

Nur zum persönlichen Gebrauch

Vom Verfasser überreicht

---

**GVC** VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik  
und Chemieingenieurwesen

---

Preprints

# Filtertechnik

---

Wiesbaden, 28. und 29. April 1983  
Penta Hotel, Auguste-Victoria-Straße 15

---

Prof. Dr.-Ing. Werner Stahl

Dipl.-Ing. Robert Kern

Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Mechanik  
der Universität Karlsruhe (TH)

"Neuere apparative Entwicklungen bei kontinuierlichen Vakuum-  
filtern - Möglichkeiten der Anpassung und Verbesserung älterer  
Filter"

### Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung
2. Der Einfluß der Partikelgröße auf die wichtigsten Eigenschaften von Filterkuchen
3. Der Einfluß der Sinkgeschwindigkeit und die Ausbildung des Rührwerks
4. Der Einfluß des Kapillardrucks des Kuchens auf die Art der Kuchenabnahme
5. Einfluß der Kompressibilität des Kuchens und ihre Ausnutzung zur Restfeuchteabsenkung
6. Die Anpassung der Konstruktion an die verschiedenen Kuchenwiderstände
7. Konstruktive Vorkehrungen zur Filtrattrennung
8. Verschiedenes

## 1. Einleitung

Vakuumfilter sind seit Jahrzehnten in den verschiedensten Branchen in Gebrauch; sie haben einen gewissen Reifezustand in konstruktiver Hinsicht erreicht. Abgesehen von Bandfiltern, von denen die meisten nun auch schon über ein Jahrzehnt auf dem Markt sind, waren die prinzipiellen Neuerungen auf diesem Gebiet nicht überwältigend.

Im Detail jedoch wurden von fast allen Herstellern viele Verbesserungen angebracht, wodurch diese Gruppe trenntechnischer Geräte aufgewertet wurde.

Die apparativen Entwicklungen wurden im Grunde durch zwei Ursachen ausgelöst:

Die erste Gruppe umfaßt die bestmögliche Anpassung der Maschine an das Produktverhalten, um bessere Trennergebnisse bei wirtschaftlicherem Energieeinsatz zu erreichen.

Die zweite Gruppe umspannt die konstruktiven und herstellungstechnischen Verbesserungen, die zur Verbilligung des Filters führen.

Im Idealfall wird bei der Neuauflage einer Filterserie beides gleichzeitig erreicht.

In dieser Darstellung will ich verfahrenstechnische Besonderheiten dadurch herausarbeiten, daß ich allgemeine verfahrenstechnisch bedingte Wünsche an eine Konstruktion richte, die von den unterschiedlichen Filterausführungen in mehr oder weniger vollkommener Weise erfüllt werden.

Diese Vorgehensweise vermeidet einerseits, daß besonders günstige Konstruktionen innerhalb der Reihe der Anbieter besonders herausgestrichen werden, und zum anderen glaube ich, daß Sie als Betreiber durch diese Vorgehensweise nicht nur einen Beurteilungskatalog für den Einkauf bekommen, sondern auch einen Blick dafür,

wie ältere Filterexemplare eventuell nachträglich bei höheren Forderungen durch mehr oder weniger geringfügige Umbaumaßnahmen von Ihnen selbst verbessert werden können.

## 2. Der Einfluß der Partikelgröße auf die wichtigsten Eigenschaften von Filterkuchen

---

Wie im vorangegangenen Vortrag über die physikalischen Grundlagen ausführlich dargelegt, sind die Größen:

- Kuchenwiderstand
- Eintrittskapillardruck
- aber auch die Konsistenz des Kuchens
- und die Haftkräfte zwischen Kuchen und Tuch

sehr stark abhängig von der Partikelgröße.

Das Bild 1 zeigt qualitativ den Verlauf dieser 4 wichtigsten Größen vom Partikeldurchmesser.

In der Folge sind die Konstruktionen, trotz des Wunsches nach konstruktiver Standardisierung, diesem Produktverhalten anzupassen, um optimale Trennbedingungen zu erhalten.

## 3. Der Einfluß der Sinkgeschwindigkeit und die Ausbildung des Rührwerks

---

Die Sinkgeschwindigkeit der Feststoffteilchen in der Suspension steigt quadratisch mit der Partikelgröße. Für alle Vakuumdrehfilter bedeutet dies, daß der Sedimentation der Suspension im Trog durch einen größeren Aufwand am Rührwerk entgegenwirkt werden muß.

Bei Standardtrommelfiltern ist das Rührwerk als Schwenkrührwerk ausgebildet; die Schwenkweite ist konstant. Die Frequenz ist ebenfalls fest eingestellt und so gewählt, daß Schwappschwingungen im Trog vermieden werden (unterkritische Rührfrequenz).

Das Bild 2 zeigt ein konstruktiv sehr einfaches aber robustes Rührwerk eines Standardtrommelfilters, bei dem die beiden Schwenkarme durch Exzenter von einer gemeinsamen durchgehenden Welle angetrieben werden. Diese ist auf einer Seite in einem Kompaktantrieb, bestehend aus Schneckengetriebe mit Motor, gelagert und an den Trog angeflanscht.

Auf der anderen Seite wird diese Welle in einem Flanschlager geführt. Ist ein Absetzen des Feststoffs damit nicht sicher zu verhindern, so kann man das Rührgitter als eine Art Kratzer ausführen, um abgelagerten Feststoff zwangsweise aufzuspülen. Das Bild 3 zeigt solche nachträglich angebauten Kratz- und Aufwirbelbleche. Dadurch wurde auch bei Eisenerz nach einer anfänglichen Eindickung der Suspension im Trog ein konstanter Betrieb erreicht.

Im Bild 4 ist ein sog. Doppelpendelrührwerk zu sehen. Bei diesem werden die Anregungen der Suspension zu Schwappschwingungen trotz der höheren Frequenz der Rührwerke vermieden, da sich die Bewegungen der beiden Rührwerke gegenseitig kompensieren.

Neuere Lösungen zur Verhinderung der Sedimentation im Trog gibt es auch bei Scheibenfiltern. Das Bild 5 zeigt extrem schmale Einzeltröge, in denen die großen Scheiben selbst eine Rührwirkung ausüben, die in fast allen Einsatzfällen die Suspension sehr gut homogen hält.

In Ausnahmefällen können einzelne, als Einheit gebaute, Propeller- rührwerke eingesetzt werden (Bild 6).

Bei noch stärkerer Neigung der Suspension zur Sedimentation kommt man nicht umhin, dann ebene Filter einzusetzen.

Auch dort wirkt sich der Sedimentationseffekt aus; er kann jedoch nutzbringend eingesetzt werden. Steuert man das Vakuum erst auf, nachdem man die Suspension auf das Band aufgegeben hat, so besteht eine Tendenz, daß die größeren Partikeln sich zuerst auf dem Tuch absetzen, was den Tuchwiderstand herabsetzt. Wie Bild 7 zeigt, wird dieser Effekt durch Fraktionierung hier noch effektiver

genutzt, indem durch einen vorgeschalteten Hydrozyklon zwei in ihrem Filterverhalten leicht unterschiedliche Suspensionen nacheinander auf das Band aufgebracht werden.

#### 4. Der Einfluß des Kapillardrucks des Kuchens auf die Art der Kuchenabnahme

Bei mittleren Partikelgrößen von etwa 6  $\mu\text{m}$  reicht das Vakuum nicht mehr aus, um die Kapillarität zu überwinden. Es tritt überhaupt keine Verminderung der Sättigung von  $S = 1$  ein, auch wenn die Trockensaugzeit erhöht wird. Dies hat zur Folge, daß in das Filtratrohr und Zellensystem keine Luft durch den Kuchen eintritt und das Filtrat nur wie die Flüssigkeit aus einer auf den Kopf gestellten Flasche zum Steuerkopf gelangt. Die Zelle steht auch im Moment der Aufsteuerung noch unter Vakuum, so daß die Belüftung der Zelle entgegen der Strömungsrichtung des Filtrats durch das Filtratrohr erfolgt. Dabei wird Filtrat mitgerissen, befeuchtet den Kuchen von innen und spült ihn vom Tuch ab. Man hilft sich in solchen Fällen durch einen sog. Belüftungssteuerkopf, meist auf der Gegenseite des Hauptsteuerkopfes angebracht, dessen Aufsteuerpunkt etwas früher gelegt wird. Damit entsteht ein Luftdurchzug durch die Zelle, der das Filtrat verschiebt.

Die Bilder 8 zeigen solche Belüftungssteuerungen einmal getrennt und einmal in den Hauptsteuerkopf integriert, wobei die Belüftungsröhre in die entfernten Ecken der Zellen führen.

Da der Kuchen mit Flüssigkeit voll gesättigt blieb, ist seine Festigkeit sehr gering. Meist genügt schon das Absteuern des Vakuums, daß der Kuchen vom Filtertuch herabfließt. Es läßt sich durch eine Walze nicht übernehmen. Am besten wird er durch eine Reihe schräger, direkt auf das Tuch angestellter Kunststoffschaber abgenommen und tropft in den Feststoffschacht (Bild 9). Dieses Materialverhalten ist eigentlich für ein Trommelfilter bereits ungeeignet. Man wird bei höheren Ansprüchen an die Restfeuchte besser auf Filterpressen übergehen.

In vielen Anwendungsfällen ist der Kapillardruck zwar niedriger als der Druckunterschied, der durch das angelegte Vakuum bewirkt wird, jedoch reicht die Trockensaugzeit nicht mehr aus, um den Flüssigkeitskolben ganz hindurchzuziehen (Siehe Formel des Grundlagenvortrags). Für das Filtratrohrsystem ist das Ergebnis dasselbe; die Zelle wird nicht durch den Kuchen belüftet und muß wieder durch einen Belüftungssteuerkopf geöffnet werden. Die Kuchenabnahme kann jedoch im Fall des teilgesättigten Kuchens mit einer Walze erfolgen. Wie Bild 10 zeigt, steigt die Festigkeit des Filterkuchens mit abnehmender Sättigung stark an. Bei vielen Produkten kommt noch hinzu, daß sie unter Scherung (ohne Druck) ihre Porosität erhöhen, was zu einem weiteren Absenken der Sättigung führt, auch wenn die Entfeuchtung vorher schon abgeschlossen ist. Die Adhäsion des Kuchens an der Abnahmewalze bzw. auf der Kuchenschicht, welche die Abnahmewalze überzieht, ist größer als die Haftkräfte des Kuchens auf dem Filtertuch. Der Kuchen wird auf die Walze übertragen und von dort mittels eines Haarnadelkamms abgeschert.

Für die konstruktive Umsetzung ist es wichtig, daß die Abnahmewalze eine Scherung einbringt, d. h. mit Differenzumfangsgeschwindigkeit zur Trommeloberfläche läuft. Dies wird durch Abbremsung oder besser, wie allgemein üblich, mit einem Antrieb der Walze aus dem Trommelantrieb erreicht.

Die Bilder 11 zeigen zwei verschiedene Konstruktionen mit Kette und mit Kardanwelle, die beide eine Pendelbewegung der Abnahmewalze zulassen, um unvermeidliche Hochschläge der Trommel und Änderung der Kuchendicke auszugleichen.

Die Anpaßkraft der Abnahmewalze, oder anderst ausgedrückt, deren Hinzupressung soll möglichst von Null aus auf höhere Werte einzustellen sein, um ein Verdichten des nur teilentleerten Kuchens zu vermeiden. Dies hätte eine Verminderung der Kohäsion bzw. bei sehr empfindlichen thixotropen Kuchen eine Verflüssigung zur Folge.

Die Bilder 12 zeigen pendelnd aufgehängte Walzen; in einem Fall hängt die Walze mit ihrem Schwerpunkt direkt unter dem Einspann-

punkt einer Blattfeder. Damit kann die Vorspannung sehr feinfühlig aufgebracht werden. Bei der anderen Bauweise ist auch bei entlasteter Feder (Spiralfeder geschützt in einer Hülse) immer eine Gewichtskomponente der Walze als Anpressung wirksam, die nicht unterschritten werden kann.

Alle folgenden Abnahmearten des Kuchens können angewandt werden, wenn der Kapillardruck gegenüber dem Vakuum klein ist.

Ketten- und Schnürenabnahmen werden nur noch sehr selten verwendet; die Schaber-Luftrückstoß-Abnahme ist so weit verbessert, daß ihre Nachteile unterdrückt wurden.

Die Rundlaufgenauigkeit der Trommeln ist heute so exakt, daß der "Schaber" so nahe an die mit Drähten umwickelte Trommel angestellt werden kann, daß der Luftrückstoß, mit seiner Gefahr Filtrat zurückzublasen, sehr schwach gehalten werden kann. Falls nötig, läßt man den Schaber den Kuchen an der vorlaufenden Kante kurz anschneiden und belüftet erst 2 bis 5 cm später, so daß rückgeblasenes Filtrat hinter dem Schaber in den Trog zurückläuft.

Bandabnahmen an Trommelfiltern setzen sich zunehmend auch in der Aufbereitung durch, wobei gesteuerte Bänder heute für Trommelfilter bis 80 m<sup>2</sup> eingesetzt werden (Bild 13).

#### 5. Einfluß der Kompressibilität des Kuchens und ihre Ausnutzung zur Restfeuchteabsenkung

Die Kompressibilität des Kuchens kann verschiedene Ursachen haben:

- das Einzelpartikel selbst ist kompressibel
- die den Kuchen aufbauenden einzelnen Partikel sind selbst Agglomerate und haben eine hohe innere Porosität (Flocken)
- Die Einzelpartikel können aufgrund von Ladungsschichten bei der Kuchenbildung nicht oder nicht ausreichend im Festkörperkontakt untereinander kommen
- Die Einzelpartikel sind verzweigte, schneeflockenähnliche, empfindliche Kristalle, deren Struktur bei Belastung zerstört wird.



- die Einzelteilchen haben ein extremes Längen-/Dickenverhältnis (Fasern), die sich elastisch verformen.

Aus den vorstehenden Fällen sind noch zwei Unterscheidungen zu treffen.

a) das angelegte Vakuum ist größer als der Kapillardruck; dann wird das Haufwerk seine freie Flüssigkeit abgeben, und nach dem Luftdurchbruch ist die weitere Restfeuchteabsenkung gering. Nach dieser Teilentleerung kann der Kuchen aber durch Kompression mit äußeren Mitteln wie Preßwalzen, Preßbäder u.ä. wieder soweit verdichtet werden, daß Flüssigkeit im Innern wiederum frei wird und abgesaugt werden kann. Dieser Vorgang kann mehrfach wiederholt werden, bis die verminderte Porosität den Kapillardruck so weit erhöht hat, daß mit dem zur Verfügung stehenden Vakuum keine weitere Entleerung mehr möglich ist. Das Haufwerk ist dann zwar auch nach der letzten Preßwalze bis zum Absteuern des Vakuums fast gesättigt, jedoch wurde der Betrag der Restfeuchte erniedrigt. Die Bilder 14 zeigen Trommelfilter mit Preßwalzen.

Die Lage der ersten Preßwalze sollte auf das Produkt abgestimmt sein, d. h. nach dem ersten Luftdurchbruch liegen. Zu frühes Pressen verflüssigt den Kuchen. Beim Scale-up von Pilotversuchen ist zu beachten, daß derselbe Liniendruck  $|N/cm|$  bei größeren Walzendurchmessern sich auf eine breitere Kontaktfläche verteilt und deshalb geringere Preßdrücke und damit Verdichtungen ergibt.

Wenn Preßbänder angewandt werden, sollten sie luftdurchlässig sein, damit nach jedem Preßvorgang eine Kolbenverschiebung stattfinden kann.

b) Der Kapillardruck ist höher als das angelegte Vakuum. Hier tritt nie eine Entleerung der Kolbenflüssigkeit ein. Der Druck auf Preßwalzen oder besser Preßbändern sollte langsam und stetig in dem Maße zunehmen, wie Flüssigkeit durch Pressen aus dem Kuchen austritt.

Hier können auch undurchlässige (Gummi-) Bänder zur Pressung verwendet werden; das angelegte Vakuum- hat dann keine entfeuchtende Funktion. Nach Aufheben der Pressung besteht die Gefahr, daß der Kuchen Risse bildet und Luft in das Vakuumsystem einfällt. Man sollte deshalb das Preßband bis über die Absteuerstelle herunterziehen (Bild 15).

Die Verdichtung des Kuchens kann u. U. durch eine zusätzliche Scherung noch weitergetrieben werden. Eine konsequente Konstruktion zeigt Bild 16. Einem Vakuumbandfilter ist am Ende der Trockensaugzone eine omegaförmige Umschlingung nachgeschaltet. Die Oberfläche des Kuchens wird vor der Umlenkung mit einem filtrierenden Tuch abgedeckt und so vor einer Ribbildung bei der Biegung bewahrt. Die Unterseite des Filtertuches wird von einer Vielzahl von Keilriemen unterstützt, die über die Abstandsänderung der Rollen unter hohen Zug gesetzt werden können, was sich als Pressung auf den Kuchen auswirkt. Die untere Umlenkrolle kann abgebremst werden, so daß der Kuchen zusätzlich geschert wird. Am Ende des Umschlingungsvorgangs wird durch eine angesetzte Preßrolle nochmals ein Liniendruck aufgebracht. Man beachte, daß während des ganzen Scher- und Preßvorgangs kein Vakuum angelegt ist; die Entwässerung erfolgt nur durch Verringern der Porosität.

#### 6. Die Anpassung der Konstruktion an die verschiedenen Kuchenwiderstände

---

Mit abnehmendem Kuchenwiderstand wird pro Zeiteinheit, d. h. pro Umdrehung mehr Kuchen gebildet und entsprechend der Suspensionskonzentration fällt gleichzeitig mehr Filtrat an.

Dieses muß bei Trommelfiltern über die Zelleneinlagen und das Filtratrohrsystem zum Steuerkopf abgeführt werden. Mit zunehmender Durchsatzmenge steigen die hydraulischen Verluste. Da ein für Filtrat durchlässiger Kuchen ebenso stark luftdurchlässig ist, wird dann auch in der Trockensaugphase mehr Luft durchgesetzt. Der hydraulische bzw. pneumatische Widerstand führt dazu, daß mit wachsendem Abstand von der Absaugstelle weniger Kuchen gebildet wird.

Es besteht also sowohl für das Filtratsystem, als auch für die Zelleneinlagen die Forderung nach geringen Strömungsverlusten.

Nun wäre der einfachste Weg der, die Querschnitte der Zelleneinlagen und Rohre zu erhöhen.

Dies führt jedoch zu anderen gravierenden Nachteilen

- das Totvolumen der Zellen gefüllt mit atmosphärischer Luft strömt nach jedem Eintauchen in die Suspension beim Aufsteuern in das Vakuum und muß als sog. Schöpfverlust unter Aufwenden von Arbeit wieder auf Atmosphäre verdichtet werden.
- Je größer das Totvolumen, desto später setzt der Stromfaden ein. Erst wenn das Zellenvolumen voll mit Flüssigkeit gefüllt ist, kann die Flüssigkeit über den Steuerkopf abfließen.

Nach der Kuchenbildungszone muß dann noch das im Totvolumen enthaltene Filtrat abgeführt werden. Das führt zu einem Druckverlust, der weit in die Wasch- oder Trockensaugzone führt und diesen anschließenden Vorgang verkürzt und damit verschlechtert. Ebenso wird durch große Totvolumina die evtl. nötige Trennung von Mutter- und Waschnfiltrat verschlechtert oder ganz unmöglich gemacht.

Die Forderung für die Auslegung des Filtratsystems lautet also:

Minimaler Durchflußwiderstand bei gleichzeitig minimalen Totvolumen. Während bei der Dimensionierung der (kreisrunden) Rohre schon ein gewisses Optimum erreicht ist, konzentriert sich das ganze Verbesserungspotential in den Zelleneinlagen.

Das Bild 17 zeigt für verschiedene, handelsübliche Zelleneinlagen den Verlauf des Druckverlustes pro Meter Länge in Abhängigkeit der Durchströmungsgeschwindigkeit bei Wasser von 20°. Die Werte üblicher Zelleneinlagen bestreichen eine Breite von 1:4.

Bei ausführlichen Messungen hat sich auch gezeigt, daß die heute weitverbreiteten Einlagen mit Füßchen besonders ungünstig liegen. Bezieht man das Totvolumen mit als Gütekriterium ein, so entsteht

ein Diagramm mit der Koordinaten R als Abszisse und dem Totvolumen als Ordinate, in dem ein Einlagentyp als Punkt erscheint (Bild 18). R entspricht dabei dem Rohrreibungskennwert  $\frac{\lambda}{D}$  wie er für die Berechnung des Widerstands von Rohren verwendet wird.

Die ideale Zelleneinlage liegt dabei möglichst nahe beim Nullpunkt.

Die beste der getesteten Zelleneinlagen war der Typ F, eine Kunststoffzelle mit parallelen Kanälen und einem glatten Deck mit zylindrischen Bohrungen zwischen Ober- und Unterseite (Bild 19). Die Zelle ist auch für sehr hohe Liniendrücke der Preßwalzen geeignet. Weiterführende Untersuchungen zu diesem Thema werden im Institut angestellt.

Bei großen Arbeitsbreiten bleibt nur der Weg der Mehrfachabsaugung. Bild 20 zeigt solche bereits bekannten Lösungen, die jedoch den Nachteil vieler Schweißstellen im Innern der Trommel haben.

Dagegen stellt Bild 21 eine elegante, doppelt verrohrte Ausführung dar. Jeweils zwei glatte, unverzweigte Rohre münden einerseits über Taschen in die Zelle und andererseits in einen zweireihigen Steuerkopf ein.

Die Abströmlänge in den Zellen ist damit geviertelt worden.

Eine Konstruktion für ganz extrem niedere Kuchenwiderstände zeigt Bild 22. Die kurzen Zellen geben ihr Filtrat in mittig angeordnete Saugköpfe ab.

## 7. Konstruktive Vorkehrungen zur Filtrattrennung

Aus den vorangegangenen Überlegungen zum Zellentotvolumen ist klar geworden, daß Drehfilter nur sehr begrenzt geeignet sind, eine gute Filtrattrennung zu liefern.

Bei hohen Ansprüchen an Trennschärfe wird man deshalb bekanntermaßen auf horizontale Filter, bevorzugt auf Bandfilter ausweichen. Neben der Möglichkeit, mehrstufig im Gegenstrom zu fahren und die Länge,

bzw. die Zeiten der Teilschritte auf den Filtern beliebig einzustellen, kommt bei den taktweise reversierenden Bauarten (Pannevis und BHS) noch der Vorteil hinzu, daß dieselben Filterzellen bzw. Einlagen immer mit demselben Filtrat benetzt sind d. h. eine Zelle durchläuft nicht im Zyklon alle Teilprozesse, sondern sie ist nahezu stationär.

Trotz dieser grundsätzlichen Überlegenheit der Bandfilter besteht doch bei vielen existenten Trommelfilteranlagen der Wunsch, die Filtrattrennung zu verbessern.

Neben der Verwendung der oben beschriebenen optimalen Zelleneinlagen kommt beim Trommelfilter der Filtratabführung aus den Zellen besondere Bedeutung zu.

Bild 23 zeigt eine Ausführung mit vor und nachlaufenden Einzelrohren. Damit ist ein vollständiges Auslaufen der Zelle bereits kurz nach  $90^\circ$  möglich und auf der Abnahmeseite kann die Abführung ebenfalls bis fast zum  $30^\circ$  Punkt aufrechterhalten werden.

Bild 24 zeigt eine über die ganze Zelleneinlage ausgebildete Saugtüte, welche die Vorteile der vorgezeigten Doppelverrohrung mit denen des Filtratabzugs über die ganze Zellenbreite vereinigt.

Bild 25 zeigt, wie eine Konstruktion mit asymmetrischer Saugtasche nachträglich durch ein nachlaufendes Rohr für die Filtrattrennung verbessert wurde.

Es sei auch erinnert, daß Waschen auf Scheibenfiltern nicht nur gut möglich ist und seit Jahren mehrfach befriedigend läuft, sondern daß die Filtrattrennung im Falle schmaler Zellen und kurzer, axialer Rohrwege prinzipiell besser ist, als auf Trommelfiltern (Bild 26).

## 8. Verschiedenes

### - Antriebe

Heute sind Kompaktgetriebe in Aufsteckbauart allgemein üblich. Rotor, Turbokupplung zum sanften Anlauf bei großen Filtern,

Momentenüberlastsicherung, drehzahlvariables Getriebe und Schneckenuntersetzungsgetriebe sind zu einem Block zusammengeflanscht (Bild 27) oder zumindest auf eine Lafette zusammenmontiert (Bild 28). Die geschlossene Bauweise, einfacher Austausch, und Unanfälligheit gegen mechanische oder thermische Verzüge der Antriebswelle sind neben vollkommenem Unfallschutz die entscheidenden Vorzüge.

- Tröge

Der Kostendruck hat manche konstruktive Überarbeitung auch verfahrenstechnisch weniger wichtiger Bauteile erzwungen. Sie sehen heute klare Linien, ein Minimum an Verrippung, Konsolen, Nischen, kurz alles Barocke ist vollständig verschwunden. Die Bilder 29 zeigen Filter verschiedener Hersteller, die sich nur noch in Details unterscheiden und es fällt selbst dem Branchenkenner schwer, die Herkunft sofort einzustufen.

- Steuerköpfe

Auch hier ist schon äußerlich an den klaren Linien die wertanalytische Überarbeitung zu sehen (Bild 30). Die Filtratabführflansche sind stirnseitig in gleichem axialen Abstand angebracht. Vorschweißflansche erlauben es verrostete Schrauben durchzutrennen und leicht zu ersetzen.

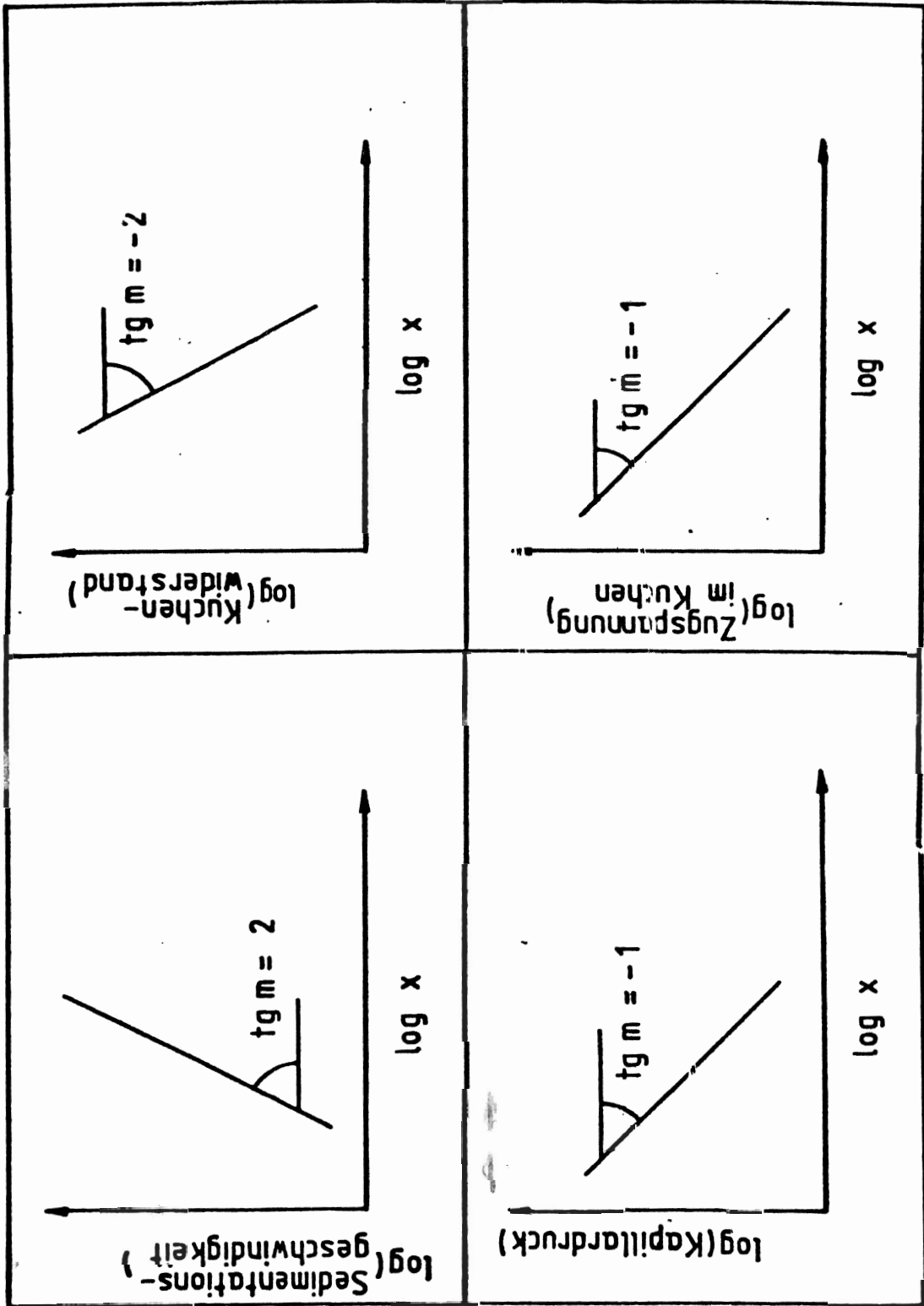
Steuer- und Dichtscheiben sind sehr dick gehalten um Verzüge zu vermeiden, um sie mehrmals plandrehen zu können und schließlich lassen sich durch dachförmiges Ausdrängen der Trennstege die Steuerzeiten bei Inbetriebnahme noch leicht korrigieren.

Eine letzte Neuerung, auch wenn sie sich erst im Stadium der Forschung und Entwicklung befindet, soll hier noch kurz vorgestellt werden, da sie streng genommen apparativ zur Vakuumfiltration zählt.

In Bild 31 sehen sie ein Versuchstrommelfilter mit Schaberabnahme, das in einen Druckbehälter montiert ist. Es wird mit Vakuum betrieben; zusätzlich können jedoch Drücke bis zu 4 bar Überdruck überlagert werden. Es hat sich gezeigt, daß besonders leichte, zusätzliche Überdrücke von 0,5 bis 1 bar einen sehr wirtschaft-

lichen Betrieb ergeben. Für Eisenerze liegen Versuchsergebnisse vor, die ausweisen, daß einem Mehraufwand von etwa 2 KWh pro Tonne Erz an Gasverdichtungsarbeit eine Einsparung von 2 Prozentpunkten an Wasserverdampfung in der nachfolgenden Trocknung gegenüberstehen, so daß man etwa mit 1 DM/to Erz an höherer Wirtschaftlichkeit rechnen kann.

Mit dieser Technik wird es möglich sein, die apparativen Vorteile ausgereifter Vakuumfilter beizubehalten, ihre physikalischen bedingten Begrenzungen aber zu überwinden.



Einfluß der Partikelgröße auf die wichtigsten Eigenschaften von Filterkuchen

Bild 1:



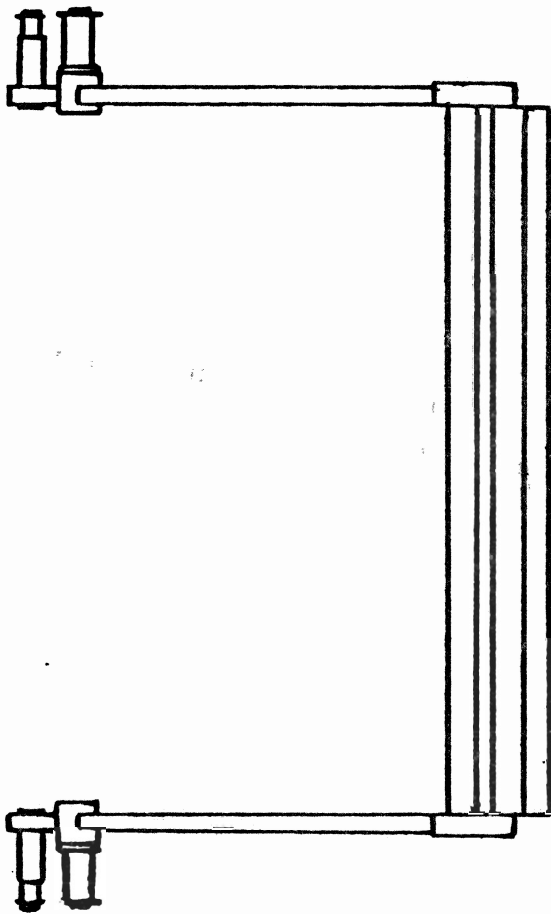
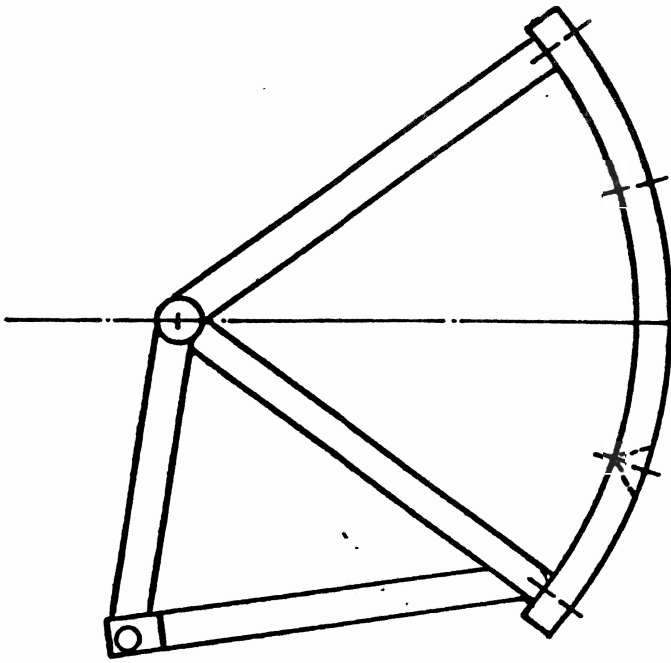


