

23807

VERTRAULICH

Vorstand Hr. Dir. Dr. Giese

Dr. Seckmann
Dr. Wink
Dr. Gieseler

und a. Hr.

Der gegenwärtige Stand der Entwicklungsarbeiten
auf dem Gebiete
der Destillier- und Rektifizier-Technik
in Bitterfeld.

April 1942.

Der gegenwärtige Stand der Entwicklungsarbeiten
auf dem Gebiete
der Destillier- und Rektifizier-Technik
in Bitterfeld.

- - 0 - -

Im gegenwärtigen Stadium sind die Entwicklungsarbeiten in der Hauptsache durch 4 Aufgaben-Gebiete gekennzeichnet:

- 1.) Untersuchungen an einem neuentwickelten, im Querstrom arbeitenden Kolonnen-Boden,
- 2.) Entwicklung von Destillier-Kolonnen im halbtechnischen Maßstab für Versuchsbetriebe unter besonderer Berücksichtigung von keramischen Werkstoffen (Glas, Quarz, Porzellan, Deutonit u.dgl.)
- 3.) Vergleichende Gegenüberstellung von Flüssigkeits-Abscheidern verschiedener Konstruktion.
- 4.) Verfahrenstechnische Neuerung auf dem Gebiete des Großkolonnen-Baues.

Zu 1.):

Die Schwierigkeiten, die im Kolonnenbau sehr häufig auftreten, sind bedingt durch die Vielzahl der Anforderungen, welche an die Apparatur gleichzeitig gestellt werden müssen. Darüber hinaus gibt es andere wünschenswerte Eigenschaften, die zwar nicht unbedingt notwendig sind, aber doch in mancher Hinsicht große Erleichterungen verschaffen können, und aus diesem Grunde bei der Beurteilung von Kolonnen-Konstruktionen und auch im Hinblick auf die Entwicklung einen entscheidenden Einfluß haben. Um eine geschlossene Übersicht zu erhalten über die Vor- und Nachteile der bisher in der Hauptsache angewandten Kolonnen-Konstruktionen sind auf Bild 1 die meisten Eigenschaften und die hierzu notwendigen physikalischen bzw. technischen Voraussetzungen zusammengefasst, die für die Verwendungsfähigkeit einer Destillier-Kolonne ausschlaggebend sein können. Benutzt man gleichzeitig einen Wertmaßstab, der die Erfüllung dieser Eigenschaften ganz grob zwischen gut, mittel und Schlecht unterscheidet, so lassen sich übersichtliche Diagramme aufzeichnen, die eine vergleichende Beurteilung der verschiedenen Konstruktionen gestatten.

Bild
1

Zu wünschen wäre eine Kolonne insbesondere für Versuchs- u. Technikums-Betriebe, die sämtliche hier aufgestellten Anforderungen in vorteilhafter Weise erfüllt (Diagramm 1), und damit sowohl dem Konstrukteur als auch dem Betriebsingenieur manche Schwierigkeiten ersparen würde. Im Vergleich hierzu sind die Diagramme für Füllkörper-, Siebboden-, Glockenboden-Kolonnen und der von uns neu entwickelten sogenannten Doppeldüsen- (Tauchdüsen-) Konstruktion aufgetragen.

(Bild 1)

Das Diagramm II für den Siebboden weist bei 3, 4, 10, 11, 12, 13 besonders starke Lücken auf. Sie lassen sich durch geeignete Maßnahmen (Flüssigkeits-Abscheider, Erweiterung der Dampfdurchtritts-Öffnung) teilweise ausbessern (Diagramm 3), jedoch 4 und 10 bleibt unverändert schlecht, was hierbei den Ausschlag gibt. Die Kolonne ist daher nur dort einsetzbar, wo diese beiden Forderungen von der Produktseite aus nicht gestellt werden. Sie wird daher praktisch sehr wenig angewandt. Das Diagramm 4 für die Füllkörper-Kolonne sieht schon wesentlich besser aus und wäre beinahe vollkommen, wenn nicht die Lücken bei 2 und 11 wären. Die Lücke bei 11 verringert ihre Einsatzfähigkeit nur in beschränktem Maße, dagegen ist die Lücke bei 2 ein grundlegender Nachteil, den man schon auf die verschiedenste Weise zu begegnen versuchte. Man ist unter anderem schon seit langem bemüht, durch besondere Konstruktionen von periodisch angeordneten Flüssigkeitsverteilern oder besondere Schüttungsarten diesen Nachteil zu beseitigen und hat es aufgrund dieser Maßnahmen bis jetzt auch erreichen können, daß den Füllkörper-Kolonnen heute eine erhebliche technische Bedeutung beizumessen ist.

Die in der Hauptsache bisher angewandte Kolonnen-Konstruktion ist der Glockenboden. Dies erklärt sich, wie aus dem Diagramm 5 ersichtlich ist, dadurch, daß keine der besonders wichtigen in der Tabelle stark unterstrichenen Kolonnen-Eigenschaften ausgesprochen schlecht erfüllt werden; die meisten treten sogar sehr gut in Erscheinung und nur an einer oft jedoch unwichtigen Stelle (9) ist ein großer Nachteil zu verzeichnen, nämlich die mangelhafte keramische Herstellbarkeit bzw. Betriebssicherheit solcher Ausführungen. Gerade dieser Nachteil ist es aber, der in besonders gelegten Fällen, bei denen aus Korrosions- oder sonstigen Gründen ein keramischer Werkstoff verwendet werden muß, sehr schmerzlich empfunden wird und auch schon manches Kopfzerbrechen und manche schlechte Erfahrung mit sich gebracht hat.

Als weiterer, allerdings ebenfalls in den meisten Fällen nicht stark ins Gewicht fallender Nachteil seien die Pendel-Erscheinungen zu nen-

nen, die bei Glockenböden am leichtesten auftreten. Hinzu kommt ferner, daß bei diskontinuierlicher Betriebsweise infolge der hohen Flüssigkeits-Kapazität der Böden, der zwischen den einzelnen Fraktionen liegende Zwischenlauf sehr groß wird und so zu einer Verringerung der Ausbeute führt. Dieser letztgenannte Nachteil erweist sich aber im kontinuierlichen Betrieb wieder als Vorteil, da die Kolonne aus demselben Grunde gegenüber Verschiebungen in der Gleichgewichtslage unempfindlicher geworden ist. Diese Eigenschaft läßt sich jedoch auch durch andere Mittel (Flüssigkeitspuffer, elektrische Gleichgewichtsregler) erzielen und ist somit nicht als spezifisch zu betrachten. Demgemäß wäre eine geringe Flüssigkeits-Kapazität verschiedener anderer Vorteile wegen (geringe Verweilzeit, bessere Austauschfähigkeit, geringe Zwischenläufe bei diskontinuierlicher Arbeitsweise) in jedem Falle vorzuziehen.

Es ist schon seit längerer Zeit unser Bestreben eine Kolonnen-Konstruktion herauszubringen, die im Rahmen der vorbehandelten Bewertungsmethode nicht nur Einzelvorteile bringt, sondern die Gesamtheit der aufgeführten Kolonnen-Eigenschaften in sich vereinigt. Zu dem muß sie in ihrer konstruktiven Ausführbarkeit weit genug elastisch sein, um für die sehr oft anfallenden Spezial-Ausführungen verschiedene Eigenschaften besonders stark auszuprägen, evtl. auf Kosten anderer, die für den jeweiligen Fall nicht erforderlich sind.

Abgesehen von verschiedenen bereits bekanntgegebenen Ausführungsformen ist uns seit kurzem eine Boden-Konstruktion gelungen, deren Eigenschaften nach vorläufiger Schätzung durch Diagramm 6 wiedergegeben ist. Dieser Boden vereinigt die Vorteile des Siebbodens mit denjenigen des Glockenbodens und hat darüber hinaus einen freien Dampföffnungsquerschnitt, der bis zu 30% des gesamten Kolonnen-Querschnitts gesteigert werden kann. Damit ist er im Hinblick auf den Druckverlust der Haupteigenschaft einer Füllkörper-Kolonne ebenfalls weitgehend angeglichen. Das nächste Bild 2 zeigt den grundsätzlichen Aufbau dieses Bodens.

Bild
2

Er besteht aus jeweils 2 mit Düsen versehenen Blechen oder Platten, die gemäß Abbildung mit den Düsen gegeneinander in der Weise zusammengesetzt bzw. übereinander gelagert werden, daß die Dampftrittsöffnungen gegenseitig versetzt auftreten. Die düsenförmigen Dampftrittsöffnungen der einen Platte ragen also in die Zwischenräume derjenigen der anderen Platte hinein und zwar so, daß sie sich mit ihren Oberkanten überschneiden und dadurch einen Tauchverschluß für

die auf dem Boden befindliche Flüssigkeit herbeiführen. Im Prinzip ist es derselbe Vorgang wie beim Glockenboden, nur mit dem Unterschied, daß sich der Austausch jetzt vorwiegend an der Platten-Oberfläche, genau wie beim Siebboden abspielt. Der Lochdurchmesser der einzelnen Düsen kann beliebig groß gewählt werden, d.h. im Falle der Verkrustungsgefahr können die Dampföffnungs-Querschnitte ausreichend groß gemacht werden, um mit Sicherheit wie beim Glockenboden ein Zusetzen zu verhindern.

Der Austauschvorgang gliedert sich wie folgt:

Die auf dem Boden befindliche und im Querstrom fließende Flüssigkeit hat infolge der Schwere das Bestreben von der oberen Platte durch deren Düsen auf die untere Platte und von dieser schließlich durch die entgegengesetzten Düsen von dem Boden abzufließen. Der entgegengesetzte Dampf hindert jedoch die Flüssigkeit daran, auf der unteren Platte höher zu steigen, als es die Düsen auf der oberen Platte zulassen. Sobald Dampf durch den Boden strömt und seien es noch so geringe Mengen, wird der Flüssigkeitsspiegel auf der unteren Platte so weit gedrückt, bis der Dampf durch die Düsen der oberen Platte abströmen kann. Damit liegen aber die Oberkanten der unteren Düsen wesentlich höher als die Flüssigkeits-Oberfläche, von der aus also keinerlei Flüssigkeit mehr in den darunter liegenden Boden gelangen kann. Der Dampf dagegen strömt quer in vertikaler Richtung wie beim Siebboden in einer Vielzahl von aufgelösten Teilströmen durch die Flüssigkeit, die ihrerseits wieder gleichsinnig oder gegensinnig geführt werden kann.

Zusammenfassend ergeben sich durch die vorliegende Konstruktion bei voller Gewährleistung der Vorzüge einer Glocken-Kolonne folgende Vorteile:

- 1.) die Austauschfähigkeit entspricht derjenigen eines Siebbodens,
- 2.) die Verlagerung der Flüssigkeits- u. Austauschzone über die Glocken-Elemente gestattet es, den freien Dampfquerschnitt ohne Rücksicht auf den Flüssigkeitsstrom weitgehend zu vergrößern (bis zu 30% und darüber) und damit den Druckverlust entsprechend quadratisch zu senken;
- 3.) der Strömungs-Querschnitt der Flüssigkeit wird durch die Glocken und durch die seitlich ausströmenden Dämpfe nicht mehr beeinträchtigt;
- 4.) die Ausführbarkeit in metallischen Werkstoffen ist so einfach, daß die Herstellung zu einem hohen Prozentsatz durch maschinelle Fertigung erfolgen kann (Preis, Normalisierung usw.);
- 5.) die Stabilität des Bodens wird bei geringerem Materialaufwand erhöht.

Bild
3 u. 4

- 6.) Die Glocken-Elemente sind nicht mehr individuell sondern in einem geschlossenen, technisch einfachen Verband zusammengefasst. Damit ist die hauptsächlichste Schwierigkeit beseitigt, die bisher einer zuverlässigen keramischen Ausführung eines Glockenbodens im Wege stand.
- 7.) Anpassungsfähigkeit an besondere betriebliche Bedingungen (Verkrustung, dichtungloser Einbau),
- 8.) leichte Zerlegbarkeit,
- 9.) frei von Pendelerscheinungen.
- 10.) Der Boden ist selbst bei den geringsten Dampfgeschwindigkeiten noch normal arbeitsfähig.
- 11.) Die auf dem Boden stehende Flüssigkeit kann unter geeigneten Bedingungen bei Stillstand der Kolonne nach Belieben entweder auf dem Boden zurückgehalten werden oder von ihm ablaufen.

12.) *Kontrollieren, ob der Boden für den Dampfdruck*

Zu 2.)

Mit den vorgenannten Feststellungen sind wir schon mitten in dem Aufgabengebiet, das uns beim Entwurf von Destillier-Kolonnen im halbtechnischen Maßstab für Versuchszwecke gestellt wird.

