

Vertraulich**Versuche über die Flüssigkeitsverteilung
in Füllkörperkolonnen****Ausgeführt 1938 in der Technischen Abteilung****Stickstoff/Anorg./ZPN.****Ffm - Höchst**

13

Ammoniakwerk Merseburg
G.m.b.H.
Haupt-Einrichte-Sammlung
Referate-Büro**Me Nr.** 182/116**285**

ERFAHRUNGSAUSTAUSCH.

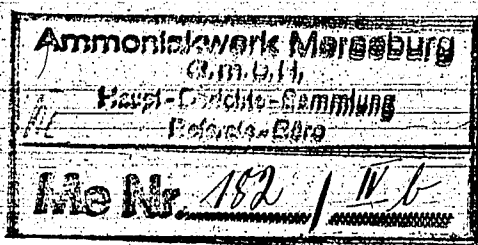
Ffm-Höchst, den 13. Februar 1939.

Zi./St.

Versuche über die Flüssigkeitsverteilung in Füllkörperkolonnen.

Ausgeführt 1938 in der Technischen Abteilung

Stickstoff-Anorg.-ZPN.



285

Z u s a m m e n f a s s u n g .

Es wird über die Durchführung und das Ergebnis von Messungen der Flüssigkeitsverteilung in einer mit Raschigringen 25 x 25 gefüllten Kolonne von 600 mm \varnothing bei verschiedenen Werten der Fließdichte, der Gaseschwindigkeit, der Rieselhöhe und bei verschiedenen Arten der Flüssigkeitsaufgabe und der Schüttung der Füllkörper berichtet. Hierbei wurde gefunden, dass von allen Faktoren, die auf die Flüssigkeitsverteilung Einfluss haben, die Schüttungsart der grösste ist. Am besten war die Schüttungsart "C" nach Fig. 5, vgl. Seite 8. In einem Anhang sind die gemessenen Druckverluste den nach Mach errechneten Werten gegenübergestellt.

Bemerkung:

Das Schütten von Füllkörpern unter Berücksichtigung des Böschungswinkels ist in der Anmeldung I.G.Nr. 5286 (1937), C-51 502, IV/v 12 a (1/02) der Chemischen Fabrik Curtius Akt.Ges., Duisburg, als ein "Verfahren zum Füllen von Türmen und Reaktionsräumen durch Schütten von Füllkörpern" beschrieben und mittlerweile

in England unter der Nr. 480 920,
in Belgien unter der Nr. 420 555

patentrechtlich geschützt. Deutscher Anmeldungstag: 1. April 1936.

Patentanspruch.

- 1.) Verfahren zum Füllen von Türmen oder Reaktionsräumen, in denen Gase oder Dämpfe in möglichst innige Berührung mit herabrieselnder Flüssigkeit gebracht werden durch Schütten von Füllkörpern mit gleichen Abmessungen in den drei Raumrichtungen, dadurch gekennzeichnet, dass solche Füllkörper, z.B. Ringe, deren Höhe gleich dem Durchmesser ist, unter Berücksichtigung ihrer ablenkenden Wirkung, z.B. von den Wänden des Turmes aus geschüttet werden.
- 2.) Verfahren gemäss Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zwecks Vermeidung einer zu starken Zusammenziehung der Flüssigkeit nach dem Zentrum des Turmes zu Zwischenlagen solcher Füllkörper mit gleichen Abmessungen in den drei Raumrichtungen vom Zentrum des Turmes aus geschüttet werden, wodurch eine Ablenkung nach den Wänden zu herbeigeführt wird.
- 3.) Verfahren gemäss Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Schüttung und damit die Ablenkung gemäss dem Böschungswinkel so gewählt wird, dass die herabrieselnde Flüssigkeit einen vorbestimmten langen Weg geführt wird.

Wir überwachen die Erteilung des Patent~~s~~ und werden auf Grund der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit mit der Firma Curtius in Verhandlung treten, sobald ein deutsches Patent erteilt wird.

A.) Zweck der Versuche.

Die vorliegenden Versuche sollten Klarheit über die Flüssigkeitsverteilung in Füllkörperkolonnen verschaffen, insbesondere sollte die im Schrifttum (siehe Verzeichnis) des öfteren erwähnte Randgängigkeit nachgeprüft und ihr Ausmass bei einem Kolonnendurchmesser, wie er im praktischen Destillationsbetrieb häufig ausgeführt ist, untersucht werden. Welche ausserordentlich grosse Rolle die gleichmässige Verteilung der Medien über den Packungsquerschnitt bei allen Austauschvorgängen wie Destillation, Absorption, Extraktion usw. spielt, ist allgemein bekannt. Sehr eindringlich wird diese Tatsache durch den Verlauf der scheinbaren Wärmeübergangszahl in Destillationskolonnen vor Augen geführt. Nach Versuchen von Weimann¹⁾ sinkt diese Zahl von einem Bestwert $\alpha = 70000 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ mit Schlechterwerden der Flüssigkeitsverteilung nach einer Rieselhöhe von 2 m auf $5000 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ (Säulendurchmesser 110 mm, Raschigringe 8x8 mm).

B.) Anordnung der Versuchsanordnung (Abb.1).

Die Kolonne bestand aus einem Rohr von 600 mm ϕ , in 3 Schüsse unterteilt. In jedem Schuss war unten ein Rost eingelegt, um den Druck auf die untersten Füllkörper (Porzellan-Raschigringe 25x25) zu begrenzen. Die beiden oberen Roste waren als Gitterroste ausgeführt. Damit jede Beeinflussung der Flüssigkeitsverteilung durch die Roste vermieden wurde - Entlanglaufen der Flüssigkeit an der Unterkante der Stäbe -, waren die einzelnen Flacheisen, aus denen die Roste zusammenschweisst waren, auf der Unterkante sägeblattähnlich gezahnt. Der unterste Rost war wegen der von unten seitlich her erfolgenden Lufteinführung besonders ausgeführt. Durch 12 über den Umfang verteilte Kanäle strömte die Luft tangential ein. Unter dem Lufteinführungsring war die Flüssigkeits-Auffangtasse angebracht. Diese bestand aus 7 konzentrisch unterteilten Ringkammern mit je einem gesonderten Ablauf. Die 5 äusseren Kammern waren flächengleich ($0,047 \text{ m}^2$), während die beiden inneren eine halb so

grosse Ringfläche bedeckten, da sonst die Unterteilung des Kolonnendurchmessers nach innen zu grob geworden wäre. Besonderes Augenmerk wurde darauf gerichtet, dass die Flüssigkeit in derselben Verteilung, wie sie den untersten Packungsquerschnitt verliess, in die unterteilte Auffangstasse gelangte. Aus diesem Grunde wurde die tangentiale Luftzuführung gewählt; die einzelnen Flüssigkeitströpfchen sollten auf diese Weise nicht radial verweht werden, da ja sonst die Mengenmessung der einzelnen Ringquerschnitte nicht mit der tatsächlichen Flüssigkeitsverteilung in der untersten Füllkörperschicht übereingestimmt hätte. Trotz dieser Vorsichtsmassnahme und obwohl die Luftgeschwindigkeit an der Eintrittsstelle "E" bei der grössten in der Zeiteinheit verwendeten Luftmenge nur 1,6 m/sec betrug, ergaben Vorversuche, dass einzelne Tröpfchen durch Luftwirbel in andere Querschnitte getragen wurden. Um dies ganz sicher zu vermeiden, wurde für den untersten Rost ein Lochblech verwendet und an die Stege zwischen den einzelnen Löchern Drähte angebracht, die bis zur Auffangstasse herunterreichten. Nun konnte die Flüssigkeit infolge ihrer Adhäsion an den Drähten nicht mehr verweht werden und lief ungestört in der durch die Packung verursachten Verteilung in die Auffangstasse. Die Flüssigkeitsaufgabe auf die Füllkörperschicht erfolgte teils zentral durch ein 2"-Rohr, teils über einen besonderen Flüssigkeitsverteiler. Dieser bestand aus einer Schale mit 13 über den Querschnitt gleichmässig verteilten Ablaufröhrchen. Die Flüssigkeit lief zunächst einem äusseren Ringkanal zu und von da über ein gezahntes Wehr auf den eigentlichen Verteilerboden. Die 13 Ablaufröhrchen hatten 25 mm über dem Boden zwei um 90° versetzte Löcher von 12 mm Durchmesser, durch die die Flüssigkeit einfluss.

C.) Ausführung der Versuche.

Aus der grossen Zahl von Faktoren, die die Flüssigkeitsverteilung in einer Füllkörperschicht bestimmen, konnte aus Zeitmangel nur ein Teil ausgewählt und auf seinen Einfluss hin untersucht werden.

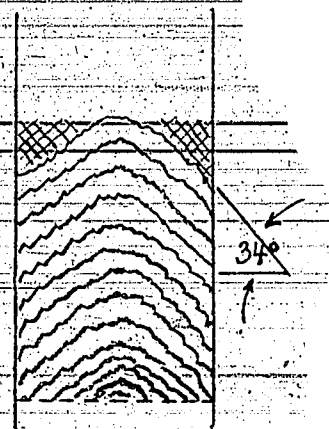
Am wichtigsten erschien uns die Abhängigkeit der Verteilung von der Rieselhöhe, der Art der Schüttung und der Flüssigkeitsaufgabe, der Fließdichte und der Gasgeschwindigkeit. So wurden auch diese Größen einzeln verändert und ihr Einfluss gemessen. Nicht variiert wurde dagegen die Füllkörperart, die Füllkörpergröße und die Stoffwerte der beiden entgegenströmenden Medien, welche Faktoren sicher ebenfalls auf die Verteilung der Flüssigkeit Einfluss haben. Auf ihre mutmassliche Auswirkung soll zum Schluss noch eingegangen werden.

Schüttungsart: Die Kolonne wurde zunächst, Versuchsreihe I, bis zu 1 m Schütthöhe derart mit Porzellan-Raschigringen 25 x 25 mm gefüllt, dass die Ringe immer in der Mitte der Kolonne mittels eines Trichters aufgegeben wurden, sodass sie sich kegelförmig schichteten, wobei sich ein Böschungswinkel von ca. 34° bildete. (Fig. 1) Wenn die Spitze des Kegels

1 m Schütthöhe erreicht hatte, wurde auch der restliche Kolonnenquerschnitt bis zu 1 m Höhe aufgefüllt. Die Flüssigkeitsaufgabe erfolgte bei Versuchsreihe I zentral durch ein 2"-Rohr, und zwar wurde wie bei allen Versuchen mit Wasser berieselt.

Eingestellt wurde die Fließdichte ebenso wie die Gasgeschwindigkeit an Hand einer Staurandmessung. Das der Flüssigkeit entgegenströmende Gas war bei allen Versuchen Luft. Wasser und Luft wurden dem Netz entnommen.

Fig. 1



Die Feststellung der Flüssigkeitsverteilung nach Durchfließen der vorgegebenen Rieselhöhe erfolgte durch Auffangen der Flüssigkeit in der schon genannten konzentrisch unterteilten Auffangtasche.