Bild 2a: Einfaches Rührwerk

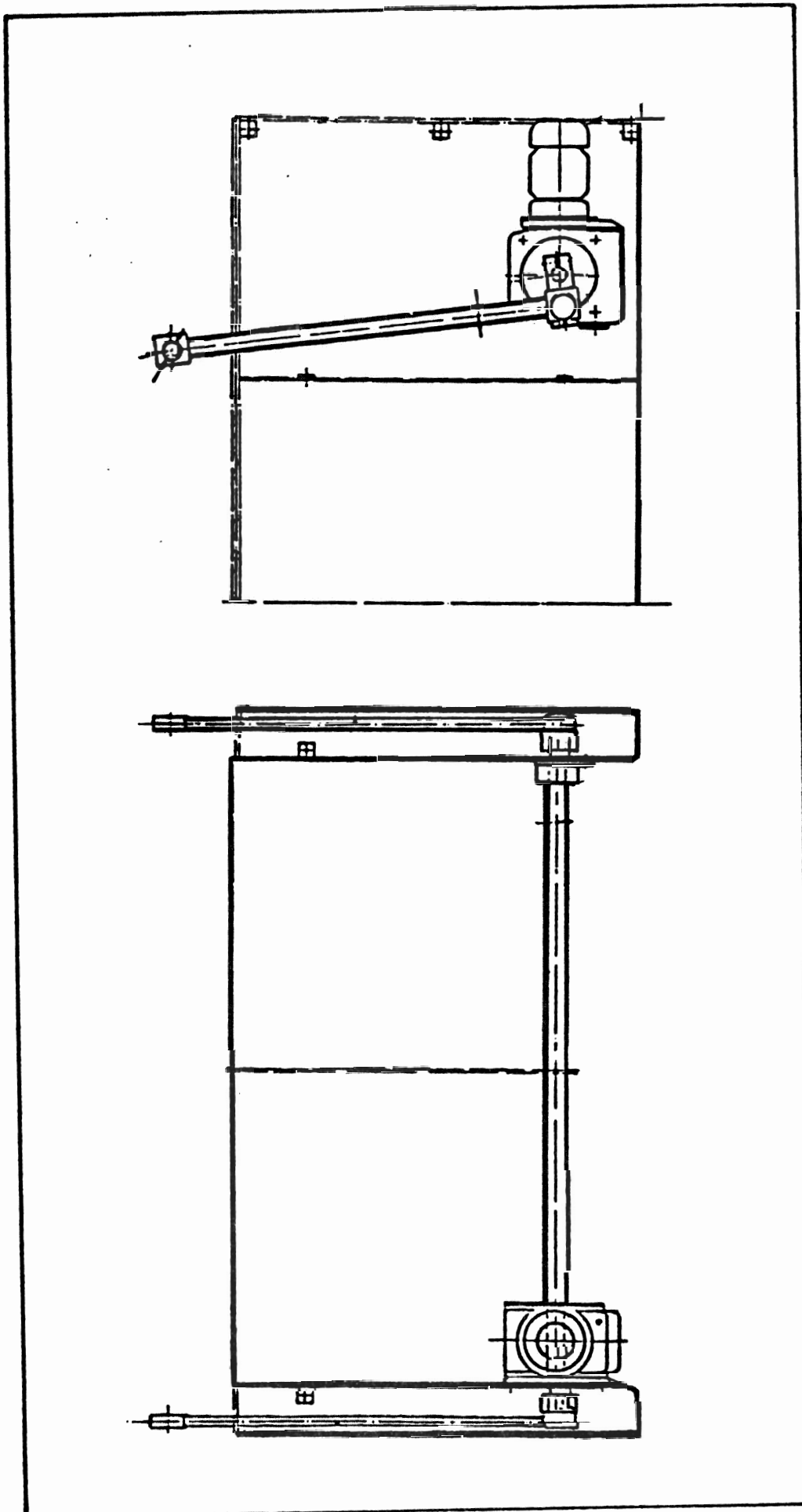


Bild 2 b

80%

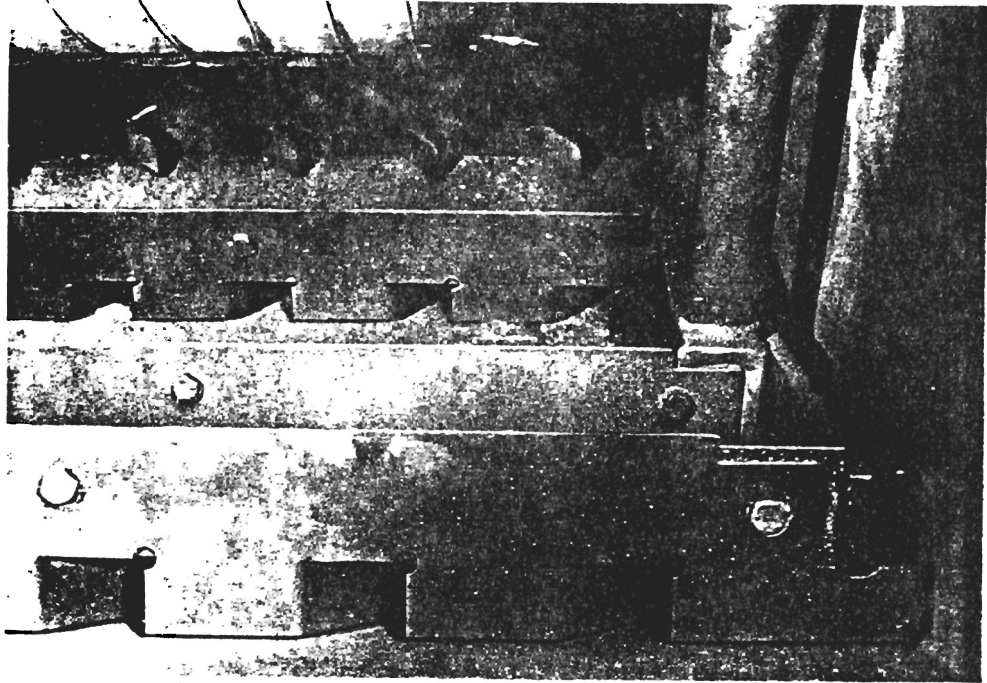


Bild 3: Rührgitter

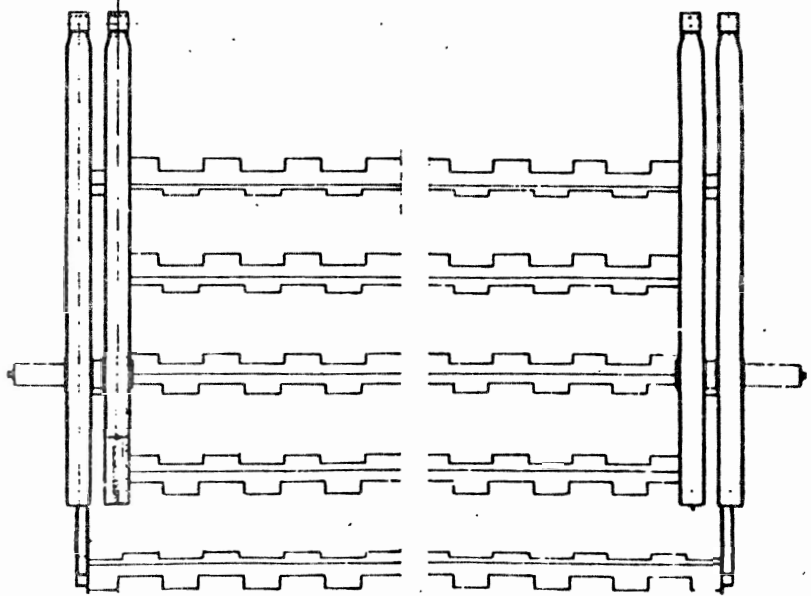
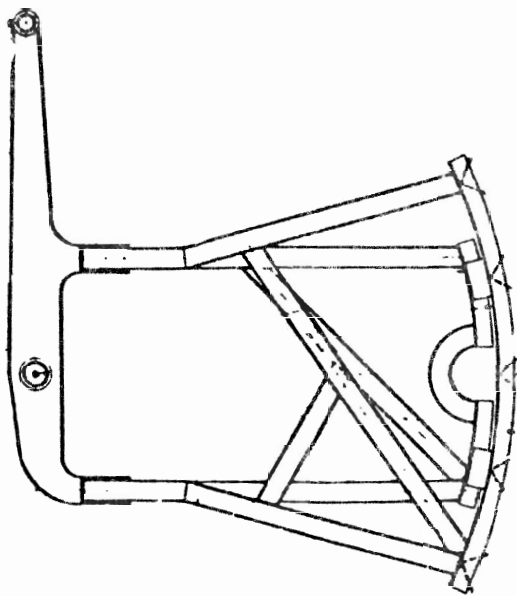
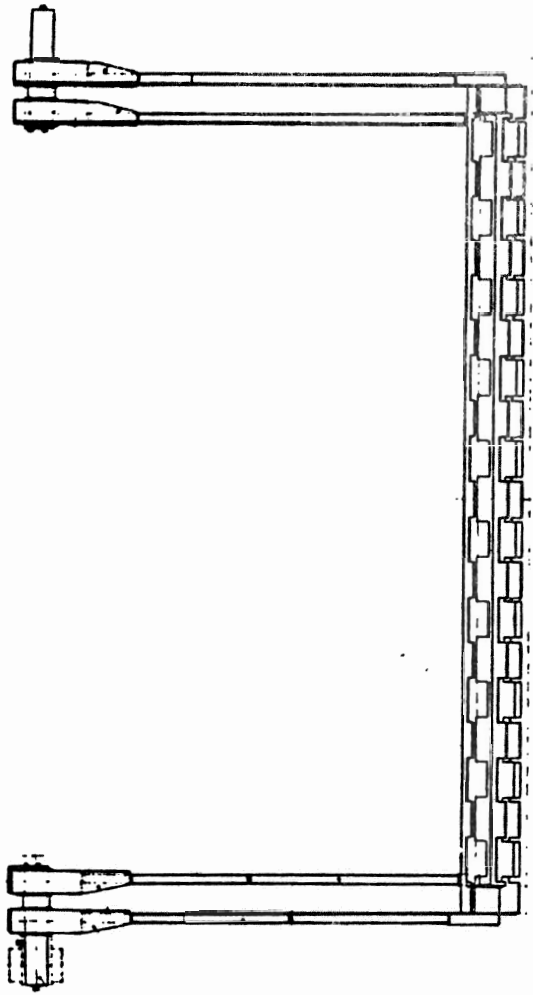


Bild 4: Doppelpendelrührwerk (KM)

80%

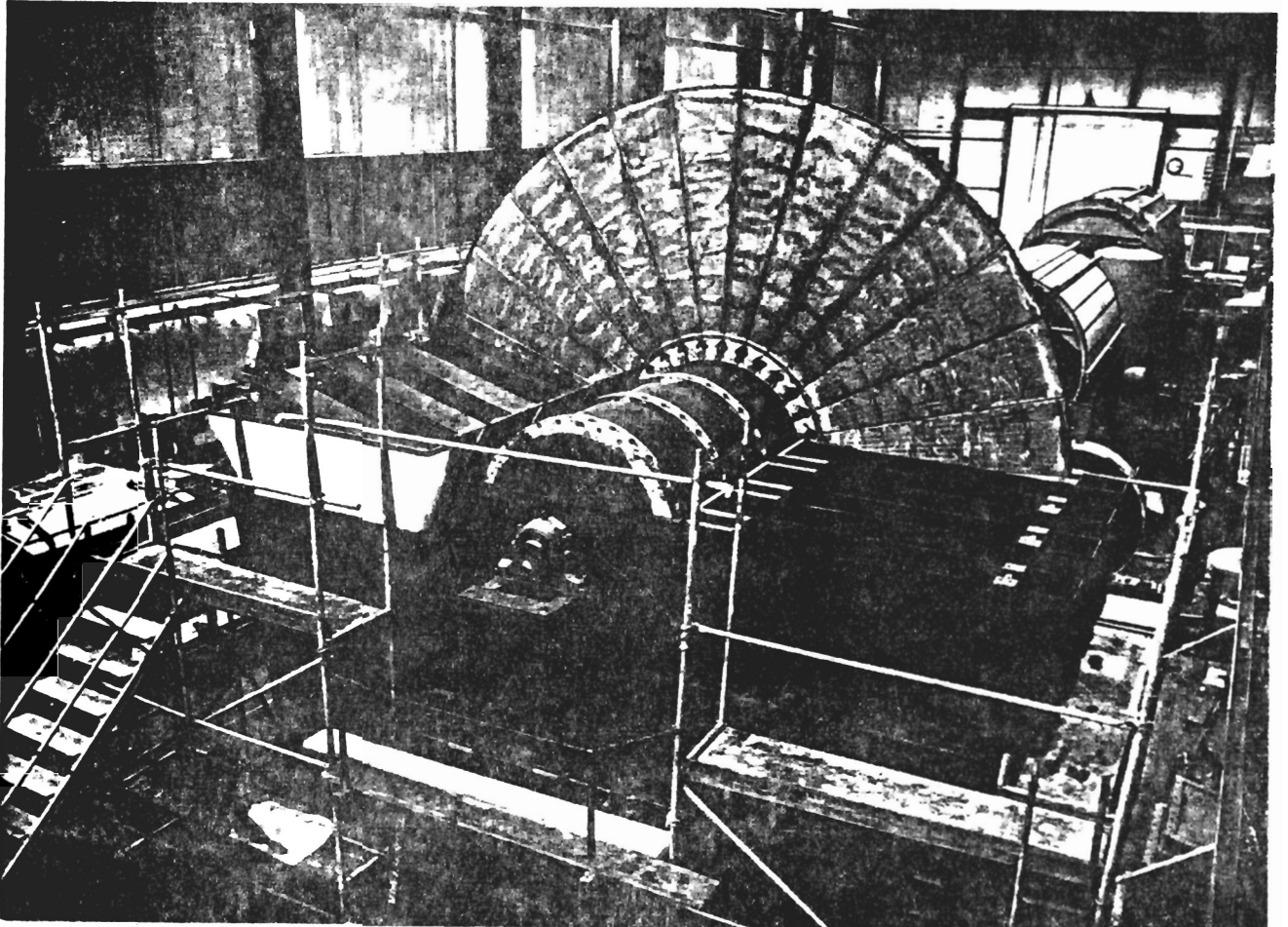
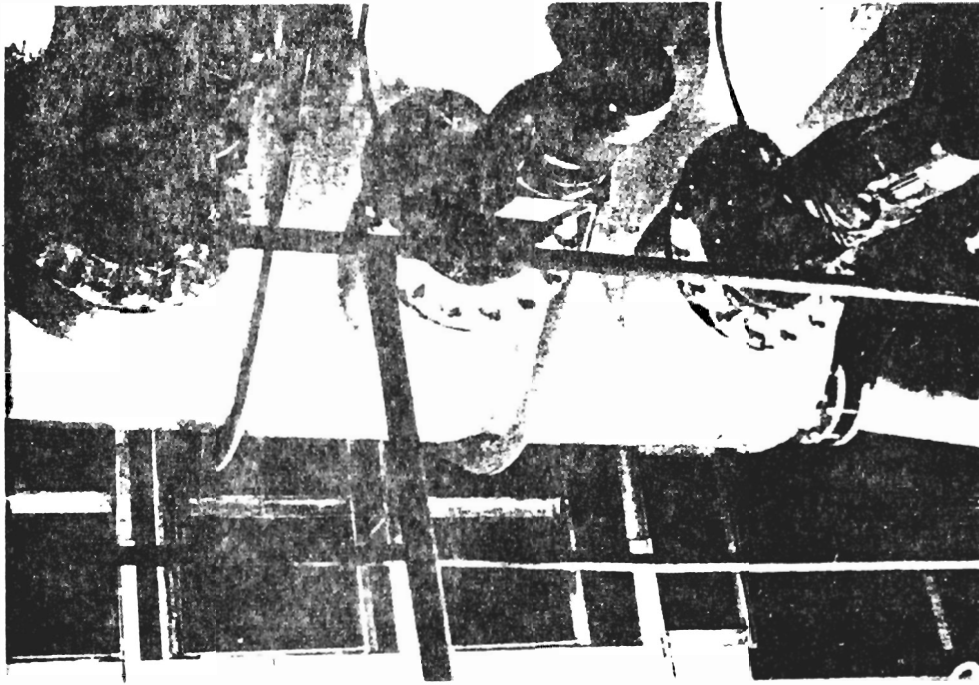


Bild 5: Schmale Einzeltröge für Scheibenfilter (KM)



8056

Bild 6: Rührwerksantrieb für Scheibenfilter (KM)