Zur Klärung vieler offenstehender Fragen hauptsächlich im Zusammenhang mit der Planung großtechnischer Anlagen sind solche Kolonnen von außerordentlichem Wert, insbesondere dann, wenn sie allgemein verwendbar und laboratoriumsmäßig leicht kombinierbar sind. Es treten uns daher beim Bau von Versuchs-Kolonnen im halbtechnischen Maßstab im einzelnen folgende besondere Forderungen entgegen:

- | | | |
|---|----------------|---|
| 1.) leichte Zerlegbarkeit, | } | innen kalibrierte
Kolonnen-Zargen |
| 2.) dichtungsloser Einbau der Einsätze | | |
| 3.) Korrosions-Beständigkeit, | } | temperatur-wechsel-
beständiges Glas
als Werkstoff. |
| 4.) Beobachtungsmöglichkeiten von außen, | | |
| 5.) niedere Bauhöhe, | | Flüssigkeits-Abscheider |
| 6.) Hoher Belastungsbereich, | } | Glocken-
boden |
| 7.) Unempfindlichkeit gegen den Einsatz von im Molekulargewicht stark abweichenden Produkten, | | |
| 8.) geringer Druckverlust, | Füllkörper | Doppel-
düsen-
boden |
| 9.) frei von Pendelerscheinungen, | | |
| 10.) gute Austausch-Bedingungen, | Sieb-
boden | |
| 11.) geringe Flüssigkeits-Kapazität, | | |
| 12.) exakte Flüssigkeits-Steuerung. | | Leitflächen |

In dieser Aufstellung ist schon angedeutet worden, durch welche Maßnahmen die einzelnen Forderungen erfüllt werden und es ergeben sich hieraus schon konstruktiv die Umrisse einer allseitig mit Erfolg verwendbaren Technikums-Kolonne.

Pkt. 1 und 2 = leichte Zerlegbarkeit und dichtungsloser Einbau der Einsätze lassen sich am besten durch innen kalibrierte Kolonnen-schüsse erreichen. Diese sind durch Ausdrehen oder z.B. bei Glas durch Ausschleifen ohne Schwierigkeiten herstellbar.

Pkt. 3 und 4 = Korrosions-Beständigkeit und Beobachtungsmöglichkeit bedingt als Werkstoff temperatur-wechselbeständiges Glas. Als Voraussetzung hierfür ist wieder einfache und zweckentsprechende Bauform der Böden notwendig, was durch den Doppeldüsenboden wie bereits erwähnt gegeben ist.

Nun kommen der Reihe nach geschlossen alle die Vorzüge, wie sie jeweils durch die Glockenboden-, Siebboden- und Füllkörper-Kolonnen in Einzelabschnitten erfüllt werden, wie:

- hoher Belastungsbereich,
- Unempfindlichkeit gegen den Einsatz im Molekulargewicht stark verschiedener Produkte (Glockenboden)
- geringer Druckverlust (Füllkörper-Kolonnen),
- gute Austausch-Bedingungen,
- geringe Flüssigkeits-Kapazität,
- Stabilität hinsichtlich Pendel-Erscheinungen (Siebboden-Kolonnen).

Diese 6 Bedingungen zusammen mit der einfachen keramischen Ausführbarkeit werden durch den Doppeldüsenboden weitgehend überbrückt.

Für eine Versuchsanlage wirkt sich weiterhin eine geringe Bauhöhe der Kolonne sehr vereinfachend aus, was in diesem Zusammenhang zu eingehenden Betrachtungen über Bodenabstand, Flüssigkeits-Abscheider und Dampfgeschwindigkeit führt. Soweit es die bisherigen Ergebnisse zulassen, wird im nächsten Kapitel eingehend darüber berichtet. Vorläufig soll jedoch das Bild der Technikums-Kolonnen vollständig abgerundet werden, in dem vorausgeschickt wird, daß ein Rostabscheider nach Abb. 5

Bild

5

+)

hinsichtlich Abscheide-Fähigkeit eine sehr gute Wirkung zeigt, den Druck praktisch überhaupt nicht beeinflusst und in der angegebenen Weise sowohl metallisch als auch keramisch sehr einfach herzustellen ist. Es handelt sich um gleichschenkelige Winkelprofile, die so angeordnet werden, daß der vertikal aufsteigende Dampf beim Durchtritt durch die Vorrichtung eine zweimalige Umlenkung um 45° bzw. 90° erfährt und daher die mitgerissene Flüssigkeit wirksam abscheidet. Das Zurückfließen der abgeschiedenen Flüssigkeit auf den Ursprungsboden kommt dadurch zu Stande, daß der freie Dampfquerschnitt sehr groß ist und die auftretende Dampfgeschwindigkeit nicht mehr ausreicht, um die an den Flächen niedergeschlagene Flüssigkeit nach oben wieder abzulösen. Die Anwendung dieses Abscheiders, der unmittelbar unter jedem Boden angeordnet wird, gestattet es, den Bodenabstand weitgehend zu verringern, wobei allerdings die Frage noch offenbleibt, ob und wie weit der Austausch durch die verringerte Wegstrecke der Dämpfe beeinträchtigt wird.

+) Der beschriebene Winkelabscheider wurde von uns auf Anregung von Herrn Dr. K. Siegwart-Leverkusen, allerdings in veränderter Konstruktion, zur Anwendung gebracht.

Bild 6 Das nächste Bild 6 zeigt den endgültigen Aufbau der Kolonne in vollständiger Glasausführung. In vielen Fällen genügt es auch, wenn nur der Zylinder aus Glas und die Einsätze aus Kupfer, VA - oder dergleichen ausgeführt werden, sodaß sich daran gleichzeitig die Möglichkeit knüpft, sämtliche Einsätze an eine oder mehrere Spindeln zu hängen. Dadurch können die Einsätze geschlossen aus dem Zylinder heraus bzw. in den Zylinder hinein geschoben werden. Die Böden sind an ihren Dichtflächen so konstruiert, daß die Flüssigkeit keinen hydrostatischen Druck ausüben kann, während es den Dämpfen nicht verwehrt wird, in geringen Mengen durch die Dichtflächen hindurchzutreten, da sie nach ihrem Durchtritt sowieso in den allgemeinen Austauschraum zwischen Boden und Abscheider hineingelangen.

Bild 7 Das nächste Bild 7 zeigt eine solche Kolonne, Metall und Glas kombiniert. Selbstverständlich läßt sich diese Kolonne auch vollständig aus metallischen Werkstoffen herstellen und auch in größeren bzw. kleineren Durchmessern. Voraussetzung bleibt jedoch immer, daß die Zylinder ausgedreht werden, wenn die Einsätze zum Zwecke der vereinfachten Reinigungsmöglichkeit und schneller Kombinationsfähigkeit geschlossen aus der Kolonnenzarge herausgezogen werden sollen.

Zur Ergänzung werden nachstehend einige Daten angegeben, die an einer bereits bestehenden Versuchskolonne nach dieser Konstruktion (Glaszylinder + Metalleinsätze) am Gemisch Methanol - Wasser gemessen wurden:

Kolonnen-Durchmesser	300 %	Mantel = Glas
Boden-Abstand	80 %	Einsätze = Eisen
max. Dampfgeschwindigkeit am Kopf der Kolonne	ca. 1,3 m/sec.	
Widerstandsziffer (des trockenen Bodens) bezogen auf den Gesamtquerschnitt	=	70
Verstärkungsverhältnis bei gleichsinniger Arbeitsweise mit Leitflächen.	ca.	0,9 - 1,05
Durchmesser der Düsen	=	12 %
Durchmesser der Zusatzlöcher		6 %
Druckverlust pro Boden bei 1,0 m/sec.		20 %
Flüssigkeitsstand	ca.	8 %
freier Dampfquerschnitt		22 %

Flaming, Beuth, Pöhl, Jönny

Zu 3.)

Die Anwendung von Flüssigkeits-Abscheidern hat auf die Kolonnen-Abmessungen den entscheidenden Einfluß und kann in zwei Richtungen mit besonderem Erfolg geschehen. Entweder man ist aus bestimmten Gründen (vorhandene Bauten, große Bodenzahl, Versuchsbetriebe usw.) gezwungen, die Anlage möglichst niedrig zu bauen, oder man ist bestrebt, die Dampfgeschwindigkeit, d.h. den Durchsatz bei normaler Bauhöhe, möglichst hoch zu halten, ohne die Trennfähigkeit der Kolonne dadurch zu beeinträchtigen. Es ergibt sich daher die Frage, welche Abscheide-Vorrichtungen stehen zur Verfügung und welche betriebliche oder herstellungstechnische Eigenschaften sind in dem einen oder anderen Falle vorzuziehen.

Durch Versuche am System Luft-Wasser wurden vorläufig 5 Abscheide-Vorrichtungen vergleichsweise auf ihre Wirksamkeit untersucht:

- | | | |
|------|--|-------------|
| Bild | 1.) einfache Rostabscheider | nach Abb. 8 |
| 8 | 2.) doppelte | " " " " |
| | 3.) Füllkörper-Zwischenschichten | |
| | 4.) Schirmglocken | |
| | 5.) Schirmglocken in flacher Ausführung. | |

Da die Bestimmung der mitgerissenen Flüssigkeit in Abhängigkeit der Dampfgeschwindigkeit, d.h. die Sprühgrenze der eben angeführten Vorrichtung nur empirisch möglich ist, muß zu diesem Zweck eine geeignete Untersuchungs-Methode angesetzt werden, die es gestattet, beide Werte mit einfachen Mitteln genau genug zu erfassen und es damit möglich macht, Vergleichsmessungen über die Wirkungsweise der verschiedenen konstruktiven Maßnahmen zur Verhinderung des Flüssigkeits-Übertrittes einschl. Erhöhung des Bodenabstandes durchzuführen. Die Versuchs-Einrichtung muß es also ermöglichen, die Menge der mitgerissenen Flüssigkeit direkt zu messen.

Bild 9 gibt die Vorrichtung wieder, mit welcher die Vergleichsmessungen an den angeführten Abscheidern vorgenommen wurden. Zunächst in einfacher Ausführung, durch welche das Mitreißen der Flüssigkeitsteilchen bei beliebigen ungeschützten Böden durch direkte Messung verfolgt werden kann. Über dem Versuchsboden ist in der Höhe verstellbar ein Auffangboden angeordnet, der die Flüssigkeit zwar abscheidet, aber nicht mehr auf den Ursprungsboden zurückführt, sondern einem Meßbecher zuleitet. Durch Abstoppen der Füllzeit lassen sich die genauen Mengen pro Zeiteinheit feststellen. Um die Sprühgrenze von Abscheide-Vorrichtungen selbst feststellen zu können, ist eine Er-

Bild
10

Weiterung dieser Vorrichtung notwendig und zwar in der Weise, daß die zusätzliche Auffang-Vorrichtung eine Querschnitts-Vergrößerung erfährt (Bild 10).

Damit können die Leistungsgrenzen und die Wirkungsbereiche der mit beliebigen Abscheide-Vorrichtungen versehenen oder mit anderen diesem Zweck dienlichen Maßnahmen ausgestatteten Kolonnenböden festgestellt werden.

Bevor wir uns den Versuchs-Ergebnissen zuwenden, wollen wir uns den wahrscheinlichen Verlauf dieser Kurven durch Überlegung vergegenwärtigen:

Die mitgerissene Flüssigkeitsmenge wird sich mit wachsender Dampfgeschwindigkeit erst langsam oder unmerklich, dann schneller so lange steigern, bis der Höchstwert d.h. die gesamte Rücklaufmenge erreicht ist; von da ab wird sie der durchgehenden Dampfmenge direkt proportional. Wichtig für die Beurteilung der Wirkungsweise eines Apparates ist jedoch nicht der eigentliche Kurvenverlauf, sondern nur der untere Ansatz dieser Kurve auf der Abszisse bzw. der Verlauf innerhalb eines noch als zulässig anzusehenden Grenzbereiches. Es ist nun selbstverständlich, daß die Erhöhung des Boden-Abstandes diesen Ansatzpunkt auf der Abszisse weiter nach rechts verschiebt. Das Gleiche gilt bei Anwendung eines Flüssigkeits-Abscheiders, wie das nächste Bild 11 veranschaulicht.

Bild
11

Dieses Bild zeigt nun diese Grenzkurven, wobei als Vergleich ein normaler Glockenboden mit einem Bodenabstand von 300 % herangezogen wurde. Man erkennt, daß die Füllkörperschicht, die Schirmglocke und Winkelabscheider im Hinblick auf den Ansatzpunkt bei höheren Bodenabständen die besten Ergebnisse liefern. Der charakteristische Verlauf dieser beiden Kurven in ihrer weiteren Abhängigkeit von der Geschwindigkeit ist jedoch sehr verschieden; während die Schirmglocke und der Winkelabscheider noch einen ziemlichen Belastungsbereich bis zum restlosen Flüssigkeits-Übertritt nach oben zugänglich ist, geht die Grenzkurve der Füllkörperschicht kurz nach ihrem Ansatzpunkt steil in die Höhe. Die obere Belastungsgrenze ist hier also viel ausgeprägter und direkt als sprunghaft anzusehen. Eine mittlere Stellung nimmt der Spritzschutz durch Anwendung von einfachen Rosten ein; er ist jedoch in bezug auf die Lage des Ansatzpunktes nicht ganz als gleichwertig zu betrachten. Es läßt sich im Vergleich mit dem Verlauf der Grenzkurve eines ungeschützten Glockenbodens mit hohem Bodenabstand weiterhin sehr deutlich erkennen, daß die Anwendung eines

Spritzschutzes gegenüber der Erhöhung des Bodenabstandes doch erhebliche Vorteile mitsichbringt. Aus den gezeigten Meßergebnissen geht hervor, daß die Grenzggeschwindigkeiten bis zum Ansatzpunkt nahezu verdoppelt werden können. Noch drastischer wirkt der Unterschied, wenn zu diesem Vergleich die Grenzkurven geringerer Bodenabstände herangezogen werden, wie dies ebenfalls auf dem Bilde andeutungsweise geschehen ist.

