese sind durchgehend geschweißt, besitzen verstärkte Ecken, Kipphaken hinten, Rutschleisten sowie Netzhaken.

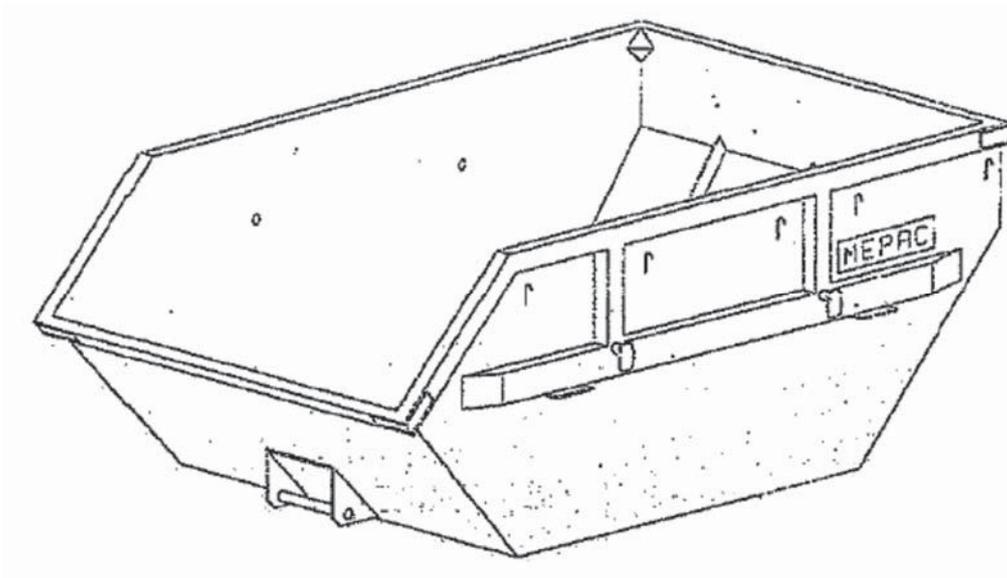
Für die Planung der Förderstrecke sind folgende Daten notwendig:

Muldenhöhe:	abhängig vom Muldentyp
Muldenwechselzeit:	10 ÷ 15 min (≈ max. 150 kg oder 0,2 m <sup>3</sup> Filterstaub)
Wagenhöhe:	max. 400 mm

Type	Inhalt [m <sup>3</sup> ]	Gewicht [kg]	Innenmaß L x B x H [mm]
MNM 5	5,0	680	3000 x 1700 x 1250
MNM 7	7,0	773	3500 x 1700 x 1450
MNM 9	9,0	905	3800 x 1700 x 1700
MNM 10	10,0	962	4040 x 1700 x 1800
MNM 12	12,0	998	4200 x 1700 x 2000

**Tab. 32:** Muldengrößen

Eine Abdeckung der Mulde wäre aufgrund der zu erwartenden Staubentwicklung vorteilhaft. Diese Abdeckungen sind in Aluminium bzw. Stahl erhältlich und prinzipiell nachrüstbar. Die Einkippöffnung ist bei allen Modellen in einer Höhe von ca. 850mm vorgesehen.

**Abb. 48:** Normmulde

## 5.2. Big Bags

Big Bags werden in unterschiedlichen Größen und Ausführungen angeboten um die unterschiedlichsten Abfüllaufgaben zu erfüllen. Je nach Platzverhältnissen vor Ort kann eine Rahmenstation zur Befüllung errichtet werden oder ein Abtransport mittels Gabelstapler erfolgen.



**Abb. 49:** Rahmenstation zur Befüllung von Big Bags [ 17 ]



**Abb. 50:** Big Bag Handler [ 17 ]

## **6. Weitere mögliche Baukomponenten des Fördersystems**

### **6.1. Teleskopverladeeinrichtungen**

#### **6.1.1. Anwendungsgebiet**

Die Teleskopverladeeinrichtung dient zum Umschlag von staub- und granulatförmigen Schüttgütern aus Silos in Straßen-Behälterfahrzeuge und Staubbehälter der Bahn.

Die Beladung von offenen Fahrzeugen und Containern ist durch Sonderausführung möglich. Der Umschlag der Produkte erfolgt staubfrei, wenn das Gerät an eine Filteranlage mit 15 - 20 mbar Unterdruck angeschlossen ist.