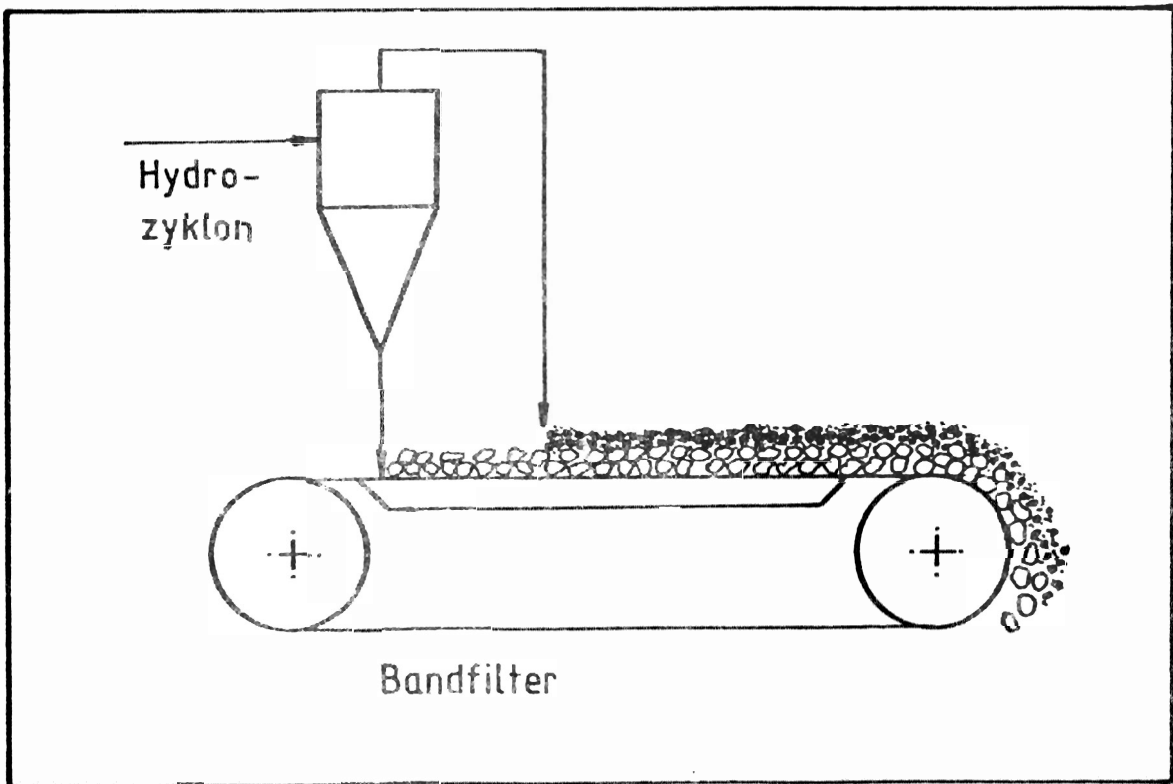


Bild 7: Kombination Hydrozyklon und Bandfilter

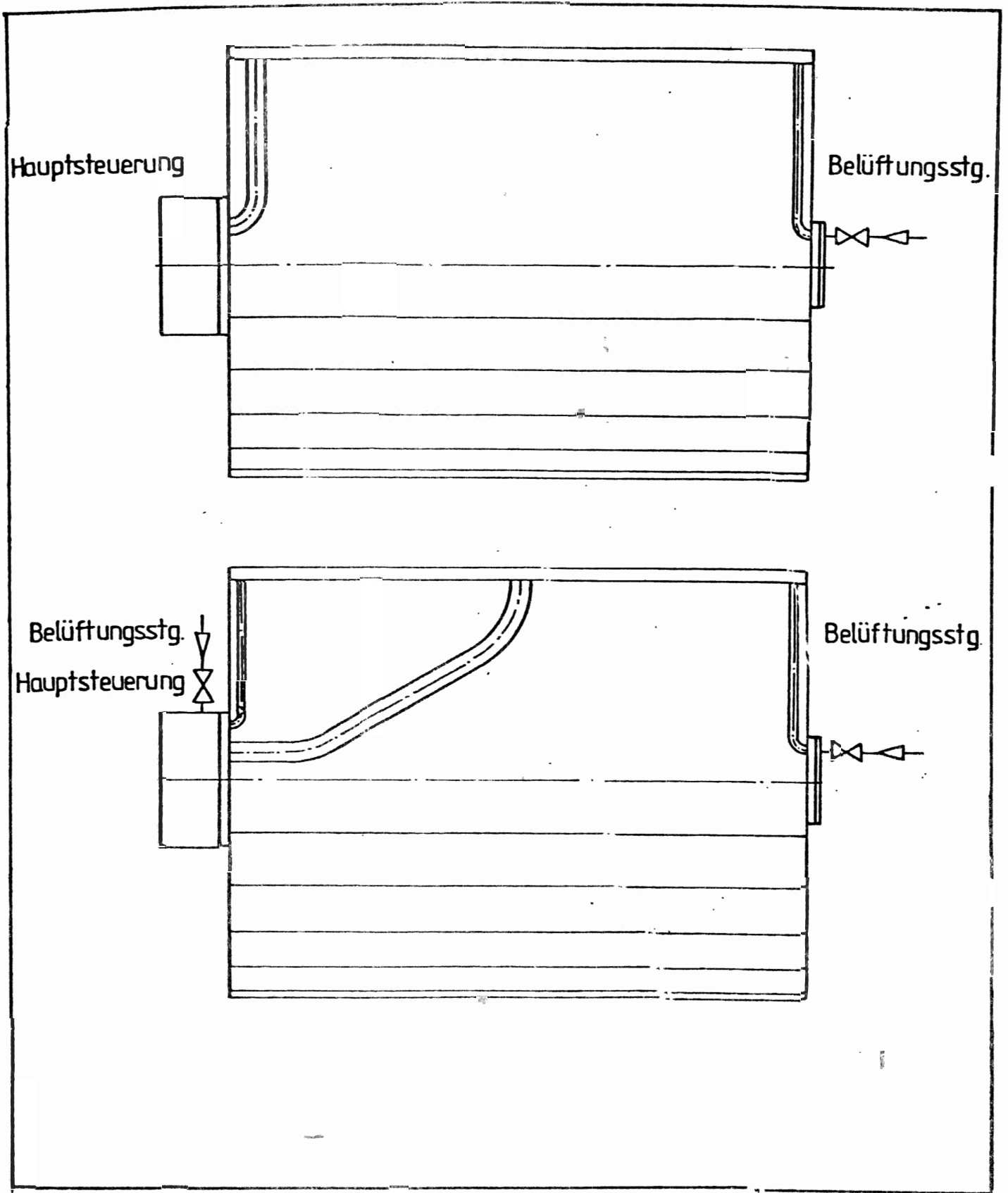


Bild 8: Verschiedene Ausführungen eines Belüftungsstuerkopfes

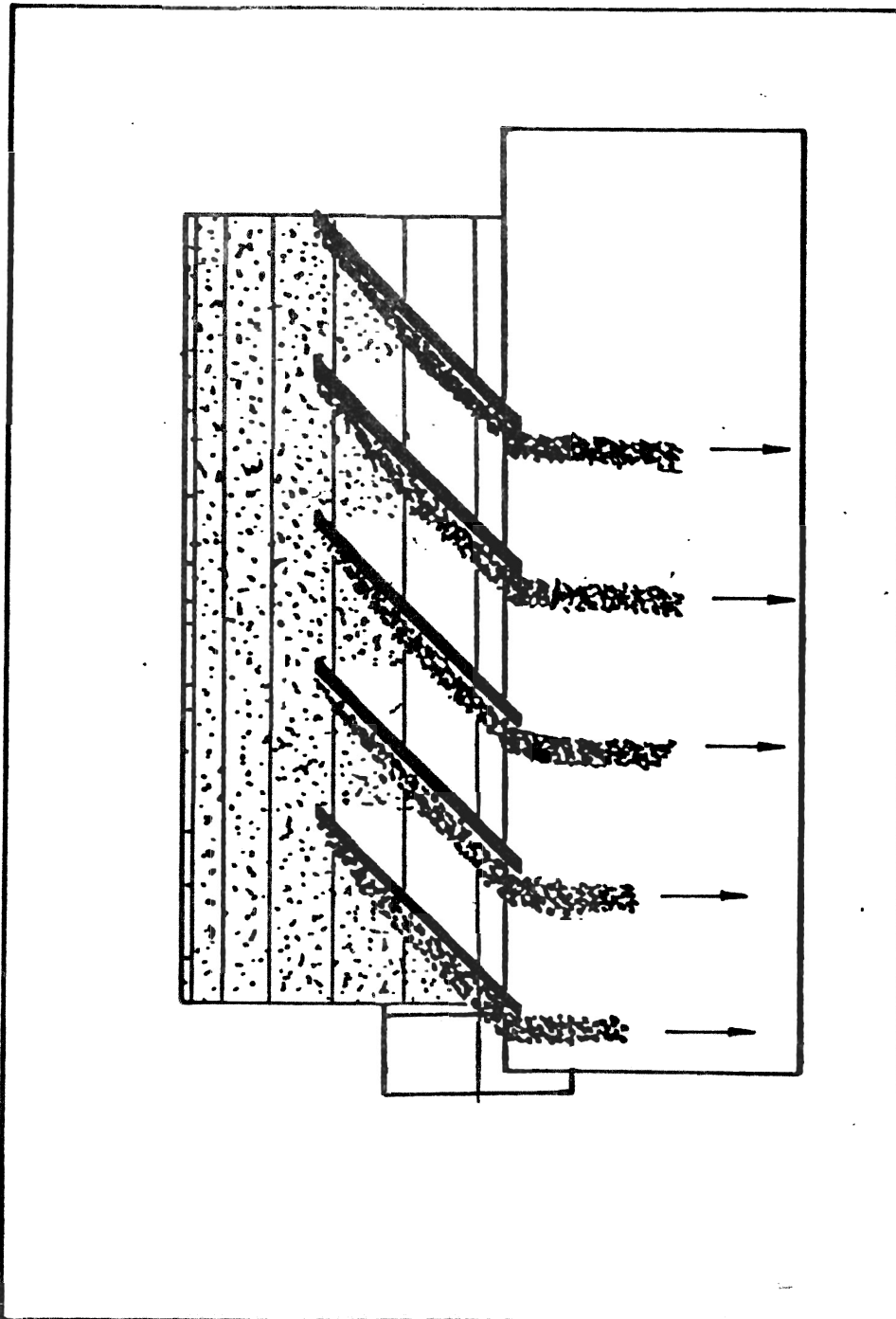


Bild 9a: Mehrfachschaaber am Trommelfilter



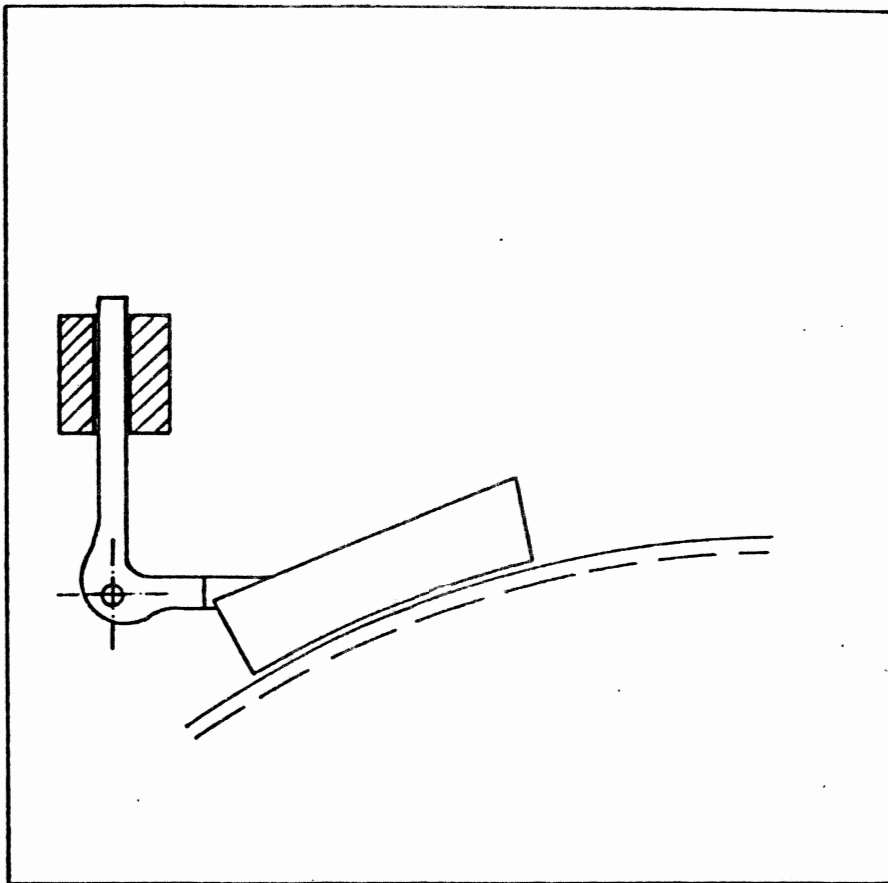


Bild 9b: Aufhängung der Mehrfachschaaber

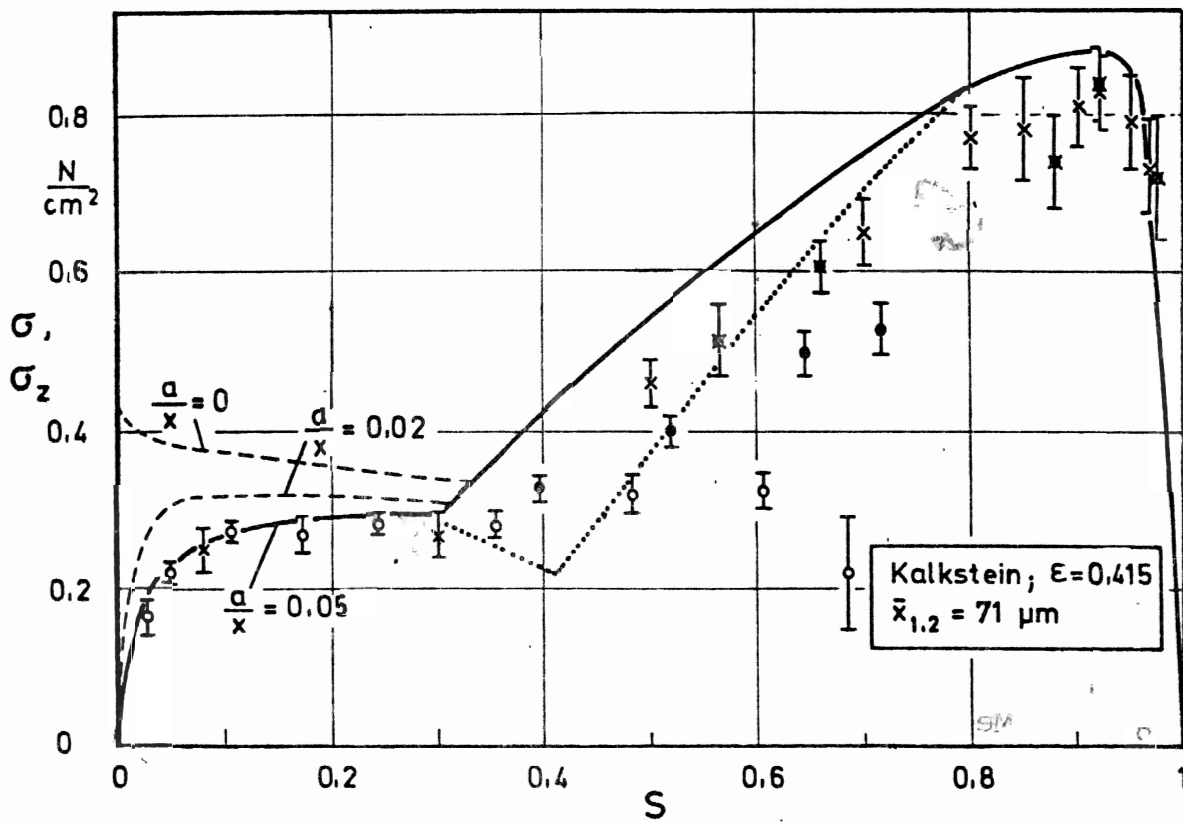


Bild 10: Zugfestigkeit von Agglomeraten (Diss. Schubert 72)

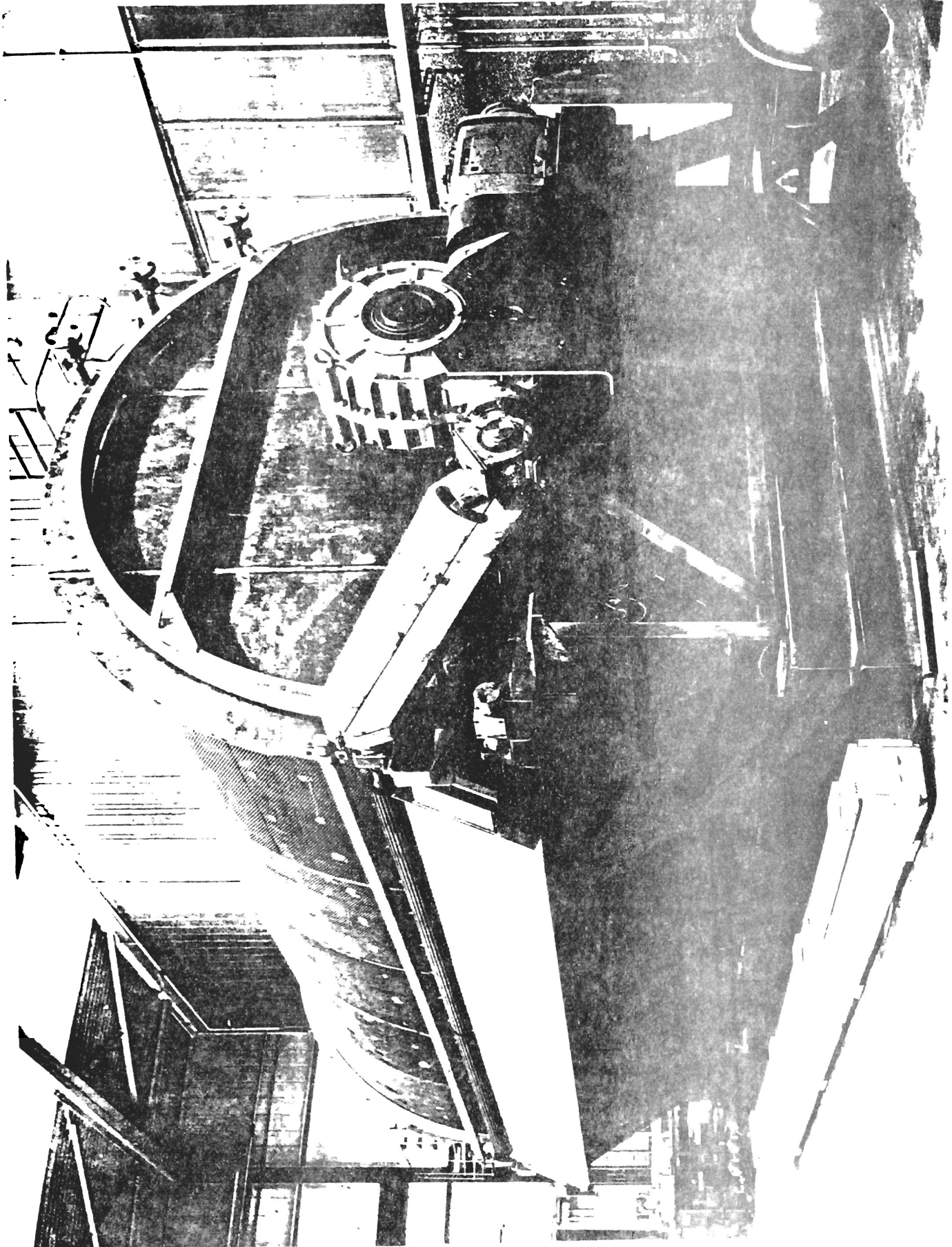


Bild 11a: Abnahmewalze mit Kettenantrieb

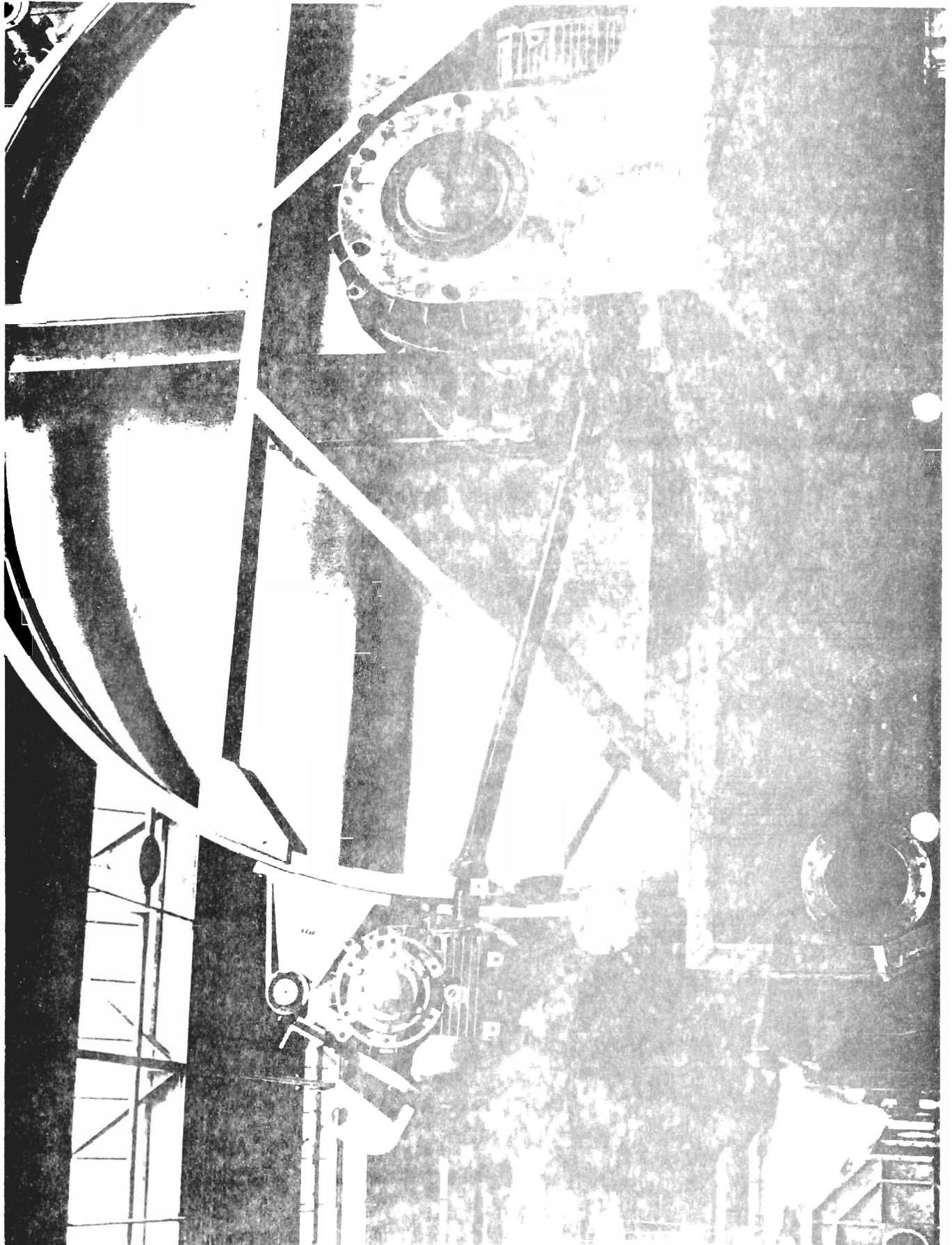


Bild 11b: Abnahmeart...  
100

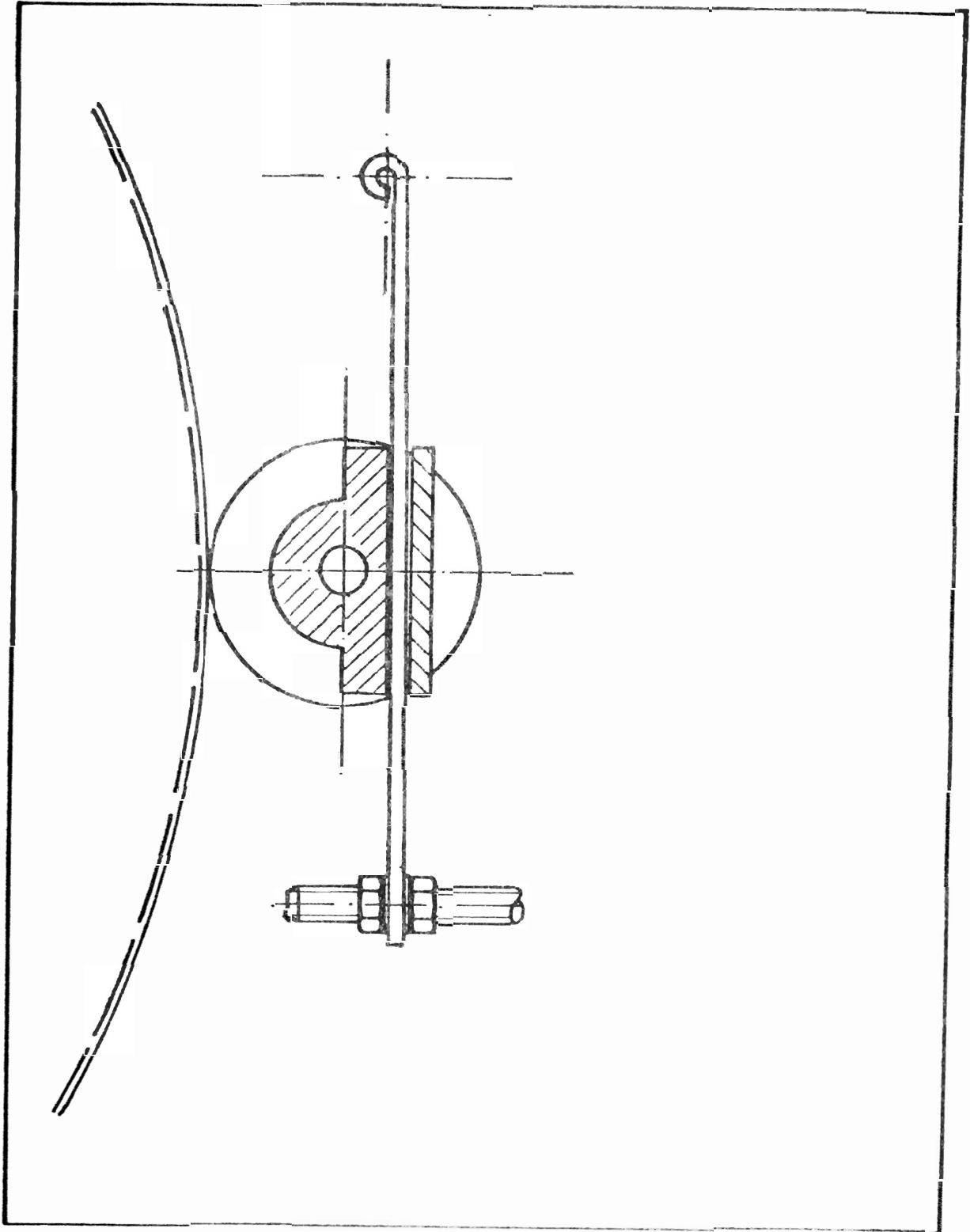


Bild 12: Abnahmewalze an Blattfeder aufgehängt

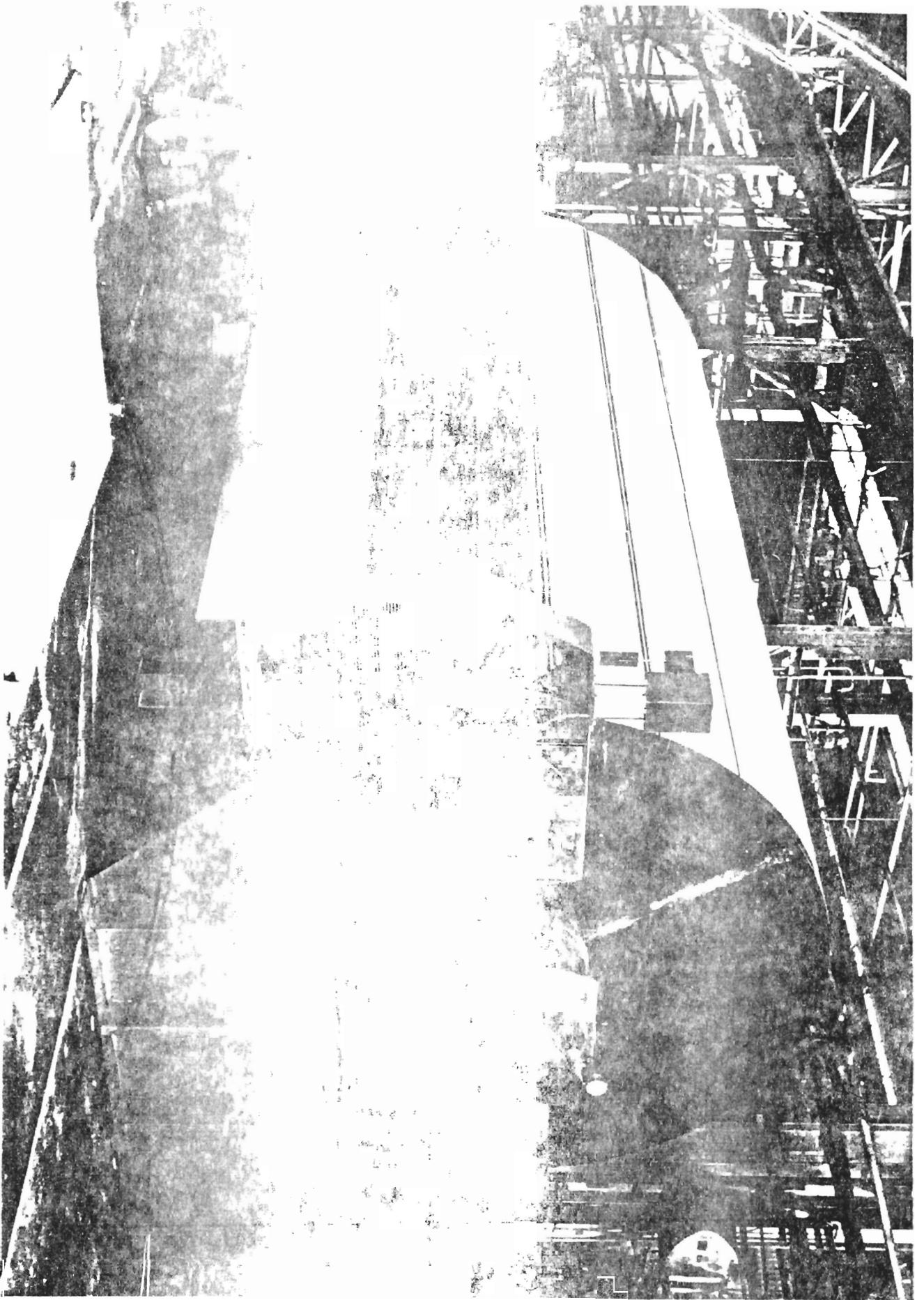


Bild 13: Paxmann-Filter mit Einrichtung für ablaufendes Band

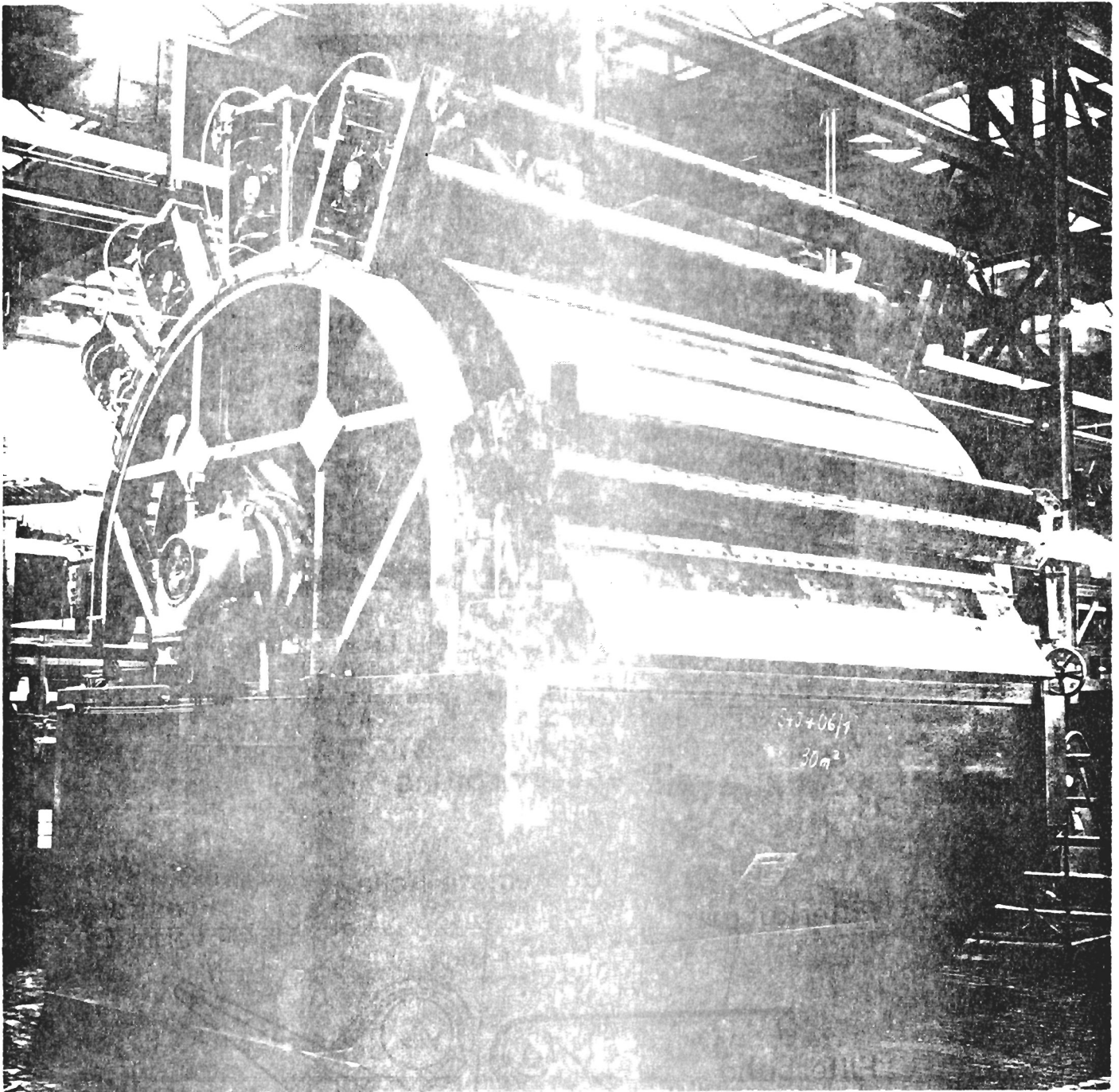


Bild 14: Profila en

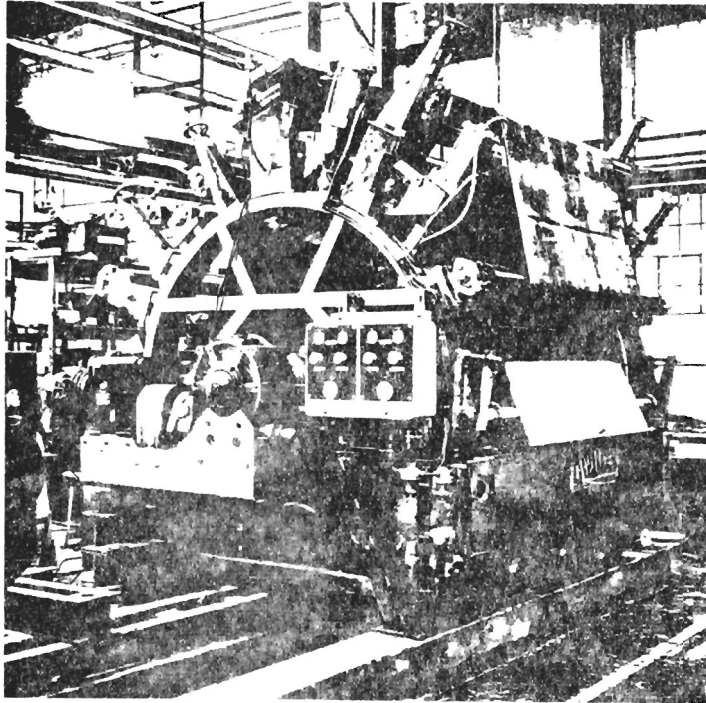


Bild 15: Preßbandgummi bis zur Absteuerstelle

### Presseinrichtung

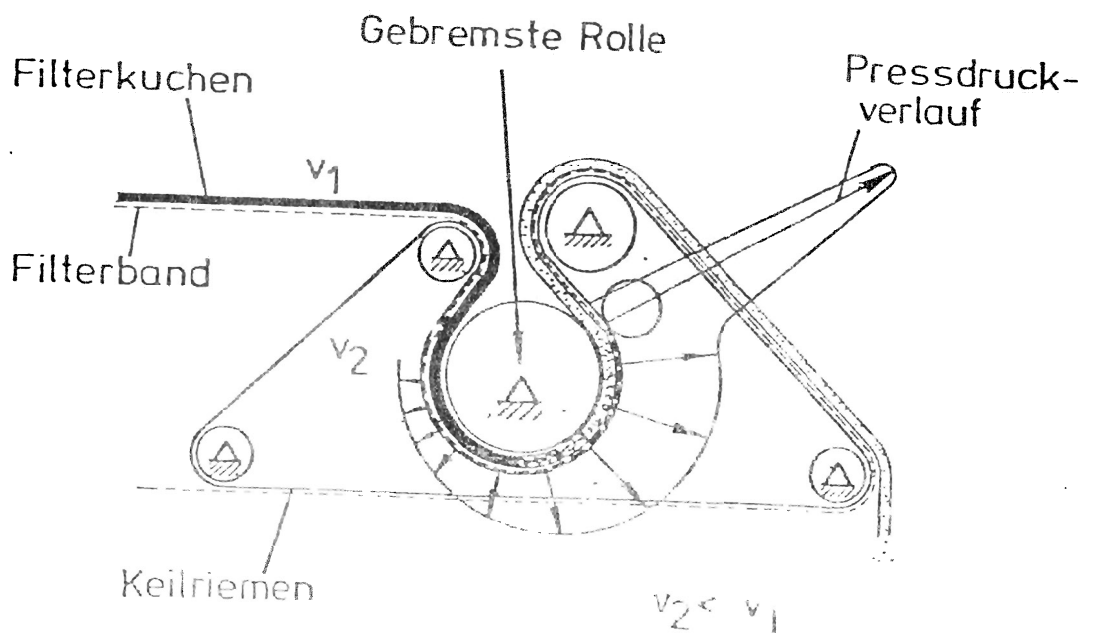


Bild 16: Vakuumbandfilter mit Preß- und Scherbandeinrichtung (Pannevis)

# Vergleich verschiedener Einlagetypen

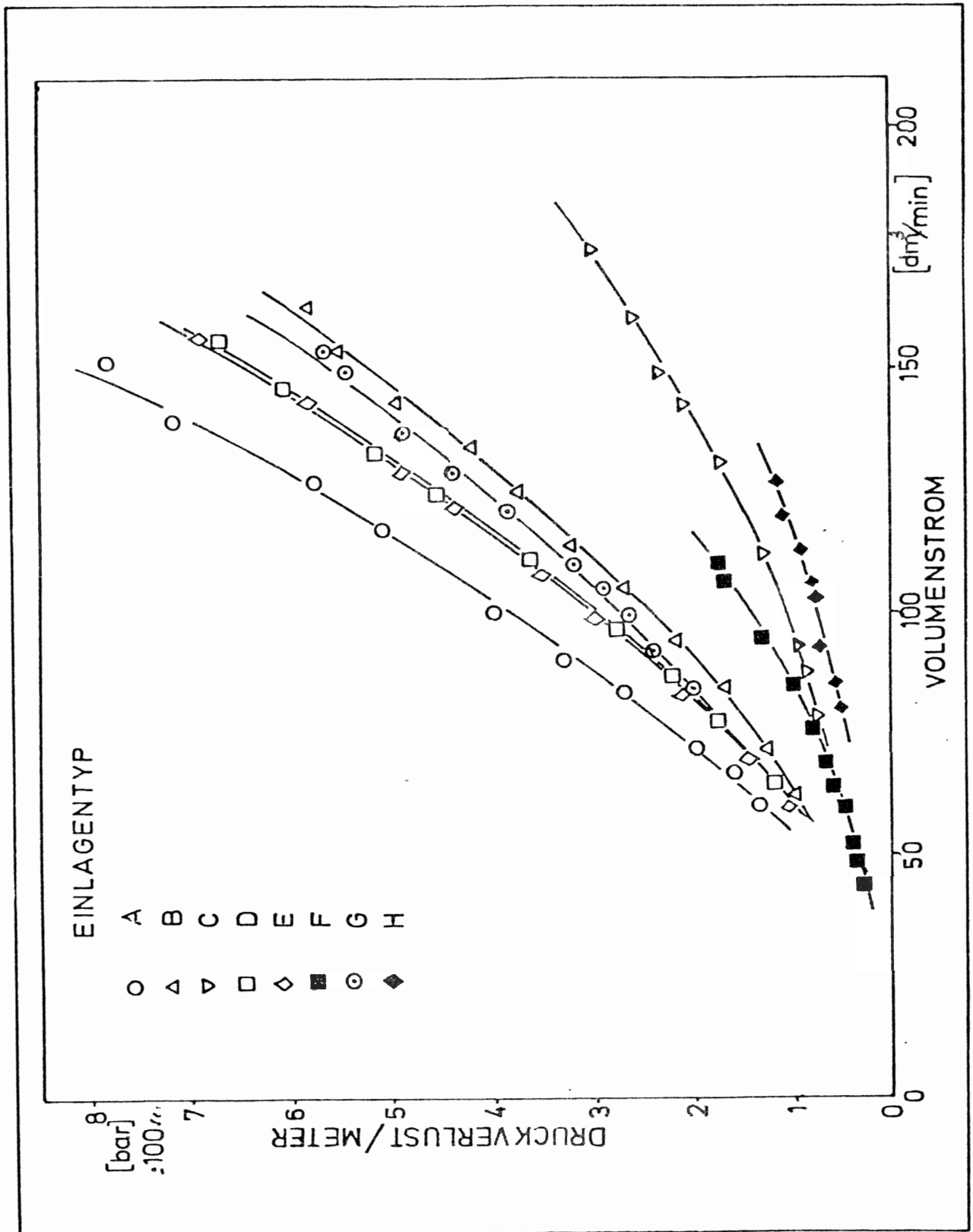


Bild 17: Druckverlust für verschiedene Zelleneinlagen (Diplomarbeit Fell)



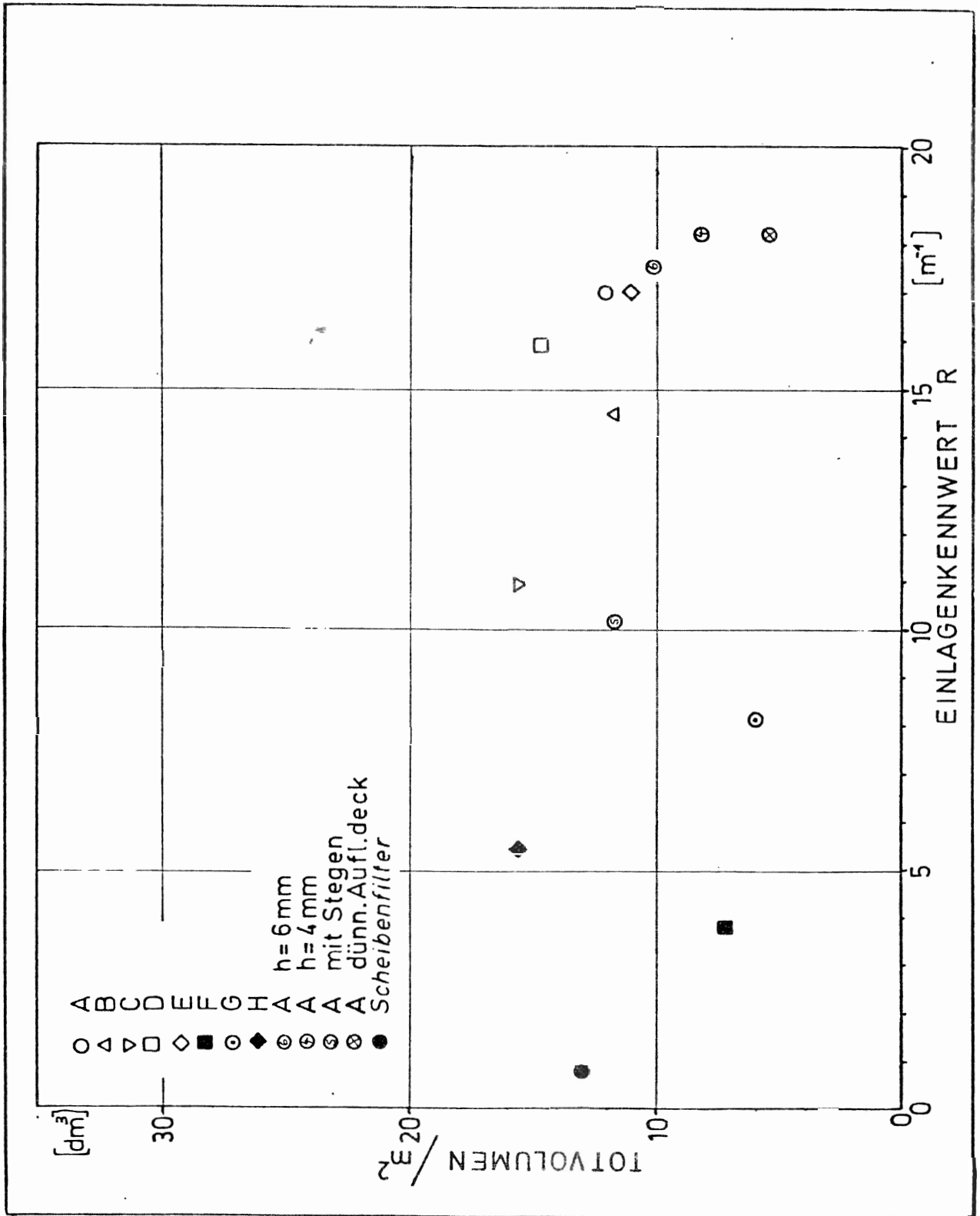


Bild 18: Kennzeichnung der Güte einer Zelleinlage durch Totvolumen und Einlagenkennwert (Diplomarbeit Fell)

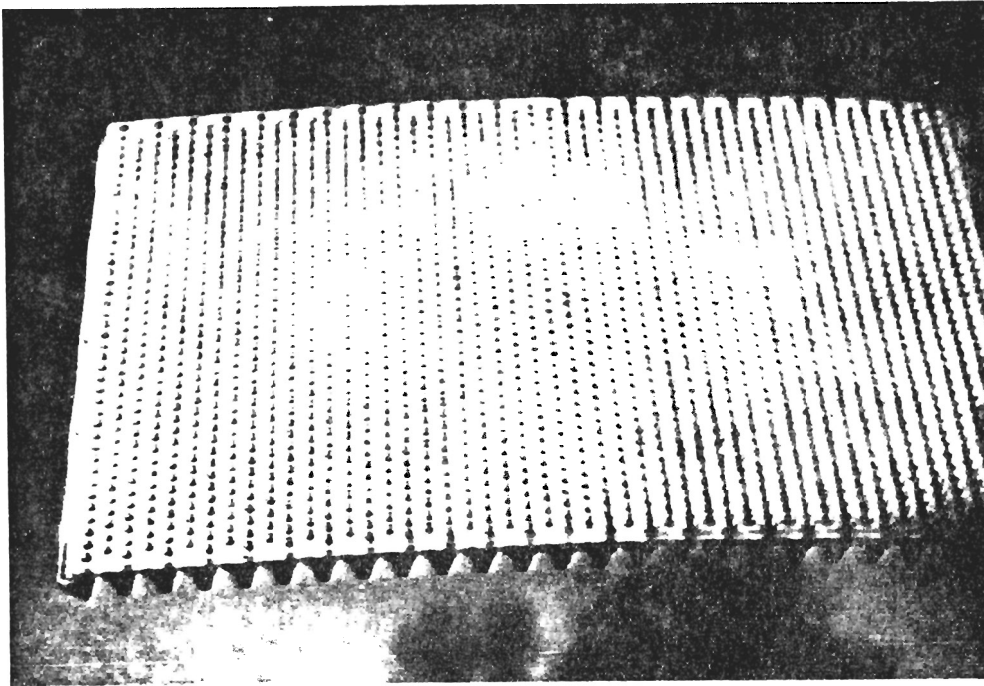
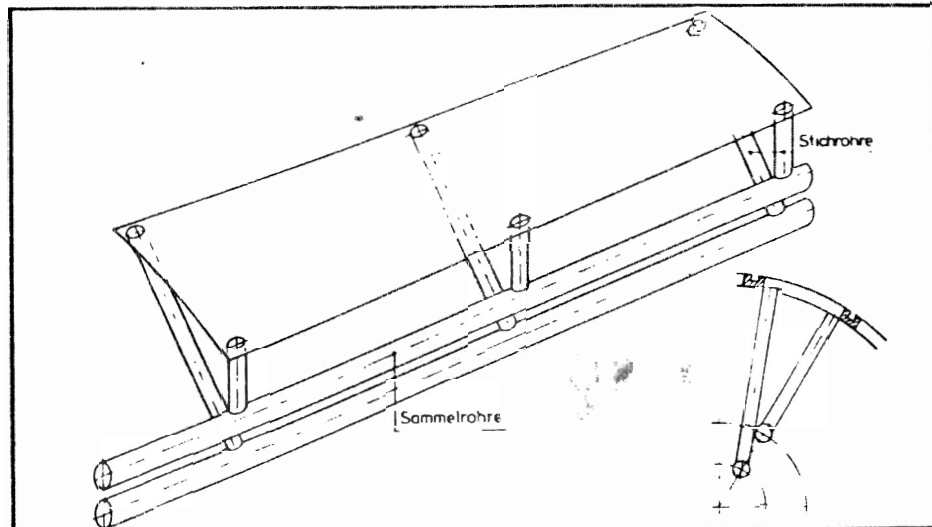
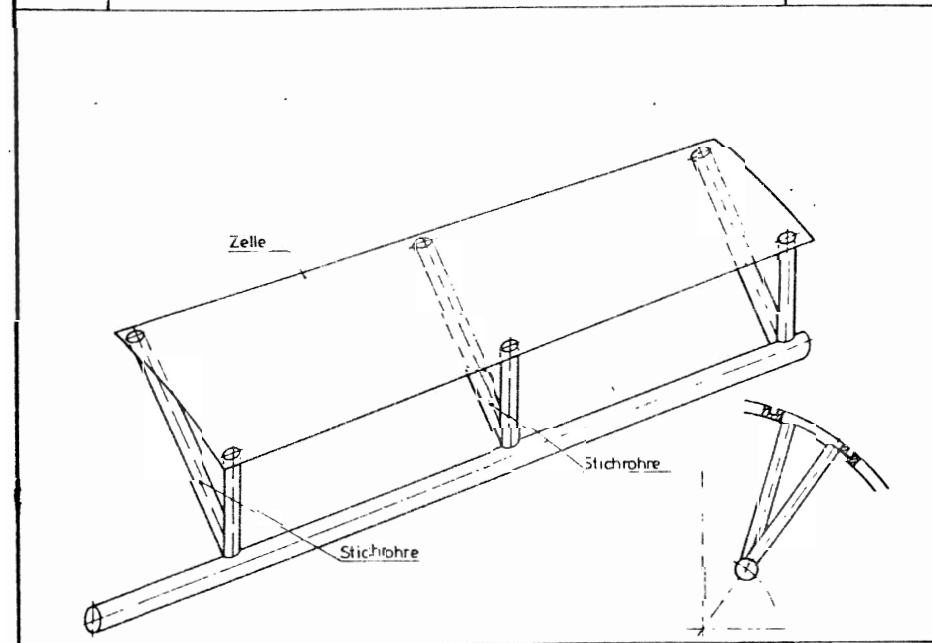


Bild 19: Filterzelleneinlage



Stichrohre auf 2 Sammelrohre



Stichrohre auf 1 Sammelrohr

Bild 20: Mehrfachabsaugung an Trommelfilterzellen

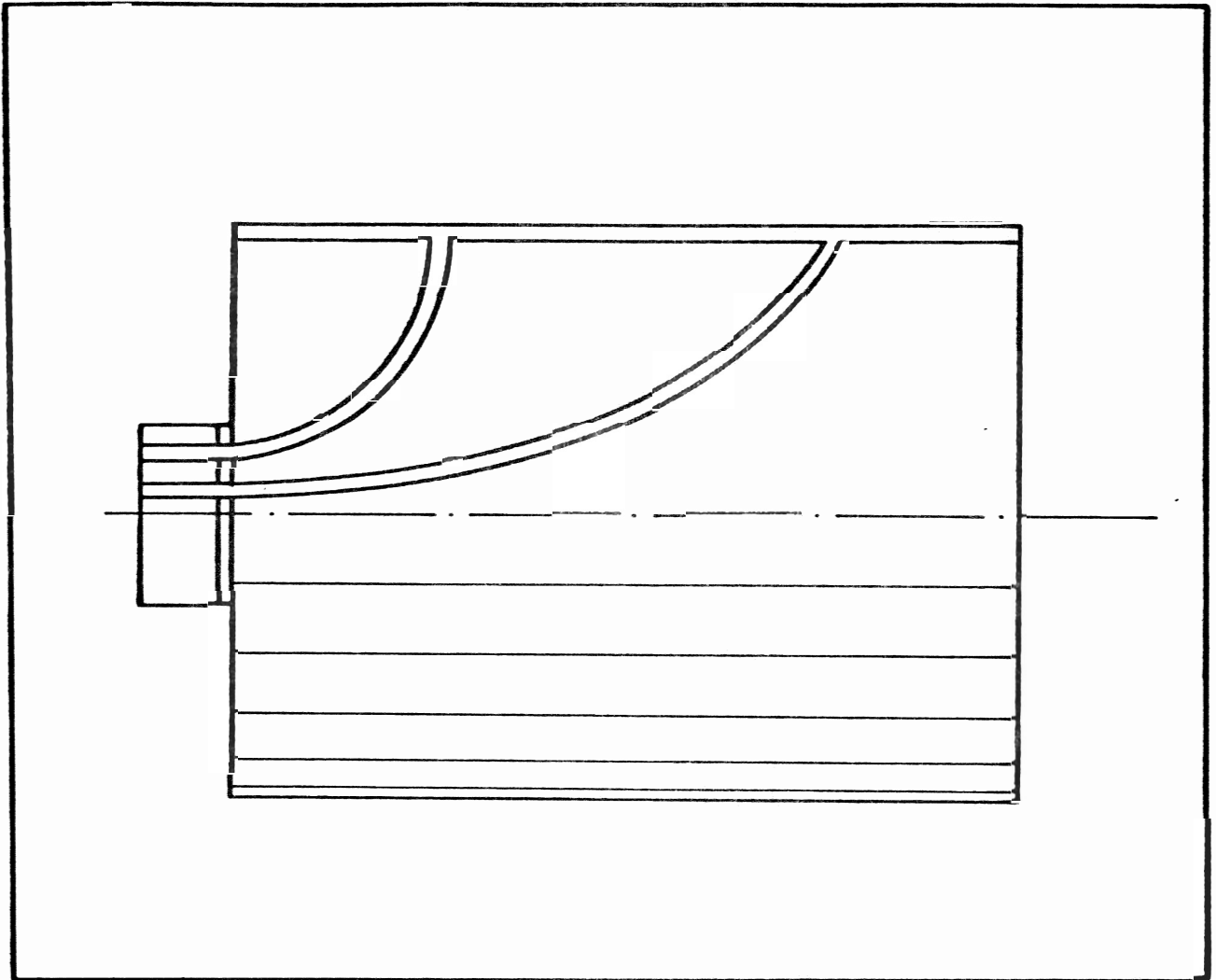


Bild 21: Mehrfachabsaugung über Trommelfilterbreite

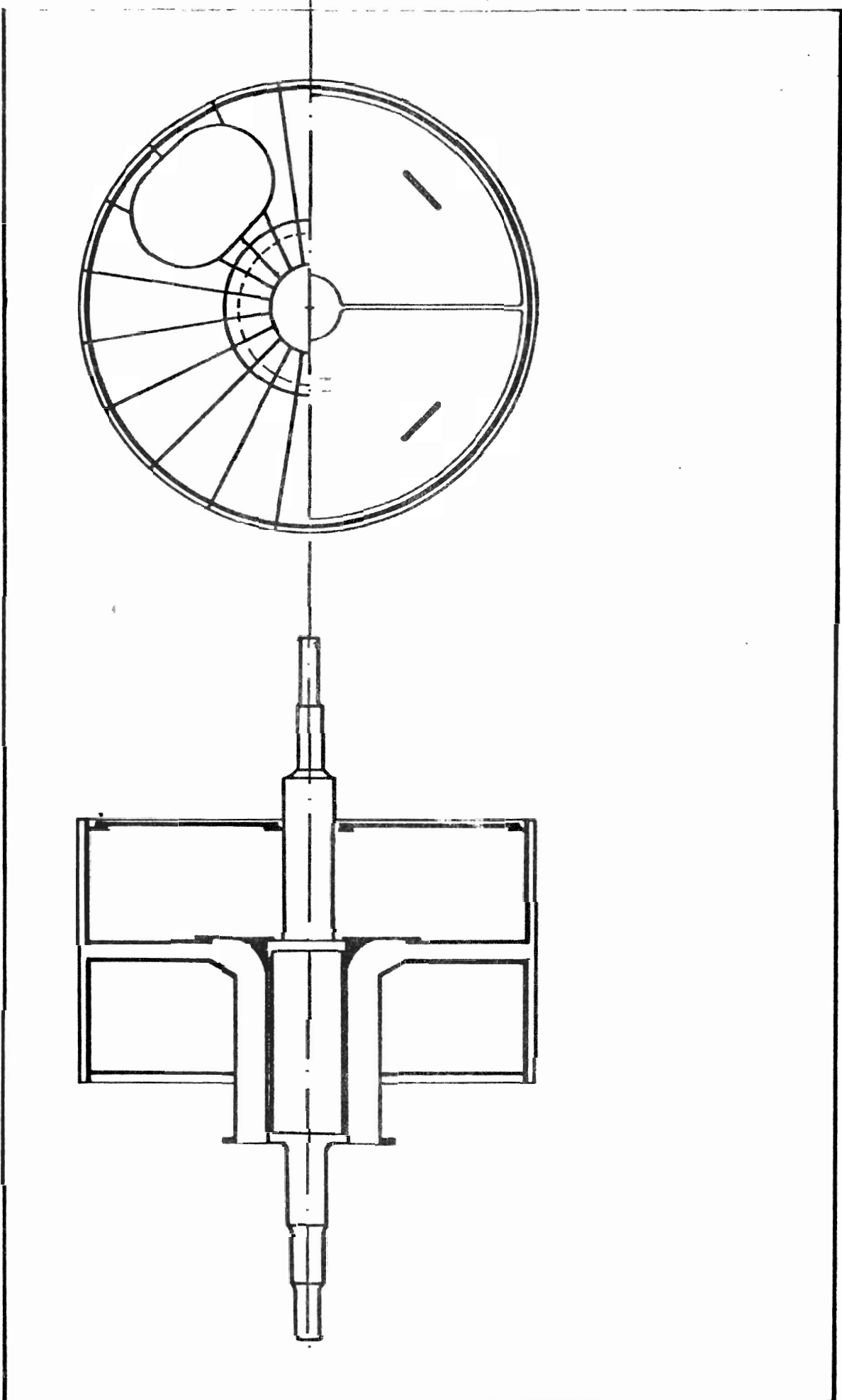


Bild 22: Absaugschächte (RM)