Für den Fall, daß die somit als vorteilhaft erkannte Wirkung eines Spritzschutzes ausgenutzt werden soll, läßt sich auch die Frage nach dem Bodenabstand unter vereinfachten Gesichtspunkten beantworten. Er besitzt nämlich in diesem Falle den einzigen Einfluß auf die obere Belastungsgrenze der Kolonne, da die Rücklauf-Flüssigkeit in dem Augenblick zu stauen beginnt, wo der Druckverlust und damit der Wert größer wird als der Bodenabstand; er hängt also nur noch unter Berücksichtigung der Druckverlustziffer des Bodens von der gewünschten oberen Leistungsgrenze ab und ist somit der Berechnung ohne Weiteres zugänglich. Die Vorgänge, die sich in einer nach solchen Gesichtspunkten berechneten Kolonne bei Übersteigung der oberen Belastungsgrenze abspielen, lassen sich an einem Modellversuch sehr anschaulich verfolgen. Es tritt nämlich eine Absperrung des Rücklaufes durch den wachsenden Überdruck ein, der sich aber nur auf den obersten Boden auswirkt und die Rücklaufmenge dort zurückhält.

Zu 4.) Großkolonnenbau.

Mit steigendem Kolonnen-Durchmesser tritt bei den im Querstrom arbeitenden Böden eine bei kleinen Kolonnen unbekannte störende Erscheinung in den Vordergrund, die einen ungleichmäßig werdenden Austauschvorgang zur Folge hat und bei allen großen Kolonnen deshalb als sehr lästig empfunden wird. Es handelt sich um den Flüssigkeits-Transport über den Boden, den wir uns an einem Beispiel in Abhängigkeit vom Kolonnen- ϕ vergegenwärtigen wollen:

Eine Kolonne von 0,5 m ϕ arbeitet unter denselben Bedingungen wie eine solche von 5 m ϕ . Über den kleinen Boden läuft eine Flüssigkeitsmenge von 1 Liter/sec., demgemäß müßte über den großen Boden, dessen Querschnitt 100 mal so groß ist, 100 Liter pro Sekunde fließen. Die Strombreite auf dem kleinen Boden beträgt im Maximum 0,5 m und die das Gefälle bestimmende Länge des Strömungsweges etwa 0,4 m. Um bei der großen Kolonne die gleichen Strömungs-Bedingungen zu erzielen, müßte also eine Strombreite von 50 m und ebenfalls eine Länge des Strömungsweges von 0,4 m Voraussetzung sein. In Wirklichkeit sind es statt 50 m bestenfalls nur 5 m, also ein Zehntel und die Stromlänge nicht 0,4 m sondern mehr als das zehnfache.

Daß unter dieser Gesetzmäßigkeit die Stauerscheinungen ein unerträgliches Maß annehmen müssen, dürfte aufgrund der vorgegangenen Überlegungen außer Zweifel stehen. Die Durchmesser-Abhängigkeit des Strömungsvorganges läßt sich mit mathematischen Begriffen folgendermaßen kennzeichnen:

Die strömende Menge wächst proportional der Fläche, also quadratisch mit dem Durchmesser, die Strömungsbreite dagegen wächst mit dem Durchmesser nur linear, außerdem vergrößert sich die Länge des Strömungsweges ebenfalls proportional mit dem Durchmesser, sodaß die auftretenden Stauerscheinungen in doppelter Hinsicht gefördert werden. Für den Destillations-Vorgang ist der Flüssigkeitsstatu mit Rücksicht auf die Gleichmäßigkeit des Austauschvorganges jedoch unter allen Umständen zu vermeiden bzw. in erträglichen Grenzen zu halten. Die strömungstechnischen Voraussetzungen hierfür sind, abgesehen von der weitgehenden Beseitigung aller Strömungs-Widerstände zwei grundlegende Forderungen:

- 1.) Vergrößerung der Strömungsbreite und
- 2.) Verringerung des Strömungsweges.

Es kommt also in erster Linie auf das Verhältnis zwischen der Länge des Strömungsweges zu der Strombreite pro Einheitsmenge Flüssigkeit an und es wird sich durch empirische Messungen noch herausstellen müssen, welche Größen dieser Wert bei den einzelnen Flüssigkeiten erreichen darf, um den Destillations-Vorgang nicht nennenswert zu stören.

Mit der durch die obigen Ausführungen wiedergegebenen Erkenntnisse allein wäre es jedoch nicht getan, sofern nicht gleichzeitig eine praktische Ausführungsmöglichkeit ausfindig gemacht wird, die ihrerseits hinsichtlich herstellungstechnischen und betrieblichen Gesichtspunkten keine einschränkenden Bedingungen mitsichbringt, sondern wo möglich auch hier vereinfachend wirkt. Es muß also zunächst verfahrenstechnisch erreicht werden, daß der Gesamt-Flüssigkeitsstrom durch Zergliederung auf der gegebenen Bodenfläche systematisch verteilt wird und darüber hinaus alle destilliertechnischen Voraussetzungen so erfüllt werden, wie dies bei einem kleinen oder mittleren Apparat der Fall ist.

Bild 12 enthält die schematische Wiedergabe der Flüssigkeitsführung eines durch Dosierungs-Vorrichtung in gleiche Teile zerlegten Flüssigkeitsstromes, wobei das Prinzip der gleichsinnigen Flüssigkeitsführung Berücksichtigung gefunden hat. Der Vorgang gliedert sich wie folgt.

Die gesamte aus dem Dephlegmator anfallende Rücklauf-Flüssigkeit wird durch eine Dosierungs-Vorrichtung in beliebig viele gleiche Teilströme zerlegt. Jeder Teilstrom wird auf einen Teilabschnitt des mittels Trennwände in ebenso viele flächenmäßig gleichgroße Teile zerlegten Bodens geleitet. Die Flüssigkeit strömt nicht mehr wie bisher üblich in ihrer Gesamtheit geschlossen über den ganzen Boden, sondern in Einzelströmen immer nur über ein Teilstück, von dem der Flüssigkeitsstrom in seiner ganzen Breite auf den nächstfolgenden Teilabschnitt des darunter liegenden Bodens geleitet wird. Dies geschieht in einfachster Weise durch breite Öffnungen in den vertikalen Trennwänden, an denen abgeknickte Begrenzungsbleche einen Tauchver-

Bild 13 schluß bilden. Da die Überlaufkanten jeweils der vollen Strombreite eines Teilabschnittes entsprechen, entsteht durch die vielfache Aufteilung insgesamt eine große Überlaufbreite und damit der geringstmögliche Anstau. Die Trennwände, durch welche der Boden in flächenmäßig gleich große Teile zerlegt wird, begrenzen nicht nur den Flüssigkeits- sondern auch den darüberliegenden Dampfraum. Sie sind also

so hoch wie der Boden selbst einschl. Abscheider oder dergleichen. Für die praktische Herstellung der Böden ergeben sich hieraus insofern entscheidende Vorteile, als diese Trennwände auch geschlossen durch den Kolonnenschub gezogen werden können und der Gesamtboden somit aus kleineren Teilen oder Segmenten zusammengesetzt werden kann. Die praktische Ausführung einer solchen vom schädlichen Einfluß des steigenden Kolonnen-Durchmessers unabhängig gemachten Ausführung zeigt Bild 13. Wie daraus hervorgeht, unterscheiden sich die örtlichen Abmessungen der Kolonnen-Einsätze hinsichtlich Bodenabstand, Materialstärken, Stromweg der Flüssigkeit, Abscheider usw. in keiner Weise mehr von denjenigen kleiner oder mittlerer Kolonnen. Für Herstellung und Betrieb ergeben sich daraus die folgenden Vorteile:

- 1.) Die mit der Erstellung großer Böden verbundenen Umstände bei Fertigung, Transport und Montage fallen fort.
- 2.) Der zur Versteifung großer Böden notwendige Materialaufwand ist nicht mehr nötig, da die gesamten Einsätze aus dünnen Blech hergestellt werden können und die mechanische Stabilität durch die ebenfalls dünnen Querwände trotzdem weitgehend gesichert ist.
- 3.) Der Kolonnen- ϕ unterliegt praktisch keiner Begrenzung mehr.
- 4.) Das Auswechseln der Böden kann ohne besondere Vorkehrungen erfolgen, da die Bodenteile leicht sind und ohne Dichtungen eingebaut werden können.
- 5.) Die niedrige Bauhöhe und die Zusammenfassung vieler parallel arbeitender Aggregate in einer Kolonne verringern den Wärmeverlust.
- 6.) Die Austausch-Bedingungen (und damit die Trennfähigkeit) entsprechen denjenigen mittlerer oder kleiner Kolonnen.
- 7.) Es lassen sich Kolonnen für wesentlich höheren Flüssigkeitsdurchsatz herstellen, als es bisher möglich war. (Diese Feststellung gilt insonderheit auch für Abtriebskolonnen mittleren Durchmessers und sehr hoher Flächen-Beanspruchung.)
- 8.) Keramische Ausführbarkeit von Großkolonnen. — Bild 14.

Bild 14

zu 2.)

Die im Kapitel 4 im Zusammenhang mit dem Großkolonnenbau beschriebene Bodenaufteilung läßt sich außerdem noch auf eine andere Weise mit besonderem Vorteil auswerten. Durch die Anwendung des geschilderten Verfahrens auf kleine oder kleinste Kolonnen im Laboratoriumsmaßstab ist es möglich, die dort erzielten Austausch-Bedingungen sowie die Boden-Abstände in voller Gleichheit auf technische Abmessungen bzw. Durchsätze zu übertragen. Wird die konstruktive Ausführung außerdem noch nach den in Kapitel 2 wiedergegebenen Gesichtspunkten ausgerichtet und weiterhin die vereinfachende Annahme gemacht, daß ein metallischer Werkstoff Verwendung finden soll, so entsteht eine Präzisions-Kolonne mit sehr niedriger Bauhöhe und leichtester Zerlegbarkeit (Bild 15), die für die meisten Destillationsaufgaben sowohl in der Verstärkung als auch im Abtrieb für technische Durchsätze eingesetzt werden kann.

Diese Kolonne eignet sich in erster Linie wieder für Versuchsbetriebe aber darüber hinaus auch für einen umfangreichen praktischen Einsatz, wenn man bedenkt, daß bei üblichen Dampfgeschwindigkeiten z.B. bei einer Kolonne von $800 \text{ mm } \varnothing$ pro Meter Kolonnenhöhe etwa 15 theoretische Böden und mehr untergebracht werden können und die Kolonne außerdem in wenigen Minuten ohne besondere Einrichtungen vollständig in die Einzelteile zerlegt und ebenso schnell wieder zusammengesetzt werden kann. Für die Trennung des Gemisches Methanol-Wasser wird eine solche Kolonne bei normalen Dampfgeschwindigkeiten mit einer Bauhöhe von 1 m bereits ausreichen.

Bedingungen und Grundsätze
für meß- und regeltechnische Einrichtungen
bei kontinuierlich arbeitenden Destillier-Apparaten.

- 0 -

I. Teil. Kontinuierliche Trennung von Zweistoff-Gemischen.

Die kombinierten Kontroll- und Regeleinrichtungen haben den Zweck, die Bedienung der Anlage zu vereinfachen und gleichzeitig die Betriebssicherheit der Apparatur in Verbindung mit der höchstmöglichen Trennfähigkeit zu gewährleisten. Sie haben den höchsten Stand der Vollständigkeit dann erreicht, wenn die kontinuierlich arbeitende ~~Anlage im Dauerbetrieb störungsfrei und vollautomatisch arbeitet~~ und darüber hinaus die Betriebsschwankungen in so engen Grenzen bleiben, daß keine übermäßigen Sicherheits-Zuschläge beim Entwurf der Anlage gemacht werden brauchen.

Bei den bestehenden Vorrichtungen kann man von einer Vollkommenheit in diesem Sinne bei weitem nicht sprechen. Die folgenden Überlegungen sollen daher einen Beitrag für die Weiterentwicklung liefern. Sie befassen sich zunächst nicht mit den Vorrichtungen an sich, sondern vielmehr nur mit den Zusammenhängen der einzelnen Vorgänge bei kontinuierlicher Betriebsweise und den dadurch gegebenen Notwendigkeiten.

Die wichtigsten Beziehungen sind:

die Temperatur und ihre Verteilung in der Kolonne in Abhängigkeit vom Rücklaufverhältnis und Betriebszustand,

die Dampfbelastung von dem Kolonnen-Querschnitt und Heizsystem in Abhängigkeit vom Gemischzulauf bei konstantem Rücklaufverhältnis,

der Einfluß der Flüssigkeits-Kapazität der Kolonne auf die Stabilität des optimalen Betriebszustandes.