#### **6.1.2. Ausführung**

Im Wesentlichen besteht die Teleskopverladeeinrichtung aus dem Oberteil mit Seilrolle und Entlüftungstutzen, dem mit Ketten aufgehängten Durchflussschacht und dem Unterteil. Im Verschlusskegel kann nach Bedarf ein Füllstandsgrenzschalter eingesetzt werden, der ein Überfüllen verhindert.

Zum Heben und Senken des Gerätes findet eine Hand- oder Motorseilwinde Verwendung. Die Motorseilwinde ist mit einer Spezialvorrichtung ausgerüstet, die ein automatisches Nachlaufen der ausgefahrenen Teleskopverladeeinrichtung bewirkt, wenn sich das Fahrzeug durch die Last der Füllung in seine Federn setzt. Je nach Einsatzgebiet kann die Teleskopverladeeinrichtung aus Stahl oder Edelstahl hergestellt werden. Eine Kombination aus Polyamid-Kegeln ist möglich. Der Faltenbalg wird aus einem Spezialgewebe je nach Verwendungszweck geliefert.

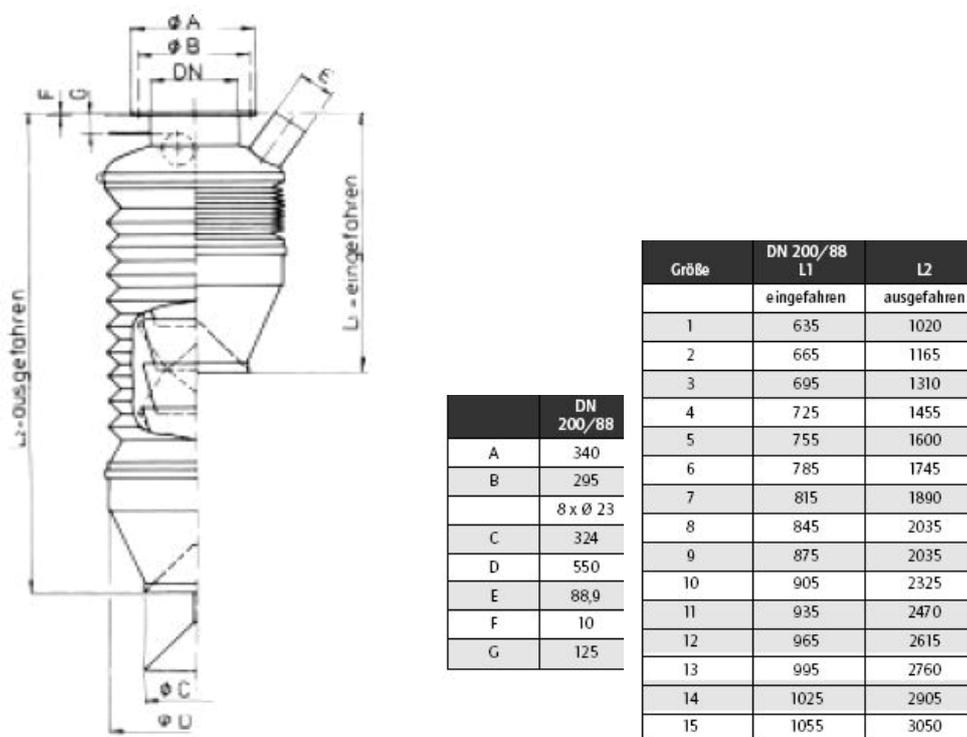
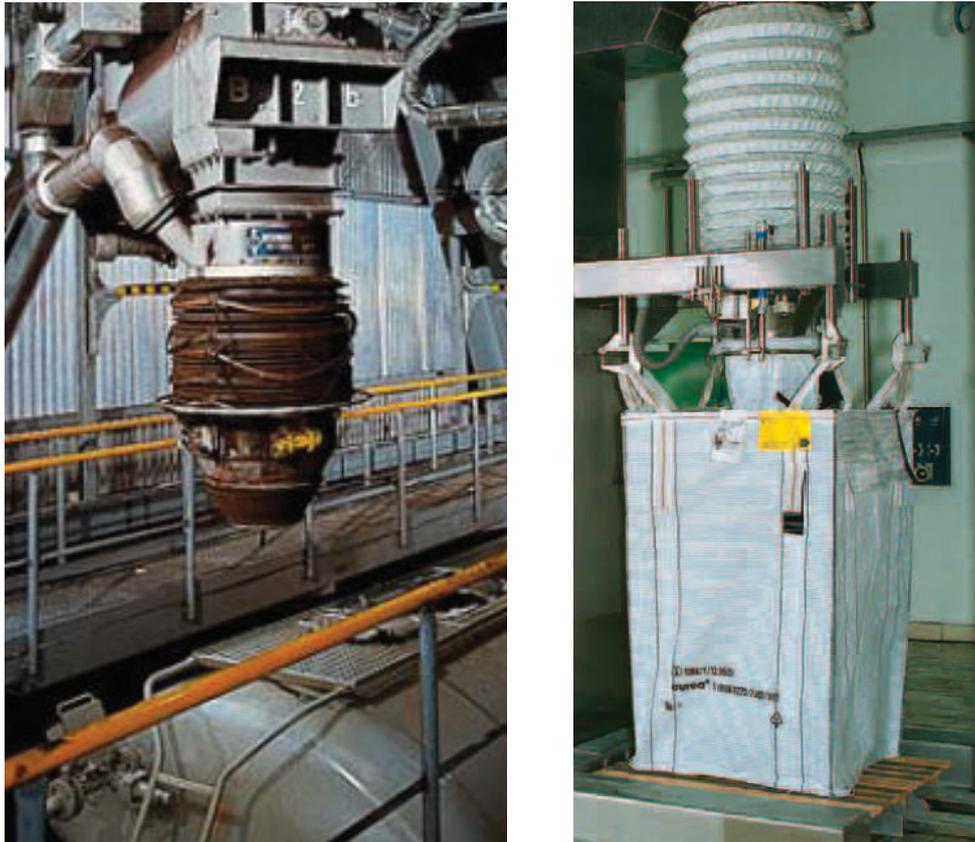


