

# HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

---

Article, Published Version

**Unverricht, Günter**

## **Der Schüttgutschachtförderer - ein geeignetes Gerät für den staubarmen Umschlag**

Mitteilungen der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau; Schriftenreihe Schifffahrt

---

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/105809>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Unverricht, Günter (1964): Der Schüttgutschachtförderer - ein geeignetes Gerät für den staubarmen Umschlag. In: Mitteilungen der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau; Schriftenreihe Schifffahrt 5. Berlin: Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau. S. 277-304.

### **Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:**

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Der Schüttgutschachtförderer -  
ein geeignetes Gerät für den staubarmen Umschlag

Dipl. -Ing. Günter Unverricht  
Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und  
Grundbau, Berlin



Informiert man sich über die Methoden der Entladung von Schüttgütern aus Schiffen, so stellt man fest, daß bis auf wenige Ausnahmen in allen Häfen der Welt Krane, die mit Greifern ausgerüstet sind, zum Einsatz gelangen. Neben der Diskontinuität des Gutstromes hat dieses Verfahren in der Regel den Nachteil, daß hauptsächlich beim Entleeren des Greifers je nach Windverhältnissen und je nach Größe des Anteils feinstkörniger Bestandteile im Umschlaggut mehr oder weniger große Staubwolken entstehen, die sich allmählich im Umkreis des Umschlagplatzes absetzen. Die auf diese Weise verursachte Staubschicht kann an Hafeneinrichtungen und Schiffen die Korrosion und den Verschleiß erhöhen, die Unfallgefahr vergrößern sowie freilagernde Güter verderben oder deren Qualität stark mindern. Das Bild wäre unvollständig, würde ich nicht noch die Tatsache erwähnen, daß bei diesem Umschlagsverfahren der Volkswirtschaft auch unmittelbar Schaden zugefügt wird; nämlich in Form von nicht unerheblichen Gutmengen, die durch Streuung und Windflug verlorengehen.

Die genannten Unzulänglichkeiten des Greiferumschlags sind der Grund, warum sich die Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau, Berlin, mit den Problemen des staubarmen Umschlags von pulverförmigen Schüttgütern beschäftigt und auf der Basis der Stetigförderung zu guten Ergebnissen gelangt ist, von denen ich Ihnen berichten werde.

Für die Schiffsentladung kommen nur Fördersysteme in Betracht, die das Gut im Laderaum selbsttätig aufnehmen vermögen, steile bis senkrechte Förderwege überbrücken können und deren Förderstrecke staubdicht abgeschlossen ist. Gleichzeitig werden diese Forderungen nur von folgenden Förderern erfüllt:

- a) Schneckenförderer
- b) Becherwerk
- c) Trogkettenförderer
- d) pneumatischer Förderer

Eine in einer Studie vorgenommene Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile der vier Fördererarten hat ergeben, daß die günstigsten Eigenschaften dem Trogkettenförderer zufallen, wenn dieser speziell für die Schiffsentladung ausgeführt ist. In der Forschungsanstalt läuft die Entwicklung eines solchen Gerätes, das als



Schüttgutschachtförderer bezeichnet wird. Ich nenne Ihnen stichpunktartig die charakteristischen Merkmale dieses Förderers:

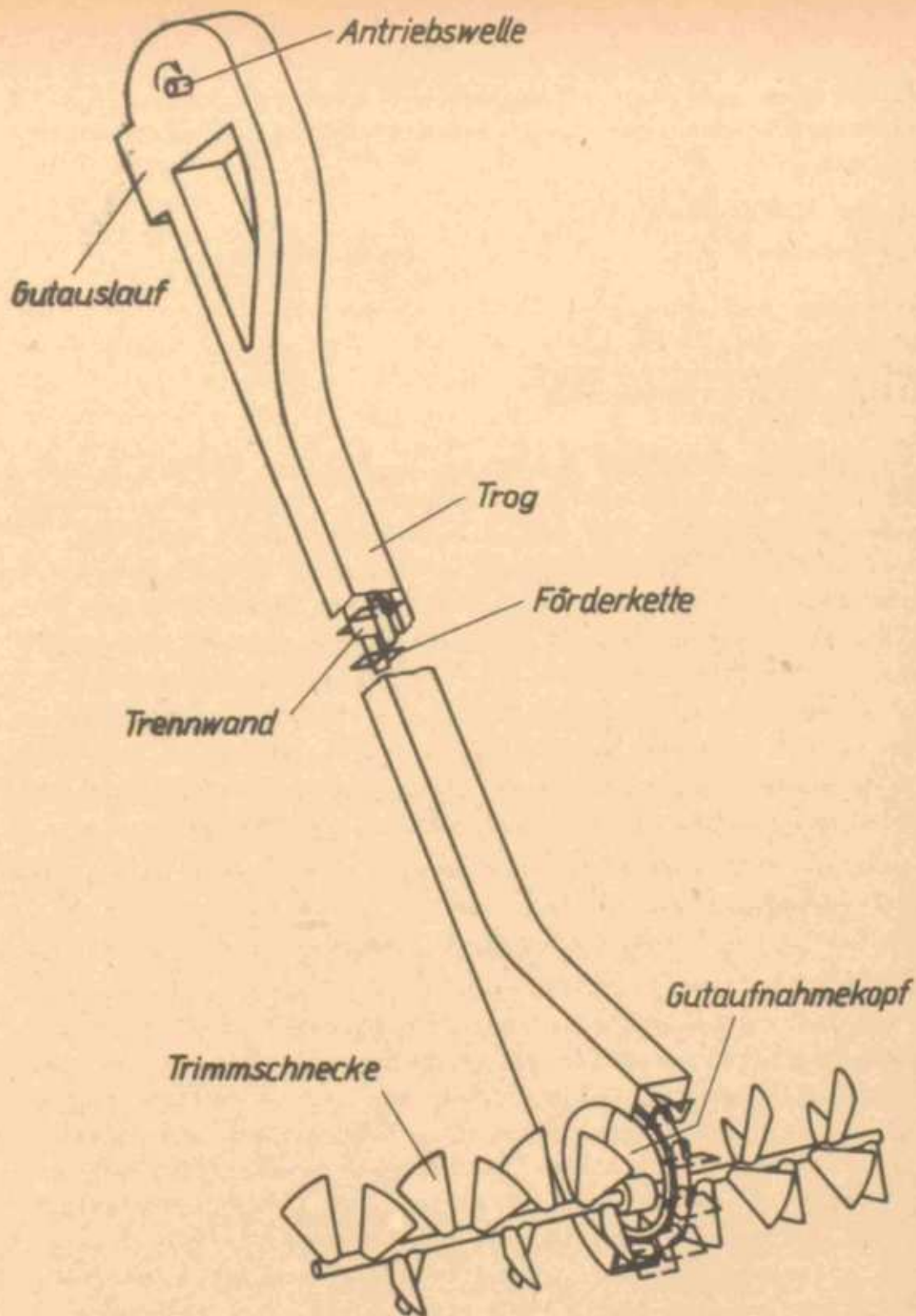
Als Vorteile sind zu nennen:

- die Einfachheit des Aufbaues;
- der relativ kleine Trogquerschnitt bei großer Förderleistung;
- die Möglichkeit des Überbrückens beliebiger Förderstrecken, d.h. es kann senkrecht, schräg oder waagrecht gefördert werden;
- die völlige Staubfreiheit des Fördervorganges;
- die selbsttätige Gutaufnahme;
- die Eignung für unterschiedlichste Gutarten;
- keine Verstopfungsgefahr der Förderstrecke.

Zu den Nachteilen zählen:

- der starke Verschleiß an den Trogwänden und der Kette;
- der relativ große Energieaufwand, der aber trotzdem nur  $\frac{1}{5}$  bis  $\frac{1}{6}$  von dem des pneumatischen Förderers beträgt;
- die Unbrauchbarkeit für Schüttgüter größerer Körnung aus harten Stoffen.

In den Jahren 1962/63 wurde in der Forschungsanstalt das Funktionsmuster des Schüttgutschachtförderers konstruiert und gebaut. Es besteht aus den fünf Hauptelementen: dem Zugmittel, dem Trog, dem Gutaufnahmefuß mit den Trimmschnecken und der Antriebsstation (Bild 1). Die Funktion des Gerätes ist folgende: Das endlose Zugmittel, eine Kette mit bügelartigen Querstegen, wird am oberen Ende des Förderers durch ein Antriebsrad in Bewegung gesetzt. Die Kette läuft von dort durch den Leerschacht zum Gutaufnahmekopf, wird hier durch einen Gleitschuh umgelenkt und gelangt dann in den Förderschacht und schließlich zurück zum Antriebsrad. Angetrieben wird das Gerät durch einen regelbaren Elektromotor über ein Kettenvorgelege. Es ist möglich, die Geschwindigkeit der Förderkette in den Grenzen von 0,05 - 1,1 m/s zu ändern. Das Förderprinzip des Gerätes beruht darauf, daß der Widerstand zwischen Kette und Gut größer ist als der zwischen dem Gut und den Trogwänden, so daß das von den Trimmschnecken an die Trogöffnung herangeführte Gut von der Kette in den Trog hineingerissen wird und nicht in Teilmengen, wie bei einem Becherwerk, sondern als geschlossene Säule mit einem gewissen Schlupf gegenüber der Kette nach oben wandert.



FAS  
Berlin

Schüttgutschachtförderer  
schematisch

Bild 1



Damit Sie sich eine Vorstellung von der Größe des Funktionsmusters machen können, gebe ich Ihnen die wichtigsten technischen Daten bekannt:

Länge des Förderweges:	5 m
Trogabmessungen:	Breite 125 mm Höhe 80 mm
Installierte Motorleistung:	2,4 kW
rechnerische Förderleistung bei steiler Förderung und einer Kettengeschwindigkeit von $v = 0,5$ m/s:	8 m <sup>3</sup> /h

Der technologische Ablauf des Umschlagsprozesses mit dem Schüttgutschachtförderer und die Ausführung seines Aufnahmekopfes sind in entscheidendem Maße von der zu fördernden Gutart abhängig. Es sind zwei in ihrem physikalischen Verhalten völlig unterschiedliche Gutgruppen zu unterscheiden. Der Unterschied besteht in der besseren oder schlechteren gegenseitigen Verschiebbarkeit der Stoffteilchen, von der die Fließeigenschaften eines Gutes abhängig sind. Zu der Gruppe der gutfließenden Schüttgüter zählen alle Getreidesorten, Ölfrüchte, Hülsenfrüchte u. dgl., zu der Gruppe der schlechtfließenden Güter gehören staubförmige und feinkörnige Materialien, wie Kalk, Zement, Apatit, Salze u.a.

Die im Jahre 1963 im Hinblick auf seine Funktionsfähigkeit durchgeführte Erprobung des Funktionsmusters erstreckte sich auf je eine Gutart der genannten Gruppen. Es handelte sich um Getreide und Apatit.

Ich beschreibe Ihnen kurz die Durchführung der Versuche:

Der Förderer wurde an seinem oberen Aufhängepunkt so an den Haken eines Flaschenzuges gehängt, daß der Aufnahmekopf des Gerätes in das zu fördernde Gut eintauchte. Durch Heben und Senken des Hebezeughakens konnte jede beliebige Anstellung des Förderers zwischen 0 und 70° erreicht werden. Die Versuche wurden mit minimaler und maximaler Kettengeschwindigkeit sowie mit einigen dazwischenliegenden Werten und mit verschiedenen Anstellwinkeln durchgeführt. Es zeigte sich, daß bereits bei einer Kettengeschwindigkeit von  $v = 0,05$  m/s eine geringe Förderung stattfand, die mit größer werdender Kettengeschwindigkeit anstieg. Obwohl bei der Getreideförderung das Gerät ohne Trimmschnecken zum Einsatz gelangte, konnte beobachtet werden, daß das Gut dem Aufnah-



mekopf laufend in ausreichender Menge zufließ. Bei der Apatitförderung ergab sich ein anderes Bild. Apatit wurde gefördert, solange sich im Bereich der Schneckenschaukeln Gut befand. Bemerkenswert sei, daß hier mit Trimmschnecken gearbeitet wurde. Nach kurzer Zeit war in die ebene Oberfläche des Apatits ein Raum geschaufelt, der einem halben Zylinder glich. Der Gutstrom versiegte allmählich, da kein Apatit von der Umgebung in den Bereich der Schnecken nachrutschte. Das Gerät förderte erst wieder, als es in horizontaler Richtung bewegt wurde. Auf diese Weise konnte das Apatit gleichmäßig abgetragen werden (Bild 2). Die maximale Schnitttiefe betrug etwa 300 mm; sie ist von den Abmessungen des Aufnahmekopfes abhängig.

Die Erprobungsversuche erbrachten eindeutig den Beweis, daß die Förderung von Getreide und Apatit mittels Schüttgutschachtförderer einwandfrei möglich ist. Ich bin fest davon überzeugt, daß die Anzahl der Güter, die für den Schüttgutschachtförderer geeignet sind, relativ groß ist, was weitere Erprobungen zeigen werden.

Die bisherigen Versuchsergebnisse lassen bereits einen ziemlich eindeutigen Schluß über die Technologie der Umschlagsprozesse unter Verwendung des Schüttgutschachtförderers zu.

Bei gutfließenden Gütern wird es möglich sein, den Förderer mittels Kranhaken oder Haken des Ladegeschrres zu halten. Der Aufnahmekopf ist entsprechend dem Absinken der Gutoberfläche laufend zu senken. Der Standort des Gerätes braucht nur ab und zu nach Bedarf verändert zu werden, da das Gut aus größerer Entfernung der Aufnahmestelle von selbst zuläuft. Die Abgabe des Gutes an Land kann über einen zweiten Förderer, der mit ersterem gelenkig gekuppelt ist, erfolgen (Bild 3).

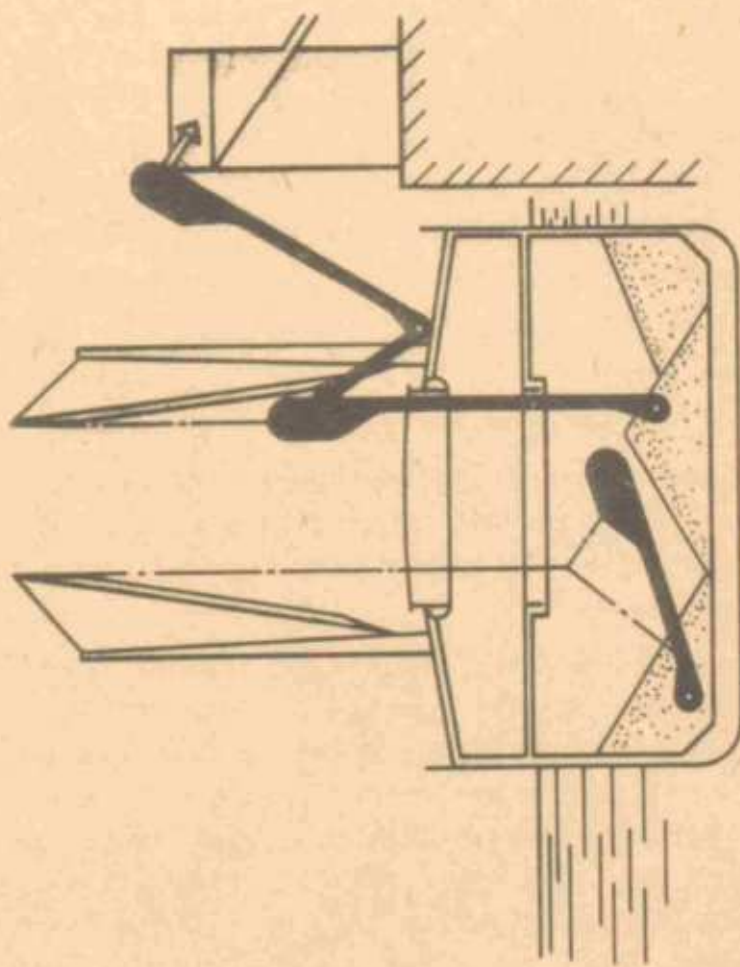
Einen wesentlich größeren Aufwand erfordern Güter der zweiten Gruppe. Der Förderer muß hierbei entweder ständig horizontalen und nach Bedarf vertikalen Vorschub erhalten oder ihm muß das Gut zugeführt werden. Technisch ist erstere Forderung dadurch zu erfüllen, daß das Gerät von einem beweglichen Ausleger einer verfahrbaren Brücke gehalten wird. Diese Anordnung ermöglicht, daß der Aufnahmekopf des Förderers jeden beliebigen Punkt im Lukenschacht erreicht, d.h. daß der Förderer an das Gut heran-





Bild 2

Erprobung des Förderers mit Apatit



FAS  
Berlin

Schüttgutschachtförderer am Lade-  
geschirr

Bild 3



gebracht wird. Der Arbeitsbereich kann durch entsprechende Maßnahmen auch auf große Teile des Unterstaues erweitert werden (Bild 4).

Die beschriebene Anlage ist vorteilhaft, wenn es sich um den Umschlag von Gütern handelt, die laufend in großen Mengen anfallen. Bei kleineren Gutmengen ist eine ähnliche Technologie wie bei gutfließenden Gütern am Platze. Das zu fördernde Material ist dann dem Aufnahmekopf mittels Trimmgeräten zuzuführen.

Auf Grund der zufriedenstellenden Ergebnisse, die mit dem Funktionsmuster erzielt wurden, wird die Entwicklung des Schüttgutschachtförderers weitergeführt. Wir sind zur Zeit mit der Erarbeitung von Unterlagen für den Bau eines Fertigungsmusters mit einer Leistung von 80 t/h Apatit für den VEB Phosphatwerk Rüdersdorf beschäftigt. Die Konstruktion eines Schüttgutschachtförderers wird mit der Ermittlung seiner Hauptdaten begonnen. Diese sind:

- a) die Antriebsleistung und
- b) die Abmessungen des Trogquerschnittes.

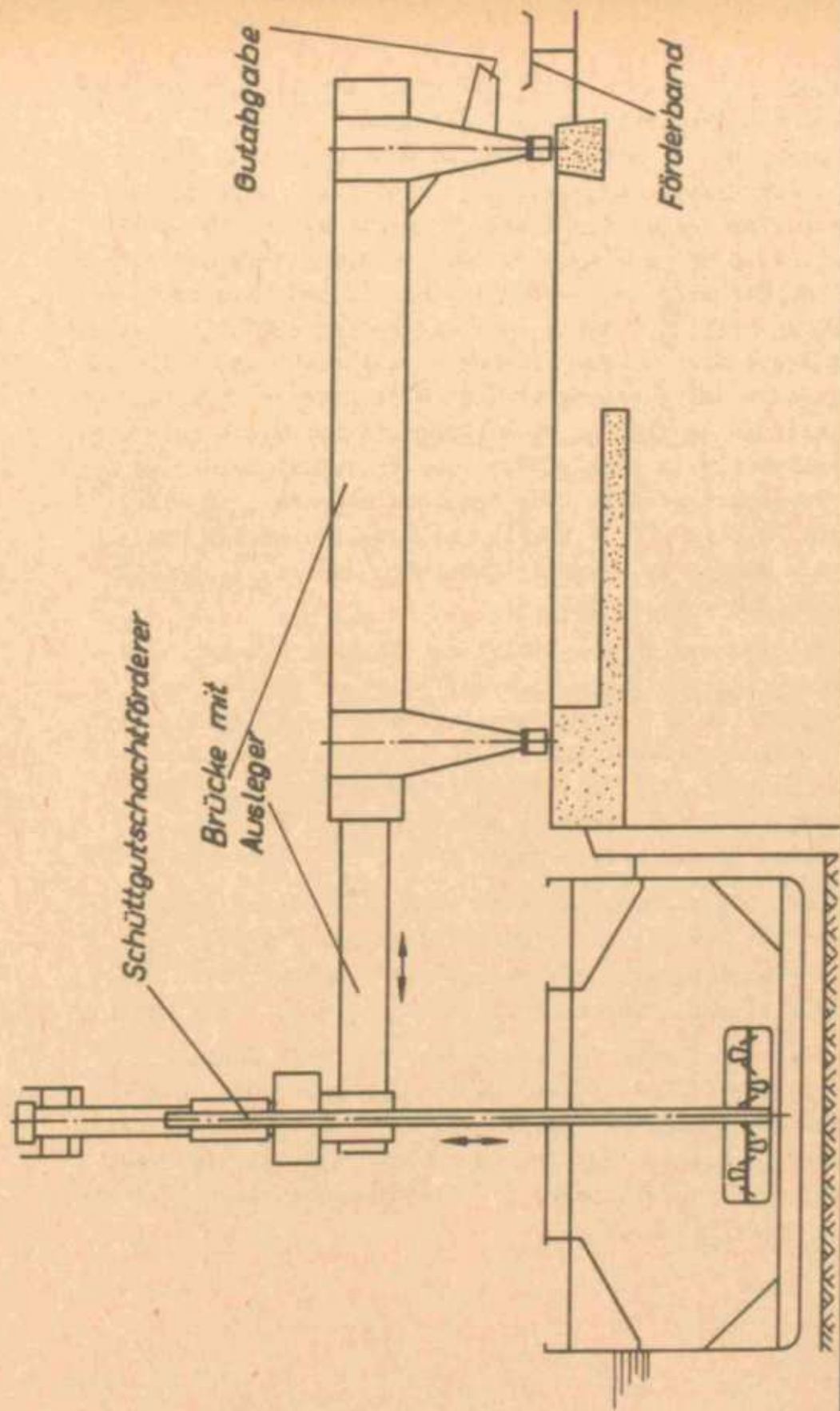
Die Antriebsleistung eines Stetigförderers hängt vom Gesamtwiderstand, der sich aus dem Widerstand des Zugmittels und aus dem Widerstand des Gutes zusammensetzt, sowie der erforderlichen Hubkraft von Zugmittel und Gut ab.

Das bequemste Verfahren zur Bestimmung des Gesamtwiderstandes eines Stetigförderers besteht darin, daß man die gesamte Bahn des Fördermittels in gerade und kurvenförmige Strecken unterteilt und die Zugkraft in jedem Schnittpunkt bestimmt. Man beginnt damit im Punkte der kleinsten Zugkraft im Zugmittel, die zu wählen ist. Allgemein gilt die Regel, daß die Zugkraft in jedem nachfolgenden Punkt (in Laufrichtung gesehen) gleich der Zugkraft im vorausgegangenen Punkt zuzüglich des Widerstandes auf der Strecke zwischen diesen beiden Punkten ist.

Am Schüttgutschachtförderer sind folgende Widerstände zu bestimmen:

1. Widerstand der Kette im Leertrum
2. Widerstand der Kette im Fördertrum
3. Widerstand der Kette an der oberen Umlenkung
4. Widerstand der Kette an der unteren Umlenkung.





FAS  
 Berlin

Schüttgutschachtförderer an Spezialbrücke

Bild 4

Die Literatur gibt Formeln an, die für die Ermittlung der unter 1 bis 3 genannten Widerstände geeignet sind.

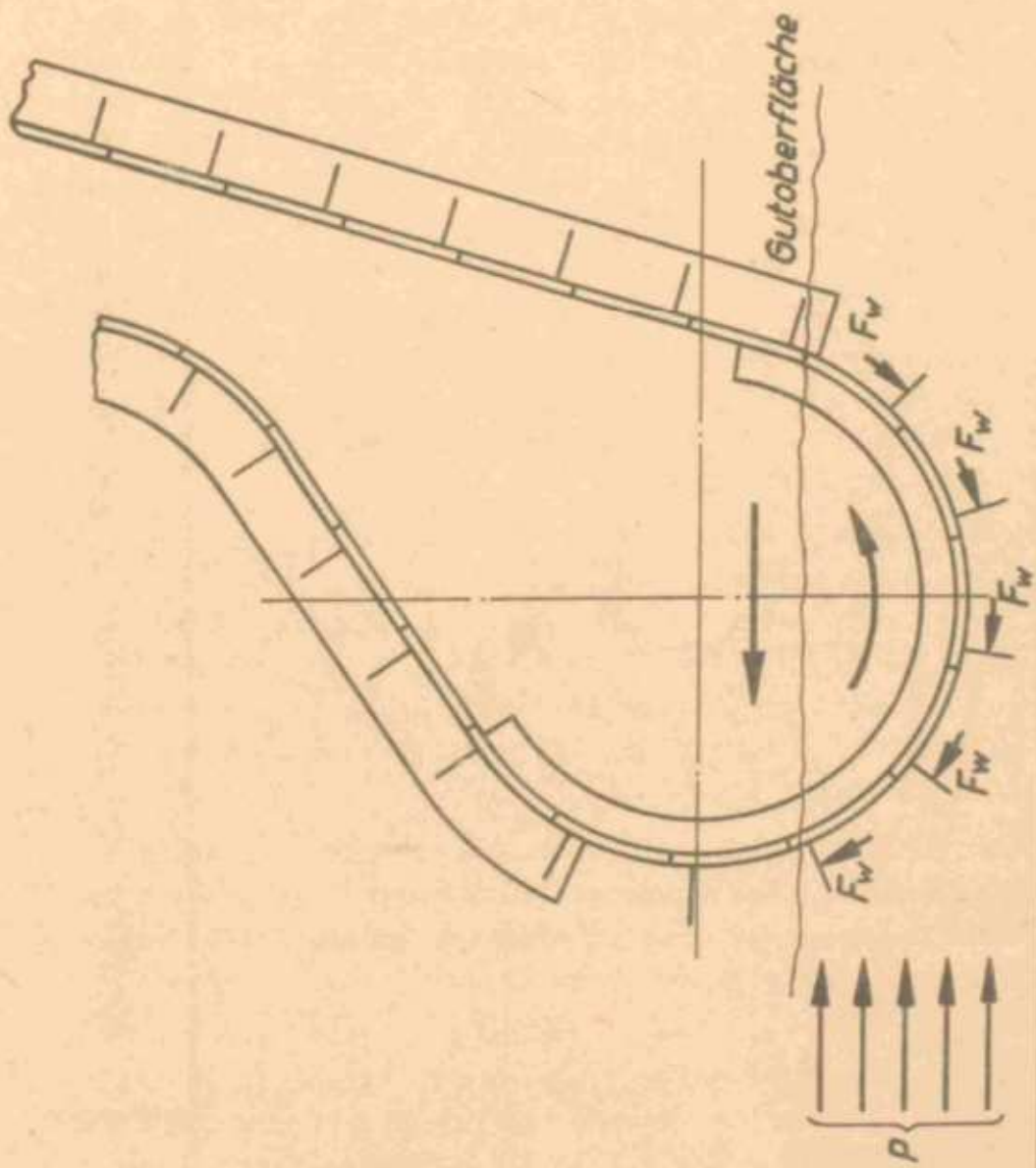
Für den Widerstand der Kette an der unteren Umlenkung ist es erforderlich, eine geeignete Beziehung abzuleiten. Dazu muß man sich vorerst klarmachen, durch welche Kräfte die Kette an der unteren Umlenkung und gleichzeitig Gutaufnahmestelle beansprucht wird. Das nächste Bild zeigt schematisch den Lauf der Kette über das Gleitstück (Bild 5). Die unregelmäßige Linie stellt die Oberfläche des Gutes dar, in das die Kette eintaucht. Durch die Bewegung der Kette entgegengesetzt dem Uhrzeigersinn wird vom Gut auf die Querstege eine Kraft  $F_w$  in tangentialer Richtung ausgeübt. Eine weitere Belastung erfährt das Zugmittel durch das Bewegen des Förderers parallel zur Gutoberfläche in Form einer Andruckkraft, die ich mit  $P$  bezeichnet habe. Schneidet man ein Stück mit dem Winkel  $d\alpha$  aus der Umlenkung heraus, so erhält man folgendes Kräftebild (Bild 6).

Aus den Kettenkräften  $F_s$  resultiert die Normalkraft  $dF_N$ , die die Reibkraft  $\mu dF_N$  zur Folge hat. Des weiteren greifen an: die Andruckkraft  $dP$  und ihre Reaktionskraft sowie die sich daraus ergebende Reibkraft  $\mu dP$ . Es bleibt noch zu erwähnen die Widerstandskraft  $dF_w$ . Diese und beide Reibkräfte wirken entgegengesetzt der Drehrichtung und vergrößern die Kettenkraft am Ablauf um den Betrag  $dF_s$ .

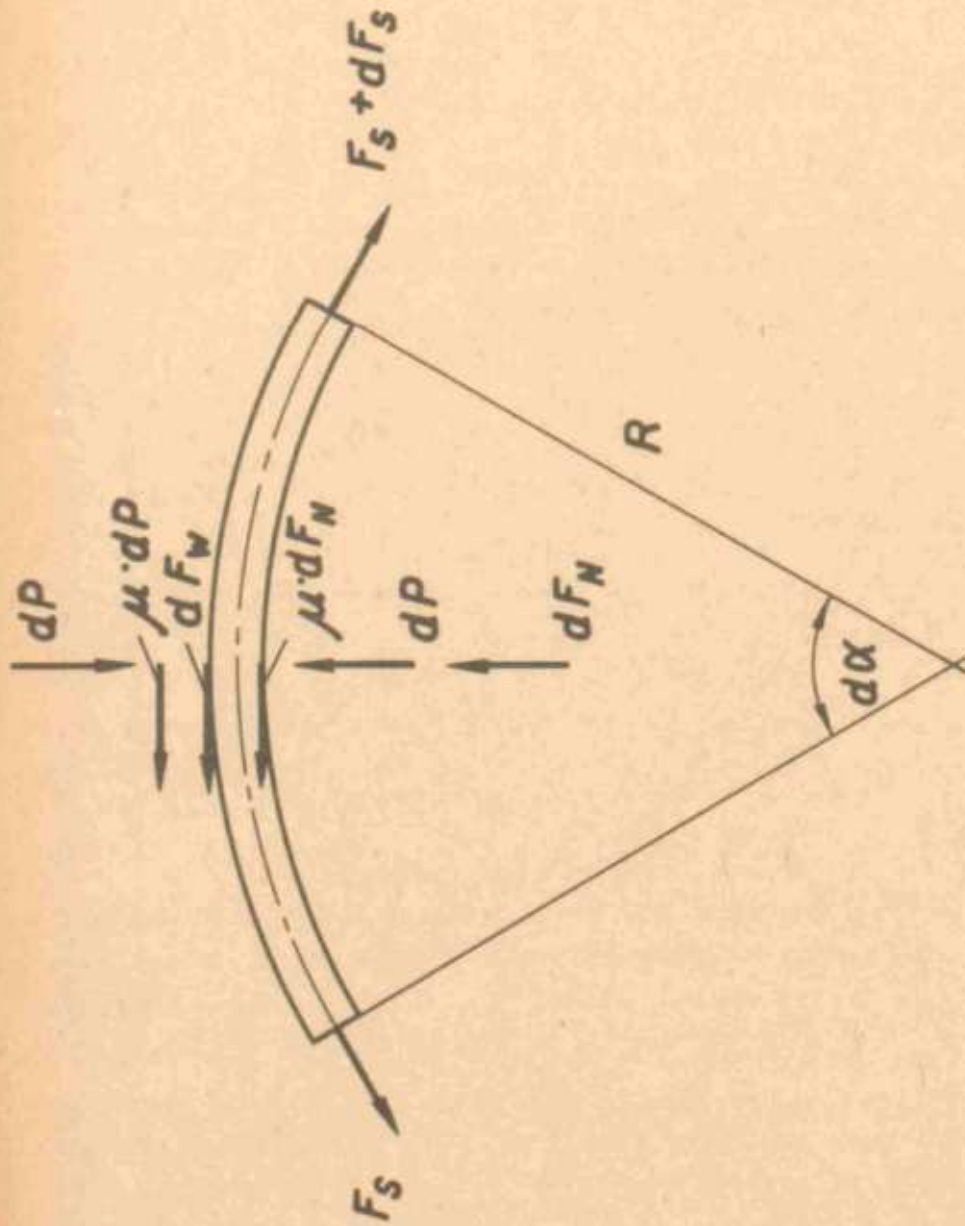
Alle genannten Kräfte befinden sich im Gleichgewicht, und es ergeben sich aus den Gleichgewichtsbedingungen  $\sum F_x = 0$  und  $\sum F_y = 0$  zwei Beziehungen, die miteinander kombiniert zu einer Differentialgleichung führen, deren Lösung Formel 1 ergibt.

Der Widerstand von Kurven des Leertrums kann nach Formel 2, es ist die Eytelwein-Grashofsche Gleichung, berechnet werden. Die Gleichungen 3 und 4 dienen für die Ermittlung des Widerstandes gerader Strecken für das Leer- bzw. Arbeitstrum, und schließlich gibt die Beziehung 5 einen Erfahrungswert für die Verluste am Antriebsrad an.









FAS Berlin	Kräfte an der Kettenumlenkung	Bild 6
---------------	-------------------------------	--------

1 Umlenkung, Gutaufnahme

$$g \neq 0 \quad f \neq 0 \quad \mu = w_0$$

$$W_{S_1} = e^{w_0 \cdot \alpha} \left[ F_{S_0} + \left( g + \frac{f}{w_0} \right) R \right] - \left( g + \frac{f}{w_0} \right) R \quad [\text{kp}]$$

2 Kurve, Leertrum

$$g = 0 \quad f = 0$$

$$W_{S_1} = e^{w_0 \cdot \alpha} \cdot F_{S_0} \quad [\text{kp}]$$

3 Gerade, Arbeitstrum

$$q \neq 0$$

$$W_f = \pm (q + q_0) \cdot H + (q \cdot W + q_0 \cdot w_0) \cdot L_H \quad [\text{kp}]$$

4 Gerade, Leertrum

$$q = 0$$

$$W_1 = q_0 (\pm H + L_H \cdot w_0) \quad [\text{kp}]$$

5 Umlenkung, Antrieb

$$W_A = (0,3 \dots 0,05) \cdot (F_{S_0} + F_{S_1}) \quad [\text{kp}]$$

Ich erläutere Ihnen kurz die Formelzeichen, damit Sie einen Einblick bekommen, von welchen Faktoren die Widerstände abhängen:

$F_{S_0}$  - Kettenkraft bei Einlauf in den Kreisbogen [kp]

$F_{S_1}$  - Kettenkraft bei Auslauf aus dem Kreisbogen [kp]

$e$  - Basis des natürlichen Logarithmus

$f$  - Widerstand der Kette im Gut pro Streckeneinheit [kp/m]

$g$  - Anpreßkraft der Kette gegen die Unterlage pro Streckeneinheit [kp/m]

$w_0$  - Widerstandszahl des Zugmittels

$w$  - Widerstandszahl des Gutes

R - Radius des Kreisbogens [m]

$\alpha$  - Umschlingungswinkel im Bogenmaß

$L_H$  - Waagrechtprojektion der Förderlänge [m]

H - Förderhöhe [m]

q - Masse des Fördergutes pro laufender Meter [kg/m]

$q_0$  - Masse des Zugmittels pro laufender Meter [kg/m]

Sind alle die genannten Einflußfaktoren bekannt, kann mit der Berechnung des Gesamtwiderstandes begonnen werden.

Da aber in der Literatur keine Angaben über die Größe der Widerstandszahlen bei der Förderung von Apatit zu finden sind, mußten am Funktionsmuster eine Reihe von Messungen durchgeführt werden. Es wurde von der Überlegung ausgegangen, daß die Kenntnis des Widerstandes der Kette zwischen zwei Punkten ihrer Umlaufbahn über die Widerstandsformeln ein Ausrechnen der gesuchten Widerstandswerte ermöglicht.

Praktisch galt es, die Aufgabe zu lösen, die in jedem Punkt der Linienführung sich ändernde Zugkraft des Fördermittels, das in einem geschlossenen Trog umläuft, mindestens an einigen markanten Stellen zu messen. Prinzipiell sind verschiedene Methoden möglich, um zum Ergebnis zu gelangen. Wir haben uns zu Messungen mittels Dehnungsmeßstreifen und Kabelübertragung entschlossen. Das folgende Bild zeigt Ihnen den Versuchsstand (Bild 7).

Als Zugkraftaufnehmer wurde ein Spezialmeßglied angefertigt, das anstelle eines normalen Kettengliedes eingebaut wurde. Das nächste Bild zeigt schematisch den Aufbau des Meßgliedes (Bild 8). Es besteht aus dem Meßstreifenträger, der zwischen zwei Augen eingespannt ist. Das eine Auge besitzt eine Gleitbahn, von der der Meßstreifenträger geführt wird, wodurch keine seitlichen Biegebeanspruchungen auf ihn einwirken können. Auf dem nächsten Bild sehen Sie eine Fotografie des Meßgliedes (Bild 9). Der Meßstreifenträger ist in Kunststoff eingebettet, um die Dehnungsmeßstreifen vor mechanischen Beschädigungen zu bewahren. Bild 10 läßt das im Förderer eingebaute Meßglied erkennen. Die Dehnungsmeßstreifen wurden über ein Hochfrequenzkabel mit den Meßgeräten verbunden, deren schematische Anordnung ich Ihnen auf dem nächsten Bild zeige -



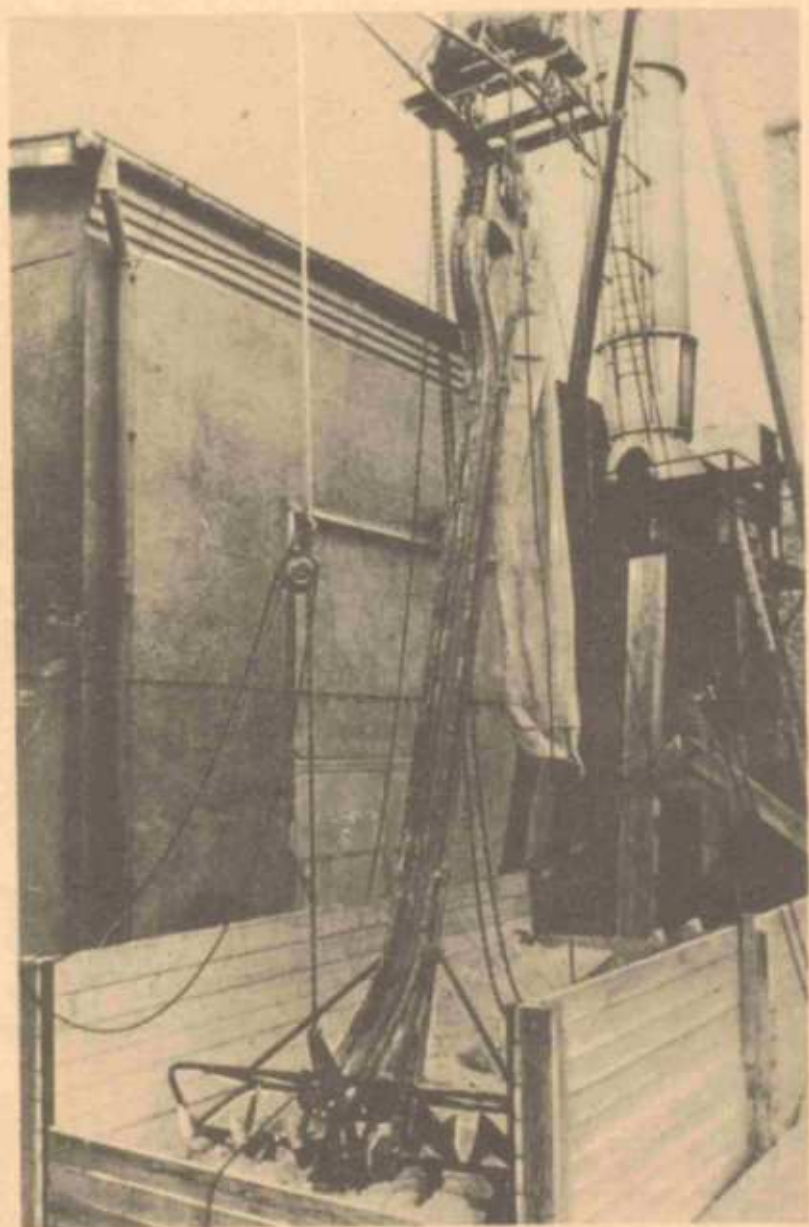
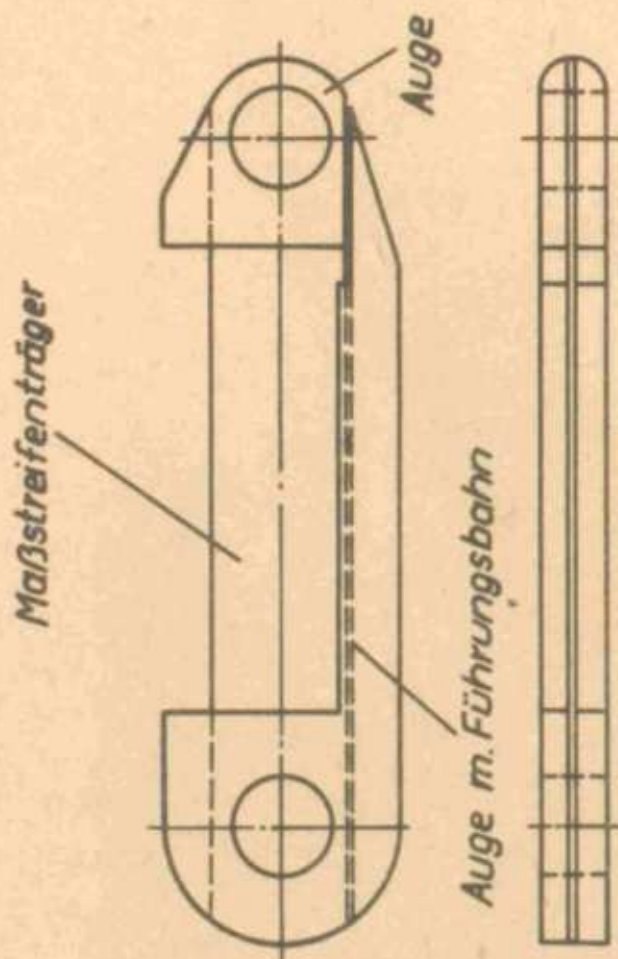


Bild 7  
Versuchsstand



FAS  
Berlin

Meßglied, schematisch

Bild 8

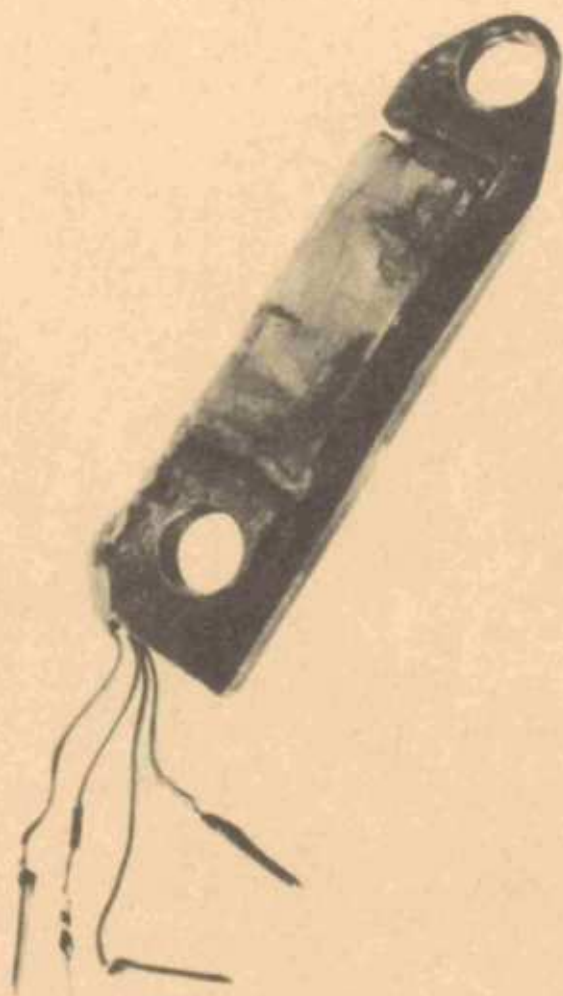


Bild 9  
Zugkraftaufnehmer



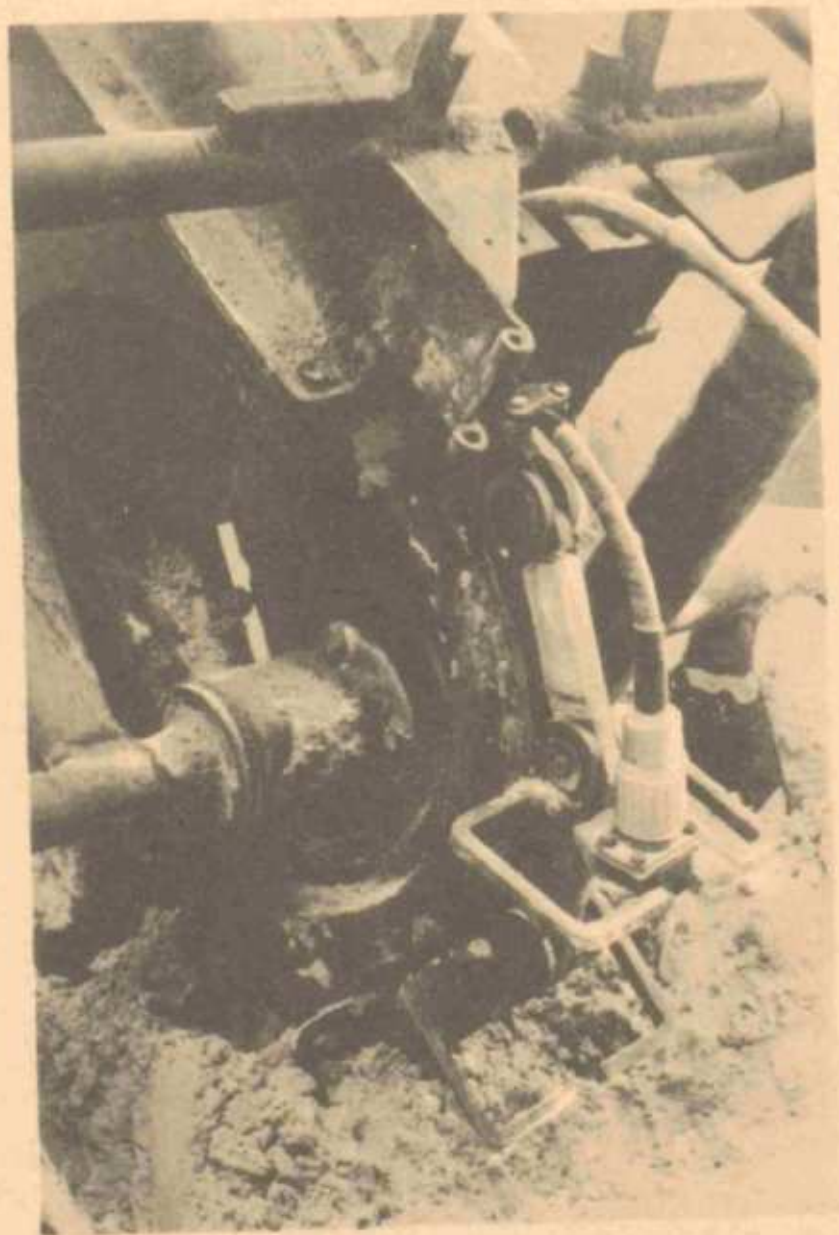


Bild 10  
Zugkraftaufnehmer  
im Förderer eingebaut

(Bild 11). Neben der Zugkraft wurden also auf den Papierstreifen des Registriergerätes auch Zeitmarken und Abstandsmarken der Kettenglieder aufgezeichnet. Dadurch besteht die Möglichkeit, die genaue Kettengeschwindigkeit zu berechnen und eine Synchronisation zwischen Punkten des Zugkraftdiagramms und den zugehörigen Punkten der Kettenumlaufbahn zu erreichen. Die Zugkraftmessungen wurden bei verschiedenen Anstellwinkeln und Kettengeschwindigkeiten im Leerlauf und bei Belastung durchgeführt.

Auf dem nächsten Bild sehen Sie das eben geschilderte Diagramm (Bild 12). Die Registrierung fand über einen gesamten Umlauf des Meßgliedes statt. Die Auswertung des Zugkraftdiagramms ergibt eine Darstellung, wie sie Bild 13 zeigt. Die Zugkraft wurde in jedem Punkt der Kettenbahn senkrecht abgetragen. Der Kraftverlauf ist wie folgt:

Im Punkt 1 der Kettenbahn ist die Zugkraft am kleinsten, nämlich etwa 4 kp, sie steigt durch die untere Umlenkung und Gutaufnahme sehr stark an (105 kp). Im sich anschließenden Fördertrum ist bis zum Eintritt ins Kettenrad weiter ein linearer Zugkraftanstieg bis auf 185 kp zu verzeichnen. Im Kettenrad erfolgt schließlich ein Abbau der Kraft bis auf einen relativ kleinen Wert von 26 kp.

Der Kraftverlauf im Leertrum ist von untergeordneter Bedeutung. Durch die Kenntnis des Kraftanstiegs zwischen den Punkten 2 und 3 der Kettenbahn ist es leicht, mit Hilfe der Widerstandsformeln die Widerstandswerte auszurechnen. Für die Widerstandszahl der Kette im Trog ergibt sich ein Mittelwert von