Die grundsätzliche Temperatur-Verteilung innerhalb einer das eingesezte Gemisch vollständig trennenden Kolonne veranschaulicht das Bild 16. Die Kurve 1 gibt den Temperaturverlauf bei absolutem Rücklauf wieder, d. h. in einem Betriebszustand bei welchem der Kolonne weder etwas zu- noch abgeführt wird. Die untere Temperatur entspricht dem Siedepunkt der leichtsiedenden Komponente und die obere derjenigen der schwersiedenden. Der Temperaturverlauf in Abhängigkeit der Kolonnenhöhe richtet sich nach der Gleichgewichts-

kurve des Gemisches und nach der Trennfähigkeit der Kolonne, ist also bei absolutem Rücklauf zunächst nur von diesen beiden Faktoren abhängig. Die Gestalt der Kurve ist jedoch grundsätzlich so, daß sie sich innerhalb der Kolonne den Siede-Temperaturen beider Produkt asymptotisch nähert und diese, sofern die Kolonne eine ausreichende Höhe oder Trennfähigkeit besitzt, auch praktisch erreicht. Dieser Betriebszustand ist stabil und bleibt daher ohne Regeleinrichtungen aufrechterhalten. Eine Änderung der Temperaturkurve kann nur im Zusammenhang mit einer mengenmäßigen Verschiebung der eingesetzten Komponenten herbeigeführt werden. Wird aus diesem abgeschlossenen System z.B. ein bestimmtes Quantum des leichter siedenden Produktes entnommen, so verringert sich die am Kopf der Kolonne eingeschlossene Flüssigkeitsmenge um den gleichen Betrag. Da aber der Flüssigkeitsinhalt bei Böden nach wie vor derselbe ist, verschiebt sich damit die Temperaturkurve (unter Beibehaltung ihrer ursprünglichen Gestalt) weiter nach oben. Dies läßt sich solange fortsetzen, bis der Berührungspunkt der Kurve mit der oberen Grenztemperatur den Kopf der Kolonne übersteigt und damit Anteile des höhersiedenden Produktes im Destillat mit erscheinen. Der geschilderte Vorgang ist selbstverständlich umkehrbar, d.h. durch Zugabe von leichter siedenden Produkt läßt sich der ursprüngliche Zustand wieder herstellen bzw. in der entgegengesetzten Richtung fortsetzen.

Wenn diese Maßnahme wie schon erwähnt, nur auf die Lage der Kurve einen Einfluß ausüben kann, gibt es im praktischen Betrieb einen weiteren Faktor, der ursächlich auf die Gestalt der Kurve einwirkt.

Es handelt sich um das Rücklaufverhältnis. Bekanntlich benötigt eine Kolonne zur Trennung eines Gemisches bei absolutem Rücklauf die geringste Bodenzahl. Bei Verringerung des Rücklaufes muß die Bodenzahl gesteigert werden, was sich nunmehr auf die Gestalt der Temperaturkurve der Kolonne äußert. Mit geringer werdendem Rücklauf wird die Kurve flacher (Kurve II) d.h. die Kolonne muß höher gebaut werden, um das Gemisch auch einwandfrei zu trennen. Es sind also für den Betrieb zwei grundsätzlich verschiedene Ursachen für die Verlagerung der Temperaturen einer kontinuierlich arbeitenden Kolonne zu beachten, einmal das rein mengenmäßige Verhältnis der in der Kolonne eingeschlossenen Komponenten und zweitens, das Verhältnis der zurückfließenden Flüssigkeitsmenge zur Destillatmenge (Rücklauf-Verhältnis). Ersteres bestimmt die Lage und letzteres die Gestalt der Temperaturkurve innerhalb der Kolonne. Es ist damit auch klar, daß es nicht immer die schlechte Trennfähigkeit der

Kolonne sein muß, wenn das Produkt die gewünschte Reinheit nicht besitzt, sondern es sehr häufig auch daran liegen kann, daß der Betriebszustand bzw. die Lage der Temperaturkurve sich verschoben hat.

Zur weiteren Beleuchtung über das Verhalten der Temperaturkurve bei kontinuierlicher Arbeitsweise sei nachdrücklich darauf hin gewiesen, daß im Gegensatz zum absoluten Rücklauf die Lage der Temperaturkurve bei endlichem Rücklaufverhältnis ausgesprochen labil geworden ist. Die Ursache ist, wie bereits geschildert, die Verschiebung des mengenmäßigen Verhältnisses der eingeschlossenen Flüssigkeits-Komponenten. Im praktischen Betrieb ist es nie möglich, die zu und abgeführte Menge im Dauerbetrieb so genau abzustimmen, daß sie mengenmäßig absolut gleich groß sind, sondern es werden immer geringe Differenzen bestehen, die dann im Laufe der Zeit Verschiebungen der Temperaturlage zur Folge haben. Der labile Zustand strebt einer Gleichgewichtslage zu, die in dem Augenblick erreicht ist, wo die geringen mengenmäßigen Differenzen bei Beschickung und Entnahme sich durch entsprechende Anteile der einen Komponente in der anderen ausgleichen oder verständlicher ausgedrückt, man kann aus einem im Gleichgewicht befindlichen System nicht mehr herausholen als eingeführt wird und umgekehrt. Wird z.B. am Kopf der Kolonne dauernd eine Destillatmenge von genau 50 kg/std. entzogen und andererseits der Kolonne durch den Zulauf mit dem Gemisch nur 49,95 kg leichter siedendes Produkt zugeführt, so ist es klar, daß in absehbarer Zeit die 0,05 kg Differenz durch Bestandteile aus dem Sumpfprodukt ersetzt werden muß, selbst bei einer noch so gut trennenden Kolonne.

Die Empfindlichkeit einer Kolonne diesen Gesetzmäßigkeiten gegenüber ist sehr stark abhängig von der eingeschlossenen Flüssigkeitsmenge. Je größer diese ist, umso längere Zeitspannen werden benötigt, bis sich die Auswirkungen bemerkbar machen; je geringer sie ist, umso schneller verschiebt sich ein unstabiler Zustand der Gleichgewichtslage entgegen, was aufgrund der obigen Betrachtung immer eine Verschlechterung einer der beiden Komponenten bedeutet. Diese Vereunreinigung ist in ihrem Umfang bedingt durch die Differenz zwischen Beschickung und Abnahme, gleichgültig welche Trennfähigkeit die Kolonne besitzt. In solchen Fällen, bei denen eine der beiden Komponenten nicht unbedingt sauber zu sein braucht, läßt sich also eine stabile Arbeitsweise ohne weitere Hilfsmittel erreichen. Die Kolonne braucht dann nur so eingestellt zu werden, daß sich die auftretenden Differenzen zwischen Beschickung und Entnahme nur auf

diese Komponente auswirken. Sobald aber von der Kolonne eine absolute Trennung beider Komponenten verlangt wird, ist die Temperatur-Kurve labil geworden und muß nun durch Regelung dauernd in ihre günstigste Lage zurückgebracht werden. Dieser Umstand ist es, der beim heutigen Stand in Ermangelung eines passenden, vollautomatisch arbeitenden Reglers an die Apparatur zwecks leichter Bedienbarkeit und größerer Sicherheit verschiedene Forderungen stellt u. zw. erstens hohe Flüssigkeits-Kapazität, zweitens eine weit über das ausreichende Maß hinausgehende zusätzliche Bodenzahl, die aus Sicherheitsgründen in vielen Fällen sogar über 100% gesteigert wird. Die erste Forderung schließt alle Kolonnen mit geringer Flüssigkeits-Kapazität aus einschließlich Füllkörpersäulen und die zweite bedeutet einen zusätzlichen Ballast, der durch nichts mehr gerechtfertigt ist, sobald eine Regelvorrichtung eingebaut ist.

Zusammenfassend läßt sich also sagen:

Die Temperaturkurve nähert sich bei absoluter Trennung zweier Komponenten innerhalb der Kolonne tangential den beiden Siede-Temperaturen. Ihre Gestalt ist physikalisch von der Gleichgewichtskurve und der Siededifferenz des Gemisches, apparativ von der Trennfähigkeit der Kolonne und betrieblich vom Rücklaufverhältnis abhängig. Ihre Lage ist bedingt durch das Mengenverhältnis der in der Kolonne eingeschlossenen Produkte und ist bei absoluter Trennung beider Komponenten labil. Sie bedarf daher einer Steuerung von außen. Bei nicht vollständiger Trennung oder der sauberen Abtrennung nur einer Komponente ist die Stabilität der Temperaturlage ohne Regelinstrumente erreichbar. Weitere wichtige Zusammenhänge bestehen zwischen der Dampfbeschiebung (Beheizung) und Belastung der Kolonne bei konstantem Rücklaufverhältnis. Voraussetzung für jeden beliebigen Belastungszustand der Kolonne ist außer der günstigsten Temperaturlage das optimale Rücklaufverhältnis. Die Flüssigkeitsmenge, die wieder in die Kolonne zurückläuft, ist direkt abhängig von der abgezogenen Destillatmenge, durch welche die Leistung der Kolonne bei einem bestimmten Betriebszustand gegeben ist. Wir unterscheiden zunächst zwei Größen: 1.) die Destillatmenge und 2.) die Rücklaufmenge und stellen uns die Frage, wie werden dieselben in Abhängigkeit der Kolonnen-Beschickung, d. h. durch den Gemischzulauf beeinflusst?

Wird der Zulauf verändert, so muß sich im selben Maßstab die Destillatmenge ändern u. zw. gesteuert durch die Lage der Temperaturkurve. Da die Rücklaufmenge in direktem Verhältnis zur Destillatmenge steht, muß es sich gleichfalls solange ändern, bis das konstante Verhältnis wieder hergestellt ist.

Die Rücklaufmenge ist also direkt abhängig von der Destillatmenge. Ist durch die Zulaufmenge die Destillatmenge und durch die Destillatmenge die Rücklaufmenge gegeben, so ist damit auch die Dampfbelastung festgelegt. Es zeigt sich somit, daß die Dampfbelastung in letzter Folge in direkter und einziger Abhängigkeit zum Rücklaufverhältnis steht. Damit sind auch alle Voraussetzungen gegeben, die an eine Regeleinrichtung gestellt werden müssen, um die vollautomatische Arbeitsweise einer kontinuierlichen Kolonne zu gewährleisten.

Ausgehend von der einzigen freiwählbaren Größe, der Zulaufmenge führt eine direkte Abhängigkeit über die Lage der Temperaturkurve zur abfließenden Destillatmenge, von dieser über das Rücklaufverhältnis zur Dampfbelastung (Beheizung). Damit in Zusammenhang steht dann als eine für die Regeltechnik unwesentliche Größe, der Druckverlust in der Kolonne.

Mit der Festlegung dieser Reihenfolge unter Erkennung der Regelbedingungen ist die Aufgabenstellung an die Regeleinrichtung vollständig umrissen:

Als erste Folge einer willkürlichen Zulaufveränderung tritt eine Verschiebung der Temperaturkurve in der Kolonne ein, entweder nach oben oder nach unten; dies äußert sich an einem bestimmten Ort der Kolonne immer durch Temperatur-Erhöhung- oder Erniedrigung. Ein Temperaturfühler, der nun zweckmäßigerweise dort eingesetzt wird, wo diese Veränderungen den größten Ausschlag geben, ist in der Lage, ein Ventil zu betätigen dergestalt, daß, abgesehen von kleinen Toleranzen die Temperaturkurve ihre Lage unverändert beibehält. Es wird also bei Mehrbelastung der Fühler so auf das Entnahmeventil reagieren, daß die Destillatmenge entsprechend der höheren Belastung steigt u. umgekehrt. Eine Meßvorrichtung, die das Verhältnis zwischen Destillatmenge und Rücklaufmenge (Rücklaufverhältnis) mißt, wird im selben Augenblick ein anderes Verhältnis anzeigen, als das festgesetzte, entweder ist es zu groß oder zu klein. Da aber infolge der Kolonnen-Beschickung die Destillatmenge eindeutig festliegt, kann nur noch die Rücklaufmenge erhöht oder erniedrigt werden, um das festgelegte Rücklaufverhältnis wieder herzustellen. Dies ist jedoch nur durch Erhöhung bzw. durch Verringerung der Dampfbelastung möglich. Die Dampfzufuhr zum Heizsystem muß also aus diesem Grunde von dem Ausschlag des das Rücklaufverhältnis messenden Quotientenmessers abhängig gemacht werden. Der Druckverlust der Kolonne ist hiervon nur eine abhängige Funktion und spielt daher für die Regelung der Dampfbelastung keine Rolle.

Zur Vervollständigung der Gesamt-Übersicht über das vorliegende Arbeitsgebiet soll der weitere Verlauf der geplanten Entwicklungsarbeiten in einigen Sätzen kurz angedeutet werden.

- 1.) Präzisierung der auf Bild 1 gegebenen Kolonnen-Eigenschaften, genaue Definition und Bewertung zwecks Aufstellung von Vergleichsmaßstäben.
- 2.) Fortsetzung der Arbeiten über Zusammenstellung sämtlicher, den Austausch beeinflussenden Faktoren auf einen Kolonnen-Boden und Untersuchungen über ihre gegenseitige Abhängigkeit. (Bild 17)
- 3.) Fortsetzung der Untersuchungen über meß- und regeltechnische Einrichtungen zwecks Erzielung einer vollautomatischen Arbeitsweise bei Destillier-Anlagen für Mehrstoffgemische.
- 4.) Laboratoriums-Kolonnen:
 - a) für analytische Zwecke,
 - b) zur Bestimmung der Bodenzahl für technische Anlagen.
- 5.) Spezial-Kolonnen (für Destillation: Vakuum, Druck, extremhohe Flüssigkeits-Belastung, Verkrustung, Korrosion, Auswechselbarkeit, Großkolonnen usw. Absorption. Extraktion.
- 6.) Zusammenstellung und Ausführung der Ausrüstungs- und Zusatz-Vorrichtungen für Technikums-Anlagen.
- 7.) Zusatz-Vorrichtungen und Apparaturen für Destillier-Kolonnen allgemein.
- 8.) Normalisierung.