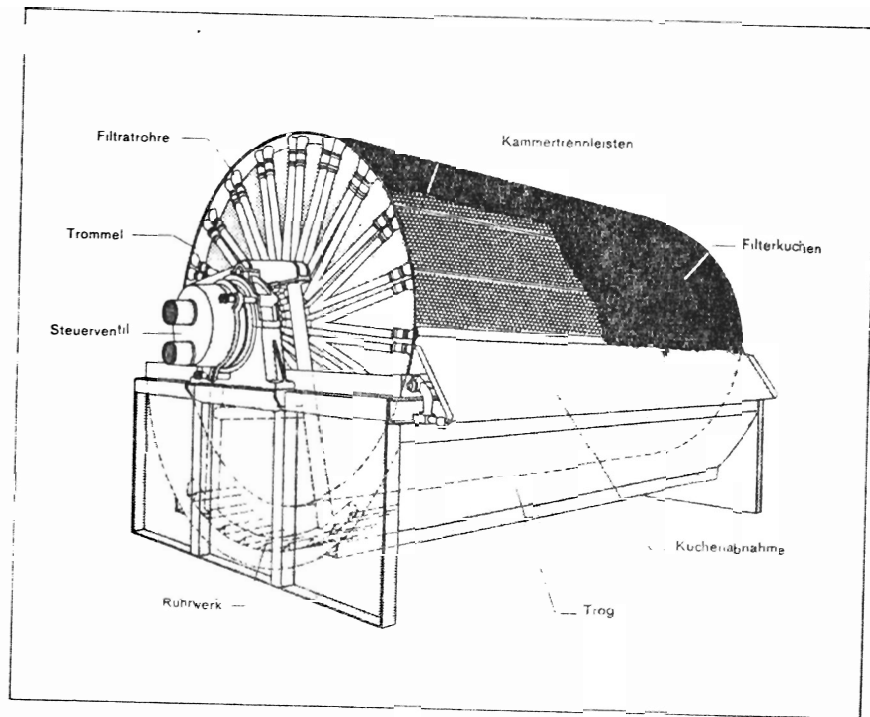


Bild 23: Filterzellen mit vor- und nachlaufendem Filtratrohr

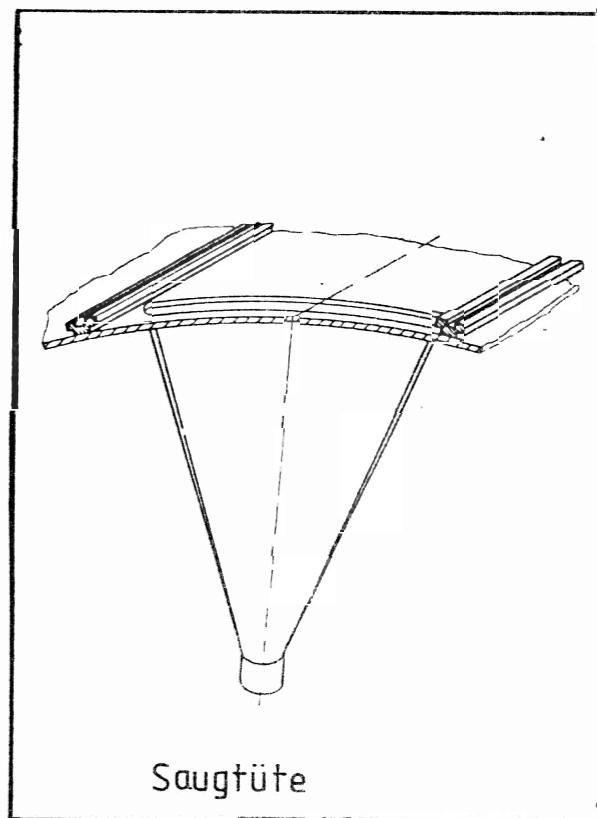


Bild 24: Saugtüte KM-D-Filter

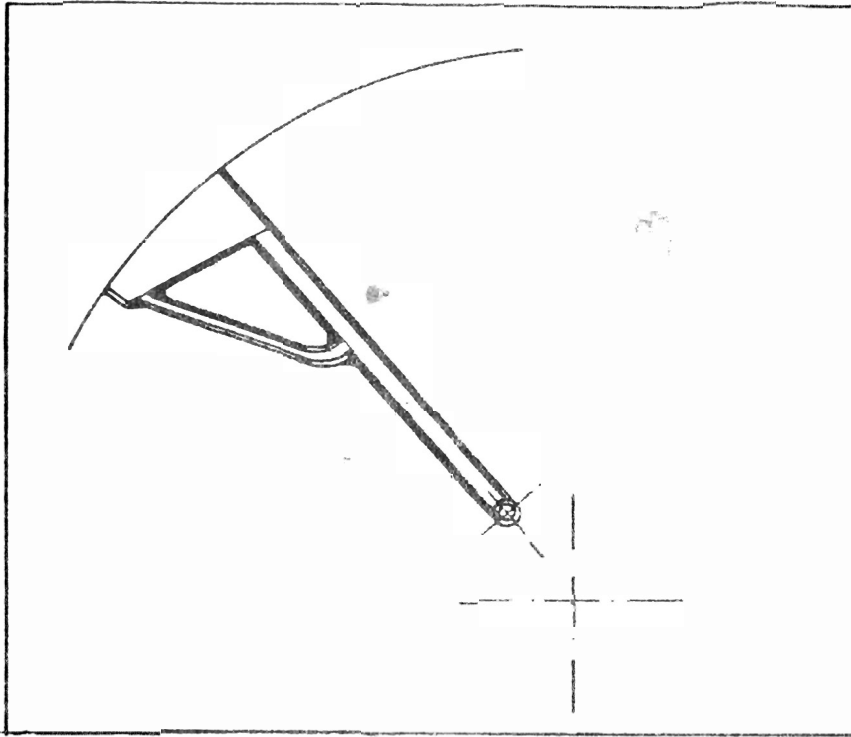


Bild 25: Behelfsmaßnahme bei schlecht entleerenden Filterzellen

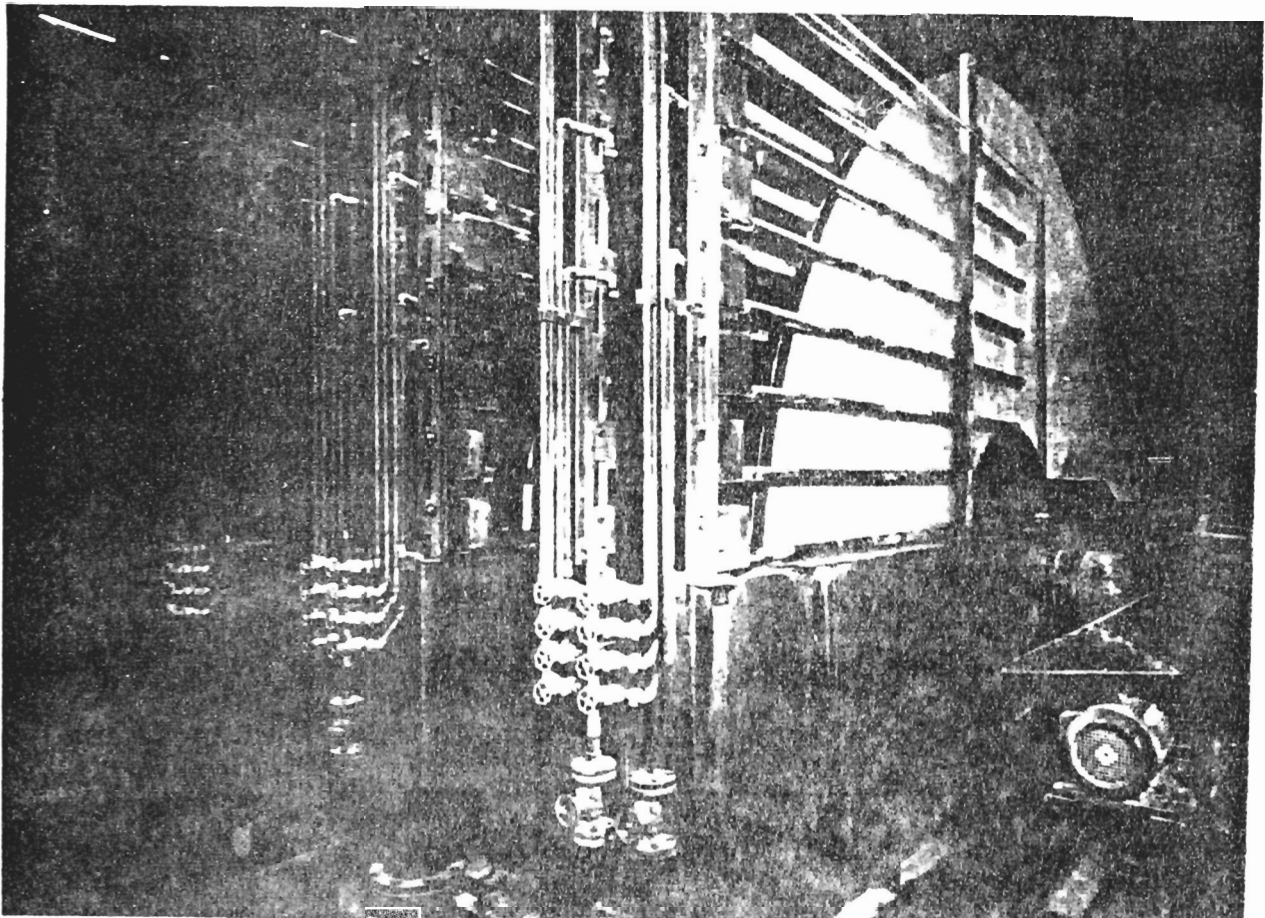


Bild 26: Waschvorrichtung auf Scheibenfilter (KM)

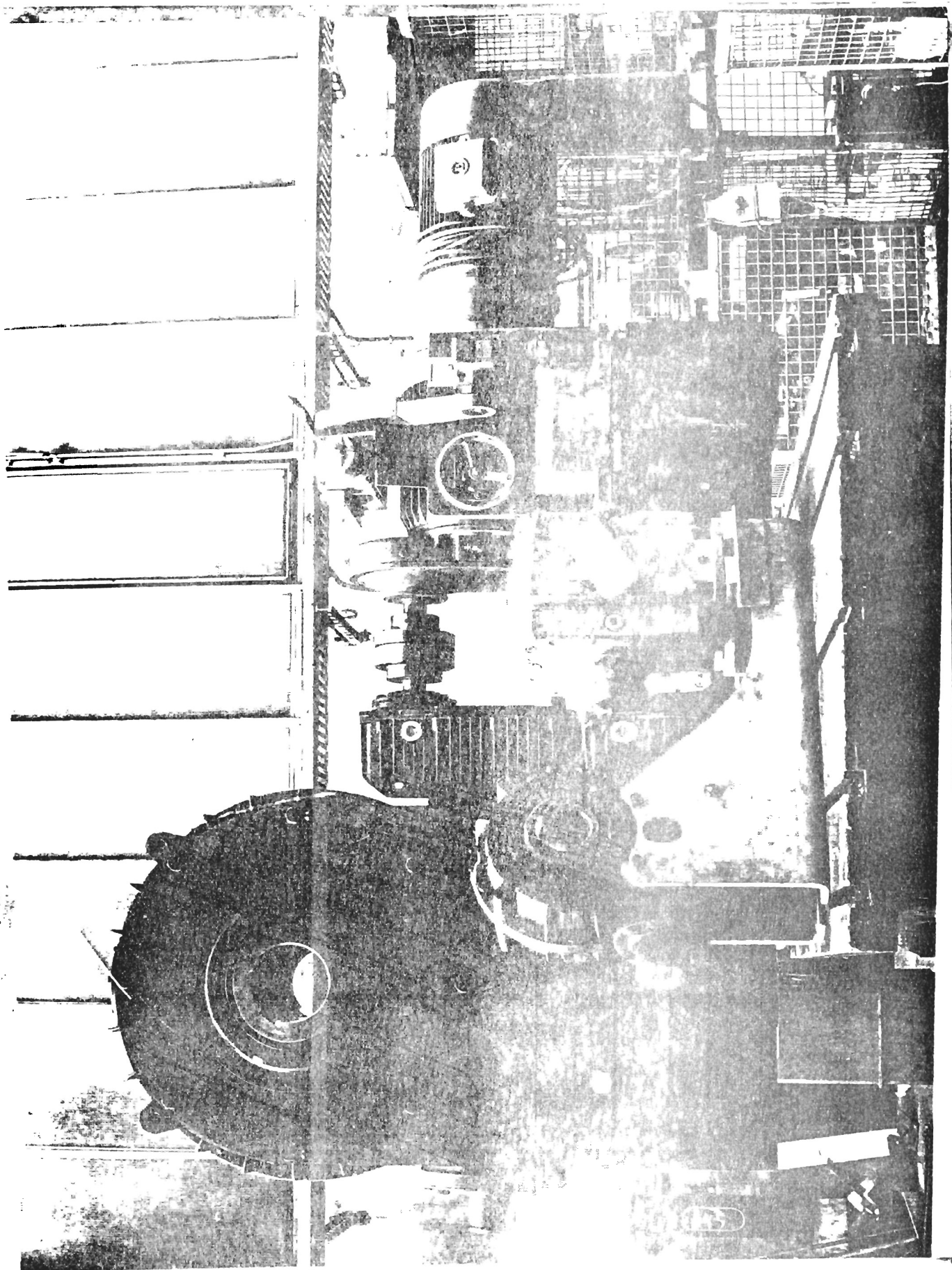


Bild 28: Getriebe auf Lafette m



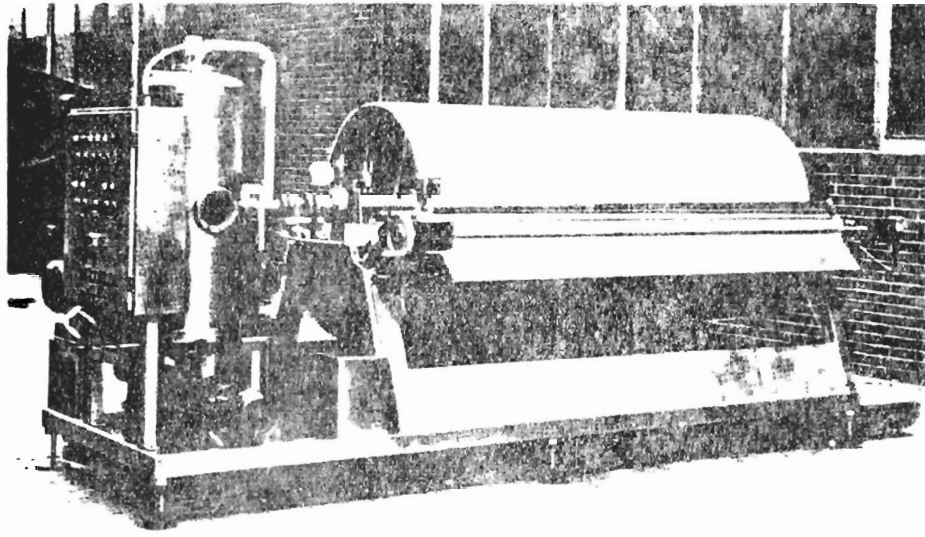


Bild 29a: Kompaktfilter (Dorr-Oliver)

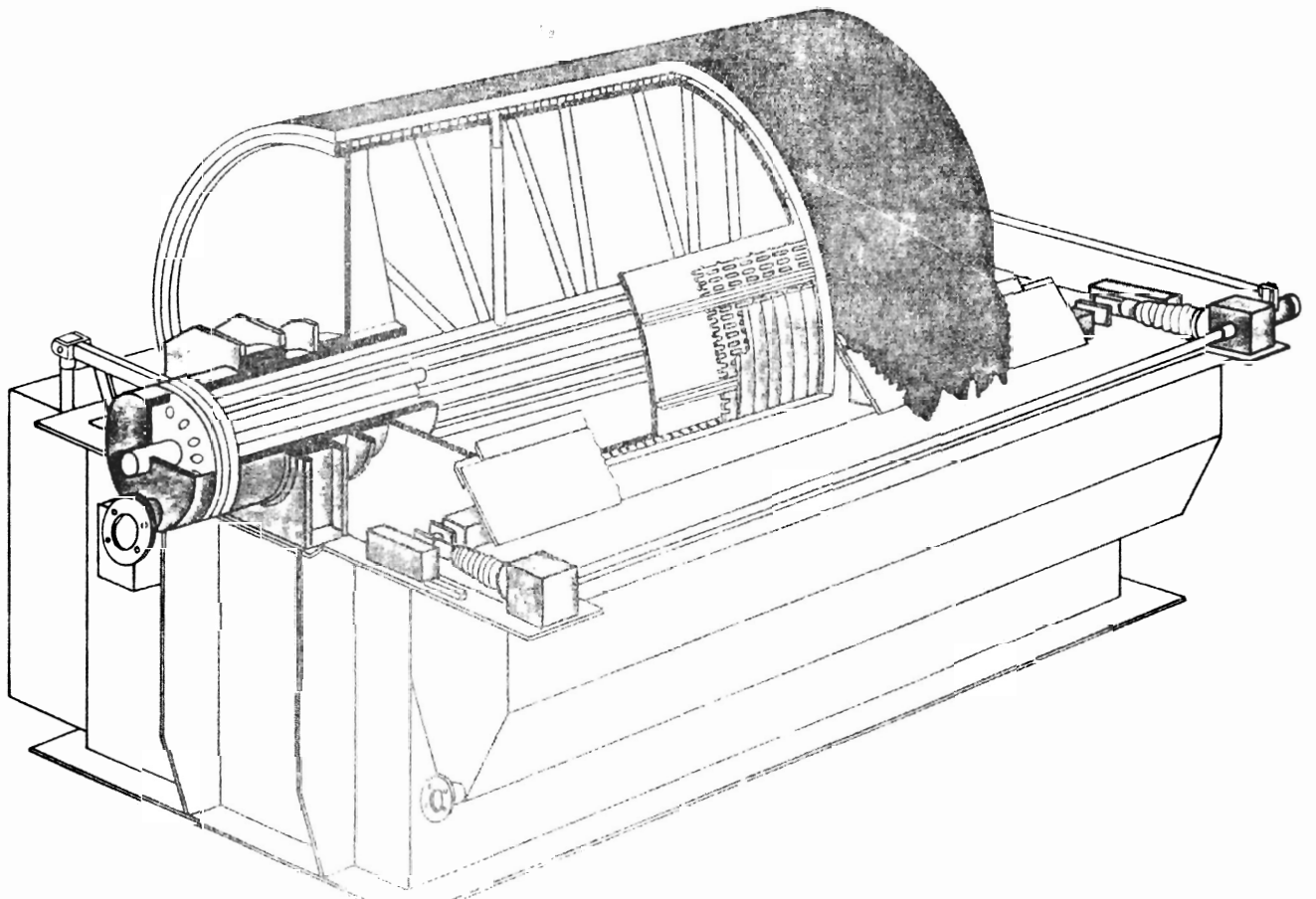


Bild 29b: Filterpress (Padovan)

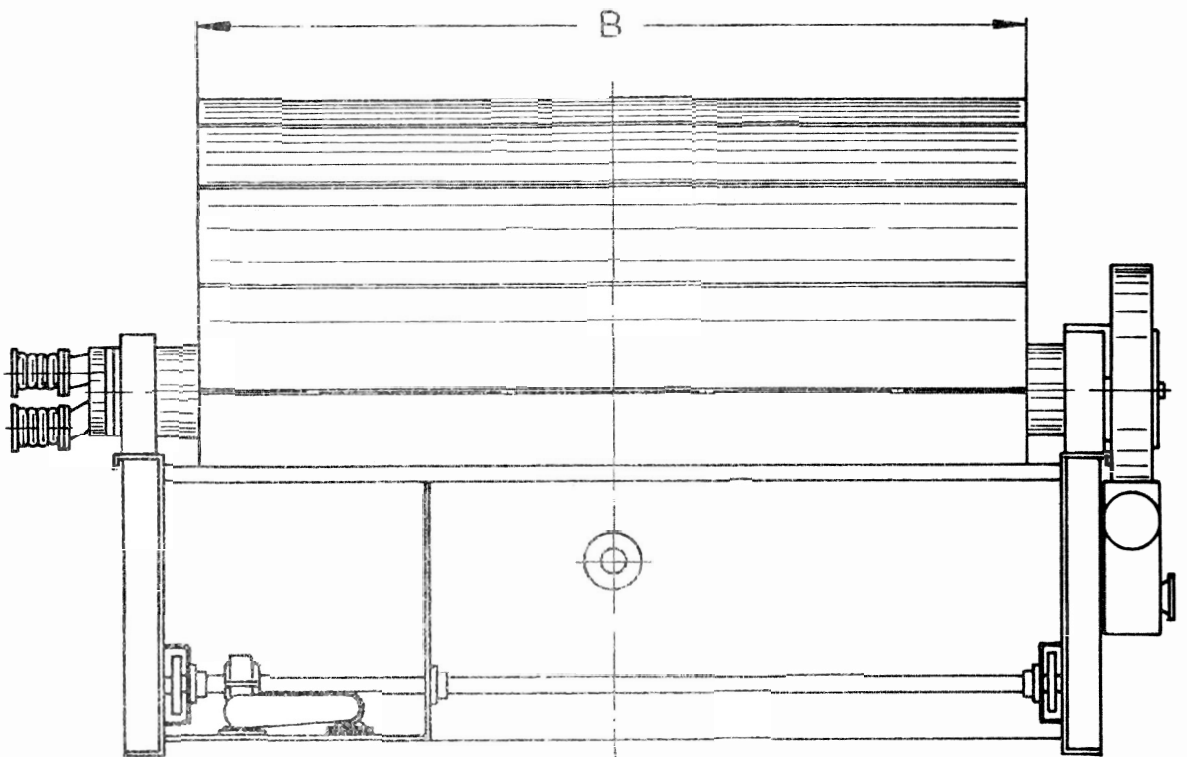
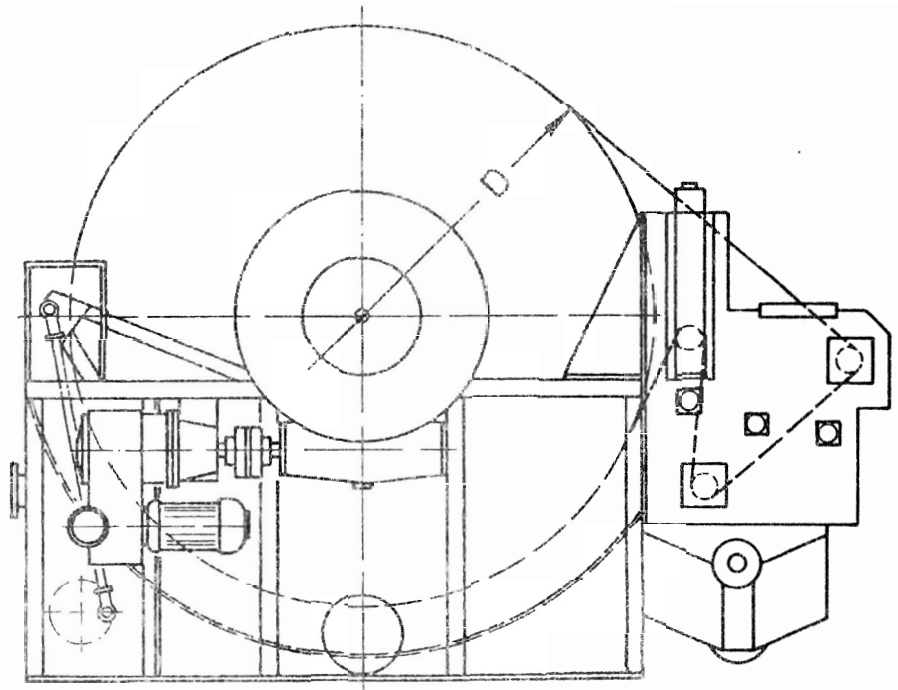


Bild 29c: Filtertrog (Esmil)

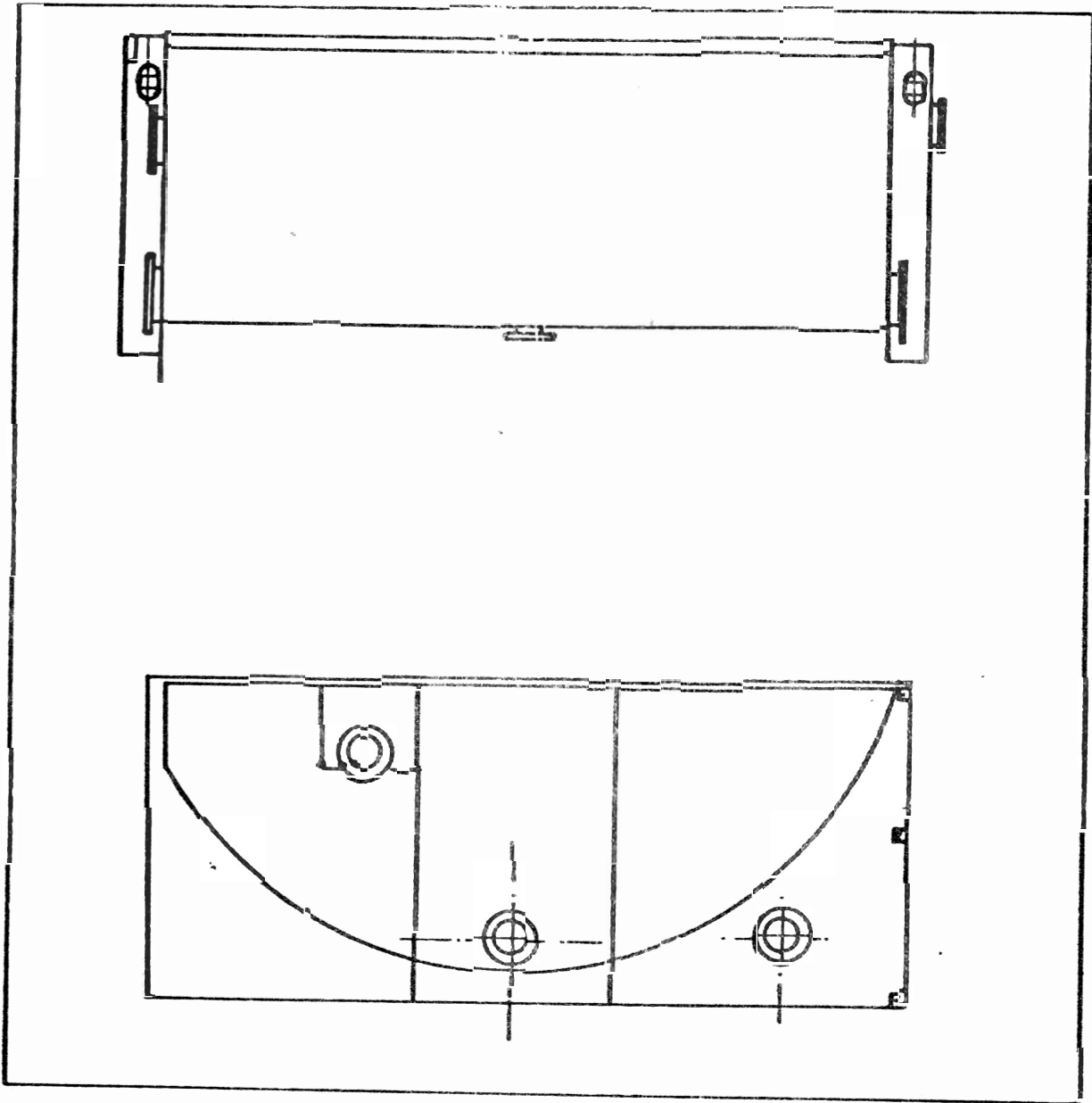


Bild 29d: Filtertrog (KM)

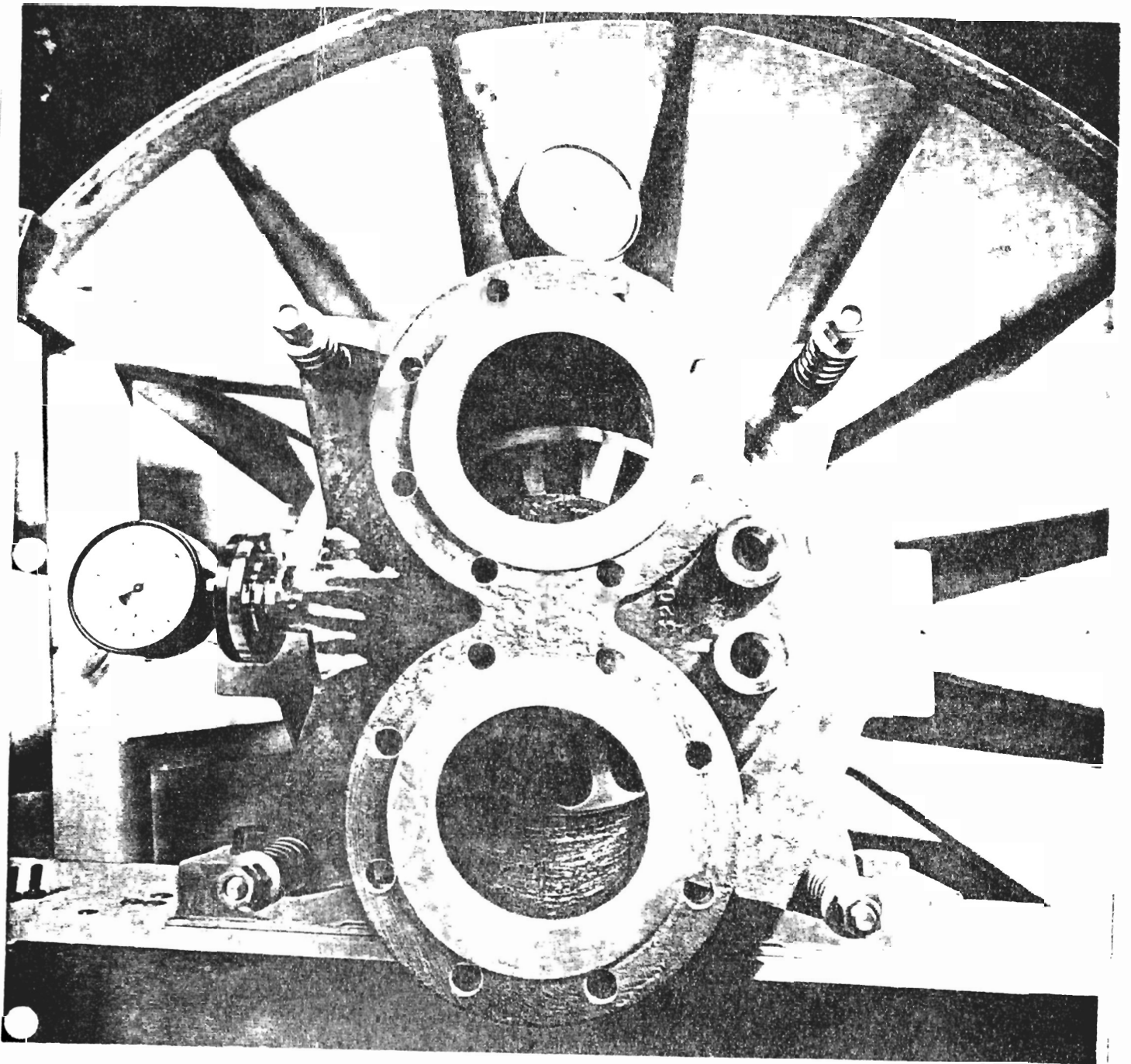


Bild 30: Steuerkopf des D-Filterers

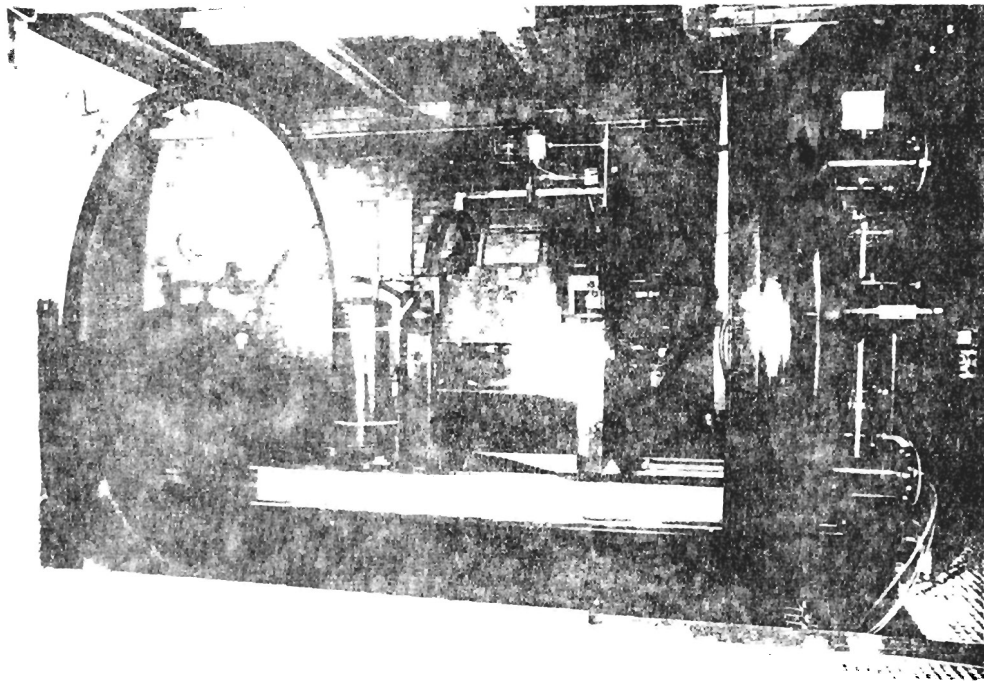


Bild 31: Pilotanlage zur Vakuum-, Druck- und hyperbaren Filtration