Die Ablaufmenge aus den einzelnen Ringkammern wurde nacheinander einem 35 l Messgefäß zugeführt und die Zeit abgestoppt. Gefahren

wurde bei einer Rieseldichte $\varphi_1 = 6 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ und $\varphi_2 = 15 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$. Die Luftgeschwindigkeiten in der Kolonne (auf den freien Querschnitt bezogen) waren $w_1 = 0$, $w_2 = 0,4$, $w_3 = 0,7$ und $w_4 = 1 \text{ m/sec}$. War die Verteilung bei den genannten Werten von φ und w gemessen, wurden weitere Füllkörper in die Kolonne eingebracht bis zu einer Schütthöhe von 2 m, dann 3 m und 5 m.

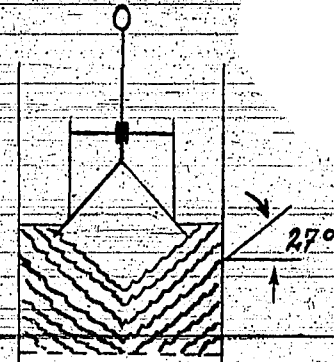
Versuchsreihe II wurde in der gleichen Weise durchgeführt, nur war hierbei die Schüttung der Füllkörper nicht kegelförmig nach aussen, sondern trichterförmig nach der Mitte der Kolonne zu geneigt. Der Böschungswinkel betrug hierbei ca. 27° . Erreicht wurde diese Schüttung durch eine in nebenstehender Fig. 2 abgebildete einfache Füllvorrichtung. Ein Blechkegel konnte an einem Stab in die Kolonne

Fig. 2

eingeführt werden, wobei drei Rundeisen für eine zentrische Führung sorgten.

Ueber den Kegel war ein Zylinder gestülpt, in den die Füllkörper eingefüllt wurden.

Hob man nun den Zylinder etwas an, so schütteten sich die Füllkörper gleichmässig am Kolonnenmantel auf.



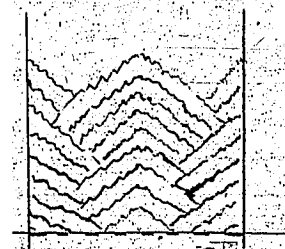
Bei Versuchsreihe III war die Schüttung der Füllkörper ohne jeden Böschungswinkel, d.h. jede kleine eingebrachte Menge wurde sofort eingeebnet. Versuchsreihe IV wurde wieder mit der Füllkörperschüttung vom Rand aus nach der Mitte der Kolonne geneigt gefahren, wie unter II, jedoch mit einer über den Querschnitt gleichmässig verteilten Flüssigkeitsaufgabe mittels der unter "B" beschriebenen Verteilerschale.

Bei Versuchsreihe V war die Tülle in der Mitte der Verteilerschale geschlossen, sonst herrschten die gleichen Verhältnisse wie bei IV.

Schliesslich wurde in Versuchsreihe VI noch eine Kombination nach Fig. 3^{x)} der beiden Schüttungsarten untersucht, und zwar war die

x) I.G. Anmeldung Höchst, Akt. Nr. 7265, eingereicht am 3.3.1939.

Fig. 3



Böschung aussen nach der Mitte zu geneigt und in der Mitte nach dem Kolonnenrand fallend. Die Flüssigkeitsaufgabe war hierbei wieder über den ganzen Querschnitt gleichmässig verteilt.

D.) Auswertung und Ergebnisse der Versuche.

Um die gemessenen Ablaufmengen aus den einzelnen Ringkammern bequem vergleichen zu können, wurden sie alle umgerechnet auf die Berieselungsdichten φ_1 bis φ_7 in $\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$. Ausserdem wurden die φ -Werte noch in Prozenten des Mittelwertes $\bar{\varphi}$ ausgerechnet und für die verschiedenen Versuchsreihen in den Zahlentafeln 1 - 6 zusammengestellt. Besonders anschaulich ist die Änderung der Fließdichte über den Durchmesser der Kolonne und ihre Abhängigkeit von der Rieselhöhe auf den Kurvenblättern 1 - 6 in Prozenten der mittleren Fließdichte aufgetragen.

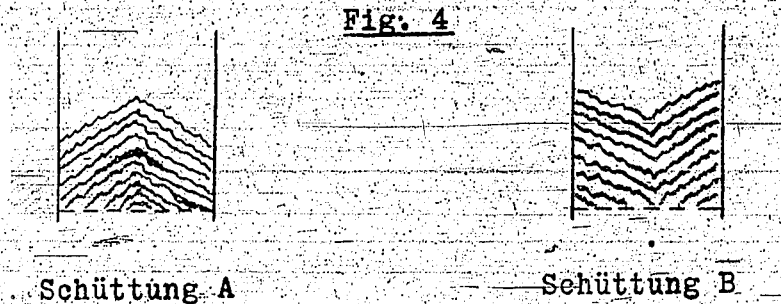
Der Uebersichtlichkeit halber sind nur die Kurven für $w = 0$ m/sec und $w = 1$ m/sec gezeichnet. Wie aus Zahlentafel I zu ersehen ist, liegen die Kurven für $w = 0,4$ und $0,7$ m/sec zwischen denen für die extremen w -Werte. Aus diesem Grund wurden auch bei den Versuchsreihen II, III, IV, V und VI nur mit $w = 0$ und $w = 1$ m/sec gefahren.

Betrachtet man diese Kurvenblätter, so kann man folgendes erkennen:

1.) bei zentraler Flüssigkeitsaufgabe (Kurvenblätter 1-3):

Die Flüssigkeit breitet sich erstaunlich langsam aus und erreicht den Kolonnenrand (600 \emptyset) in nennenswerter Fließdichte erst nach etwa 2,5 m Rieselhöhe. Die Randgängigkeit spielt daher bei dieser Art von Berieselung erst nach mehreren Metern Rieselhöhe, je nach Kolonnendurchmesser, eine Rolle. Viel schwerwiegender ist die Tatsache, dass sich die Flüssigkeit nur sehr langsam ausbreitet. Das Mass der Ausbreitung wird in erster Linie beeinflusst durch die

Art der Schüttung, dann durch die Luftgeschwindigkeit. Wenig massgebend dagegen ist die Fließsdichte, wobei die beiden letzteren Faktoren ausgleichend auf die Flüssigkeitsverteilung wirken, während die Schüttung "A" die



Flüssigkeitsführung nach dem Kolonnenrand begünstigt, die Schüttung "B" dagegen die Ausbreitung der Flüssigkeit stark abbremst, im Vergleich zu einer Schüttung ohne Böschungswinkel. Erklärlich ist diese Erscheinung damit, dass sich die Raschigringe mit ihrer Mantelfläche bevorzugt parallel zur Neigung der Schüttung legen und daher im Falle "A" hauptsächlich nach aussen leitende Flächen bilden und im Falle "B" diese Flächen die Flüssigkeit nach innen abweisen. Da die Flüssigkeit, die einmal die Kolonnenwandung erreicht hat, zum grössten Teil an dieser herunterfließt, ist diese für den Stoffaustausch wenig beitragende Flüssigkeitsmenge im Falle "A" viel grösser.

2.) bei verteilter Flüssigkeitsaufgabe (Kurvenblätter 4-6):

Durch Anwendung der Schüttung "B" war die Flüssigkeitsmenge am Rand kaum über 100%, dagegen konzentrierte sie sich stark in der Kolonnenmitte (Kurvenblatt 4). Um dies zu vermeiden, wurde die Flüssigkeitsaufgabe in der Mitte weggelassen. Wie Kurvenblatt 5 zeigt, wurde aber dadurch der Zweck nicht erreicht. Die Flüssigkeitsverteilung hatte sich gegenüber dem vorhergehenden Versuch nicht verändert. Die Flüssigkeitsverteilung in einer Füllkörperschicht ist also nicht so sehr von der Aufgabe, als vielmehr von der Schüttung abhängig. In dieser Erkenntnis wurde beim nächsten

Versuch die Vergleichmässigung der Flie ssdichte durch eine entsprechende Schüttung angestrebt. Die Randgängigkeit sollte durch die Neigung der Schüttung zur Mitte vermieden werden. Der Nachteil dieser Schüttung, nämlich das Zusammenlaufen der Flüssigkeit in der

Kolonnenmitte, aber sollte dadurch umgangen werden, dass nur am Kolonnenrand diese Schüttung angewandt wurde, während in der Mitte die Böschung der Schüttung nach aussen geneigt war. Wie Kurvenblatt VI zeigt, ergab tatsächlich diese Schüt-

tung von allen untersuchten die grösste Gleichmässigkeit der Flüssigkeitsverteilung.

Fig. 5



Schüttung C

Da schon nach den Versuchen I bis III sicher zu erkennen war, dass die Schüttung "A" bei verteilter Flüssigkeitsaufgabe grosse Randgängigkeit verursachen würde, wurde diese Kombination nicht gefahren.

E.) Vermutlicher Einfluss der nicht variierten Grössen auf die Flüssigkeitsverteilung.

Wie schon erwähnt, konnte aus Zeitmangel vorerst der Einfluss der Füllkörperart, der Füllkörpergrösse und der Stoffwerte der beiden austauschenden Medien nicht untersucht werden. Nach den Versuchsergebnissen und aus Angaben in der Literatur lassen sich jedoch Schlüsse ziehen: Die Füllkörperart wird sich derart auswirken, dass Füllkörper mit ausgeprägten Flächen, z.B. Linsenkörper oder Sattelfüllkörper, das Ableiten der Flüssigkeit entsprechend der Böschung der Schüttung unterstützen werden. Mit Grösserwerden der Füllkörper dagegen wird die Verteilung der Flüssigkeit schlechter werden, da sie sich in Folge von grösseren Hohlräumen leichter zu Bächen zusammenziehen kann. Von den Stoffwerten der beiden strömenden Medien werden Dichte und Zähigkeit von Bedeutung sein, wobei die Eigenschaften der Flüssigkeit, zum mindesten die Dichte vernachlässigbar sein wird, da sich ja bei den Versuchen zeigte, dass die Flie ssdichte, also die Geschwindigkeit der Flüssigkeit

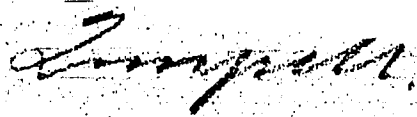
innerhalb der untersuchten Grenzen ($\varphi = 6 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ bis $\varphi = 15 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$, praktisch bedeutungslos für die Verteilung ist. <Dieser Schluss von der Geschwindigkeit auf die Dichte ist damit begründet, dass ebenso wie für die Ueberflutungsgeschwindigkeit nach amerikanischen Arbeiten ²⁾ nicht die absolute Geschwindigkeit, sondern das Produkt aus Geschwindigkeit und Dichte, die Massengeschwindigkeit, massgebend ist. Da bei vorliegenden Versuchen Geschwindigkeitsveränderungen fast keinen Einfluss auf die Flüssigkeitsverteilung nahmen, muss auch der andere Faktor des Produktes, die Dichte, für die Flüssigkeitsverteilung ohne grosse Bedeutung sein. Die Geschwindigkeit des Gases (Luft) dagegen wirkt ausgleichend auf die Flüssigkeitsverteilung und so ist diese Wirkung aus dem gleichen Grunde wie vorstehend auch auf die Gasdichte auszudehnen.

