

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 77/78 (1921)
Heft: 27

Artikel: Entsandungsanlagen nach Patent H. Dufour
Autor: Niethammer, P.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-37379>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 22.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

INHALT: Entsandungsanlagen nach Patent H. Dufour. — Nordamerikanische Reiseindrücke eines Architekten. — Gussbeton-Verteilanlage System Lakewood der Firma Locher & Cie., Zürich. — † Generaldirektor O. Sand. — Zur Neubestellung der S. B. B.-Generaldirektion. — Miscellanea: Schifffahrt auf dem Oberrhein, Schweizerischer Bundesrat. Elektrische Pumpen-Warmwasserheizung der Reparatur-Werkstätte der

S. B. B. in Bellinzona. Binnenschiffahrtswege im Nordamerikanischen Osten. Theoretische Erörterungen zur Wassermessmethode. Abwärme-Verwertung. — Nekrologie: Joseph Bühlmann. F. v. Thiersch. — Vereinsnachrichten: Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein. — Abonnements-Einladung. — Tafel II: † Generaldirektor O. Sand. Hierzu das Inhalts-Verzeichnis des mit heute schliessenden Bandes 78.

Band 78. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 27.

Entsandungsanlagen nach Patent H. Dufour.

Von Ing. P. Niethammer, Genf.

(Schluss von Seite 312.)

Einfluss der Entsandung auf Leistung und Wirtschaftlichkeit.

Obschon sich die Erkenntnis der Notwendigkeit einer ständigen Überwachung des Wirkungsgrades von Wasserkraftwerken, insbesondere von solchen mit sandführendem Betriebswasser, immer mehr Bahn bricht, sind leider bis heute bezügliche Mitteilungen so gut wie gar nicht bekannt geworden. Es dürfte deshalb begrüßt werden, wenn hier noch einige Ergebnisse, die die Betriebsverhältnisse vor und nach dem Umbau der oben beschriebenen Entsandungsanlagen beleuchten, mitgeteilt werden; der Einfluss der Sinkstoffführung auf die Leistung der Turbinen ist hierbei durch wiederholte Wirkungsgradversuche für die verschiedenen Abnutzungsgrade der Turbinen ermittelt worden, wobei nach allen Regeln der Kunst, wie sie für die Abnahme von Wasserkraftanlagen gelten, vorgegangen worden ist.

Was die Anlage *Florida-Alta* betrifft, so ist, wie aus dem Diagramm Abb. 9 hervorgeht, die Leistung einer Turbine vom Typ A nach 16-monatlicher Betriebszeit unter der Einwirkung der alten Kläranlage von 4050 auf 2730 PS, diejenige vom Typ B von 4220 auf 3600 PS zurückgegangen; diese Leistungsverminderungen betragen 33 bzw. 15% der Leistung der neuen, unabgenützten Maschinen. Es ist dabei zu beachten, dass dieser Leistungsabfall im Grunde nicht einer 16-monatlichen Betriebszeit zugehört, sondern im wesentlichen nur einer etwa sechs Monate andauernden Sinkstoffführung zur Last fällt. In Wirklichkeit war nach 2000 Betriebstunden die Abnutzung der Maschinen derart vorgeschritten, dass sämtliche Innenteile ersetzt

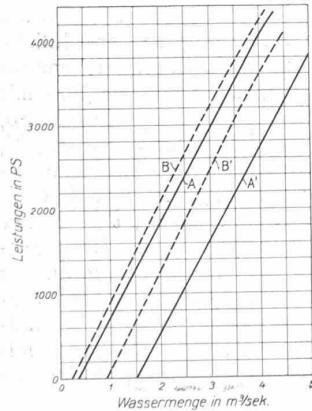


Abb. 9. Leistung der Turbinen in Florida-Alta mit der ursprünglichen Entsandungsanlage. A und B in neuem Zustand. A' und B' nach 16 monatlichem Betrieb.

werden mussten, wollte man die Betriebsicherheit überhaupt nicht in Frage stellen. Nach der wirtschaftlichen Seite hin gestaltete sich bei dieser Anlage die Sache um so kritischer, als man jeden Kraftausfall durch ein Dampfkraftwerk ausgleichen musste. Die Kosten dieser Deckungsleistung wurden nun (1911) zu 75 000–150 000 Fr. jährlich berechnet, wozu außerdem noch eine jährliche Kostensumme von rund 50 000 Fr. für Ersatzteile der Turbinen kam, sodass

der Umbau der Kläranlage, dessen Kosten zu 250 000 Fr. veranschlagt waren, sicherlich lohnend sein musste.