W. Bitterfeld

Bitterfeld,
13.4.1942.

Bild 1

	I	II	III	IV	V	VI
	Siebden	Obereiten mit Abscheider	Fälltrichter	Stechboden	Obereiten mit Abscheider	Stechboden
1. Geringer Druckverlust (Dampfverlust)						
2. Geringe Flüssigkeitsverluste						
3. Leicht zerlegbare Aufbauten (Glas, Guss, Holz, Stahl, Eisen, Kupfer)						
4. Geringe Unvollständigkeit beim Trennen						
5. Geringe Unvollständigkeit beim Trennen						
6. Geringe Unvollständigkeit beim Trennen						
7. Geringe Unvollständigkeit beim Trennen						
8. Geringe Unvollständigkeit beim Trennen						
9. Geringe Unvollständigkeit beim Trennen						
10. Geringe Unvollständigkeit beim Trennen						
11. Geringe Unvollständigkeit beim Trennen						
12. Geringe Unvollständigkeit beim Trennen						
13. Geringe Unvollständigkeit beim Trennen						
14. Geringe Unvollständigkeit beim Trennen						
15. Geringe Unvollständigkeit beim Trennen						
16. Geringe Unvollständigkeit beim Trennen						

Physikalische und technische Voraussetzungen:
 1. Geringer Druckverlust (Dampfverlust)
 2. Geringe Flüssigkeitsverluste
 3. Leicht zerlegbare Aufbauten (Glas, Guss, Holz, Stahl, Eisen, Kupfer)
 4. Geringe Unvollständigkeit beim Trennen
 5. Geringe Unvollständigkeit beim Trennen
 6. Geringe Unvollständigkeit beim Trennen
 7. Geringe Unvollständigkeit beim Trennen
 8. Geringe Unvollständigkeit beim Trennen
 9. Geringe Unvollständigkeit beim Trennen
 10. Geringe Unvollständigkeit beim Trennen
 11. Geringe Unvollständigkeit beim Trennen
 12. Geringe Unvollständigkeit beim Trennen
 13. Geringe Unvollständigkeit beim Trennen
 14. Geringe Unvollständigkeit beim Trennen
 15. Geringe Unvollständigkeit beim Trennen
 16. Geringe Unvollständigkeit beim Trennen

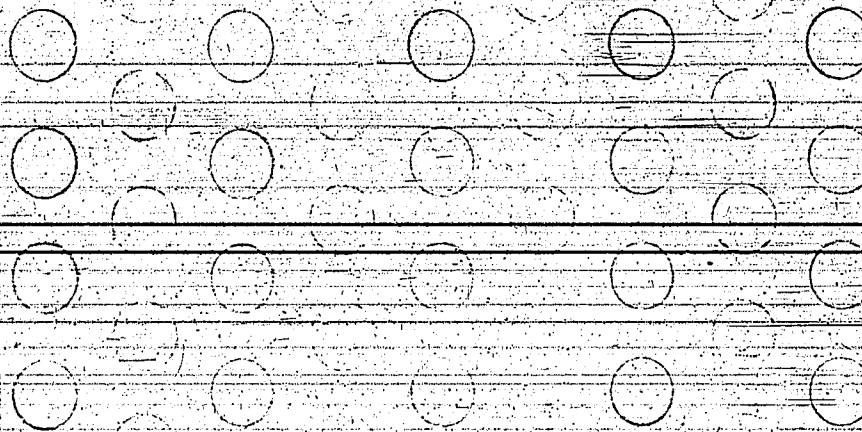
3 = Querstrom
 4 = Gegenstrom

23830

Doppeldüsenboden-Schema.

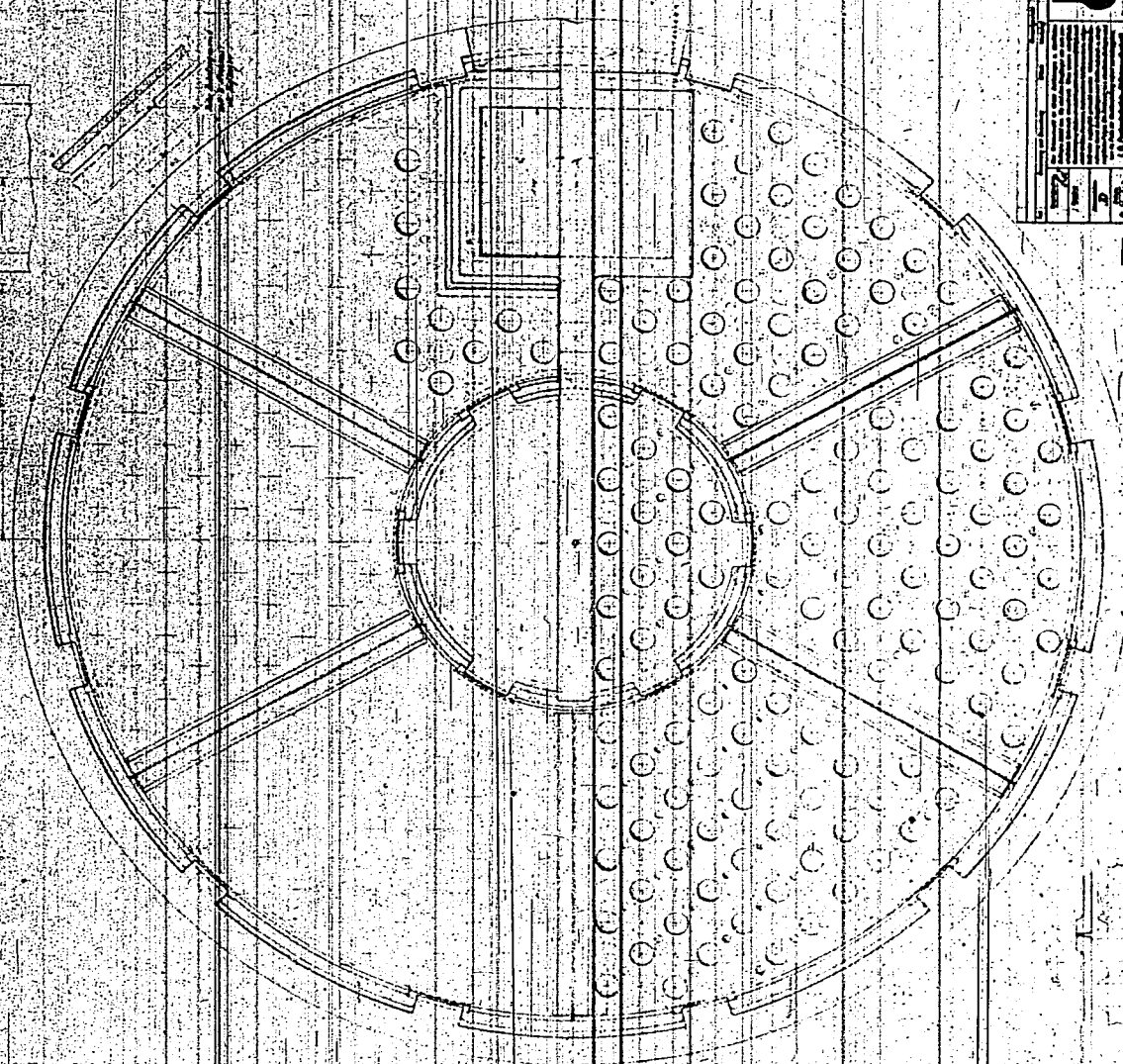
Konstr. Büro
D.

Bild 2.



I. G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft Bitterfeld

2
K.B. 9436



23832

Bild 4

Bild 6

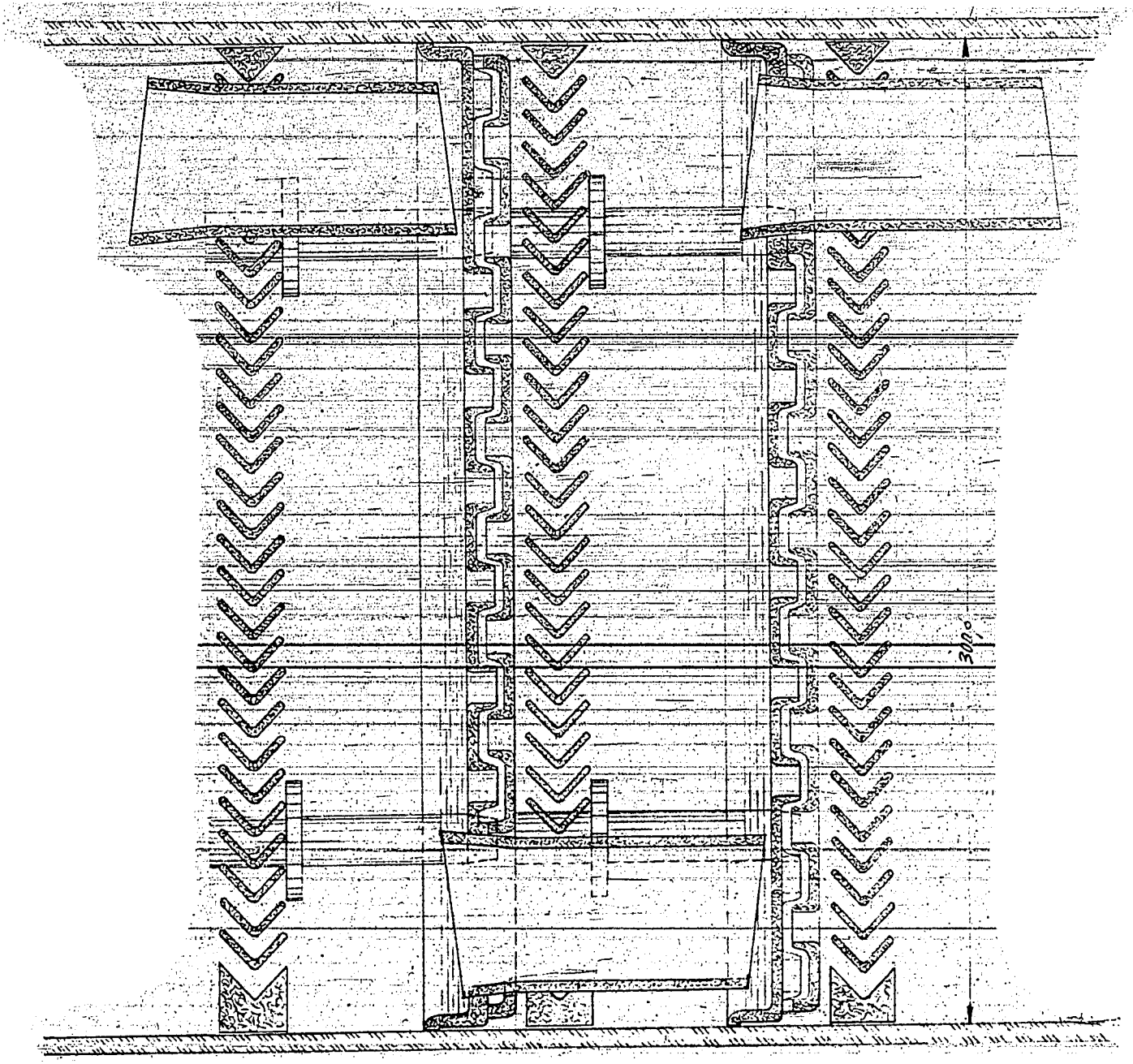
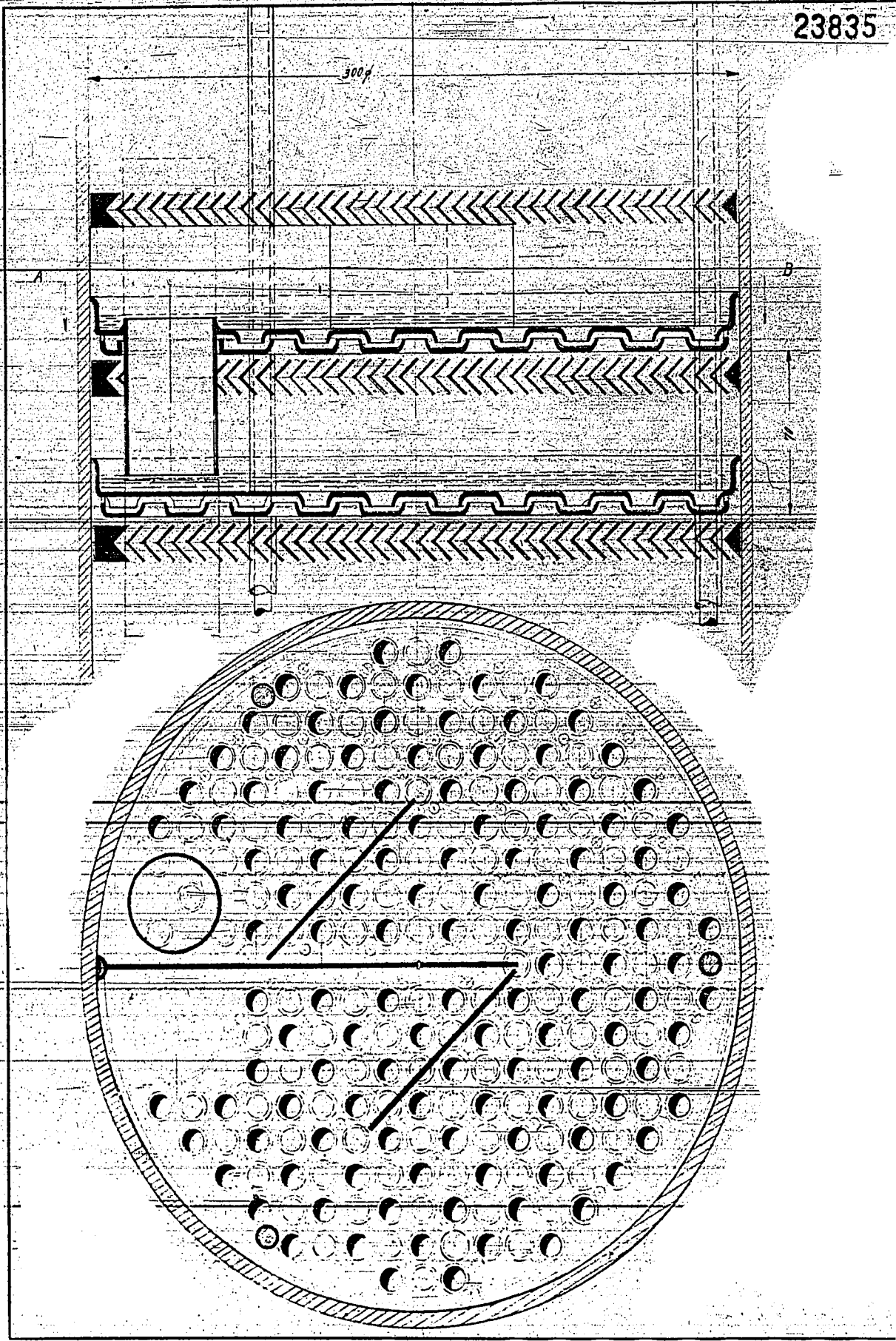