Anhang:

Vergleich der gemessenen Druckverluste mit den nach Mach (5) errechneten Werten.

Der Versuchsaufbau wurde gleichzeitig benutzt, um die gemessenen Druckverluste bei den verschiedenen Luftgeschwindigkeiten, Fließdichten und Füllhöhen mit den theoretischen Werten zu vergleichen. Die Abweichungen der gemessenen Beträge lagen abgesehen von einigen Fällen innerhalb $\pm 20\%$. Irgendwelche Regelmässigkeiten konnten hierbei nicht festgestellt werden. Die Werte sind in Zahlentafel 7 zusammengestellt.

Anhang: Abb. 1.
Zahlentafeln 1 - 7.
Kurvenblätter 1 - 6.



Schrifttumverzeichnis.

1) Untersuchungen über die Rektifikation in Füllkörpersäulen.

Dr. Ing. Max Weimann, Karlsruhe i.B.

Beiheft Nr. 6 (1933) zu den Zeitschriften des Vereins Deutscher Chemiker "Angewandte Chemie" und "Die chemische Fabrik".

2) Ueberflutungsgeschwindigkeiten in Füllkörpertürmen von Sherwood, Shipley und Holloway.

Industrial and Engineering Chemistry 1938, Juli, v. 765-769.

3) Druckverluste und Belastungsgrenzen von Füllkörpersäulen.

Dr. Ing. E. Mach VDI, Ludwigshafen a. Rh.

Forschungsheft 375, Beilage zur "Forschung auf dem Gebiete des Ingenieurwesens", Ausgabe B, Band 6, Nov./Dez. 1935, VDI-Verlag, Berlin-NW 7.

4) Patentschrift: Verfahren zum Füllen von Türmen und Reaktionsräumen durch Schütten von Füllkörpern.

Daten nach dem Patentblatt: Ne/W. Chemische Fabrik Curtius A.G., Duisburg. I.G.Nr. 3286.

5) Neue Fragen und Erkenntnisse aus der Rektifikationstechnik.

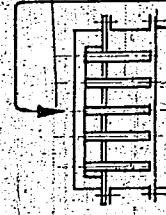
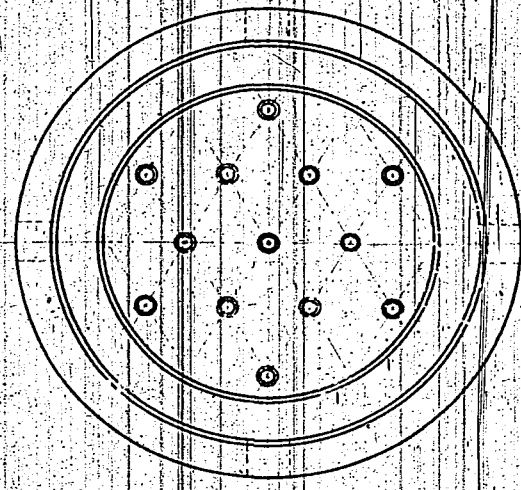
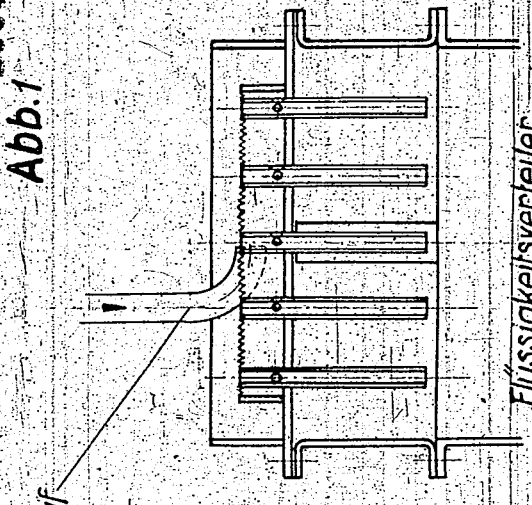
Prof. Dr. Ing. E. Kirschbaum, Karlsruhe i.B.

Zeitschrift des VDI vom 26.9.1931, Band 75, Nr. 39.

=====

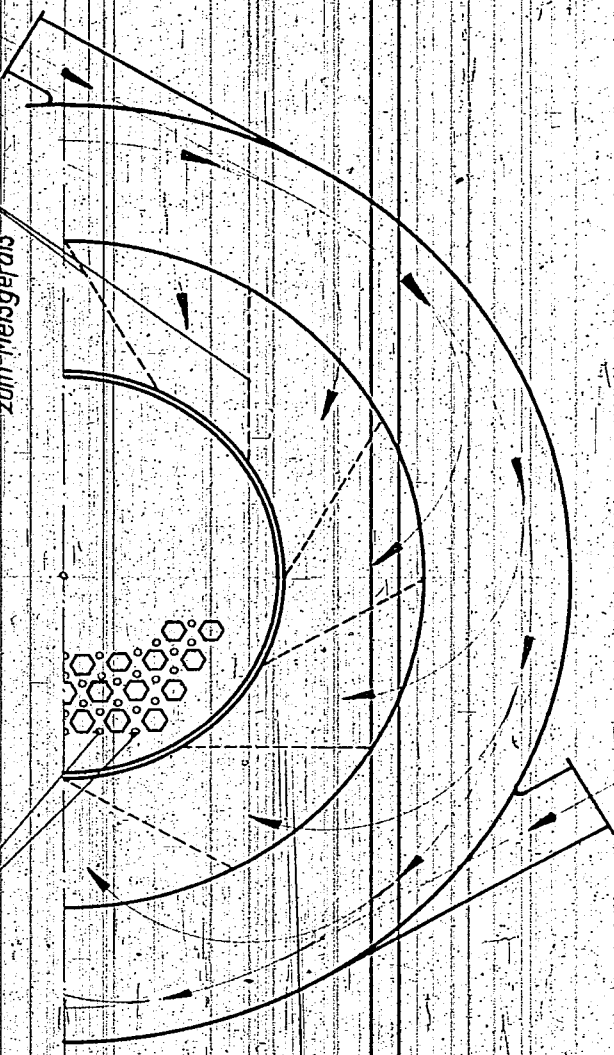
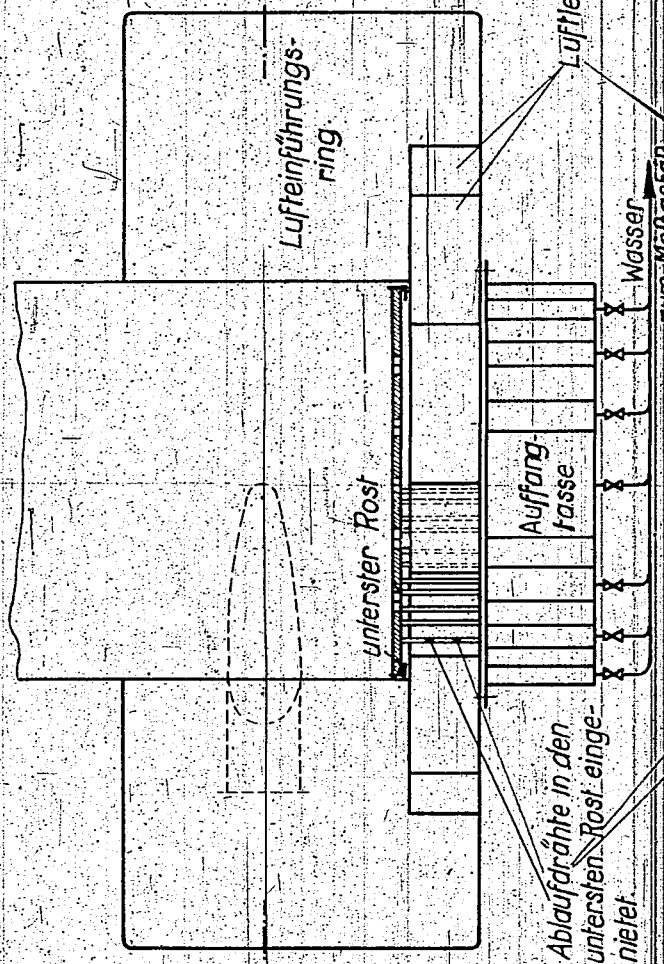
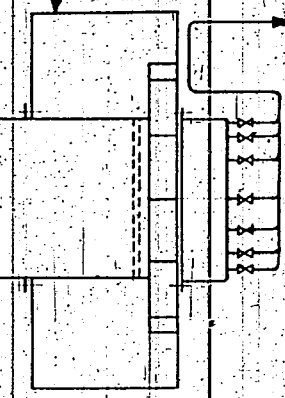
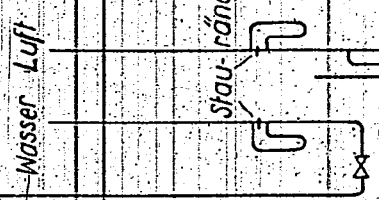
23917