Abb. 51: Skizze einer Teleskopverladeeinrichtung



**Abb. 52:** links: BEUMER Verladetechnik, rechts: HECHT Anlagenbau

Bewährte Loseverladesysteme ermöglichen eine staubfreie und damit umweltfreundliche Schüttgutverladung in Lastkraftwagen, Eisenbahnwaggons, Schiffe, Mulden und Big Bags.

## **7. Zusammenfassung und Empfehlungen**

Bislang wurde gezeigt welche Austragsorgane und Transportmöglichkeiten zu Erfüllung der gestellten Aufgabe zur Verfügung stehen. Da zum momentanen Zeitpunkt noch nicht feststeht, ob der Filterbunker am unteren Ende verschlossen auszuführen ist, wird hier in die beiden Fälle

- Geschlossene Austragung
- Offene Austragung

unterschieden, wobei natürlich bei der offenen Variante keine zusätzlichen Austragsorgane notwendig sind und der Einsatz von Absperrorganen ausreicht.

### **7.1. Offene Austragung**

Sollte ein Abschluss der Filterkammer nicht erforderlich sein, so vereinfacht sich die Aufgabenstellung und es erscheint zweckmäßig eine Absperrvorrichtung in Form eines Absperrschiebers vorzusehen. Dieser ist erforderlich um eine Überfüllung des Förderbandes während eines Muldenwechsels zu vermeiden.

## 7.2. Geschlossene Austragung

Im Falle, dass eine Isolation des Filterbereiches von der Umgebung nötig ist, empfiehlt sich folgende Variante:

- Absperr- bzw. Wartungsschieber
- Zellradschleuse
- Bandförderer

Die Zellradschleuse ist sowohl für trockenen als auch feuchten Staub (unter Verwendung eines Zwangsräumrades) geeignet. Auch die Temperatur von 200 Grad kann mit geeigneten Schleusen problemlos bewältigt werden. Eine vorgeschaltete Absperrereinrichtung ist grundsätzlich nicht nötig, kann jedoch für den Fall von Wartungsarbeiten an der Zellradschleuse sinnvoll sein.

Das Fördergut fällt danach auf den nachgeschalteten Stetigförderer. Der dabei gewählte Bandförderer in Ausführung mit einem temperaturbeständigem Fördergurt und einem Abstreifer ist ebenfalls für trockene als auch feuchte Medien geeignet.