$$w_0 = 0,6.$$

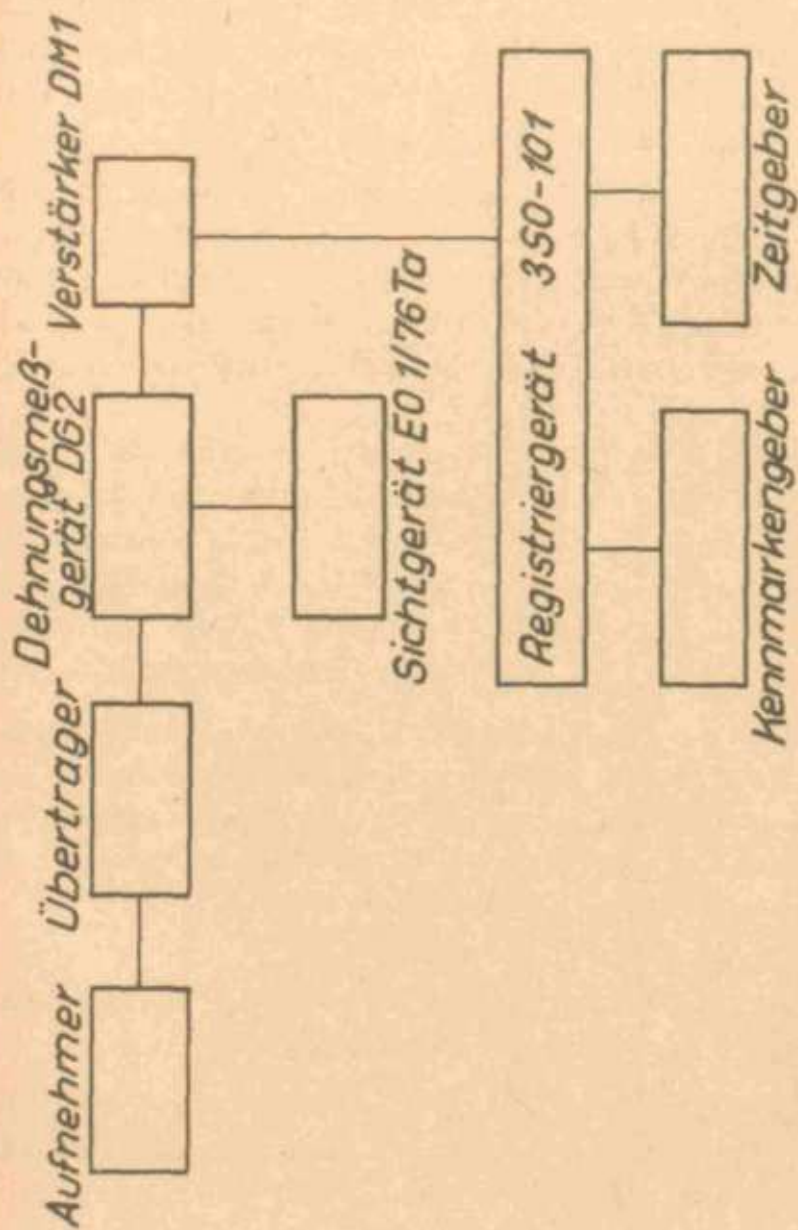
Der Mittelwert für die Widerstandszahl des Gutes im Trog beträgt  $w = 0,75$ . (Werte sind abgerundet.)

Die genannten Werte liegen relativ hoch, sie stimmen aber in der Größenordnung mit Angaben der Literatur über Messungen am Kratzerförderer bei der Salzförderung überein.

Die numerische Auswertung der Widerstandsformeln kann jetzt vorgenommen werden. Die ursprünglich gesuchte Antriebsleistung des Förderers ergibt sich aus der Differenz der Kettenzugkraft am Ein- bzw. Auslauf des Antriebsrades, der Kettengeschwindigkeit und des Wirkungsgrades.

Die Zugkraftdiagramme sind nicht nur die Grundlage für die Bestim-





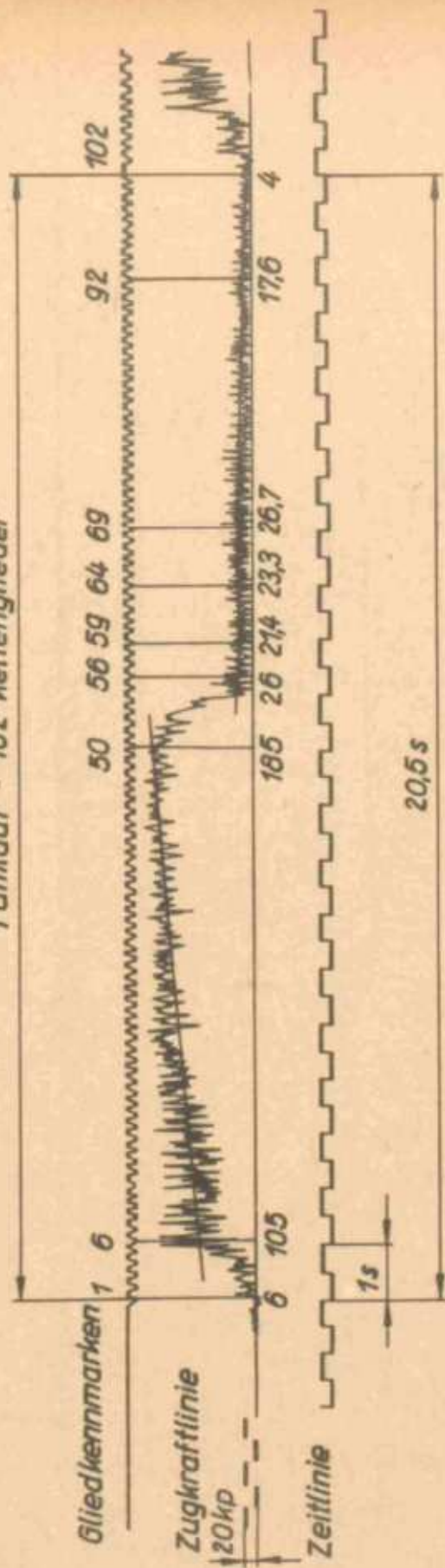
FAS  
Berlin

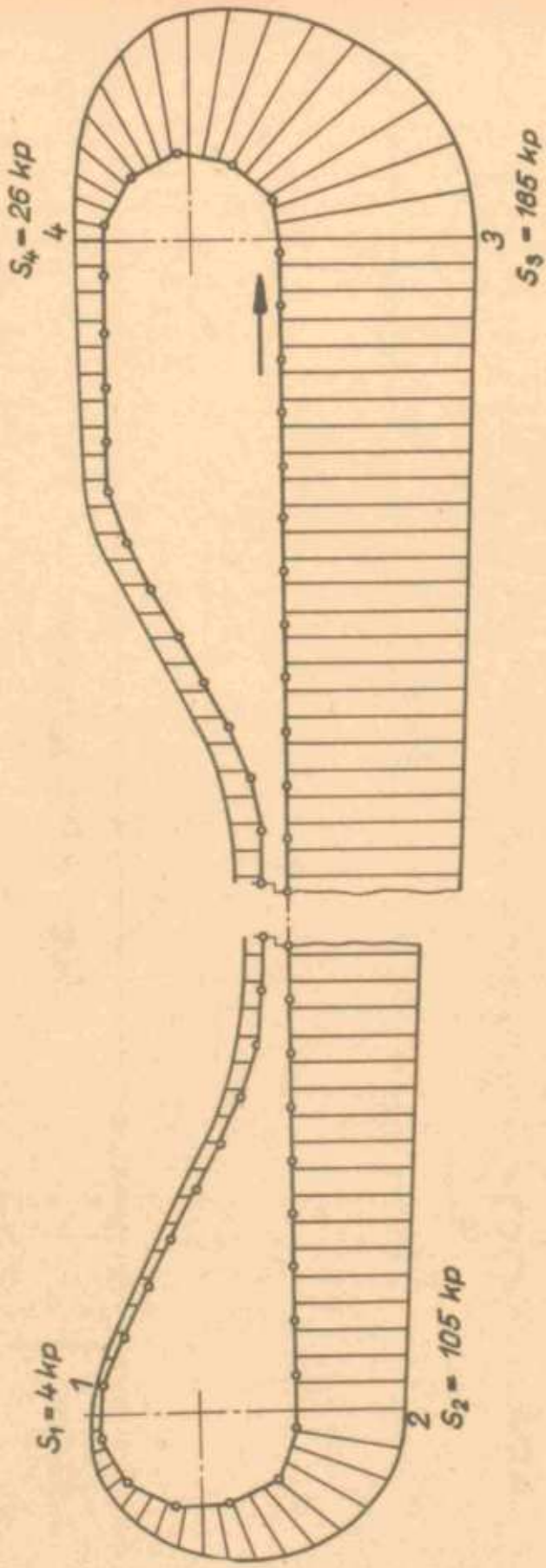
Meßgeräteanordnung, schematisch

Bild 11



1 Umlauf = 102 Kettenglieder





$\alpha = 70^\circ$   
 $V_k \approx 0,5 \text{ m/s}$   
 volle Belastung



mung der Widerstandszahlen, sondern darüber hinaus von großer Bedeutung bei der Wahl der kleinsten im Zugmittel auftretenden Zugkraft und deren Lage auf der Kettenbahn. Sie ermöglichen ferner eine Kontrolle der abgeleiteten Beziehung für die Kraftverhältnisse an der Gutaufnahme. Die Übereinstimmung der aus den Zugkraftdiagrammen entnommenen Werte mit denen, die sich aus der Rechnung ergeben, ist durchaus zufriedenstellend.

Die Abmessungen des Trogquerschnitts eines Schüttgutschachtförderers bei gegebener Förderleistung hängen von der Kettengeschwindigkeit, der Schüttmasse des Fördergutes, dem Beiwert für das Zurückbleiben des Fördergutes gegenüber der Kette (Schlupf), dem Beiwert für die Einbuße des Fassungsvermögens durch die Kettenteile und dem Beiwert für die Verdichtung des Fördergutes im Trog ab. Da sich der Schlupfbeiwert bei steiler Förderung auf die Abmessungen des Trogquerschnitts stark auswirkt, wurden Versuche durchgeführt, die die Ermittlung dieses Beiwertes für Apatit ermöglichten.