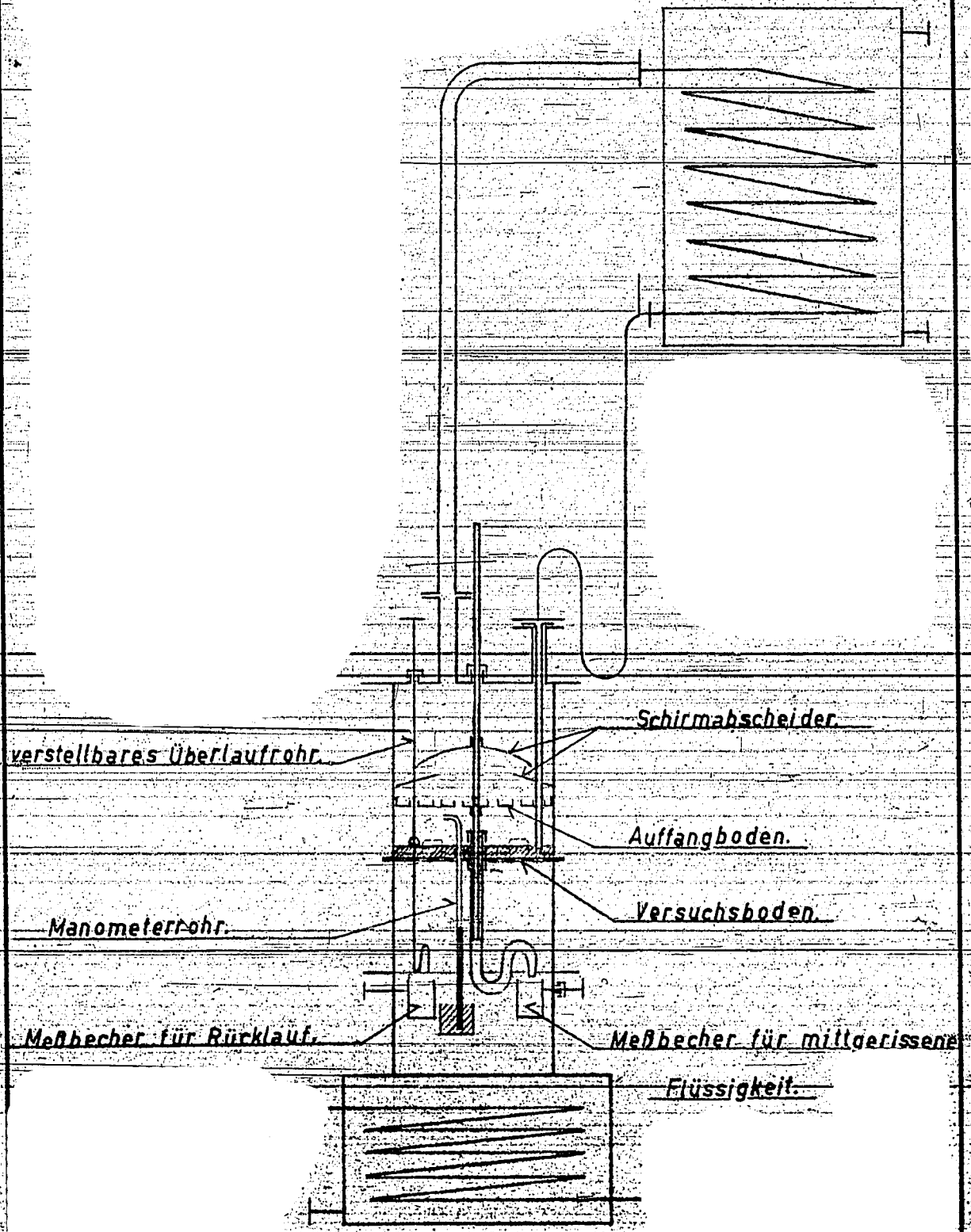
Bild 7

23835



23837

Bild 9.



Meßapparat zur Bestimmung von Druckverlusten
u. Belastungsgrenzen von Destillierböden.

Konstr. Büro
D.

23838

Bild 10.

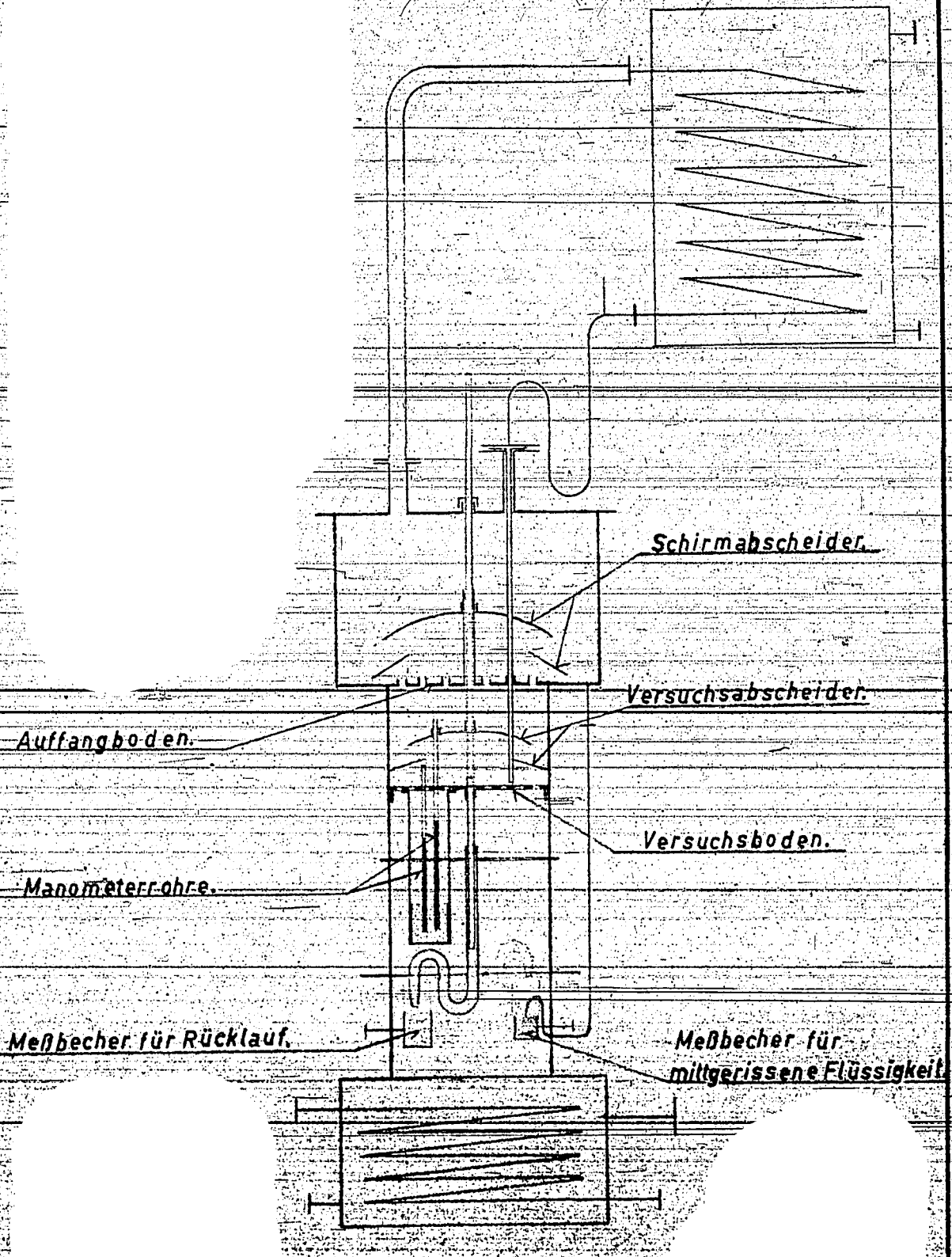


Bild 111

1. Glockenboden, ungeschützt

2. Füllkörper 15x15

3. Rostabscheider, einfach

4. // Doppelt

5. Schwingglocke

H = Bodenabstand

System: Luft - Wasser

30

20 sec

20

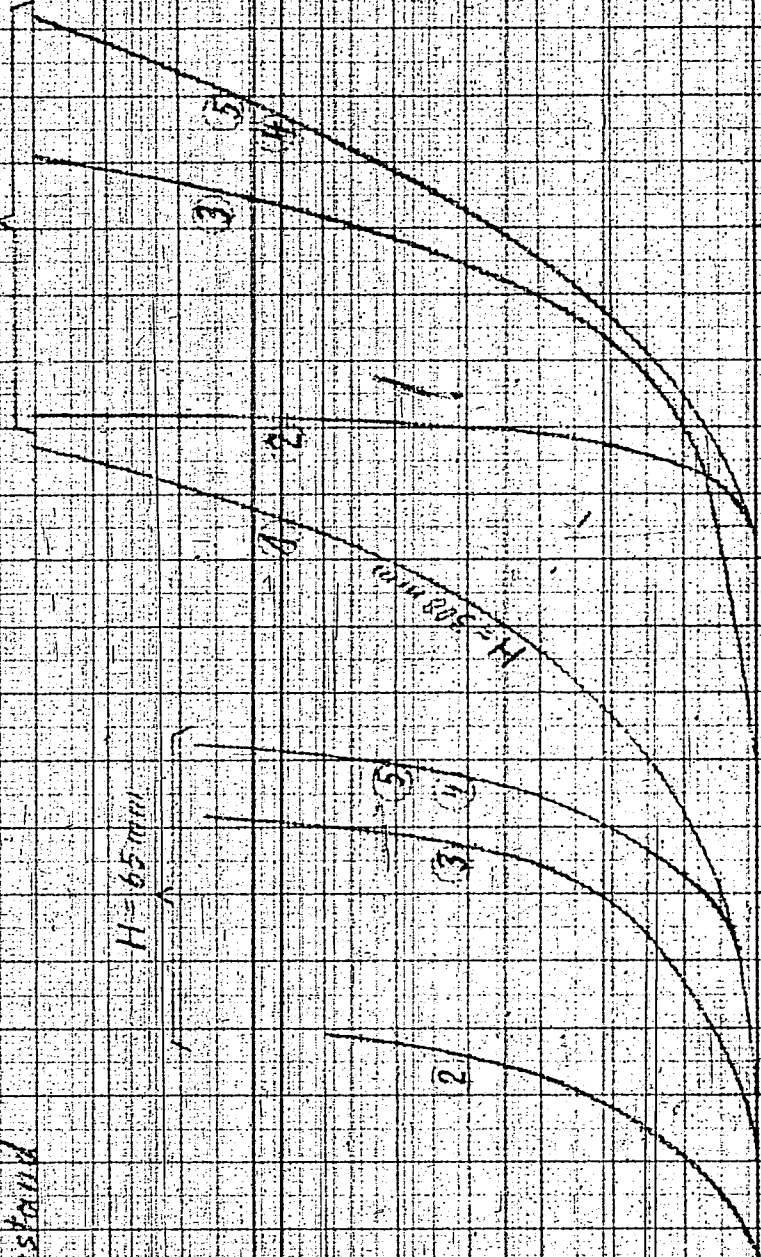
40

Mittlere Flüssigkeitsmenge

H = 180 mm

H = 65 mm

H = 500 mm



20

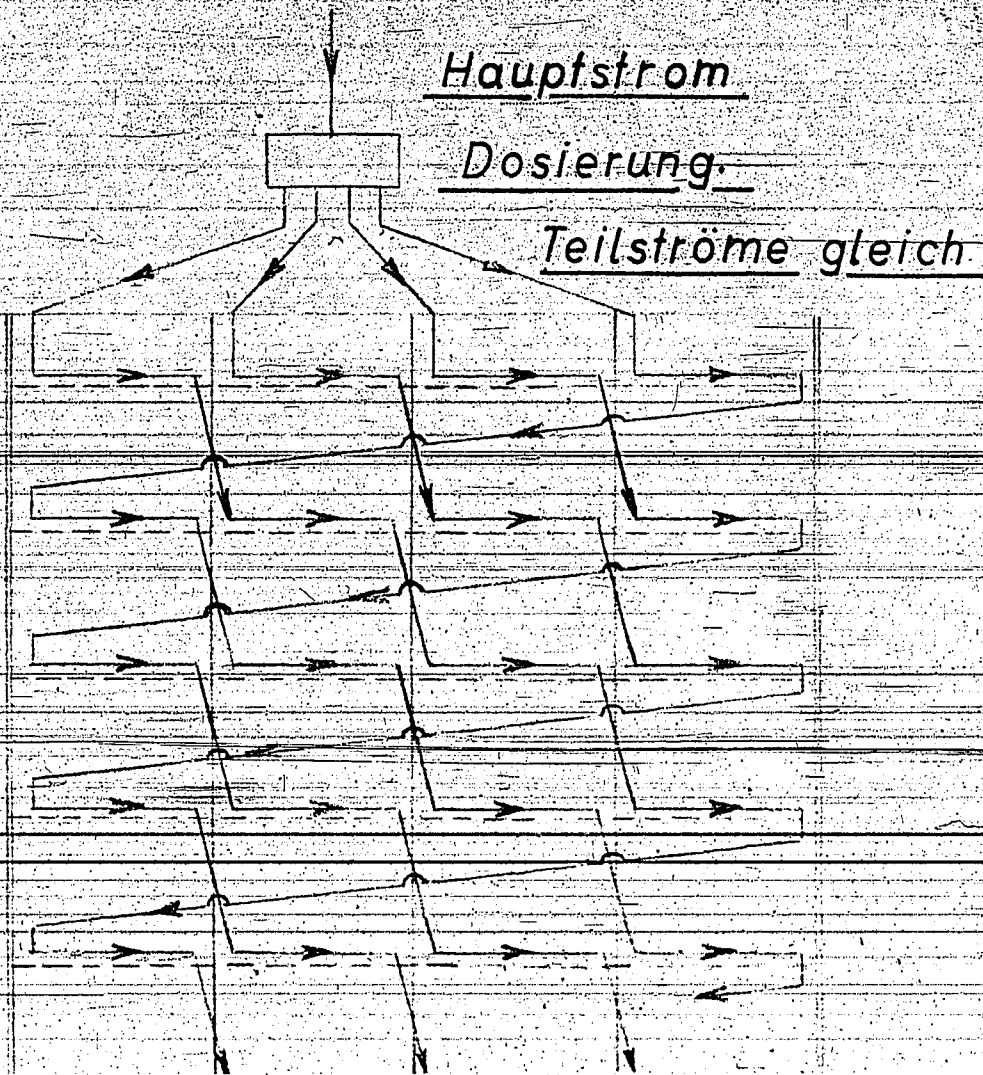
1.0

1.0

v in sec

Luftgeschwindigkeit

Bild 12.



Schematische Darstellung der Flüssigkeits-
u. Querschnittsaufteilung zur Verhinderung
von Stauerscheinungen bei Großkolonnen
u. bei Kolonnen mit niederen Bodenab-
ständen.

Bild 13

23841

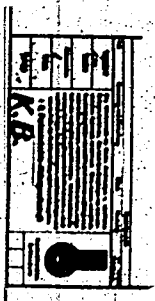
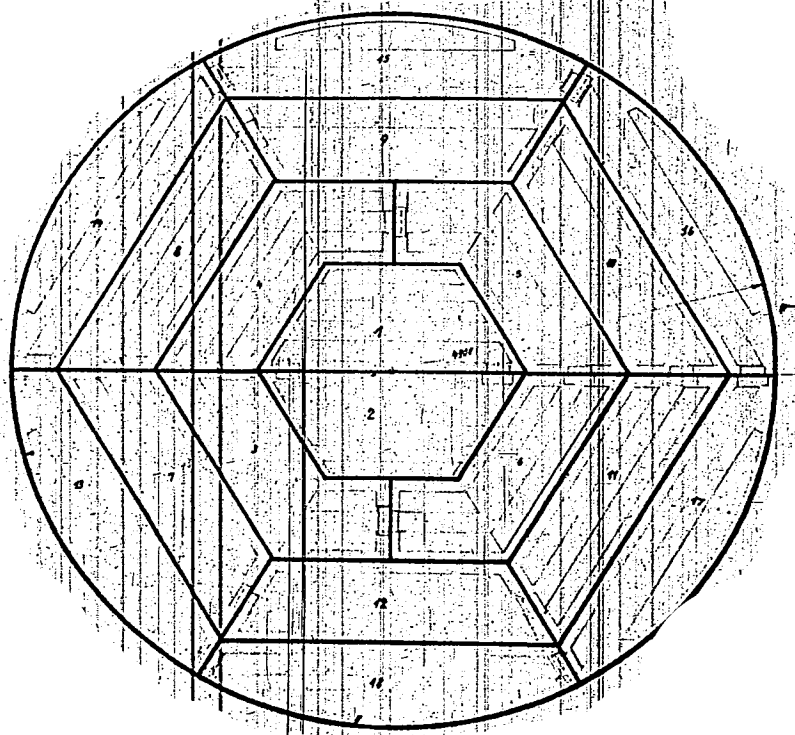
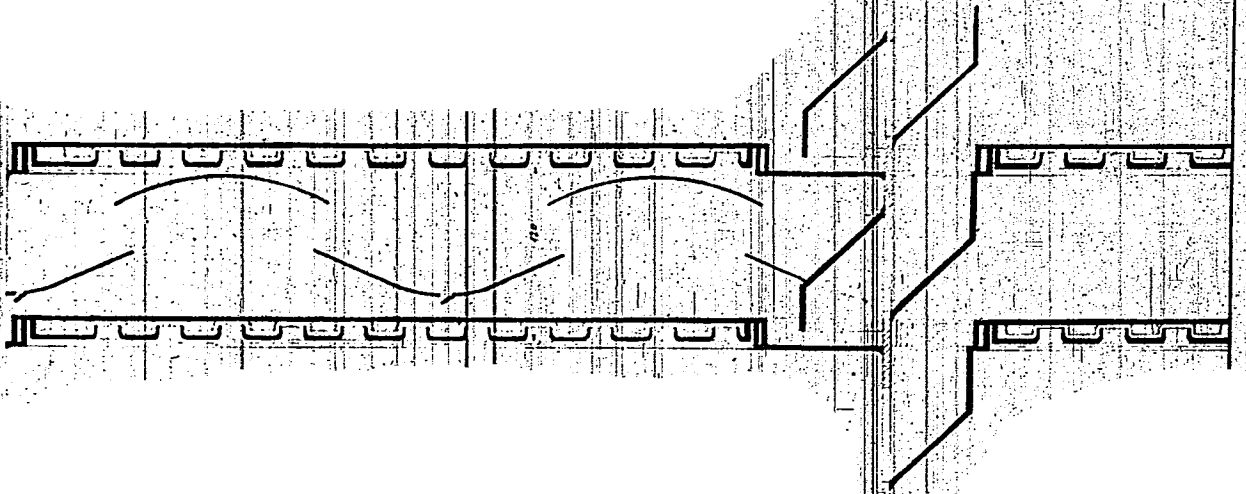


Bild 14

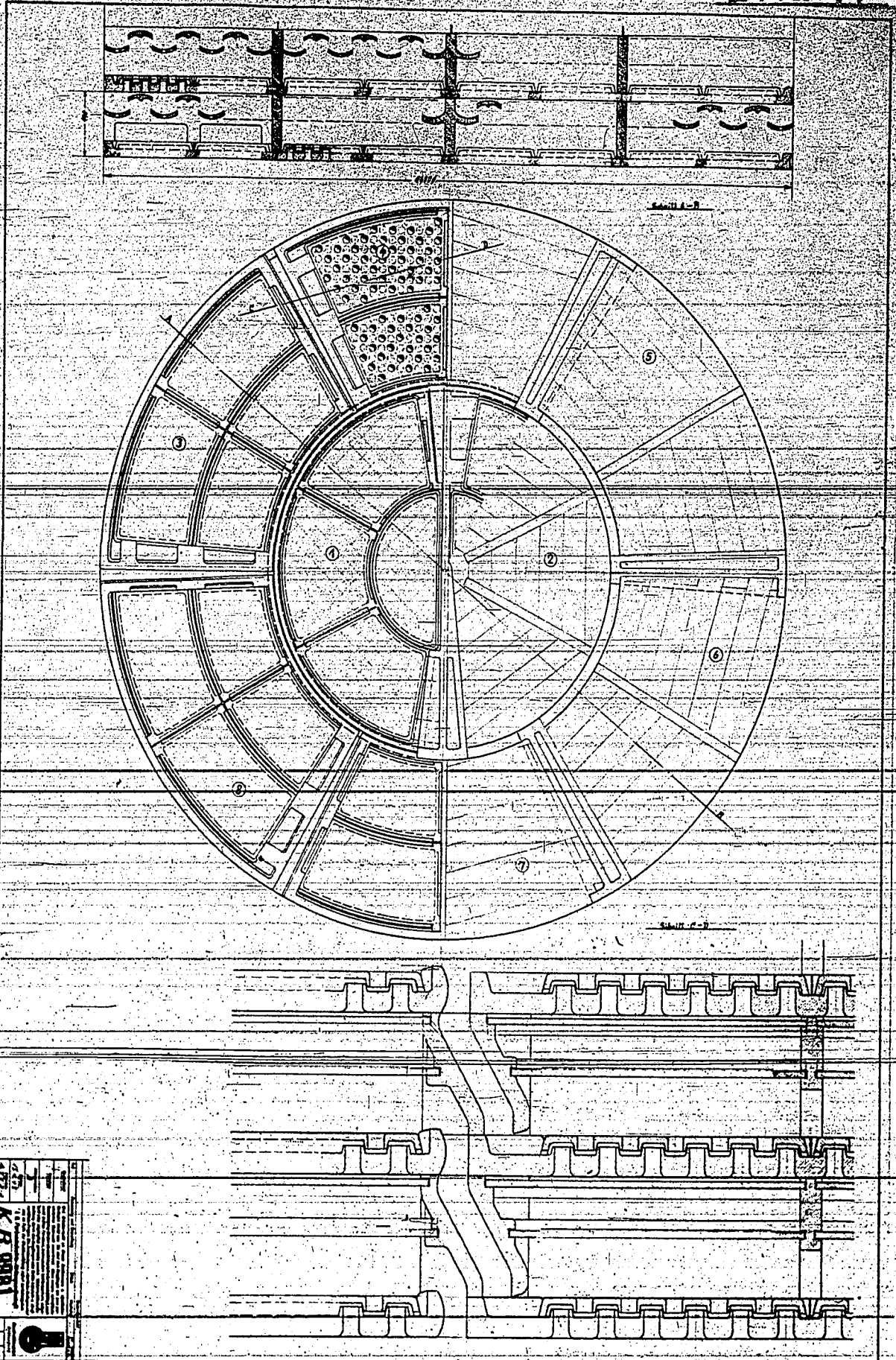
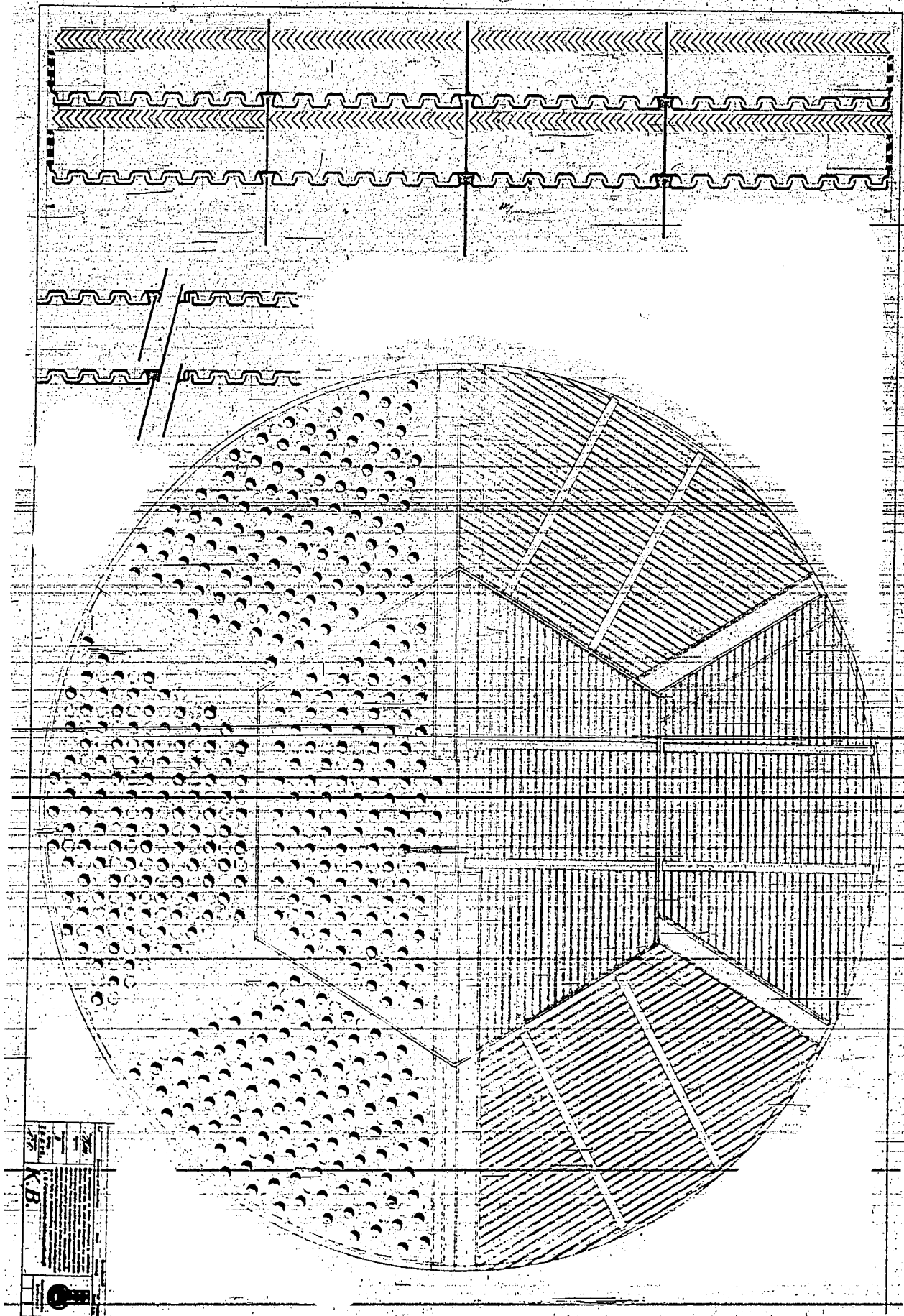
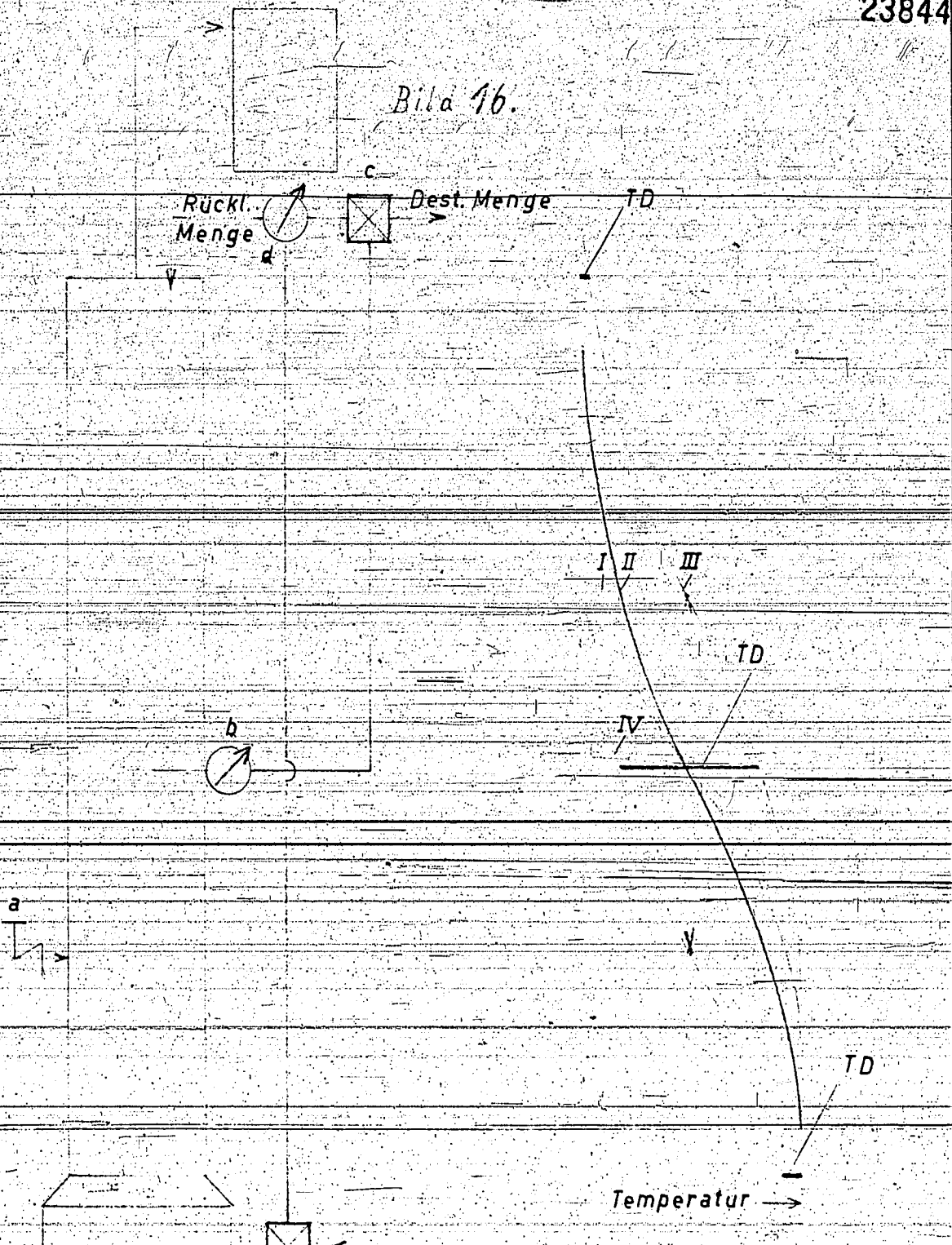


Bild 15 23843



1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
K.B.

Bild 46.



a	Zulauf.	I	Absoluter Rücklauf.
b	Temperatur-Fühler.	II	Endl. Rückl.-Verhältnis.
c	Destillat-Regelventil.	III	Temp.-Verlauf zu hoch.
d	Quotientenmesser.	IV	" " " tief.
e	Dampf-Regelventil.	TD	Temp. Differenzen.

Schematische Gesamtdarstellung des Querstromprinzipes
und seiner Veränderlichen.

23845

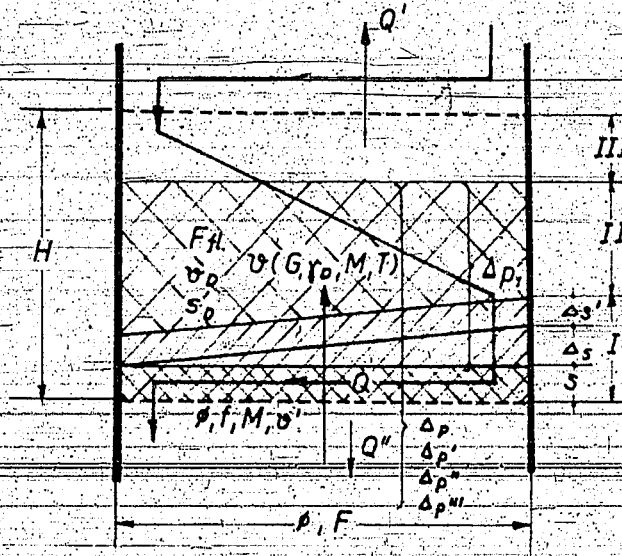


Bild 17

H	Bodenabstand	mm	Δ_s	Flüssigkeitsstau a.d. Boden	mm
v	Dampfgeschwindigkeit bez. a. F	m/sec	Δ_s'	Überlaufstau am Rücklaufrohr	mm
v'	Dampfgeschwindigkeit in den Durchtrittsöffnungen	m/sec	F	Kolonenquerschnitt	m ²
G	Dampfmenge	g/sec	f	Gesamter Dampföffnungsquerschnitt	dm ²
V	Dampfvolumen	m ³	ζ	Widerstandsziffer des Bodens	
γ_0	Spez. Dampfgewicht	kg/lm ³	F_{fl}	Wirksame Austauschoberfläche der Flüssigkeit	
γ_f	Spez. Flüssigkeitsgewicht	kg/l	s_0	Austauschweg der Dämpfe	
M	Molekulargewicht		v_p	Austauschgeschwindigkeit der Dämpfe	
T	Absolute Siedetemperatur				
Q	Flüssigkeitsmenge	l/h			
Q'	Mitgerissene Flüssigkeitsmenge	g/sec m ²	Δ_p	Gesamt druckverlust des Bodens	
Q''	Tropfende Flüssigkeitsmenge	g/sec m ²	Δ_p'	Druckverlust durch Dampfströmung	
s	Flüssigkeitsstand		Δ_p''	Druckverlust durch Flüss. Stand	
			Δ_p'''	Druckverlust durch Oberfl. Spannung	
			Δ_p''''	Druckverlust durch Abscheider	

Unabhängige Veränderliche:

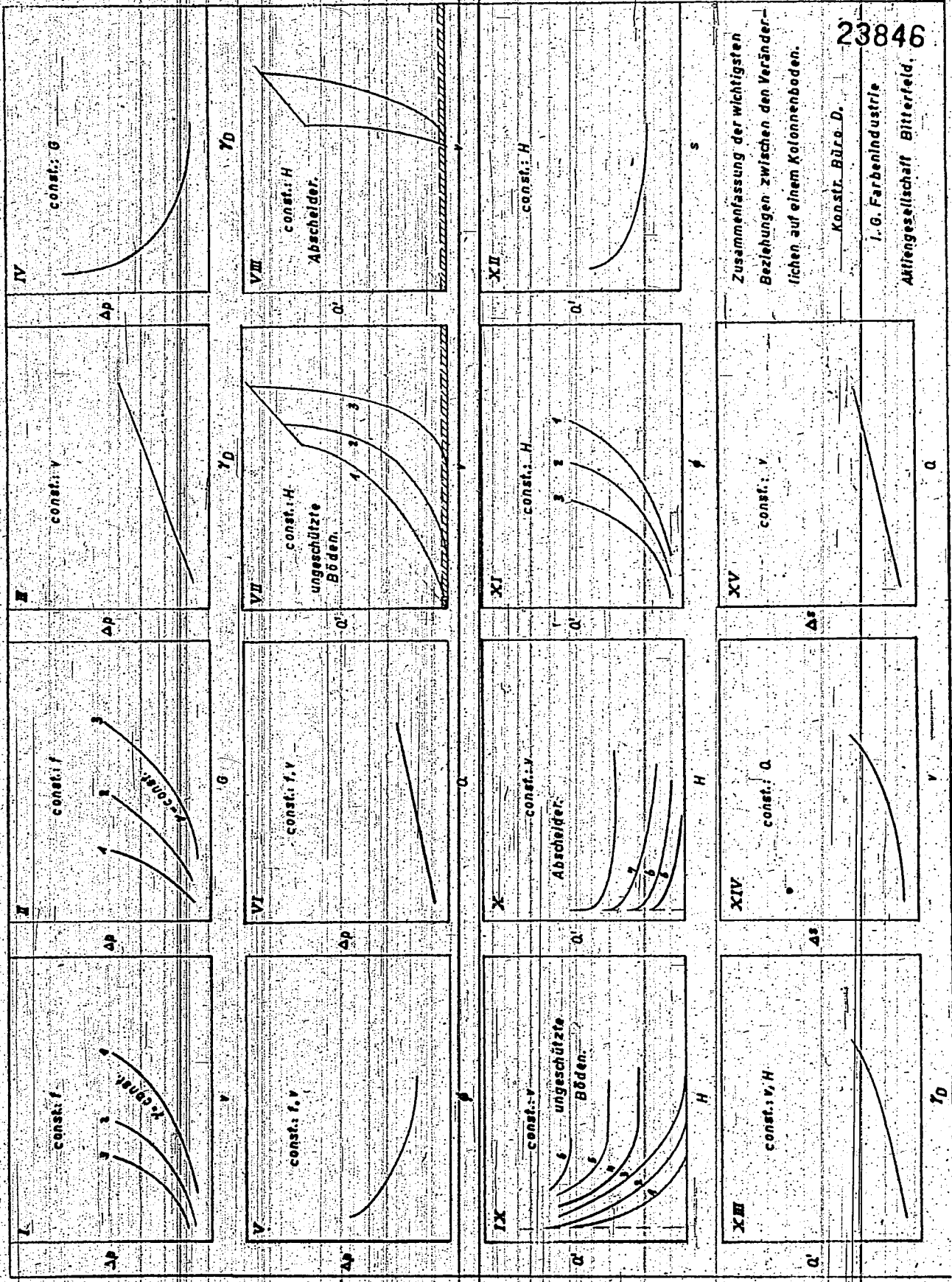
$H, v(G), Q, f, \phi, \zeta, s, \gamma_0, M, T, \gamma_f$

Sonstige Einflüsse:

Flüssigkeitsführung, Flüssigkeitsverteilung, Schaumbildung, Schräglage d. Böden.

Abhängige Veränderliche:

$\Delta_p, Q', Q'', F_{fl}, \Delta_s, \Delta_s', \Delta_s''$



Zusammenfassung der wichtigsten Beziehungen zwischen den Veränderungen auf einem Kolonnenboden.

23846

Konstr. Büro D.
I. G. Farbenindustrie
Aktiengesellschaft Bitterfeld.