Diese Variante (Bandförderer) erscheint als die geeigneteste da:

- Lärmarm
- Anpassungsfähig an die finalen Ausführungsvorgaben
- Überwindung von Steigungen bis etwa 20° möglich
- Leichte Zugänglichkeit
- Einfache Überwachung (optisch und/oder elektronisch)
- Geringer Verschleiß
- Einfache Wartung

### 7.3. Empfohlenes Anlagenkonzept

#### Absperrschieber

Anschlussabmessungen 250 x 250 mm

#### Zellradschleuse

Durchsatz 1,0 m<sup>3</sup>/h

Antriebsleistung 550 W

Anschlussabmessungen 250 x 250 mm

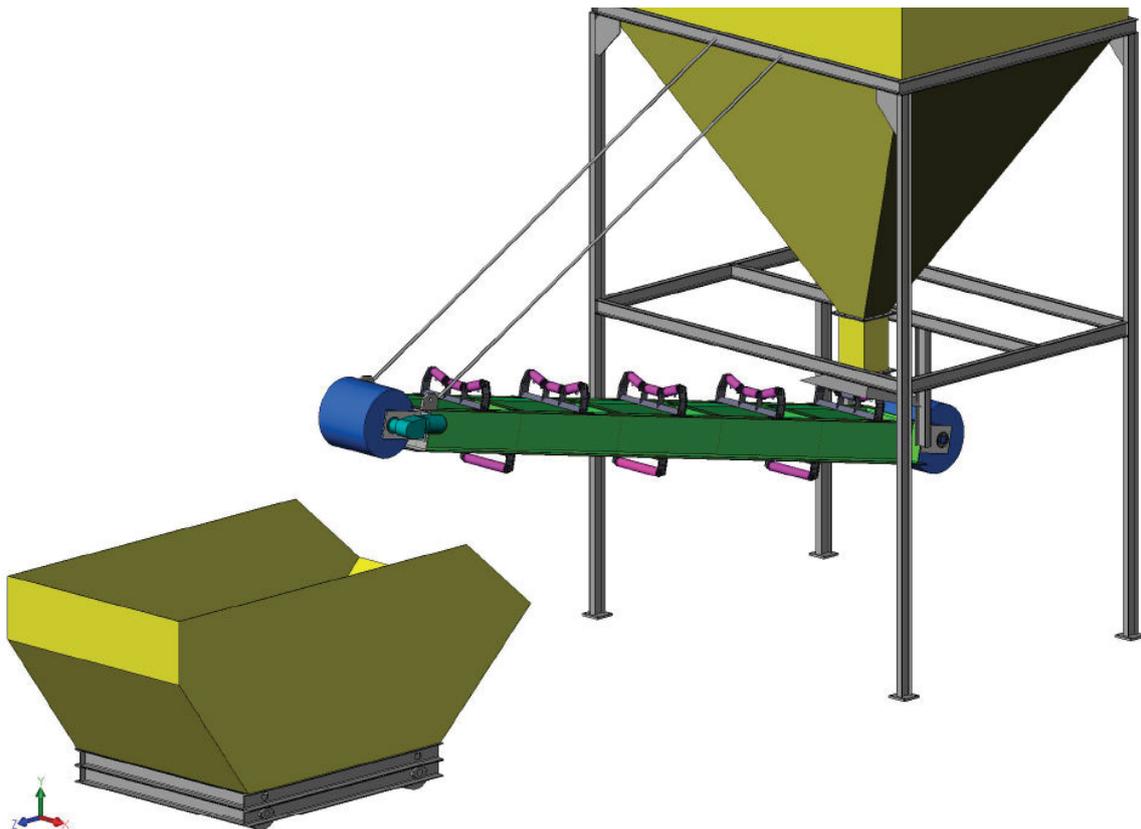
#### Bandförderer

Bandbreite 0,3 m

Bandlänge 5,0 m

Antriebsleistung 1,5 kW

#### 7.4. Übersichtsdarstellung der vorgeschlagenen Anlage



**Abb. 53:** Förderbandinstallation

## 8. Literaturverzeichnis

- [ 1 ] Zebisch, H.: „Fördertechnik 2 - Stetigförderer, Flurförderzeuge, Lagerwesen, Transportrationalisierung“, Vogel Verlag, 3. Auflage, 1980
  
- [ 2 ] Pahl, M.; Ernst, R.; Wilms, H.: „Lagern, Fördern und Dosieren von Schüttgütern“, Fachbuchverlag Leipzig / Verlag TÜV Rheinland, 2. Auflage, 1993
  