Abb. 1

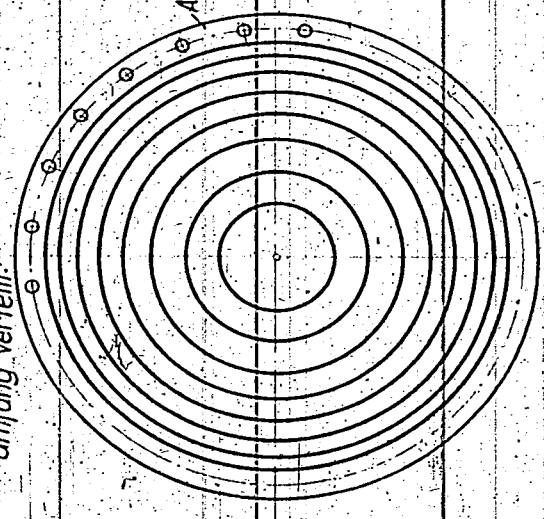


600 φ

5000



3 Lufttrittstutzen auf den Umfang verteilt.



Zentrale Flüssigkeitsaufg. Schüttung:	W ₁ = 0 m/sec					W ₂ = 0,4 m/sec					W ₃ = 0,7 m/sec					W ₄ = 1,0 m/sec					Zahlen- tafel Nr. 1 23918
	Rieselhöhe in m					Rieselhöhe in m					Rieselhöhe in m					Rieselhöhe in m					
	1	2	3	5		1	2	3	5		1	2	3	5		1	2	3	5		
$\rho_1 \frac{m^3}{m^2 \cdot h} \cdot \frac{\Phi_1}{\Phi_2} \cdot 100$	0,54	2,14	6,14	2,85		0,56	2,62	6,26	8,58		0,78	3,03	7,20	8,36		1,60	4,21	7,21	2,18		
$\rho_2 \frac{m^3}{m^2 \cdot h} \cdot \frac{\Phi_2}{\Phi_1} \cdot 100$	9,00	35,7	104	137		9,70	43,7	167	147		13,8	50,4	125	141		26,5	70,8	134	138		
$\rho_3 \frac{m^3}{m^2 \cdot h} \cdot \frac{\Phi_3}{\Phi_1} \cdot 100$	1,38	3,06	5,43	6,08		3,39	6,06	6,37	6,37		1,68	3,53	5,20	6,43		1,77	3,53	5,02	5,91		
$\rho_4 \frac{m^3}{m^2 \cdot h} \cdot \frac{\Phi_4}{\Phi_1} \cdot 100$	23,1	51,0	92,0	107		55,2	104	107	107		29,9	58,4	90,3	109		29,3	58,3	96,5	100		
$\rho_5 \frac{m^3}{m^2 \cdot h} \cdot \frac{\Phi_5}{\Phi_1} \cdot 100$	2,16	4,22	5,32	6,32		4,47	5,61	5,23	5,23		2,78	4,65	5,40	5,65		3,13	4,18	4,27	5,12		
$\rho_6 \frac{m^3}{m^2 \cdot h} \cdot \frac{\Phi_6}{\Phi_1} \cdot 100$	36,1	78,0	99,7	94,3		41,5	73,7	96,5	89,4		49,4	77,5	93,6	95,7		49,0	70,4	82,0	95,0		
$\rho_7 \frac{m^3}{m^2 \cdot h} \cdot \frac{\Phi_7}{\Phi_1} \cdot 100$	5,50	6,20	5,36	5,77		6,70	5,37	5,37	5,37		6,39	6,69	5,40	5,44		5,98	6,05	5,33	5,09		
$\rho_8 \frac{m^3}{m^2 \cdot h} \cdot \frac{\Phi_8}{\Phi_1} \cdot 100$	92,0	104	89,3	93,3		110	92,5	92,5	89,4		112	111	92,6	92,0		99,5	102	92,0	86,0		
$\rho_9 \frac{m^3}{m^2 \cdot h} \cdot \frac{\Phi_9}{\Phi_1} \cdot 100$	10,1	9,11	5,11	5,67		8,88	6,20	7,67	7,67		8,67	8,54	5,59	4,88		10,0	8,65	6,58	5,75		
$\rho_{10} \frac{m^3}{m^2 \cdot h} \cdot \frac{\Phi_{10}}{\Phi_1} \cdot 100$	169	152	104	99,2		116	103	96,9	112		142	97,1	83,0	114		167	146	114	97,2		
$\rho_{11} \frac{m^3}{m^2 \cdot h} \cdot \frac{\Phi_{11}}{\Phi_1} \cdot 100$	12,3	9,93	5,90	2,51		8,90	4,97	2,92	2,92		10,17	6,00	4,62	3,69		10,0	6,32	4,75	4,44		
$\rho_{12} \frac{m^3}{m^2 \cdot h} \cdot \frac{\Phi_{12}}{\Phi_1} \cdot 100$	205	149	109	61,5		147	85,5	67,0	67,0		185	133	89,4	62,1		167	148	81,5	75,0		
$\rho_{13} \frac{m^3}{m^2 \cdot h} \cdot \frac{\Phi_{13}}{\Phi_1} \cdot 100$	19,7	15,11	7,02	4,62		11,7	6,20	5,50	5,50		16,3	11,0	6,77	5,77		17,6	14,2	11,3	9,82		
$\rho_{14} \frac{m^3}{m^2 \cdot h} \cdot \frac{\Phi_{14}}{\Phi_1} \cdot 100$	329	212	120	91,0		192	124	101	101		299	191	131	94,5		270	183	123	93,3		
$\rho_{15} \frac{m^3}{m^2 \cdot h} \cdot \frac{\Phi_{15}}{\Phi_1} \cdot 100$	4,23	11,1	14,7	12,6		11,3	15,3	12,2	12,2		11,25	15,3	17,3	17,3		14,5	17,0	17,0	17,0		
$\rho_{16} \frac{m^3}{m^2 \cdot h} \cdot \frac{\Phi_{16}}{\Phi_1} \cdot 100$	15,13	47,0	93,0	107		56,7	106	120	120		21,1	66,5	123	127		77,6	132	132	128		
$\rho_{17} \frac{m^3}{m^2 \cdot h} \cdot \frac{\Phi_{17}}{\Phi_1} \cdot 100$	3,73	8,12	11,3	16,7		7,58	12,3	14,5	14,5		6,78	9,50	12,3	15,7		6,70	10,0	13,4	13,7		
$\rho_{18} \frac{m^3}{m^2 \cdot h} \cdot \frac{\Phi_{18}}{\Phi_1} \cdot 100$	25,6	56,6	20,0	413		11,6	22,3	103	103		13,6	23,6	106	106		17,1	25,0	92,0	97,0		
$\rho_{19} \frac{m^3}{m^2 \cdot h} \cdot \frac{\Phi_{19}}{\Phi_1} \cdot 100$	6,16	10,7	13,7	15,2		10,5	13,2	15,1	15,1		8,70	12,6	13,1	15,8		7,98	11,3	11,6	12,0		
$\rho_{20} \frac{m^3}{m^2 \cdot h} \cdot \frac{\Phi_{20}}{\Phi_1} \cdot 100$	43,7	74,4	86,0	103		76,0	82,2	102	102		57,6	89,0	25,1	107		57,3	74,3	77,0	92,5		
$\rho_{21} \frac{m^3}{m^2 \cdot h} \cdot \frac{\Phi_{21}}{\Phi_1} \cdot 100$	18,6	13,0	12,9	13,4		13,7	14,3	14,7	14,7		18,1	17,8	13,9	15,1		14,1	13,7	11,6	12,3		
$\rho_{22} \frac{m^3}{m^2 \cdot h} \cdot \frac{\Phi_{22}}{\Phi_1} \cdot 100$	85,0	20,0	88,0	91,0		96,5	91,7	99,5	99,5		118	133	94,1	103		97,6	90,0	79,8	82,3		
$\rho_{23} \frac{m^3}{m^2 \cdot h} \cdot \frac{\Phi_{23}}{\Phi_1} \cdot 100$	20,3	17,2	14,8	12,8		18,4	16,8	15,3	15,3		21,1	19,1	14,6	12,5		20,6	18,1	18,1	12,0		
$\rho_{24} \frac{m^3}{m^2 \cdot h} \cdot \frac{\Phi_{24}}{\Phi_1} \cdot 100$	137	120	100	87,0		130	113	95,0	95,0		137	124	95,0	87,0		173	142	125	121		
$\rho_{25} \frac{m^3}{m^2 \cdot h} \cdot \frac{\Phi_{25}}{\Phi_1} \cdot 100$	29,7	23,0	17,7	9,73		21,8	14,9	10,1	10,1		23,9	19,5	15,4	9,92		15,6	14,7	10,7	10,7		
$\rho_{26} \frac{m^3}{m^2 \cdot h} \cdot \frac{\Phi_{26}}{\Phi_1} \cdot 100$	200	161	121	16,2		154	99,7	58,2	58,2		155	119	104	67,4		147	96,5	79,5	71,2		
$\rho_{27} \frac{m^3}{m^2 \cdot h} \cdot \frac{\Phi_{27}}{\Phi_1} \cdot 100$	55,9	37,2	25,4	15,7		32,6	20,7	11,7	11,7		45,7	29,4	23,1	13,7		33,9	25,0	19,0	14,3		
$\rho_{28} \frac{m^3}{m^2 \cdot h} \cdot \frac{\Phi_{28}}{\Phi_1} \cdot 100$	278	260	173	93,3		230	139	73,9	73,9		276	190	150	93,0		235	169	131	96,0		

Zahlentafel Nr. 2
Zentr. Flüssigkeitsaufg.

$W_1 = 0 \text{ m/sec.}$

$W_2 = 1,0 \text{ m/sec.}$

23919

Schüttung:



Rieselhöhe in m

Rieselhöhe in m

		$W_1 = 0 \text{ m/sec.}$				$W_2 = 1,0 \text{ m/sec.}$			
		1	2	3	5	1	2	3	5
Mittlere Berieselungsdichte $\Phi_1 = 6 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$	φ_1	0,00	0,02	0,07	0,12	1,87	0,14	0,20	0,22
	$\frac{\varphi_1}{\Phi_1} \cdot 100$	0,00	5,90	23,2	44,7	32,4	54	74,3	107
	φ_2	0,14	0,02	0,06	0,16	1,23	0,14	0,19	0,22
	$\frac{\varphi_2}{\Phi_1} \cdot 100$	2,40	7,95	21,6	40,8	22,1	53,0	70,3	107
	φ_3	0,33	0,07	0,09	0,14	1,37	0,14	0,19	0,22
	$\frac{\varphi_3}{\Phi_1} \cdot 100$	5,60	26,3	31,6	48,9	31,6	53,3	68,5	97,5
	φ_4	1,25	0,17	0,25	0,26	3,33	0,24	0,30	0,30
	$\frac{\varphi_4}{\Phi_1} \cdot 100$	21,2	60,3	85,5	92,0	57,5	40,4	124	108
	φ_5	6,54	0,38	0,43	0,44	5,41	0,36	0,42	0,24
	$\frac{\varphi_5}{\Phi_1} \cdot 100$	118	139	150	154	145	154	137	72,2
	φ_6	14,7	0,31	0,29	0,24	14,3	0,27	0,19	0,17
	$\frac{\varphi_6}{\Phi_1} \cdot 100$	249	217	196	143	256	200	139	97,0
	φ_7	37,5	0,63	0,55	0,43	36,4	0,24	0,21	0,25
	$\frac{\varphi_7}{\Phi_1} \cdot 100$	635	448	372	297	756	201	178	140
Mittlere Berieselungsdichte $\Phi_2 = 15 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$	φ_1	0,00	0,02	0,10	0,22	1,67	0,14	0,20	0,22
	$\frac{\varphi_1}{\Phi_2} \cdot 100$	0,00	11,1	26,1	40,7	27,4	22,5	26,5	30,0
	φ_2	0,35	0,09	0,17	0,22	2,17	0,17	0,19	0,22
	$\frac{\varphi_2}{\Phi_2} \cdot 100$	2,30	13,0	24,0	45,5	14,4	20,0	22,5	26,5
	φ_3	1,60	0,28	0,33	0,43	2,80	0,22	0,24	0,26
	$\frac{\varphi_3}{\Phi_2} \cdot 100$	10,6	44,3	45,3	62,5	17,0	15,6	16,7	17,7
	φ_4	5,33	0,50	0,58	0,58	10,7	0,29	0,29	0,29
	$\frac{\varphi_4}{\Phi_2} \cdot 100$	38,8	72,7	80,3	82,5	32,3	20,0	19,0	17,7
	φ_5	24,7	1,13	1,18	1,04	24,7	0,36	0,36	0,36
	$\frac{\varphi_5}{\Phi_2} \cdot 100$	164	163	164	150	164	112	112	112
	φ_6	39,5	0,81	0,76	0,60	39,5	0,51	0,45	0,36
	$\frac{\varphi_6}{\Phi_2} \cdot 100$	263	221	207	150	263	340	300	240
	φ_7	75,0	1,24	1,14	0,89	75,0	0,71	0,66	0,50
	$\frac{\varphi_7}{\Phi_2} \cdot 100$	500	333	277	200	500	477	440	333

Zahlentafel Nr. 3
Zentr. Flüssigkeitsaufg.