Der eingetretenen Kriegsverhältnisse und der Abgelegenheit der Anlage wegen konnten die Versuche nach erfolgtem Umbau nicht näher verfolgt werden; den Berichten der Betriebsleitung ist jedoch zu entnehmen, dass durch die umgebauten Kläranlage die Lebensdauer der am meisten der Abnutzung unterworfenen Teile auf 7000–8000 Betriebstunden, also auf das rund vierfache erhöht wurde, und zwar ohne dass man dabei zu so durchgreifenden und kostspieligen Reparaturen wie früher genötigt gewesen wäre. Nimmt man hinzu, dass die verbesserte Kläranlage so gut wie keiner Betriebsausgaben für Bedienung und Unterhaltung bedarf, so darf man wohl sagen, dass sich die Gesamtkosten des Umbaus in sehr kurzer Zeit bezahlt gemacht haben.

Noch genauer konnte der günstige Einfluss des Dufour'schen Entsandungssystems in der Anlage *Ackersand* festgestellt werden, dank der Sorgfalt, mit der die A.-G. Lonza ihre Zentrale von vornherein mit den zu den erforderlichen Messungen notwendigen Hilfsmitteln versehen und der schätzenswerten Aufmerksamkeit, mit der ihre Betriebsleitung die Messungen selbst ausgeführt hat.

Die Erhebungen erwiesen schon rein äußerlich darin eine bedeutende Verbesserung, dass, während vor dem Umbau der Entsandungsanlage die jährliche Abnutzung an der Wandstärke der Pelton-Löffel 6 bis 7 mm, sie nach dem Umbau nur noch 1,3 mm betrug, und dass, während im Jahre 1918 vor dem Umbau sich das Gewicht der verbrauchten Ersatzteile auf mehr als 6600 kg belief, 1919 nach dem Umbau der Verbrauch an solchen sich auf

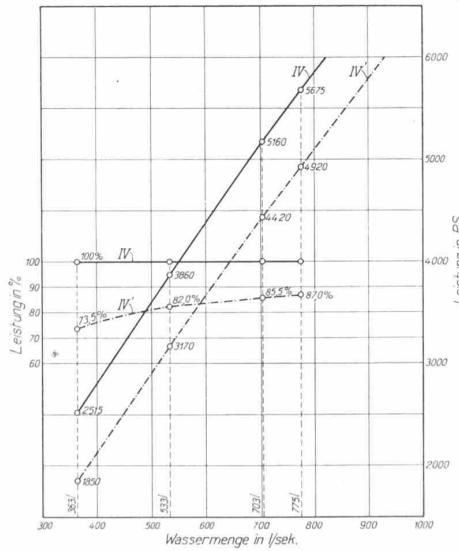


Abb. 10. Leistung der Turbine IV in Ackersand mit der ursprünglichen Entsandungsanlage. IV im neuen Zustand (Frühling 1918). — IV' im Herbst 1918 nach Ersatz zweier Madeln und einer Düse.

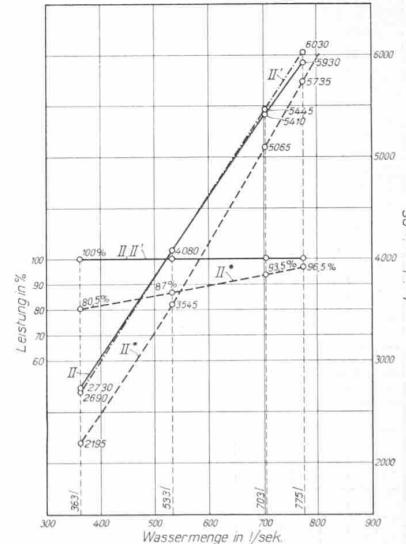


Abb. 11. Leistung der Turbine II in Ackersand mit der umgeänderten Entsandungsanlage. II im neuem Zustand (Jan. 1919). — II' in abgenütztem Zustand (7. X. 19). II'' nach Ersatz einer Düse (8. X. 19).

wenige kg für abgenützte Düsentile verminderte. Welchen Einfluss aber die angegebenen Verminderungen der Löffel-Wandstärken und der Leitapparat-Abnutzungen auf die Leistungsfähigkeit der Turbinen hatten, ist des genauereren den obenstehenden Diagrammen Abbildungen 10 und 11 zu entnehmen.