- [ 3 ] Salzer, G.: „Schüttgutförderer“, Krausskopf Verlag, 1968
  
- [ 4 ] IEV Import – Export – Vertrieb GmbH:  
[www.ievgmbh.com](http://www.ievgmbh.com)
  
- [ 5 ] SCHRAGE Anlagenbau GmbH & Co. KG:  
[www.schrage-gmbh.de](http://www.schrage-gmbh.de)
  
- [ 6 ] MAHR GmbH:  
Rheingaustraße 100; D-65203 Wiesbaden; [www.mahr-gmbh.de](http://www.mahr-gmbh.de)
  
- [ 7 ] Pfeifer H.: „Grundlagen der FÖRDERTECHNIK“; Viewegs Fachbücher der Technik, 3.Auflage,1981

- [ 8 ] MATCON:  
[www.matcon.de](http://www.matcon.de)
- [ 9 ] IGS Dosiertechnik:  
Am Mühlanger 7; D-86459 Gessertshausen; [www.igs-dosiertechnik.de](http://www.igs-dosiertechnik.de)
- [ 10 ] Franz-Werner Bollmann, Förderanlagen & Maschinenbau:  
Eichengrund 35, D-59269 Beckum; [www.bollmann-foerderanlagen.de](http://www.bollmann-foerderanlagen.de)
- [ 11 ] Kessler, F.: „Fördertechnik 1 – Grundlagen der Fördertechnik“,  
Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Fördertechnik und  
Konstruktionslehre
- [ 12 ] TRANZA:  
Technická 23, CZ-61600 Brno; [www.tranza.cz](http://www.tranza.cz)
- [ 13 ] Horstkötter GmbH & Co KG:  
<http://horstkoetter-tornado.de>
- [ 14 ] Starick Fördertechnik GmbH:  
[www.starick.de](http://www.starick.de)
- [ 15 ] CYRUS GmbH Schwingtechnik:  
Am Stadion 40, D-45659 Recklinghausen; [www.cyrus-schwingtechnik.de](http://www.cyrus-schwingtechnik.de)
- [ 16 ] Beckschulte Verfahrenstechnik GmbH:  
Dunstablestraße 5, D-51145 Köln; [www.BV-Net.de](http://www.BV-Net.de)
- [ 17 ] HECHT Anlagenbau:  
Schirmbeckstraße 17, D-85276 Pfaffenhofen; [www.hecht-anlagenbau.de](http://www.hecht-anlagenbau.de)

---

## 9. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Skizze Filterstaubaustrag	4
Abb. 2: Skizze Filteranlage	5
Abb. 3: Prinzipskizze der Förderung mit einer Förderschnecke (mit geneigter und horizontaler Förderstrecke)	9
Abb. 4: Prinzipskizze der Förderung mit einem Bandförderer	9
Abb. 5: Flachschieber mit Handkurbel	14
Abb. 6: Skizze eines Flachschiebers mit verschiedenen Schließvarianten	14
Abb. 7: Drehschieber	16
Abb. 8: Skizze einer Klappenkonstruktion	16
Abb. 9: Beispiel einer schwenkbaren Klappe	17
Abb. 10: Schließvorrichtungen für schwenkbare Klappen	17
Abb. 11: Kegerverschlussprinzip	18
Abb. 12: Kegerverschluss	19
Abb. 13: Konstruktionsbeispiel eines Kegerverschlusses	19
Abb. 14: Darstellung einer Zellradschleuse	20
Abb. 15: Bild einer Zellradschleuse mit angeflanschten Getriebemotor	21
Abb. 16: Zellradschleuse mit und ohne Zwangsräumrad	22
Abb. 17: Doppelpendelklappe	25
Abb. 18: Prinzip eines Doppelkegerverschluss	26
Abb. 19: Filteraustrag mit Rohrkettenförderer oder Austragsschnecke	27
Abb. 20: Eignungsmatrix für Fördersysteme (X positiv, - negativ)	29
Abb. 21: Prinzip eines Band bzw. Gurtförderers	30