$W_1 = 0 \text{ m/sec}$

$W_2 = 1,0 \text{ m/sec}$


Schüttung: 


Rieselhöhe in m

Rieselhöhe in m




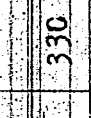
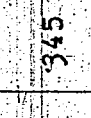
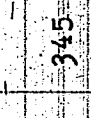

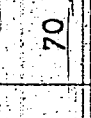
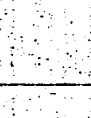

Mittlere Berieselungsdichte $\Phi_1 = 6 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$		Rieselhöhe in m				Rieselhöhe in m			
		1	2	3	5	1	2	3	5
		$\frac{\rho_1}{\Phi_1} \cdot 100$	0,01	0,06	0,21	0,37	0,03	0,15	0,31
$\frac{\rho_1}{\Phi_1} \cdot 100$	2,26	23,0	78,0	139	10,6	54,4	114	145	
$\frac{\rho_2}{\Phi_1} \cdot 100$	0,02	0,12	0,17	0,24	0,03	0,13	0,20	0,24	
$\frac{\rho_2}{\Phi_1} \cdot 100$	5,90	42,6	64,3	90,0	11,1	47,8	73,0	87,0	
$\frac{\rho_3}{\Phi_1} \cdot 100$	0,03	0,12	0,14	0,20	0,07	0,12	0,19	0,22	
$\frac{\rho_3}{\Phi_1} \cdot 100$	11,2	44,2	52,6	74,0	27,0	43,3	70,5	79,0	
$\frac{\rho_4}{\Phi_1} \cdot 100$	0,13	0,26	0,31	0,39	0,19	0,27	0,24	0,25	
$\frac{\rho_4}{\Phi_1} \cdot 100$	44,0	95,2	113	140	69,3	93,3	87,5	90,1	
$\frac{\rho_5}{\Phi_1} \cdot 100$	0,39	0,36	0,32	0,26	0,42	0,38	0,28	0,22	
$\frac{\rho_5}{\Phi_1} \cdot 100$	137	134	116	97,3	154	138	103	80,8	
$\frac{\rho_6}{\Phi_1} \cdot 100$	0,44	0,31	0,21	0,15	0,40	0,26	0,19	0,15	
$\frac{\rho_6}{\Phi_1} \cdot 100$	303	224	148	107	255	186	131	107	
$\frac{\rho_7}{\Phi_1} \cdot 100$	0,71	0,41	0,28	0,19	0,50	0,34	0,23	0,16	
$\frac{\rho_7}{\Phi_1} \cdot 100$	483	292	201	136	361	247	163	107	

Mittlere Berieselungsdichte $\Phi_2 = 15 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$		Rieselhöhe in m				Rieselhöhe in m			
		1	2	3	5	1	2	3	5
		$\frac{\rho_1}{\Phi_2} \cdot 100$	0,04	0,20	0,52	0,86	0,20	0,60	0,80
$\frac{\rho_1}{\Phi_2} \cdot 100$	5,24	28,9	75,7	126	42,6	87,5	114	123	
$\frac{\rho_2}{\Phi_2} \cdot 100$	0,07	0,23	0,35	0,50	0,24	0,43	0,54	0,60	
$\frac{\rho_2}{\Phi_2} \cdot 100$	10,3	33,2	51,4	73,3	34,2	62,8	77,2	86,7	
$\frac{\rho_3}{\Phi_2} \cdot 100$	0,14	0,33	0,50	0,61	0,34	0,44	0,57	0,58	
$\frac{\rho_3}{\Phi_2} \cdot 100$	19,5	46,1	73,5	82,8	43,6	64,4	80,8	84,2	
$\frac{\rho_4}{\Phi_2} \cdot 100$	0,44	0,65	0,69	0,74	0,62	0,64	0,65	0,68	
$\frac{\rho_4}{\Phi_2} \cdot 100$	63,0	96,0	100	113	95,5	96,0	90,6	98,5	
$\frac{\rho_5}{\Phi_2} \cdot 100$	0,96	1,00	0,89	0,70	1,00	0,82	0,69	0,66	
$\frac{\rho_5}{\Phi_2} \cdot 100$	139	148	130	104	142	119	99,3	85,8	
$\frac{\rho_6}{\Phi_2} \cdot 100$	1,30	0,86	0,55	0,30	0,86	0,63	0,48	0,41	
$\frac{\rho_6}{\Phi_2} \cdot 100$	308	248	156	85,3	240	179	136	115	
$\frac{\rho_7}{\Phi_2} \cdot 100$	1,45	0,86	0,63	0,36	0,86	0,57	0,48	0,38	
$\frac{\rho_7}{\Phi_2} \cdot 100$	407	250	181	104	338	163	135	107	

Zahlentafel Nr. 6 Verteilte Flüssigkeitsaufg.		$W_1 = 0 \text{ m/sec.}$				$W_2 = 1,0 \text{ m/sec.}$			
		Rieselhöhe in m				Rieselhöhe in m			
Schüttung: 		1	2	3	5	1	2	3	5
Mittlere Berieselungsdichte $\Phi_1 = 6 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$	ψ_1 $\frac{m^3}{m^2 \cdot h}$	1,67	4,35	4,23	5,86	3,44	4,80	5,35	6,30
	$\frac{\psi_1}{\Phi_1} \cdot 100$	29,0	74,4	70,9	100	60,0	82,5	91,2	107
	ψ_2 $\frac{m^3}{m^2 \cdot h}$	2,08	3,11	3,56	3,52	3,82	4,36	4,55	5,10
	$\frac{\psi_2}{\Phi_1} \cdot 100$	36,2	53,1	59,8	60,1	67,0	74,9	77,8	86,7
	ψ_3 $\frac{m^3}{m^2 \cdot h}$	3,23	3,68	3,12	4,51	3,71	4,25	4,16	5,42
	$\frac{\psi_3}{\Phi_1} \cdot 100$	56,0	62,9	52,3	76,9	65,0	73,1	71,0	92,2
	ψ_4 $\frac{m^3}{m^2 \cdot h}$	6,77	6,49	6,68	5,63	5,23	5,54	5,61	4,47
	$\frac{\psi_4}{\Phi_1} \cdot 100$	118	111	112	96,0	92,0	95,0	95,9	76,0
Mittlere Berieselungsdichte $\Phi_2 = 15 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$	ψ_1 $\frac{m^3}{m^2 \cdot h}$	5,41	11,4	11,7	13,5	9,37	11,9	12,6	13,5
	$\frac{\psi_1}{\Phi_2} \cdot 100$	37,7	78,7	78,5	94,6	66,0	81,5	85,5	92,1
	ψ_2 $\frac{m^3}{m^2 \cdot h}$	5,05	6,59	7,44	8,02	9,47	12,1	12,8	12,8
	$\frac{\psi_2}{\Phi_2} \cdot 100$	33,9	45,5	49,7	56,1	67,0	82,6	86,6	87,4
	ψ_3 $\frac{m^3}{m^2 \cdot h}$	8,65	10,3	9,24	8,93	12,7	15,6	15,8	16,2
	$\frac{\psi_3}{\Phi_2} \cdot 100$	60,4	71,4	61,7	62,5	89,0	107	106	111
	ψ_4 $\frac{m^3}{m^2 \cdot h}$	17,2	15,8	16,0	15,5	13,1	15,4	16,2	14,8
	$\frac{\psi_4}{\Phi_2} \cdot 100$	120	109	107	108	92,0	105	110	102
Mittlere Berieselungsdichte $\Phi_3 = 20 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$	ψ_1 $\frac{m^3}{m^2 \cdot h}$	22,1	49,6	19,1	19,1	18,7	16,0	15,5	15,5
	$\frac{\psi_1}{\Phi_3} \cdot 100$	154	135	128	134	132	109	105	103
	ψ_2 $\frac{m^3}{m^2 \cdot h}$	25,7	19,6	23,3	17,6	15,4	11,4	11,1	13,6
	$\frac{\psi_2}{\Phi_3} \cdot 100$	180	135	156	123	103	76,1	74,6	92,8
	ψ_3 $\frac{m^3}{m^2 \cdot h}$	29,2	26,2	28,2	23,6	28,1	22,2	20,7	17,4
	$\frac{\psi_3}{\Phi_3} \cdot 100$	203	180	188	165	197	152	139	119

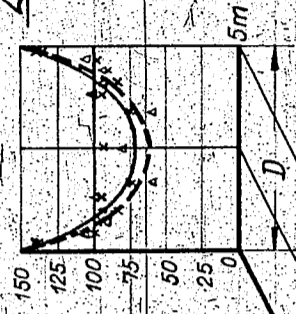
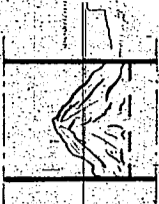
Zahlen-tafel Nr. 5 Verteilte Flüssigkeitsaufg. Mitte ohne Aufgabe.		$W_1 = 0 \text{ m/sec.}$				$W_2 = 1,0 \text{ m/sec.}$			
Schüttung: 		Rieselhöhe in m				Rieselhöhe in m			
		1	2	3	5	1	2	3	5
Mittlere Berieselungsdichte $\phi_1 = 6 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$	$\frac{m^3}{m^2\text{h}}$	3,65	4,97	6,00	6,94	3,75	4,38	5,85	6,69
	$\frac{\phi_1}{\phi} \cdot 100$	58,0	84,8	100,0	100,0	63,0	68,0	96,4	111
	$\frac{m^3}{m^2\text{h}}$	2,21	2,17	2,68	2,74	4,87	4,59	4,95	4,31
	$\frac{\phi_2}{\phi} \cdot 100$	34,0	37,0	45,0	45,3	84,0	78,0	78,1	66,0
	$\frac{m^3}{m^2\text{h}}$	4,76	4,36	5,10	5,60	5,25	5,38	5,4	5,46
	$\frac{\phi_3}{\phi} \cdot 100$	73,0	68,0	83,4	81,0	67,0	68,0	69,3	81,0
	$\frac{m^3}{m^2\text{h}}$	5,06	5,02	4,87	5,03	5,30	5,02	5,4	4,67
$\frac{\phi_4}{\phi} \cdot 100$	82,0	85,0	79,4	81,0	81,0	87,0	84,0	70,0	
$\frac{m^3}{m^2\text{h}}$	6,00	7,29	7,10	6,55	7,55	6,70	6,5	6,54	
$\frac{\phi_5}{\phi} \cdot 100$	100	100	117	100,0	111	117	111	100	
$\frac{m^3}{m^2\text{h}}$	6,10	6,50	6,50	7,04	7,03	6,10	6,2	6,44	
$\frac{\phi_6}{\phi} \cdot 100$	100	103	100	113	117	111	100	103	
$\frac{m^3}{m^2\text{h}}$	17,0	18,0	18,0	18,0	18,4	18,1	18,0	18,0	
$\frac{\phi_7}{\phi} \cdot 100$	270	270	270	270	270	270	270	270	
Mittlere Berieselungsdichte $\phi_2 = 15 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$	$\frac{m^3}{m^2\text{h}}$	5,00	4,0	3,7	3,7	11,1	12,5	12,2	12,0
	$\frac{\phi_1}{\phi} \cdot 100$	33,3	26,7	24,3	24,3	74,0	83,3	80,8	80,0
	$\frac{m^3}{m^2\text{h}}$	4,2	5,30	5,75	5,9	10,0	12,1	13,1	13,7
	$\frac{\phi_2}{\phi} \cdot 100$	28,0	35,0	37,5	38,3	67,0	80,0	87,0	91,0
	$\frac{m^3}{m^2\text{h}}$	11,1	11,1	11,7	12,1	12,5	12,2	12,0	12,1
	$\frac{\phi_3}{\phi} \cdot 100$	73,0	73,7	77,0	81,0	111	110	100	100
	$\frac{m^3}{m^2\text{h}}$	10,0	11,0	10,2	11,3	13,0	13,1	13,2	13,7
$\frac{\phi_4}{\phi} \cdot 100$	130	157	107	110,0	117	114	100	111	
$\frac{m^3}{m^2\text{h}}$	21,0	21,4	20,2	19,2	17,0	18,1	18,0	17,1	
$\frac{\phi_5}{\phi} \cdot 100$	130	130	132	124	115	100	100	100	
$\frac{m^3}{m^2\text{h}}$	23,7	20,2	20,0	20,0	23,0	22,0	20,1	24,2	
$\frac{\phi_6}{\phi} \cdot 100$	150	130	130	133	140	100,4	100,0	100,4	
$\frac{m^3}{m^2\text{h}}$	20,1	20,0	20,0	20,0	20,1	20,0	21,3	19,7	
$\frac{\phi_7}{\phi} \cdot 100$	135	130	171	140	100	140	140	124	