Abb. 10 zeigt die Leistungen der Turbine Nr. IV, in Abhängigkeit ihrer Wassermenge, vor dem Umbau der

Kläranlage, und zwar einmal für neuen Zustand im Anfang der Sinkstoffführung (des Jahres 1918), das andere Mal an deren Ende, wobei noch verschiedene Düsenteile während dieser Periode ausgewechselt werden mussten; man erhält daraus folgende Angaben:

Wassermengen	775	704	533	363	l/sec
Verminderung der Leistung in % der ursprünglichen	13	14,5	18	26,5	%

Abb. 11 bezieht sich auf die gleichen Feststellungen mit Turbine Nr. II, jedoch nach dem Umbau der Kläranlage und ohne jede Auswechselung von Düsenteilen, für das Ende der Sinkstoffführung (des Jahres 1919), mit folgenden Ergebnissen:

Wassermengen	755	703	533	363	l/sec
Verminderung der Leistung in % der ursprünglichen	3,5	6,5	13	19,5	%

Aber auch diese Leistungsverminderungen sind mehr scheinbare, denn nachdem man die abgenützte Düsentspitze durch eine neue ersetzt hatte, verschwanden sie nahezu, d. h. die Leistungskurve der Turbine mit leicht abgenütztem Löffelrade deckt sich nahezu mit der ursprünglichen. Da die Auswechselung eines solchen Düsenteils nur wenige Stunden beansprucht, so wäre es leicht gewesen, die Leistungsverminderung auch während der Sinkstoffperiode selbst erheblich herabzudrücken.

Wenn auch die oben angeführten Vergleichs-Versuche sich auf die Sinkstoffführungen zweier verschiedener Jahre beziehen, es also nicht ohne weiteres als gegeben zu betrachten ist, dass die der Kläranlage zugeführten Sandmengen in beiden Fällen die gleichen waren, so darf doch aus der Tatsache, dass die Wasserführung der Visp im Sommer 1919 wesentlich grösser war als 1918, angenommen werden, dass die Umstände eher zu Ungunsten der Ver-

durch die Ersparnisse an Ersatzteilen für die Turbinen eines Jahres allein gedeckt erscheinen, also ungerechnet der Leistungsgewinn. Auf welchen Betrag sich der Leistungsgewinn für die Gesamtanlage, in Abhängigkeit der zur Verfügung stehenden Wassermengen, im Vergleich zu den Leistungen unter dem ursprünglichen Entsandungssystem beläuft, erhellt aus Abb. 12 und bedarf hier keiner weiteren Erörterung.

Im Anschluss an die oben aufgeführten Beispiele über die Beeinflussung der Leistungsfähigkeit von Wasserkraftanlagen durch Sinkstoffführungen seien noch kurz die ebenfalls von der A.-G. Lonza veranlassten Studien erwähnt, die gleichzeitig mit jenen der Anlage Ackersand an deren Kraftwerk *Klösterli* ausgeführt wurden; sie bilden einen sehr lehrreichen Beitrag zu dem hier in Frage stehenden Probleme.

Die Anlage *Klösterli*, die das Wasser der sinkstoffreichen Lonza mit einem Nutzgefälle von rund 220 m durch Turbinen verschiedener, älterer und neuerer Systeme ausnutzt, erhält ihr Betriebswasser während des Sommers in der durch das Führungsvolumen des Zuleitungstunnels begrenzten Menge von maximal 3000 l/sec. Diese stellt also eine bestimmte Leistung dar, deren Gegenwert und somit auch der Leistungsaufwand durch die Abnutzung der Turbinen, in der Zentrale in einfachster Weise durch ein registrierendes Wattmeter fortlaufend bestimmt werden konnte. Diese, im Jahre 1917 ausgeführten Feststellungen ergaben die in Abbildung 13 ersichtliche Leistungskurve. Man bemerkt daraus, dass anfangs Juni mit leicht abgenützten Turbinen, deren Leistung noch 92,5% der anfänglichen, im neuen Zustand betrug, in den Betrieb eingetreten wurde, dass ferner bis im September das Leistungsvermögen auf 81,2% gesunken war, um darauf, nach Vornahme verschiedener Instandsetzungen, im Oktober mit 88,7% den Winterbetrieb zu beginnen.