---

Abb. 22: Muldungsformen	34
Abb. 23: Geometrische Abmessungen zur Berechnung des Füllquerschnittes bei flachen Förderband (1 Rolle) bzw. bei gemuldeten Förderband (3 Rollen)	34
Abb. 24: C – Beiwert	39
Abb. 25: Skizze eines Obertrums 3-teilig für gemuldetes Förderband	47
Abb. 26: Skizze eines Untertrums	47
Abb. 27: Gurtabstreifer	48
Abb. 28: Gurtverbindungen	48
Abb. 29: Konstruktion eines Bandförderers mit Muldenentleerung (Isometrischer Schnitt)	50
Abb. 30: Konstruktion eines Bandförderers mit Muldenentleerung (Isometrische Ansicht)	50
Abb. 31: Skizze eines Trogkettenförderer	52
Abb. 32: Mitnehmer für Trogkettenförderer	52
Abb. 33: Trogkettenförderer	53
Abb. 34: Schematische Darstellung eines Trogkettenförderers	57
Abb. 35: Skizze eines Rohrkettenförderer	58
Abb. 36: Mitnehmerausführung für Rohrkettenförderer	58
Abb. 37: Förderschneckenvarianten	60
Abb. 38: Füllungsgrad abhängig von den Materialeigenschaften	62
Abb. 39: Konstruktion einer Förderschnecke mit Muldenentleerung (Isometrischer Schnitt)	65
Abb. 40: Konstruktion einer Förderschnecke mit Muldenentleerung (Isometrische Ansicht)	65
Abb. 41: Funktionsmodell einer Schwingförderrinne mit einem Schwingerreger	66
Abb. 42: Schwingförderrohr	68
Abb. 43: Schwingförderrinne	72
Abb. 44: Schwingelemente	74
Abb. 45: Luftförderrinne	78

---

Abb. 46: Prinzip einer Luftförderrinne	78
Abb. 47: Konstruktion einer Luftförderrinne mit Muldenentleerung (Isometrische Ansicht)	79
Abb. 48: Normmulde	81
Abb. 49: Rahmenstation zur Befüllung von Big Bags	82
Abb. 50: Big Bag Handler	82
Abb. 51: Skizze einer Teleskopverladeeinrichtung	84
Abb. 52: links: BEUMER Verladetechnik, rechts: HECHT Anlagenbau	85
Abb. 53: Förderbandinstallation	89

## 10. Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Einteilung von Stetigförderer nach Funktionsprinzip	8
Tab. 2: Abmessungen für einem Handschieber von IEV	15
Tab. 3: Abmessungen für einem Flachschieber von MAHR	15
Tab. 4: Abmessungen für einen Kegverschluss von MAHR	19
Tab. 5: Volumenstrom in Abhängigkeit der Dichte	22
Tab. 6: Abmessungen einer Zellradschleuse von BS-Vertrieb	23
Tab. 7: Abmessungen einer Zellradschleuse von BS-Vertrieb	24
Tab. 8: Abmessungen und spezifische Daten einer Zellradschleuse von KREISEL	24
Tab. 9: Volumenstrom in Abhängigkeit der Dichte	32
Tab. 10: Einteilung von Stetigförderer nach Funktionsprinzip	33
Tab. 11: Fördergeschwindigkeiten für ein gemuldetes Förderband bei verschiedenen Neigungen	35
Tab. 12: Fördergeschwindigkeiten für ein flaches Förderband bei verschiedenen Neigungen	36
Tab. 13: Zusammenstellung der spezifischen Daten	42
Tab. 14: Motorenauswahltabelle	43
Tab. 15: Motorenauswahltabelle	44
Tab. 16: Motorenauswahltabelle	45
Tab. 17: genormte Tragrollenabmessungen	46
Tab. 18: Tragrollenbreite in Abhängigkeit der Gurtbreite	46
Tab. 19: Abmessungen eines Obertrums von TRANZA	47
Tab. 20: Abmessungen eines Untertrums von TRANZA	47

Tab. 21: Fördergurtauswahl von SEMPERIT	49
Tab. 22: Volumenstrom in Abhängigkeit der Dichte	53
Tab. 23: Zusammenstellung der spezifischen Daten	56
Tab. 24: Abmessungen eines Trogkettenförderers von SCHRAGE	57
Tab. 25: Volumenstrom in Abhängigkeit der Dichte	61
Tab. 26: Zusammenstellung der spezifischen Daten	64
Tab. 27: Abmessungen eines Schneckenförderers von SCHRAGE	64
Tab. 28: Einteilung von Stetigförderer nach Funktionsprinzip	67
Tab. 29: Volumenstrom in Abhängigkeit der Dichte	67
Tab. 30: Zusammenstellung der spezifischen Daten	74
Tab. 31: Vergleich pneumatische Förderung mit der mechanischen Stetigförderung anhand von Entscheidungskriterien	76
Tab. 32: Muldengrößen	81