Zahlen-tafel Nr. 6 Verteilte Flüssigkeitsaufg.		$W_1 = 0 \text{ m/sec.}$				$W_2 = 1,0 \text{ m/sec.}$			
		Rieselhöhe in m				Rieselhöhe in m			
		1	2	3	5	1	2	3	5
Mittlere Berieselungsdichte $\Phi_1 = 6 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$	$\frac{\rho_1}{\Phi_1} \cdot 100$	2,53	4,40	6,36	7,25	5,00	5,30	6,83	7,30
	$\frac{\rho_1}{\Phi_1} \cdot 100$	48,0	76,5	109	124	86,1	93,6	113	127
	$\frac{\rho_2}{\Phi_1} \cdot 100$	2,4	2,45	3,00	3,77	3,58	4,78	6,07	6,94
	$\frac{\rho_2}{\Phi_1} \cdot 100$	46,0	42,5	51,5	64,5	61,7	84,5	101	120
	$\frac{\rho_3}{\Phi_1} \cdot 100$	5,61	5,69	5,91	6,62	4,84	4,81	6,29	6,80
	$\frac{\rho_3}{\Phi_1} \cdot 100$	107	99,0	101	113	83,3	85,1	104	118
	$\frac{\rho_4}{\Phi_1} \cdot 100$	5,23	6,29	5,86	6,27	5,71	4,78	4,95	4,69
$\frac{\rho_4}{\Phi_1} \cdot 100$	100	109	101	107	99,0	84,5	82,2	81,1	
$\frac{\rho_5}{\Phi_1} \cdot 100$	5,66	7,56	7,24	6,12	6,12	5,68	4,84	3,88	
$\frac{\rho_5}{\Phi_1} \cdot 100$	108	132	124	105	105	100	80,2	67,2	
$\frac{\rho_6}{\Phi_1} \cdot 100$	8,34	6,93	5,56	4,73	9,26	7,65	6,91	4,46	
$\frac{\rho_6}{\Phi_1} \cdot 100$	159	120	95,6	80,8	160	135	115	77,3	
$\frac{\rho_7}{\Phi_1} \cdot 100$	11,9	9,35	7,95	5,61	10,1	9,61	7,54	5,91	
$\frac{\rho_7}{\Phi_1} \cdot 100$	227	162	138	96,0	173	170	125	103	
Mittlere Berieselungsdichte $\Phi_2 = 15 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$	$\frac{\rho_1}{\Phi_2} \cdot 100$	6,89	10,6	14,4	16,3	10,8	13,2	12,2	14,1
	$\frac{\rho_1}{\Phi_2} \cdot 100$	46,3	71,5	95,0	108	73,4	87,3	84,5	96,4
	$\frac{\rho_2}{\Phi_2} \cdot 100$	5,85	7,30	9,61	10,4	12,2	13,6	13,0	14,9
	$\frac{\rho_2}{\Phi_2} \cdot 100$	39,4	49,2	63,4	69,0	82,6	90,0	90,0	102
	$\frac{\rho_3}{\Phi_2} \cdot 100$	13,6	13,3	14,5	14,5	12,8	14,8	13,8	14,2
	$\frac{\rho_3}{\Phi_2} \cdot 100$	92,0	90,0	95,5	97,0	86,2	97,8	95,3	97,0
	$\frac{\rho_4}{\Phi_2} \cdot 100$	18,2	15,1	15,5	15,2	14,6	14,7	13,1	13,2
$\frac{\rho_4}{\Phi_2} \cdot 100$	123	102	102	102	99,0	97,1	90,5	89,6	
$\frac{\rho_5}{\Phi_2} \cdot 100$	22,4	20,4	17,7	18,2	19,3	16,2	16,5	16,2	
$\frac{\rho_5}{\Phi_2} \cdot 100$	151	138	130	122	124	107	114	110	
$\frac{\rho_6}{\Phi_2} \cdot 100$	20,4	19,7	15,6	15,6	17,2	15,2	15,5	14,3	
$\frac{\rho_6}{\Phi_2} \cdot 100$	138	133	103	104	117	101	107	97,3	
$\frac{\rho_7}{\Phi_2} \cdot 100$	24,5	25,4	19,1	15,8	24,8	22,0	21,4	17,3	
$\frac{\rho_7}{\Phi_2} \cdot 100$	165	171	126	106	168	145	148	113	

Zahlentafel Nr. 7		$W_1 = 0,4 \text{ m/sec.}$					$W_2 = 0,7 \text{ m/sec.}$					$W_3 = 1,0 \text{ m/sec.}$					23924
		Rieselhöhe in m					Rieselhöhe in m					Rieselhöhe in m					
		1	2	3	5		1	2	3	5		1	2	3	5		
Druckverluste der unberieselten Säule in mm WS	ermessene Werte	7,5	12	25	27	20	35	70	76	38	63	130	140	Schüttung:			
		8	14	22	25	23	42	65	72	42	80	128	141		Schüttung:		
	ermessene Werte	6,6	13	20	33	18,5	37	54	93	36,2	72,5	108	181				
Druckverluste der mit $\Phi = 6 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ berieselten Säule in mm WS	ermessene Werte	10	15	25	50	20	50	80	155	40	105	160	330	Zentrale Flüssigkeitsaufgabe:			
										45	120	173	345	Zentrale Flüssigkeitsaufgabe:			
										53	120	190	345	Zentrale Flüssigkeitsaufgabe:			
										60	140	205	390	Verteilte Flüssigkeitsaufgabe:			
	ermessene Werte	9	18	27	45	27	54	81	135	54	108	162	278				
Druckverluste der mit $\Phi = 15 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ berieselten Säule in mm WS	ermessene Werte	10	20	35	70	25	65	105	225	50	150	240	520	Zentrale Flüssigkeitsaufgabe:			
										60	180	257	550	Zentrale Flüssigkeitsaufgabe:			
										62	174	223	540	Zentrale Flüssigkeitsaufgabe:			
										85	221	320	560	Verteilte Flüssigkeitsaufgabe:			
	ermessene Werte	11	22	33	56	33	66	99	165	66	132	198	331				

Zentrale Flüssigkeitsauflage

Schüttung:



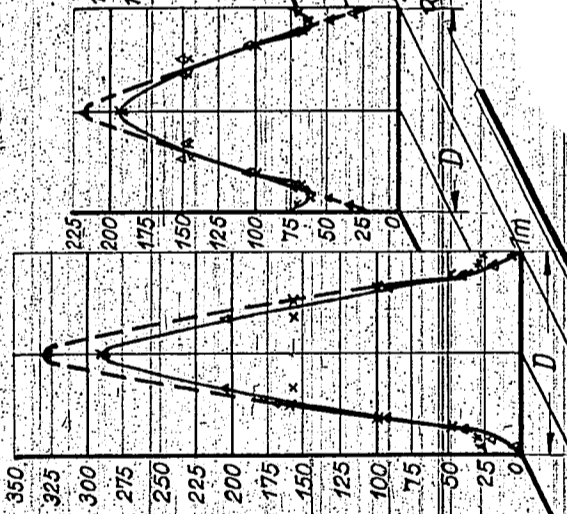
$$\Phi = 6 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$$

$$\Delta W = 0$$

$$x: W = 1.0 \text{ m}/\text{sek}$$



3m Höhe in m

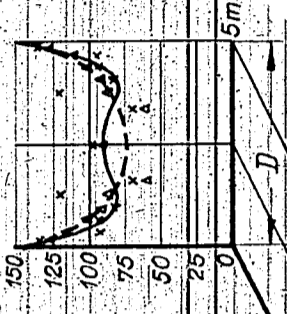


$$\frac{\varphi}{\Phi} \cdot 100$$

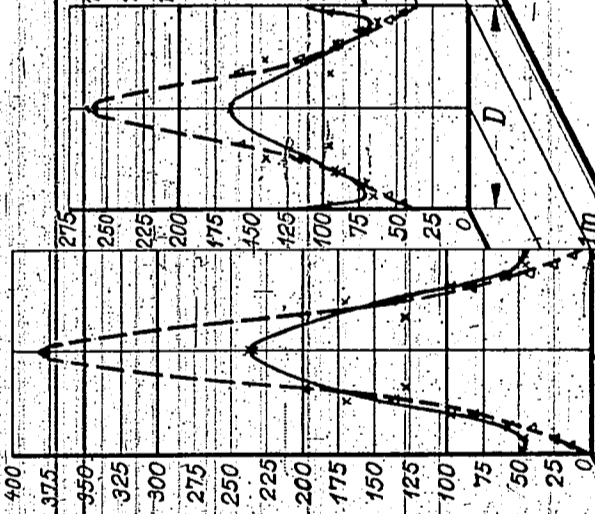
$$\Phi = 15 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$$