Diese Ergebnisse veranlassen die Direktion, Feststellungen im darauffolgenden Jahr, diesmal jedoch in Verbindung mit möglichst genauen Messungen wiederholen. Die hierbei gemessenen Leistungen und Sinkstoffmengen sind in der Abb. 13 in ausgezogenen Linien eingetragen; sie zeigen den Zusammenhang zwischen Sinkstoffführung und Leistungseinbusse. Es traten zwei ausgeprägte Sinkstoffwellen auf, die zusammen durch 32 Tage (= 30,4 % der ganzen Beobachtungsdauer) anhielten und dabei allein 2203 m³ Sand abführten, also eine Menge, die allein 70,5 % der

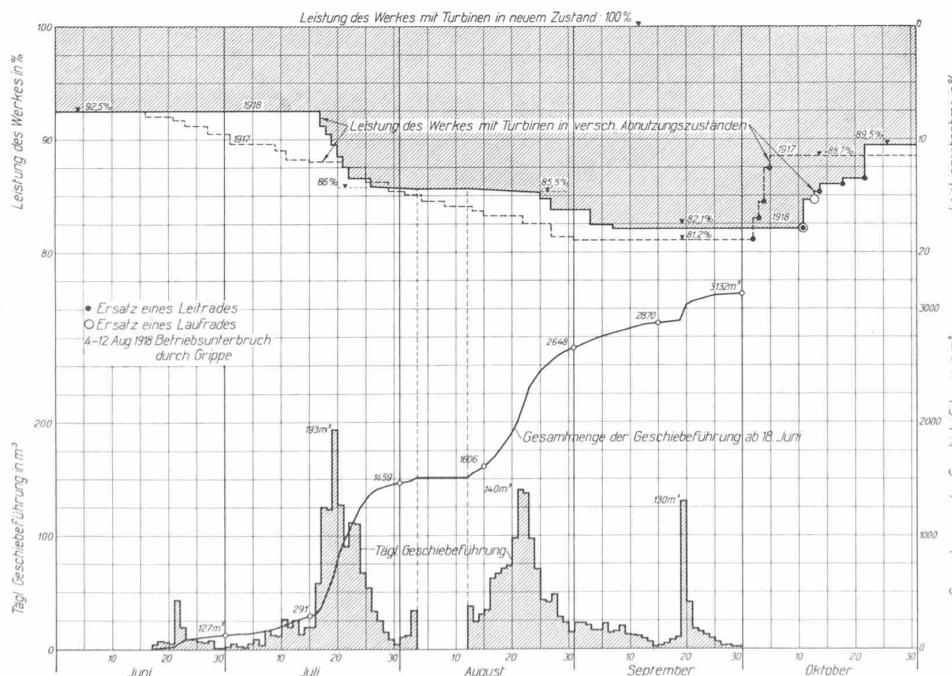


Abb. 13. Zusammenhang zwischen Sinkstoffführung und verfügbarer Leistung im Kraftwerk Klösterli.

sue mit der umgebauten Kläranlage lagen; zudem wurden 1919 die Wehrschützen derart gehandhabt, dass möglichst viel Sinkstoffe der Kläranlage zugingen, weil der aus dem Spülwasser gewonnene Sand für Bauzwecke benötigt wurde.

In wirtschaftlicher Beziehung wird, nachdem der Umbau dieser Entsandungsanlage in so guter Anpassung an die bestehenden Verhältnisse ausgeführt werden konnte, der Umstand kaum überraschen, dass die Umbaukosten

der Sinkstoffmengen, zu messenen Leistungen und Sinkstoffmengen sind in der Abb. 13 in ausgezogenen Linien eingetragen; sie zeigen den Zusammenhang zwischen Sinkstoffführung und Leistungseinbusse. Es traten zwei ausgeprägte Sinkstoffwellen auf, die zusammen durch 32 Tage (= 30,4 % der ganzen Beobachtungsdauer) anhielten und dabei allein 2203 m³ Sand abführten, also eine Menge, die allein 70,5 % der

gesamten Sinkstoffmenge der ganzen Periode ausmacht. Die erste, 10 Tage andauernde Welle vermochte die Leistung der Anlage von 92,5 % auf 86 %, die zweite, 22 Tage dauernde Welle weiter auf 82,1 % herabzudrücken. Die grösste tägliche Sinkstoffmenge ergab sich zu 193 m³ und entspricht einem spez. Sinkstoffgehalt von 0,75 cm³/l; die Sinkstoffproben wurden zweimal täglich dem Unterwasserkanal des Werkes entnommen.

Obschon die für diese Anlage entworfene selbsttätige und kontinuierliche Entsandungsanlage, der Zeitverhältnisse wegen, noch nicht zur Ausführung gekommen ist, so können doch aus den hierfür gemachten Studien wertvolle Schlüsse gezogen werden. Insbesondere verdient unter Berufung auf das Diagramm Abb. 13 hervorgehoben zu werden, dass es die nur wenige Tage andauernden grossen Sinkstoffwellen sind, die die hauptsächlichste Abnützung der Turbinen und damit den Kraftausfall verursachen. Es folgt daraus ferner, dass eine Entsandungsanlage nicht für einen Mittelwert der Sinkstoffmenge (der im vorliegenden Fall nur 0,12 cm³/l beträgt, auf rund 105 Tage bezogen) zu bemessen ist, sondern für die grösste vorkommende Sinkstoffmenge, trete diese auch nur während einiger Tage oder Stunden auf. In der Ausserachtlassung dieses Grundsatzes liegt, wie bereits betont wurde, auch die Ursache, um derentwillen die meisten der bisher ausgeführten Entsandungsanlagen versagt haben. Die grössten, während weniger Tage und Stunden zu bewältigenden Sinkstoffmengen bilden eben für eine Entsandungsanlage ein Transport- und Wegschaffungsproblem, dem nur durch selbsttätige und kontinuierlich wirkende Spülung beizukommen ist.

*

Schliesslich wäre noch der allgemein verbreiteten Meinung entgegenzutreten, dass es nur die Wasserkraft-Anlagen hoher und höchster Nutzgefälle sind, die der Entsandungsanlagen bedürfen. Die oben erwähnte Anlage Florida-Alta benutzt nur 95 m Gefälle und zeigte trotzdem eine verderbliche Abnützung ihrer Turbinen; aber auch noch bei viel kleineren Gefällen, selbst bis zu den Niederdruckwerken von 10 m und darunter, sind aussergewöhnliche Abnützungen an Turbinen beobachtet worden, insbesondere wenn sie Wasser aus schnee- und gletscherreichen Niederschlagsgebieten verarbeiten. Bei Hochdruckanlagen ist es im allgemeinen möglich, die Grösse der eindringenden Sinkkörper durch hohe Schwellen an der Wasserrassung, feingestellte Rechenstäbe, perforierte Bleche¹⁾ und dergl. genau zu begrenzen, Hilfsmittel, die bei Niederdruckanlagen der grossen Wassermengen wegen teilweise oder ganz entfallen müssen. Erschwerend tritt in solchen Fällen hinzu, dass es unmöglich ist, das Sohlengerölle durch Öffnen von Grund- und Kiesschleusen, deren Wirkung bekanntlich örtlich begrenzt ist, abzuführen, sodass die Geröllbänke rasch über die Wasserrassungsschwelle anwachsen und den Kanaleinlauf erreichen. Damit greift aber die Frage von einer Behandlung der gewöhnlichen Sinkstoffführung über auch auf die Entfernung der vom Wasser im Kanal fortgeschleppten und durch die Turbinenkammern in die Turbinen eindringenden Geröllmengen.

Offensichtlich kann es sich in solchen Fällen nicht mehr darum handeln, durch eigentliche Klärräume oder Klärkammern Sinkstoffe und Gerölle dem Wasser abzunehmen; man wird sich begnügen, nur die an der Sohle schwebenden und geschleppten Sand- und Geröllmengen zu entfernen, gleichzeitig aber auch erkennen, dass deren Entfernung nur durch eine selbsttätige und kontinuierlich wirkende Vorrichtung, wie sie durch das Dufour'sche Entsandungssystem gegeben ist, ermöglicht wird. Versuche und Studien in dieser Richtung haben in der Tat ergeben, dass durch Anwendung dieses Systems auch bei Niedriggefälisanlagen Sinkstoffe und Gerölle bis auf etwa 1 mm Korngrösse herab mit vernachlässigbar kleinem Spülwasser-Verbrauch kontinuierlich entfernt und damit in wirksamer

Weise die Abnützung, wie sie in folgeschwerer Weise auch bei Turbinen solcher Anlagen beobachtet wurde, hintangehalten werden kann.

Anmerkung der Redaktion. Wie wir von Ing. H. Dufour erfahren, werden demnächst in der „Schweiz. Wasserwirtschaft“, und im „Bulletin technique“ die Sinkstoffeinwirkungen auf Mittel- und Niederdruck-Turbinen, sowie Modell-Versuche für ein Niederdruck-Flusskraftwerk anhand von Zahlen und Diagrammen einlässlich erörtert werden. Indem wir auf diese bevorstehenden Veröffentlichungen heute schon aufmerksam machen, behalten wir uns vor, auch unserseits darauf zurückzukommen. Einstweilen mögen einige Zahlen zeigen, wie sich die Leistung der Turbinen des Kraftwerks Massaboden¹⁾ in den ersten fünf Betriebsjahren infolge Sinkstoffabnützung verschlechtert hat. Das Werk nützt ein mittleres Gefälle von rund 42 m aus, und es ergaben vor und nach Reparatur durchgeführte Versuche folgende Leistungen einer dem elektrischen Bahnbetrieb dienenden Turbinen-Generator-Gruppe:

Beaufschlagungen Wassermengen . . . m ³ /sek	1/4 1,76	1/3 2,35	2/4 3,52	3/4 5,28	4/4 7,04
Leistung einer Gruppe mit abgenützter Turbine } kW	0	264	810	1530	2170
Leistung einer Gruppe mit reparierter Turbine } kW	400	672	1200	1920	2500
Leistungserhöhung gegenüber der abgenützten Turbine } %	∞	155	48,2	25,5	14,2

Aehnlich bedenkliche Energieverluste weisen auch Niederdruckwerke an geschiebeführenden schweizerischen Flüssen auf, woraus die volkswirtschaftliche Bedeutung wirksamer Entkiesung und Entsandung klar hervorgeht.

Nordamerikanische Reiseeindrücke eines Architekten.

(Schluss von Seite 301.)

Die ästhetische Wirkung der amerikanischen City mit ihren Wolkenkratzern ist ungeheuer schwer zu definieren; oft kommt man in grösste Extase, dann wieder schaudert man. Oft hat man glänzende kühne Perspektiven vor sich und dann wieder bizarre, zerissene und zerhackte Bilder. Da wo die Wolkenkratzer in Massen beieinander stehen, ist der Eindruck gar nicht beängstigend; es entsteht eine monumentale gigantische Gesamtwirkung. Man wandelt wie in einem mächtigen hochstämmigen Wald. Geht man etwa durch Gäßlein unserer Altstadt und wähnt sich so gross wie ein Bleisoldat, dann hat man ungefähr das überwältigende Bild von N. Y. City. Denkt man intensiv *hygienisch*, so kommt einen ein leises Gruseln an. Es gibt Häuser, in denen bis zu 1500 Menschen arbeiten, Gruppen solcher Häuser; man denke hygienisch an die Zu- und Abfuhr dieser tausende, hunderttausende von Menschen, so muss man solche Konzentrationen von Riesenhäusern in alten City-Anlagen unbedingt verurteilen; heute sind aber auch die Verkehrsfragen das grosse Sorgenkind der Stadtverwaltung. An und für sich ist das neue, grosse amerikanische Geschäftshaus absolut nicht etwa unhygienisch. Alle Räume sind da, wo Tageslicht nicht hin kommt, mit halbindirekter Beleuchtung so vorzüglich beleuchtet, dass der Gedanke, nicht am Fenster zu sitzen, gar nicht aufkommt. Ebenso ist die Ventilation eine so ausgiebige, die Luft so gut gereinigt, gewärmt, gekühlt und befeuchtet, dass auch hierin kaum etwas einzuwenden ist. Das System des Grosshauses scheint nicht unmöglich, wenn die Verkehrsfragen gleichzeitig hygienisch und technisch einwandfrei gelöst werden können. Für Neuanlagen kann man sich grossartige und zweckdienliche Lösungen denken, namentlich für Stadt-Verwaltungen; dass dabei Ingenieur, Mechaniker und Architekt zusammen arbeiten müssen, liegt auf der Hand.

¹⁾ Vergleiche Wasserrassung Saas-Balen nach System Boucher in Band LIV, Seiten 264 bis 267 (6. November 1909).