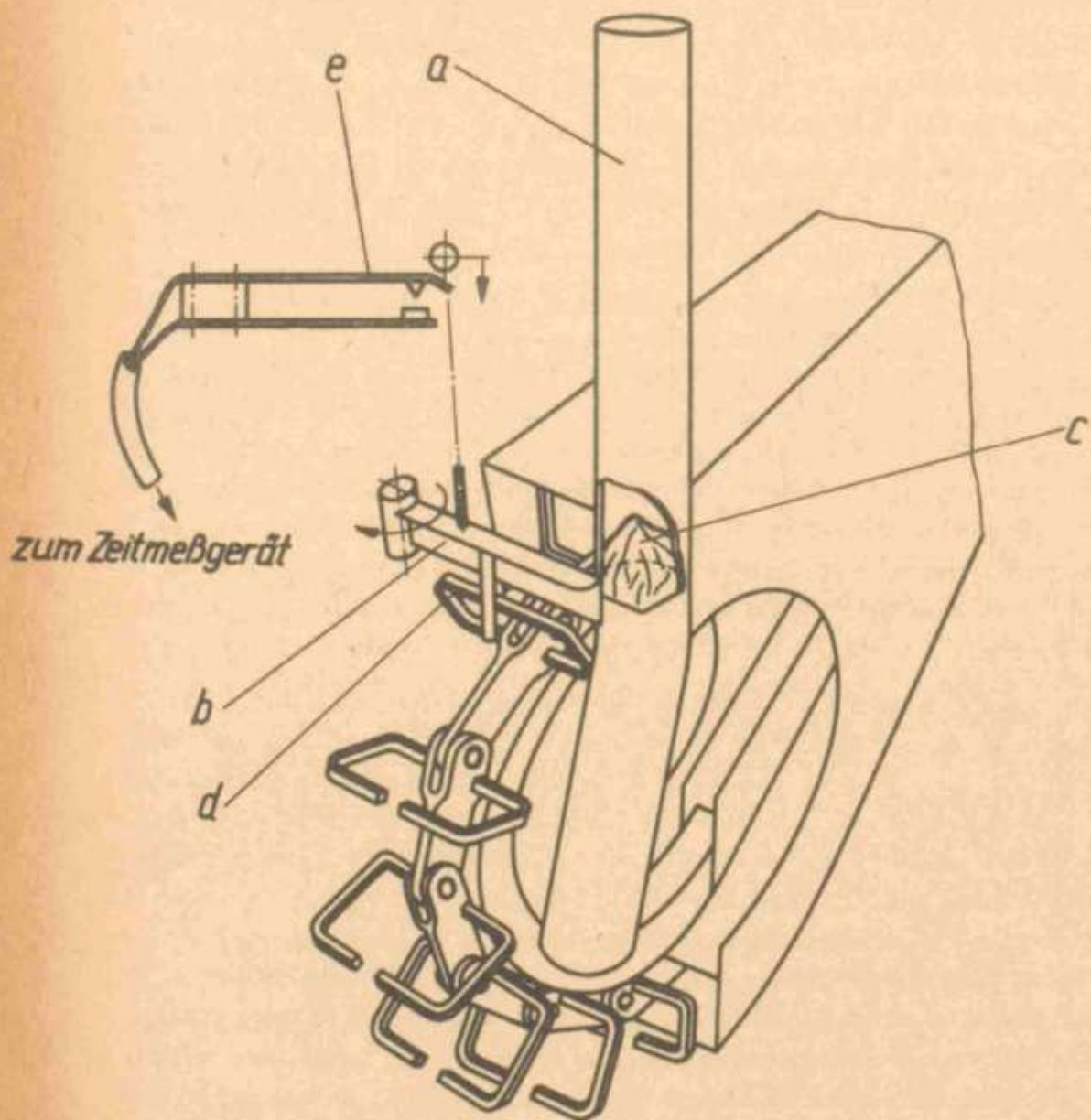
Prinzipiell wurde das Problem durch das Einbringen eines Farbträgers während des Fördervorganges in das Fördertrum und Messen der Zeit, die er bis zum Austritt benötigt, gelöst. Das nächste Bild zeigt schematisch die Versuchseinrichtung (Bild 14). Sie besteht aus einem Rohr a, das durch einen Schieber b nach unten abgeschlossen ist, um ein Herausfallen des sich darin befindlichen Farbträgers c zu verhindern. Der Schieber ist so angeordnet, daß er sich durch das Vorbeilaufen eines besonders ausgeführten Kettengliedes d öffnet und dadurch dem Farbträger den Weg zur Gut-einlauföffnung freigibt. Durch das Öffnen des Schiebers wird gleichzeitig ein Kontakt geschlossen, der ein Zeitmeßgerät einschaltet. Dieses wird beim Auftauchen des Farbträgers am Auslauf über Fernstopp von Hand ausgeschaltet. Durch die Kenntnis der auf diese Weise ermittelten Zeit, die der Farbträger für das Zurücklegen eines bekannten Weges benötigt, kann seine Geschwindigkeit errechnet werden. Dividiert man sie durch die Kettengeschwindigkeit, erhält man den gesuchten Schlupfbeiwert. Er beträgt:

bei einer Anstellung des Förderers von  $\beta = 70^\circ$

$$K_1 = 0,48 \quad \text{bei } v = 0,45 \text{ m/s}$$

$$K_1 = 0,40 \quad \text{bei } v = 0,3 \text{ m/s}$$





bei einer Anstellung des Förderers von  $\beta = 55^\circ$

$$K_1 = 0,74 \quad \text{bei } v = 0,45 \text{ m/s}$$

$$K_1 = 0,70 \quad \text{bei } v = 0,3 \text{ m/s.}$$

Aus den Werten läßt sich die Tendenz ableiten, daß sich der Schlupf mit steigender Anstellung und kleiner werdender Ketten- geschwindigkeit vergrößert. Diese Tatsache ist bei der Projektie- rung einer Umschlagsanlage nach Möglichkeit zu berücksichtigen.

Die übrigen Daten für die Ermittlung der Trogabmessungen lassen sich errechnen bzw. sind zu wählen. Sie beeinflussen das Ender- gebnis nur wenig.

Zum Schluß des Vortrages möchte ich noch einen Punkt behandeln, der sicher für den Praktiker des Hafens von großem Interesse sein wird. Es ist die Frage der Wirtschaftlichkeit des Schütt- gutschachtförderers. Eine vergleichende Wirtschaftlichkeitsbe- trachtung zwischen Greiferkran und Schüttgutschachtförderer gibt Aufschluß über die Größenordnung der Umschlagskosten pro Tonne Gut für das eine bzw. andere Umschlagsverfahren. Um zu einiger- maßen realen Werten zu gelangen, lege ich die Verhältnisse des VEB Phosphatwerk Rüdersdorf, in dem das Fertigungsmuster zum Ein- satz gelangen wird, zugrunde. Folgende Annahmen bauen zum Teil auf Richtwerten der Praxis auf:

Die Anschaffungs- und Montagekosten eines Kranes und des Schütt- gutschachtförderers gleicher Leistung sind gleich groß. Die Ab- schreibung beträgt beim Kran 5 %, beim Schüttgutschachtförderer 6 2/3 %. Der Unterhaltungsaufwand für den Kran wird mit 3 %, der des Schüttgutschachtförderers mit 5 % des Anschaffungswertes an- genommen. Die Energiekosten von beiden Anlagen sind gleich hoch. Der Lohnaufwand verringert sich beim Schüttgutschachtförderer be- trächtlich, da die im Kahn erforderlichen Arbeiter nur noch zu 50 % für die Restentleerung benötigt werden. Es wird einschich- tiger Betrieb mit 2400 h/J und einer Umschlagsleistung von 192.000 t/J zugrunde gelegt.

Die Gegenüberstellung ergibt, daß die Gesamtjahreskosten bzw. die Kosten pro umgeschlagene Tonne Gut etwa gleich groß sind; letztere betragen 0,36 - 0,37 MDN/t. Die Staubfreiheit des Umschlagsver- fahrens wird also keinesfalls durch einen erheblichen Kostenmehr-

aufwand erkaufte.

Damit bin ich am Ende meines Vortrages angelangt. Leider war es mir wegen der Kürze der mir zur Verfügung stehenden Zeit nicht möglich, Ihnen die Probleme in ihren Einzelheiten vorzutragen. Trotzdem hoffe ich, daß Sie einen kleinen Überblick über den Schüttgutschachtförderer und die damit verbundene Entwicklungsarbeit erhalten haben.