$$\Delta W = 0$$

$$x: W = 1.0 \text{ m}/\text{sek}$$



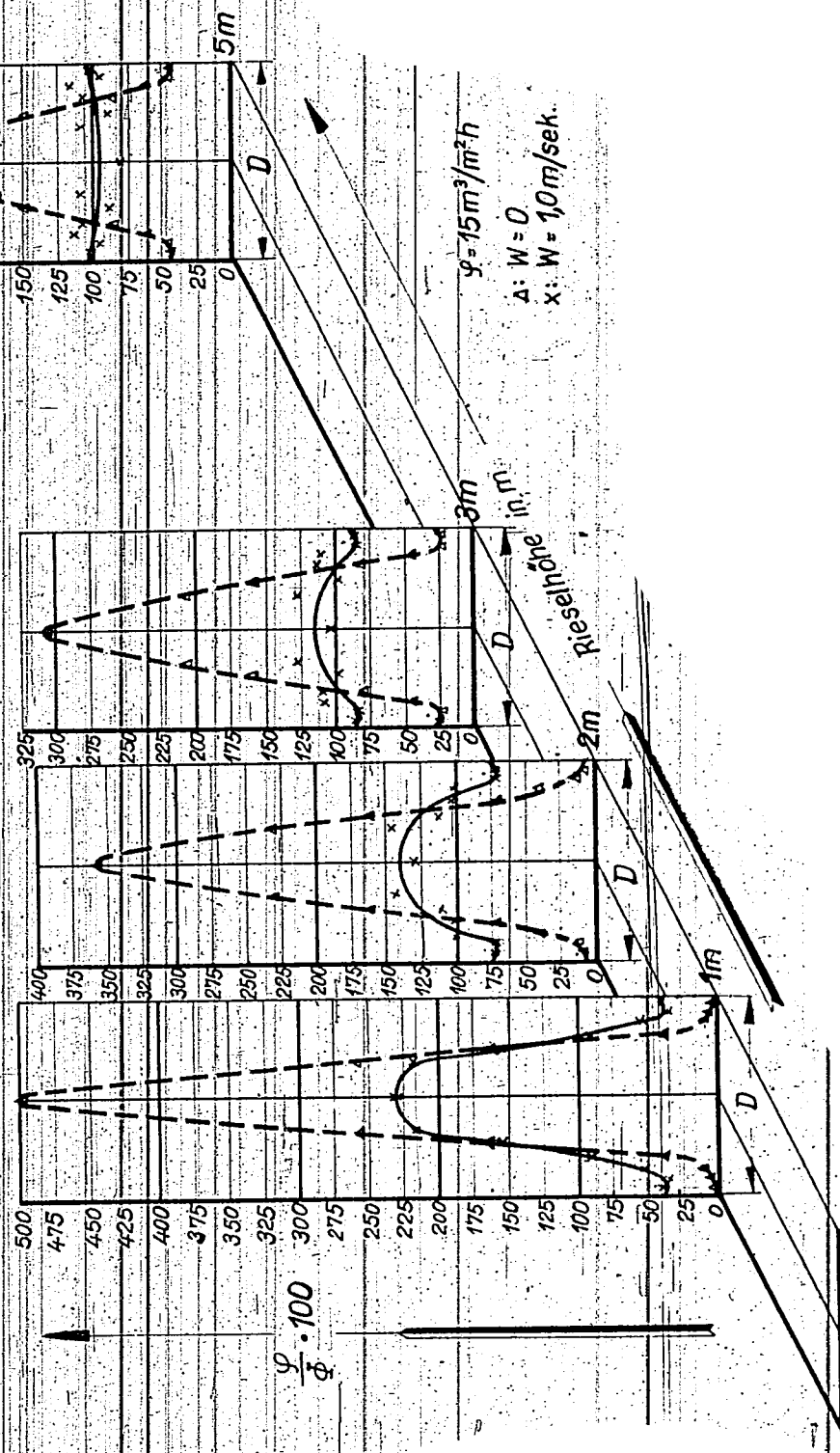
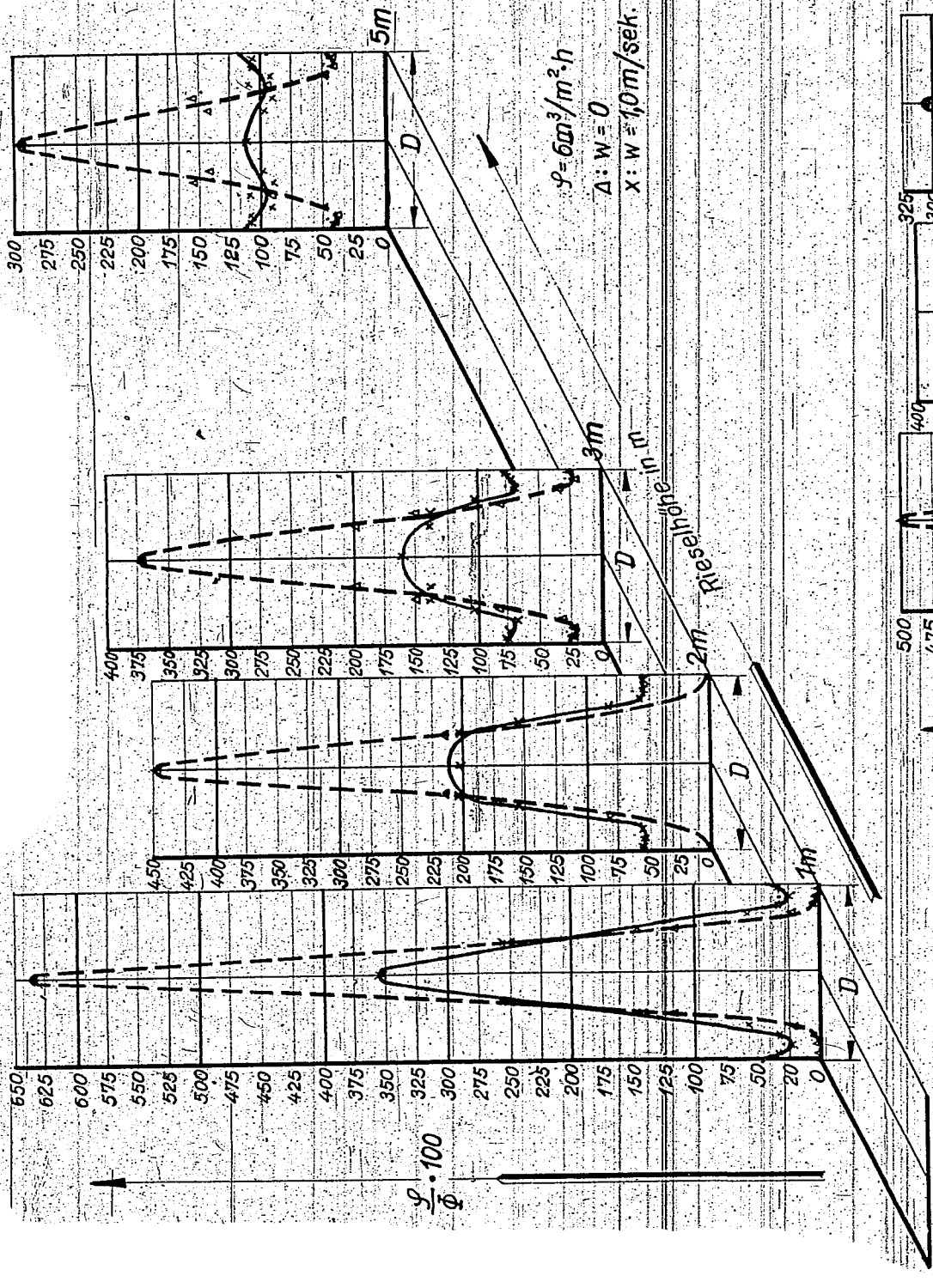
3m Höhe in m



$$\frac{\varphi}{\Phi} \cdot 100$$

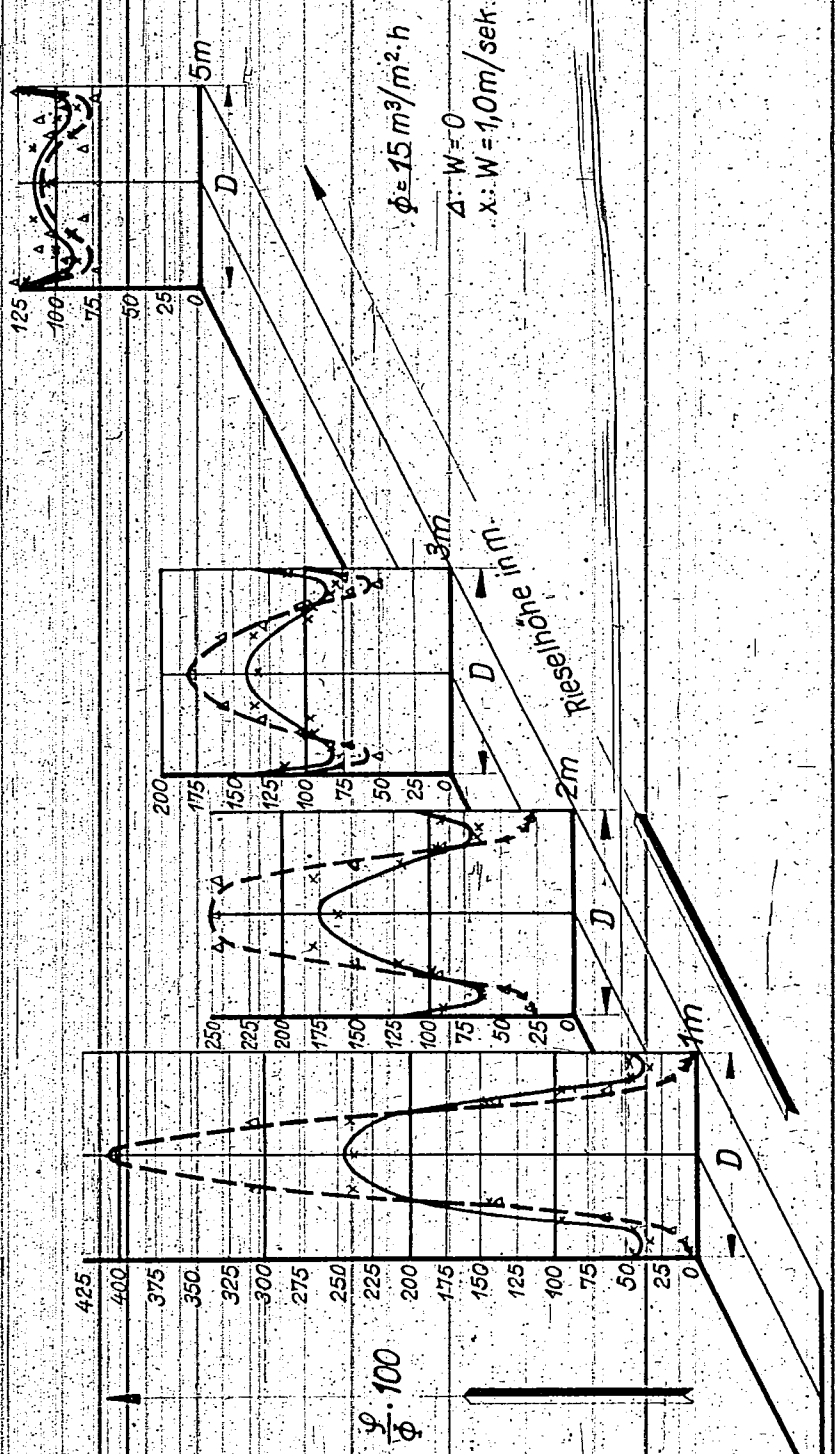
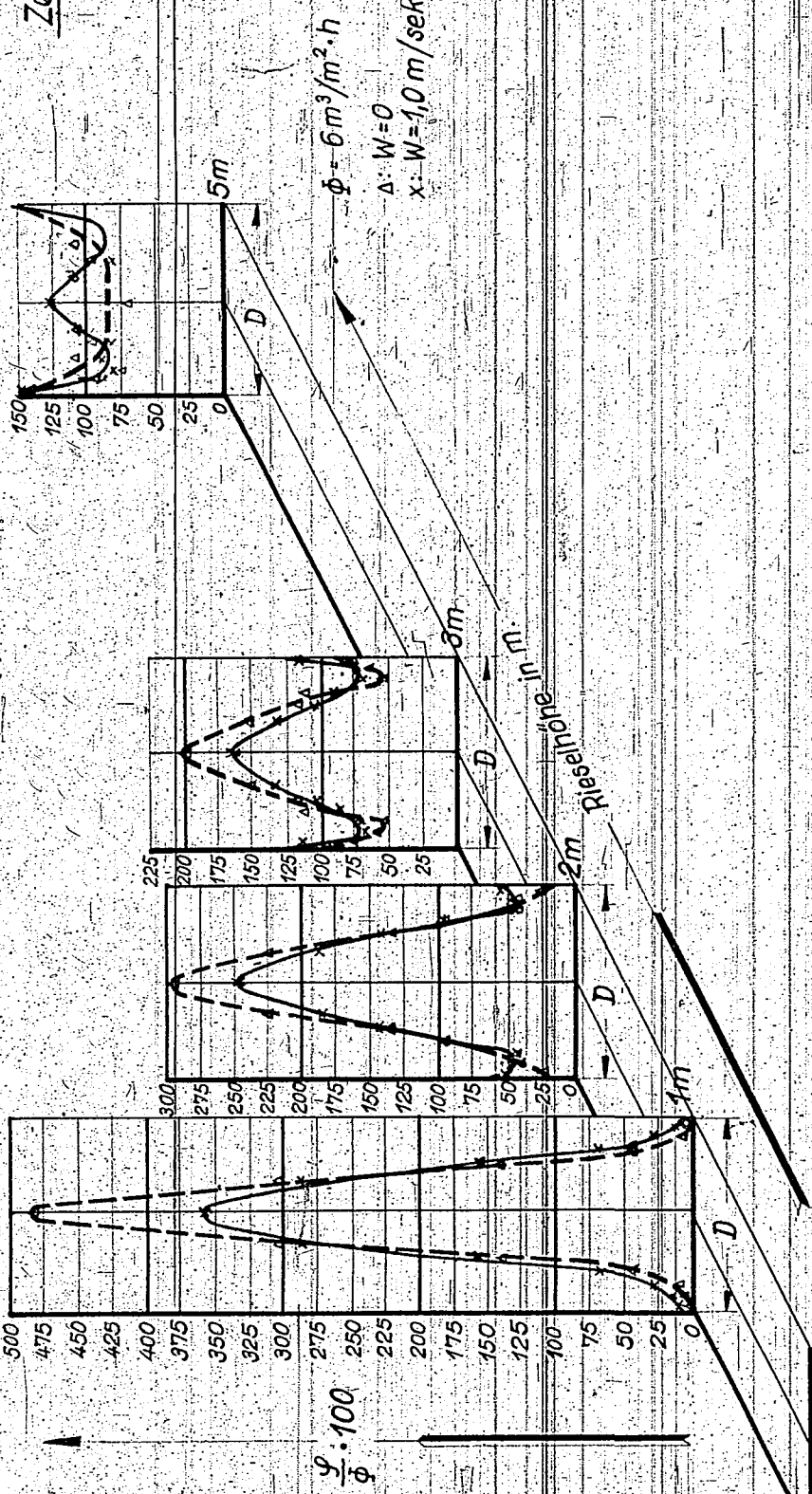
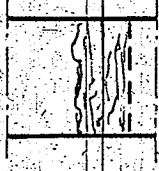
Zentrale Flüssigkeitsaufgabe

Sehtütung



Zentrale Flüssigkeitsaufgabe.

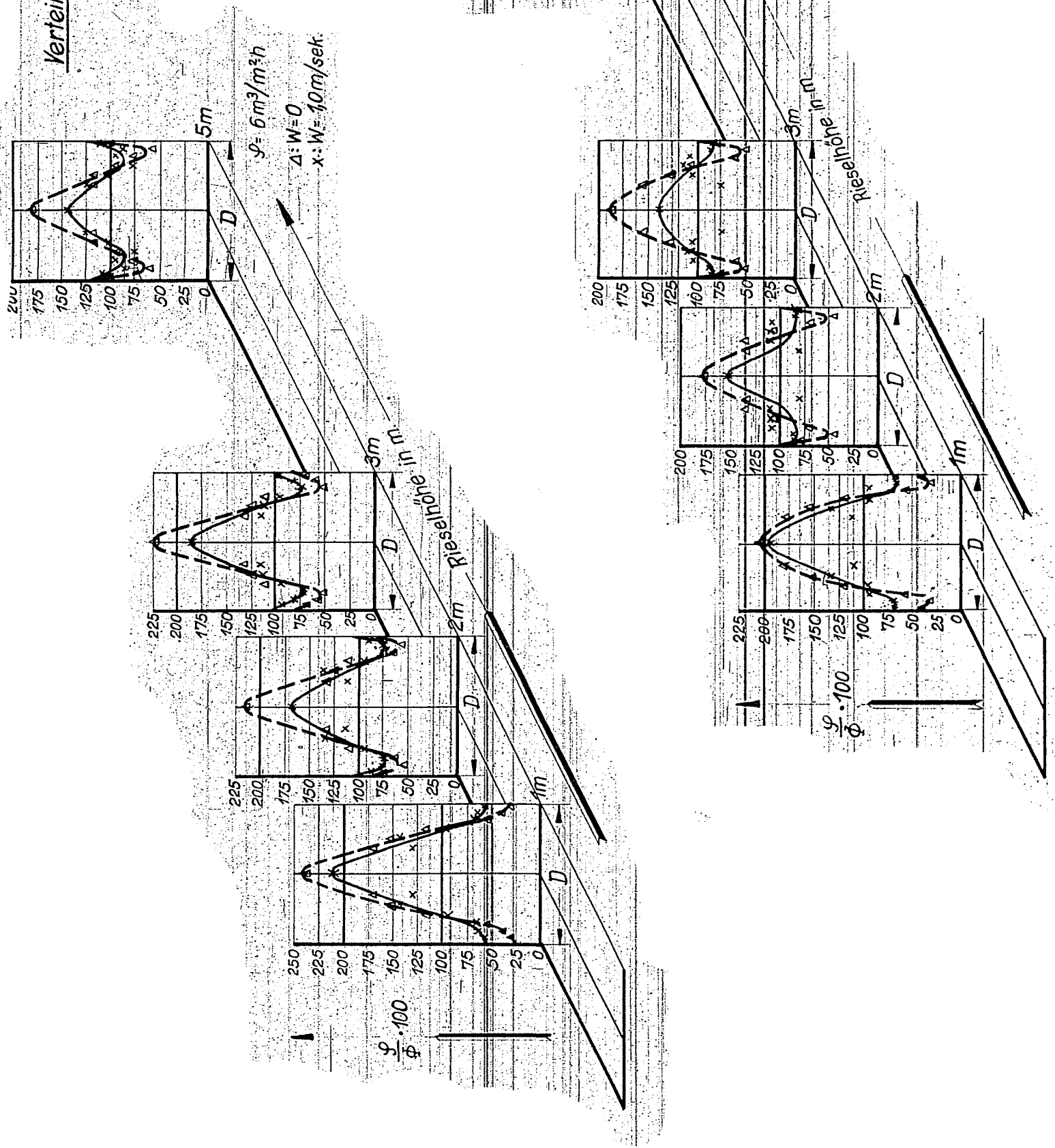
Schüttung:



Verteilte Flüssigkeitsaufgabe.

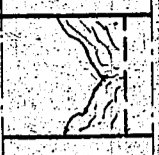


Schüttung:

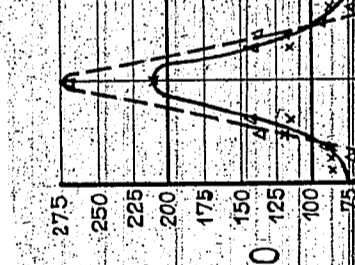
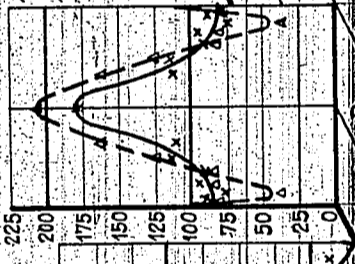
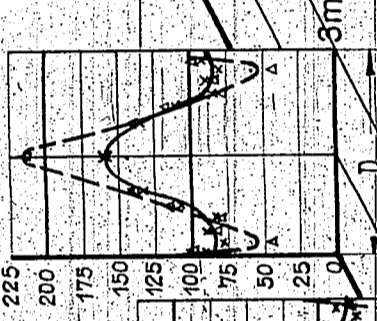
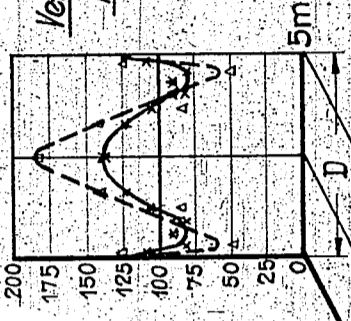


Verteilte Flüssigkeitsaufgabe.
Mitte ohne Aufgabe.

Schüttung:

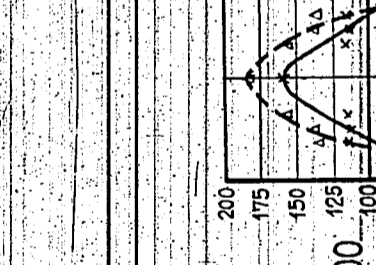
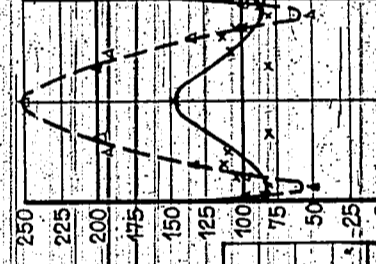
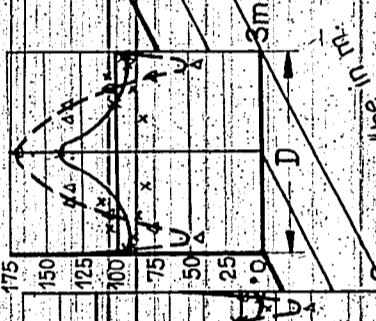
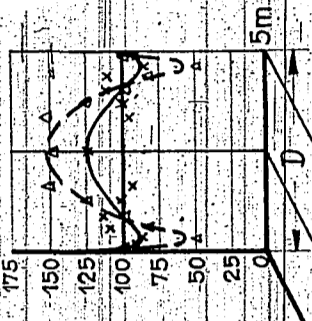


$\phi = 6 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$
 $\Delta: W=0$
 $x: W=1,0 \text{ m}/\text{Sek}$



$\frac{\phi}{\phi} \cdot 100$

Rieselhöhe in m



$\frac{\phi}{\phi} \cdot 100$

Rieselhöhe in m

$\phi = 15 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$
 $\Delta: W=0$
 $x: W=1,0 \text{ m}/\text{Sek}$

Verteilte Flüssigkeitsaufgabe

Schüttung:

