

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung

**Band:** 21/22 (1893)

**Heft:** 26

**Artikel:** Beitrag zur Frage der Regulierung hydraulischer Motoren

**Autor:** Budau, A.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-18218>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 21.11.2024

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

INHALT: Beitrag zur Frage der Regulierung hydraulischer Motoren. — Billige Wohnhäuser für den Arbeiterstand. III. (Schluss.) — Statistik der eidgenössischen polytechnischen Schule in Zürich. — Litteratur: Deutsche Konkurrenzen. Blätter für Architektur und Kunsthandwerk. Der Insertionskalender und Zeitungskatalog der Firma Rudolf Mosse. — Miscellanea: Schweizerischer Bundesrat. — Vereinsnachrichten: Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein.

## Abonnements-Einladung.

Auf den mit dem 6. Januar 1894 beginnenden XII. Jahrgang der „Schweizerischen Bauzeitung“ kann bei allen Postämtern der Schweiz, Deutschlands, Oesterreichs und Frankreichs, ferner bei sämtlichen Buchhandlungen, sowie auch bei HH. Meyer & Zeller Nachfolger in Zürich und bei dem Unterzeichneten zum Preise von 20 Fr. für die Schweiz und 25 Fr. für das Ausland abonniert werden. Mitglieder des Schweiz. Ingenieur- und Architektenvereins oder der Gesellschaft ehemaliger Polytechniker geniessen das Vorrecht des auf 16 Fr. bzw. 18 Fr. (für Auswärtige) ermässigten Abonnementspreises, sofern sie ihre Abonnementserklärung einsenden an den

Zürich, den 30. Dezember 1893.

Herausgeber der Schweizerischen Bauzeitung:

A. Waldner, Ingenieur

32 Brandschenkestrasse (Selnau), Zürich.

### Beitrag zur Frage der Regulierung hydraulischer Motoren.

Von A. Budau, Maschineningenieur in Biella (Italien).

In einer kürzlich veröffentlichten Abhandlung des Herrn Prof. Stodola über Regulierung der Turbinen\*) wird der Einfluss mit der Turbine verbundener Schwungmassen und eines an der Zuleitung angebrachten Windkessels auf das Spiel des Regulators erörtert und werden hiefür rechnerische Beziehungen aufgestellt. Der praktische Wert dieser hervorragend scharfsinnigen Untersuchung beschränkt sich leider nur auf jene Fälle, in welchen es sich um Regulierung von Hochdruckturbinen mit längeren Zuleitungen handelt, die das Wasser einem Reservoir oder dgl. entnehmen (wobei das nicht verbrauchte Wasser aufgespeichert bleibt) und welche mit einem beinahe momentan verstellenden Regulator ausgerüstet werden sollen, wozu nur selten zwingende Veranlassung vorliegt. Fließt das von der Turbine nicht verbrauchte Wasser unbenutzt durch den Leerlauf, so ist die Anbringung einer Leerlaufschütze in unmittelbarer Nähe des Leitapparates, deren Abschlusschieber eine dem Schieber des Leitapparates entgegengesetzte Bewegung ausführt, auch ein Mittel, um der bösartigen Einwirkung der lebendigen Kraft des Wassers in der Zuleitung auf den Gang des Regulators zu begegnen.

Die Frage hingegen, ob zum Zwecke einer guten Geschwindigkeitsregulierung ein *Schwungrad* anzubringen sei, wird wohl immer, von den in der betreffenden Fabrik zumeist auftretenden Aenderungen des Arbeitswiderstandes abhängig gemacht werden müssen. Sind diese Aenderungen gering, dann kann — selbst wenn an die Genauigkeit der Regulierung die höchsten Anforderungen gestellt werden — ein Regulator mit langsam wirkendem Hilfsmotor Anwendung finden, und bei zweckmässiger Wahl der Regulierdauer (Schlusszeit) entfällt die Rücksicht auf die lebendige Kraft des Wassers in der Zuleitung.

Sind hingegen die prozentuellen Aenderungen des Arbeitswiderstandes bedeutend, dann wird mitunter — wenn in dem Triebwerke und den betriebenen Maschinen nicht genügend Schwungkraft ist — sich der Einbau eines Schwungrades nötig machen, um den störenden Einfluss der unvermeidlichen Verspätung des Regulators und der Massenbeschleunigungswiderstände, der zum Einhängen gelangenden Maschinen u. s. w. zu mildern, und dies einerlei, ob der Motor ein Wasserrad oder eine Turbine ist, und ob letztere eine lange Zuleitung habe oder nicht.

Diese zum Zwecke besserer Regulierung angewandten Schwungräder benötigen aber Kraft zu ihrer Bewegung

sie beeinträchtigen den Wirkungsgrad des Motors, welchen sie regulieren helfen sollen und dies umso mehr, je geringer seine Beaufschlagung ist. In Zeiten des Wassermangels, wo eine recht hohe Leistung der Turbinen ein frommer Wunsch vieler Gewerbetreibenden ist, wird sich diese Beeinträchtigung des Wirkungsgrades besonders fühlbar machen.

Es wird also sehr wohl die Frage aufgeworfen werden dürfen: *Wie ist bei gegebenen Schwungmassen und bei gegebenen Widerstandsänderungen die möglichst beste Regulierung zu erzielen?*

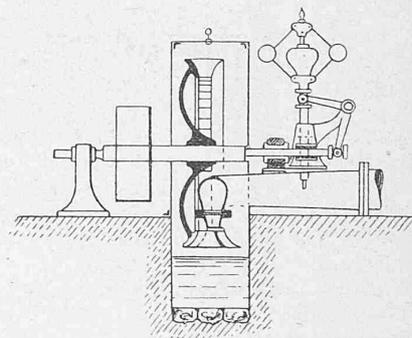
Auf diese Frage hat die ausübende Technik noch keine befriedigende Antwort erteilt. — Die Regulatoren mit Hilfsmotor benehmen sich bei geringen Schwungmassen mitunter kläglich. Die sehr verbreiteten Bremsregulatoren sind als Kraftfresser und weil zu oft reparaturbedürftig in Verruf geraten. Auch die sehr empfehlenswerte Kuppelung eines Bremsregulators mit einem Geschwindregulator hat sich nicht Bahn brechen können. — Hier ist noch eine Lücke auszufüllen und an der Lösung des so gestellten Problems zu arbeiten wird lohnender sein, als durch die Reguliererfolge vorgeschrittener Maschinenbauanstalten, — die durch Anwendung grosser

Schwungmassen und sehr empfindlicher Tachometer beinahe unglaubliche Reguliergenauigkeiten erzielen — verblendet, einzig die zu gewährleistende Genauigkeit der Regulierung als Ziel und Zweck der Regulatoren an hydraulischen Motoren anzustreben.

Viele Fabrikationszweige benötigen eine so weit getriebene Genauigkeit gar nicht, und begnügen sich mit einer Regulierung von Hand, wobei sie sich auf das Gefühl des Wärters verlassen\*). In solchen Fällen wäre aber eine Vorrichtung sehr erwünscht, die den Wärter am Handrade der Turbine ersetzt und das Geschäft der Regulierung womöglich noch etwas besser und zuverlässiger besorgt,

\*) Nach Professor Hartmann (Zeitschrift des Vereines D. I. 1893, S. 551) kann kein Regulator eine bestimmte Tourenzahl so genau einhalten, als das allgemeine Gefühl eines Menschen! — Unsere Erfahrungen gestalten uns nicht, dem beizustimmen. Wo plötzliche Widerstandsänderungen auftreten und noch obendrein das Trägheitsmoment der rotierenden Massen sich ändert, verlässt auch den intelligentesten Menschen sehr bald das Gefühl für eine bestimmte Tourenzahl.

Fig. 1.



\*) Bd. XXII Nr. 17—20.

als es ein intelligenter und aufmerksamer Wärter thun kann. Die Konstruktion eines solchen *Regulierautomaten*, — so wird man eine derartige Vorrichtung zum Unterschiede von den mit 1% und weniger garantierten Präzisionsregulatoren nennen dürfen — wird allerdings Schwierigkeiten bieten. Im folgenden mögen hierfür einige Winke gegeben werden. Das *Tachometer* eines *Regulierautomaten* wird — entgegen allen hergebrachten Anschauungen — innerhalb bestimmter einstellbarer Grenzen *unempfindlich* sein müssen, sonst würde (mangels grosser Schwungmassen) der Apparat nie zur Ruhe kommen. Eine rasche Abnützung seiner Teile und des mit ihm verbundenen Abschlusschiebers der Turbine wäre die unangenehme Folge zu grosser Empfindlichkeit des *Tachometers* bei Mangel von Schwungkraft.

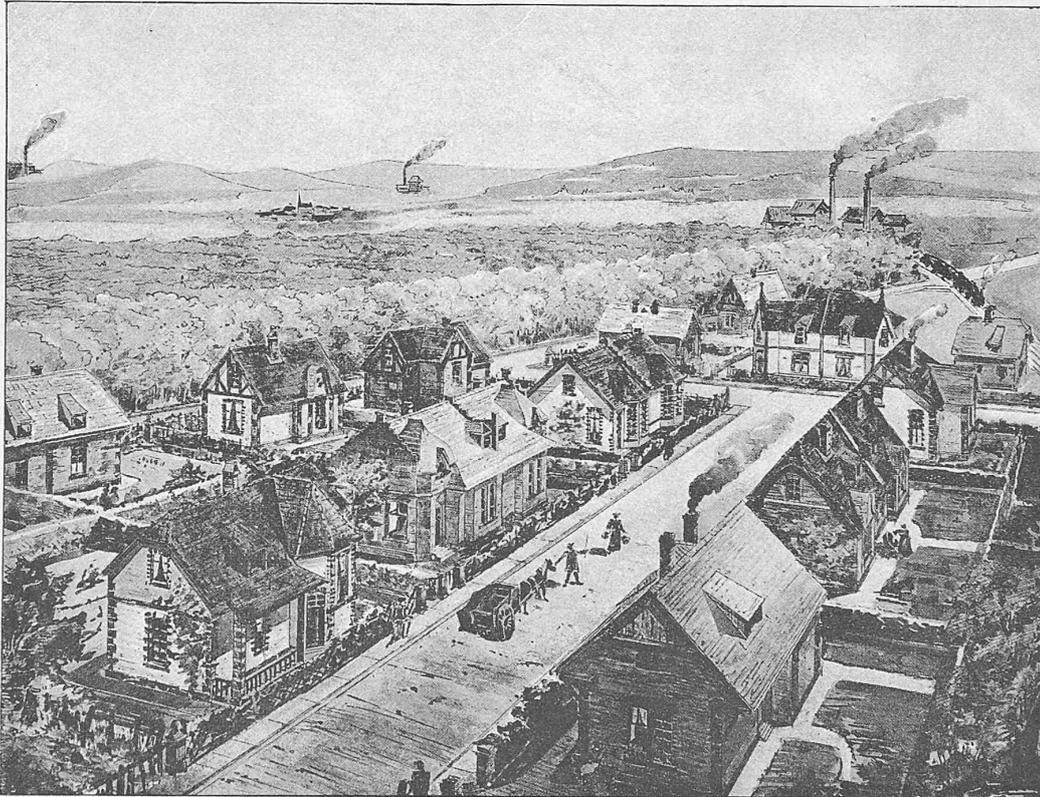
Hingegen wird die Bewegung des Absperrschiebers der Turbine *rasch* angeordnet werden müssen, um den

rades der Turbine ist jedoch mit Rücksicht hierauf einige Beachtung zu schenken. Die viel angewandten Ringschieber sind da nicht ganz vorwurfsfrei. Während der Schieber von *a* nach *b* (siehe Fig. 2) fortschreitet, wird das aus *c* austretende Wasser doch nur sehr wenig beeinflusst. Besser sind vertikale Absperrschieber. Ganz vorzüglich die Drehklappen der Radialturbinen. Die neuerdings immer mehr zur Aufnahme gelangenden Klappschützen haben mit Rücksicht auf die Regulierung gleiche Nachteile wie die Ringschieber, können aber durch zweckentsprechende Ausführung eher dienlich gemacht werden. In dem Triebwerke, welches die Bewegung des Absperrschiebers durch den *Regulierautomaten* vermittelt, sind dünne federnde Wellen und zu zahlreich angebrachte Räderpaare zu vermeiden.

Schwieriger wird es sein, der sub 2 gestellten Bedingung gerecht zu werden. Bei einem Regulator mit

#### Kleine Wohnhäuser für invalide Arbeiter. Wettbewerb der Firma Krupp in Essen.

Dritter Preis. Motto: „Con amore“. Verfasser: Arch. Plange & Hagenberg in Elberfeld.



Perspektive.

schädlichen Einfluss der absichtlich herbeigeführten Verspätung des *Tachometers* auszugleichen. Die Unempfindlichkeit des *Tachometers* wird gestatten mit dieser *Regulierungsgeschwindigkeit* viel weiter zu gehen, als es bei *Präzisionsregulatoren* möglich wäre, ohne periodische Schwankungen, durch die lebendige Kraft des Wassers der Zuleitung verursacht, befürchten zu müssen. Es werden aber auch bei diesen *Apparaten* periodische Schwankungen eintreten können, falls nicht Sorge getragen wird:

1. Dass der Zeitverlust zwischen Beginn des Spielens des Apparates und Einwirkung dieses Spieles auf die Kraftäusserung des Motors auf ein Minimum heruntergezogen ist.

2. Dass die Minimaleinwirkung des Apparates mit der Unempfindlichkeit des *Tachometers* und dem jeweilig vorhandenen Trägheitsmomente der rotierenden Massen in gebührendem Einklang stehe.

Auf eine theoretische Begründung des sub 1 Gesagten wird verzichtet; da es sich bei einiger Ueberlegung als selbstverständlich herausstellt. Dem Abschlusse des Leit-

Stellhemmung ist es unmöglich eine beliebige Kraftänderung des Motors zu erzielen. Eine bestimmte Voreilung des *Tachometers* gegenüber dem Hilfsmotor ist unvermeidlich, damit Auslösung des letzteren sicher erfolge. Diese Voreilung beträgt einen Bruchteil des *Tachometerhubes*, somit bildet das Verhältnis

#### Voreilung: Tachometerhub

ein Mass des Minimaleingriffes des *Regulierapparates*. Hat z. B. das *Tachometer* 60 mm Hub und ist es an einer 100 P. S. Turbine angebracht; beträgt ferner die Voreilung des *Tachometers* um das Stellzeug in Bewegung zu setzen 3 mm, so ist

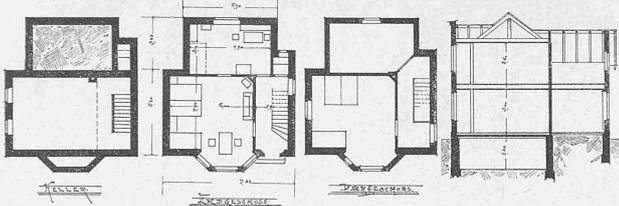
$$\frac{3}{60} = \frac{1}{20} = \text{Minimaleingriff.}$$

d. i. weniger als  $\frac{1}{20}$  der Kraft =  $\frac{100}{20} = 5$  P. S. kann der *Regulator* überhaupt nicht regulieren. Ist eine Verschiebung des Schiebers um 2 P. S. nötig, so werden eben für 5 P. S. verstellt werden, d. i. um 3 P. S. mehr als

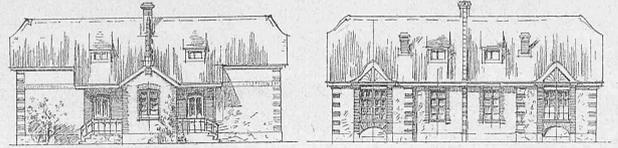
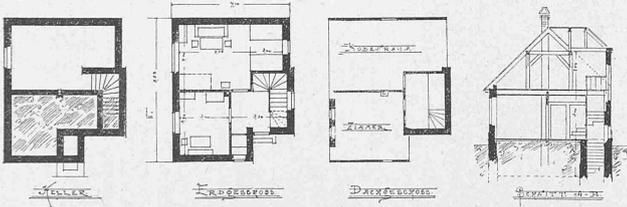
Kleine Wohnhäuser für invalide Arbeiter. Wettbewerb der Firma Friedr. Krupp für die Kolonie Altenhof in Essen.  
 Dritter Preis. Motto: „Con amore“. Verfasser: Architekten Plange & Hagenberg in Elberfeld. — Gruppe I, II, III und IV.



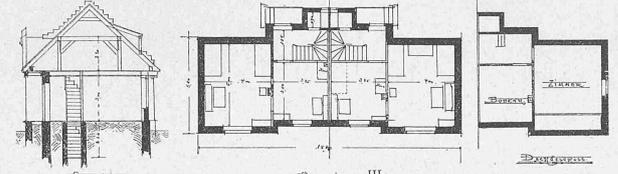
I.



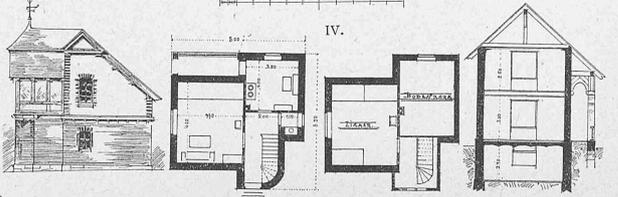
II.



III.



IV.



Masstab 1 : 300.

nötig. Hierauf beginnt entgegengesetzte Einwirkung, die diesmal um  $5 - 3 = 2$  P. S. grösser sein wird als nötig u. s. f.

Hiebei ist vorausgesetzt worden, dass das Tachometer, nachdem es das Stellzeug in Bewegung gesetzt hat, ruhig verbleibe, d. h. weder weiter steige noch falle, und in dieser Stellung das Nachrücken der Stellhemmung und dadurch herbeigeführte Auslösung des Stellzeuges abwartet. Dies wird nun *nie* der Fall sein; — je nach der Grösse des augenblicklichen Trägheitsmomentes und je nachdem das Tachometer mehr oder weniger statisch ist oder durch einen Oelkatarakt oder eine andere Vorrichtung mehr oder weniger gehemmt ist, wird noch ein Steigen oder Sinken der Tachometerhülse um ein bestimmtes Mass statthaben, bevor Auslösung erfolgt. Der Minimaleingriff wird somit grösser sein, als

durch die Voreilung des Tachometers bedingt. Um die dieser Ursache entspringenden periodischen Schwankungen mit ziemlich gleichbleibenden Amplituden zu vermeiden, wird getrachtet werden müssen:

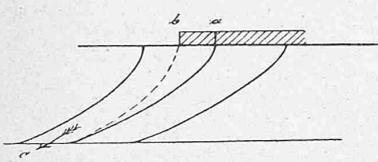
die *lineare Voreilung* des Tachometers gegenüber der Stellhemmung *sehr klein* anzuordnen. Jedenfalls aber müssen die durch diese Ursachen herbeigeführten Geschwindigkeitsänderungen die Unempfindlichkeitsgrenzen des Tachometers nicht sehr übersteigen. Je geringer das Trägheitsmoment, desto weiter müssen diese Unempfindlichkeitsgrenzen gestellt werden.

„Bei geringer Energie der rotierenden Massen kann eine befriedigende — d. i. von periodischen Schwankungen freie — Regulierung nur mit beschränkter Reguliergenauigkeit erzielt werden.“

Umgekehrt wird sich eine um so grössere Reguliergenauigkeit erzielen lassen, je grösser das Trägheitsmoment der mit der Turbine verbundenen rotierenden Teile ist. Wird also das Tachometer eines Regulierautomaten so ausgeführt, dass sich dessen Unempfindlichkeit nach Belieben verändern lässt (und dies wird stets zu empfehlen sein), so lässt sich die mit ihm erzielbare Reguliergenauigkeit den in verschiedenen Betriebsperioden vorherrschenden Trägheitsmomenten anpassen. — Hebt man nun gar die Unempfindlichkeit des Tachometers ganz auf, so verwandelt sich der Automat in einen *Präzisionsregulator* und es wird eben vom Verhältnisse der Energie der rotierenden Massen zu dem oben erörterten Minimaleingriff abhängen, ob der Regulator als Präzisionsregulator gut, d. h. ohne periodische Schwankungen wird arbeiten können. Die Rücksicht auf die lebendige Kraft des Wassers der Zuleitung kommt in zweiter Linie, und nur wo eben Hochdruckturbinen mit längeren Zuleitungen in Betrieb sind, in Betracht.

Bei Ausführung neuer Anlagen wird sich die Anbringung der eingangs erwähnten Leerlaufschütze knapp vor dem Leitapparat überall da empfehlen, wo mit dem Wasser nicht gespart zu werden braucht oder dasselbe nicht aufgespeichert werden kann. Durch passende Verbindung dieser Leerlaufschütze mit einem Wasserstandsregulator (Schwimmer mit Wendegetriebe) wird auch bei dieser Anordnung einer Wasserverschwendung vorgebeugt werden können. Es können anstatt der Leerlaufschütze auch andere Mittel angewandt werden, die denselben Zweck erfüllen. So ist z. B. in der in Fig. 1 dargestellten Turbine an horizontaler Achse die Anordnung getroffen, dass ein Regulator in direkter Anordnung das Laufrad samt Welle und auf dieser befindlicher Riemenscheibe seitwärts verschiebt und das überschüssige Wasser seitwärts am Laufrade vorbei schießt. Windkessel oder Schwungräder werden bei dieser Anordnung gewiss nicht benötigt werden, zum mindesten letztere nicht wegen der Energie des Wassers der Zuleitung. — Bei Turbinen an vertikaler Achse wird sich mitunter durch Heben und Senken des Laufrades eine ähnliche und zweckmässige Anordnung treffen lassen.

Fig. 2.



Bei Motoren, die sich zu einer Geschwindigkeitsregulierung besonders widerhaarig stellen, wie etwa die ober-schlächtigen Wasserräder grösseren Durchmessers, kann mitunter eine Widerstandsregulierung durch einen eigens hiefür erbauten Apparat zweckmässig sein. Wo die Widerstandsregulierung sich an den betriebenen Arbeitsmaschinen durchführen lässt, ist sie jedenfalls das vorzüglichste Mittel, dessen sich die moderne Technik bedienen kann.

In Fabriken, wo grössere Mengen Druckwasser benötigt werden, kann das dasselbe beschaffende Pumpwerk ganz leicht in einen sehr guten Widerstandsregulator verwandelt werden. Man hat dazu nur nötig, entweder den Kolbenhieb oder das unter den Kolben eintretende Wasservolumen durch ein Tachometer so zu regeln, dass der Kraftverbrauch des Pumpwerkes den Widerstandsänderungen entsprechend verändert wird. — Derartige Anlagen sind geplant und werden zur Ausführung gelangen.

Die fortgesetzte Nachfrage nach Elementarkraft und die zwingende Notwendigkeit, dieselbe, wenn nicht reichlich vorhanden, nicht in Reibungsarbeiten zu vergeuden, wird dahin führen, dass Schwungräder nur bei ganz kleinen Kräften und in Ausnahmefällen als Reguliermittel an hydraulischen Motoren Anwendung finden werden. Die Frage der Regulierung der hydraulischen Motoren ist durch die Einführung schwerer Schwungräder und sehr empfindlicher Tachometer noch nicht als gelöst zu bezeichnen, wenn auch diese Richtung beachtenswerte praktische Erfolge aufweist, und durch die eingangs erwähnte, überaus anerkanntenswerte Abhandlung gewissermassen eine wissenschaftliche Weihe erhalten hat. — Es wird sich vielmehr durch geeignete Ausführung der Motoren, durch Anwendung weniger empfindlicher Tachometer und durch passende Hereinziehung allenfalls eine Widerstandsregulierung gestattender Betriebsmaschinen mitunter Zweckmässigeres schaffen lassen, und strebsamen Technikern steht da noch ein weites Feld offen.

\* \* \*

**Anmerkung der Redaktion.** Wir haben obige Abhandlung Herrn Professor *Stodola* vorgelegt; derselbe schreibt uns hierüber was folgt:

„Der Herr Verfasser übersieht, dass in meiner Arbeit über Turbinen-Regulierung einerseits auch der Einfluss der „langsam“ wirkenden Hilfsmotoren behandelt, andererseits theoretisch die Möglichkeit nachgewiesen wird, den Effekt der Schwunghmassen durch einen hinreichend grossen Windkessel zu ersetzen. Bis dieses theoretische Ergebnis durch praktische Versuche erhärtet wird, bleibt die Einführung grosser Schwungräder die einzige bekannte Lösung des Regulierungs-„Problems“, die nicht zu unterschätzen ist, so lange nicht bessere namhaft gemacht werden können. Die Anordnung einer mitbewegten Leerlaufschütze, welche durch Ableitung des Wasserüberschusses die Geschwindigkeit in der Leitung konstant erhält, ist in der Praxis seit längerem in Verwendung; die Regulierung bietet in diesem Falle absolut keine Schwierigkeiten. Diese beginnen eben erst dort, wo man den Trägheitswiderstand der Leitung in den Kauf nehmen muss, und solche Fälle sind äusserst zahlreich.“

Ich hoffe, den geehrten Fachgenossen in Bälde eine auf Versuche gestützte Fortsetzung meiner Studie vorlegen zu können, und will mich bis dahin einer weiteren Meinungsäusserung enthalten.“

## Billige Wohnhäuser für den Arbeiterstand.

III. (Schluss.)

Der mit dem dritten Preise ausgezeichnete Entwurf: „Con amore“ der Herren Architekten *Plange & Hagenberg* in Elberfeld (Seite 175 und 176) sieht, ähnlich wie der zweitprämierte, nur vier verschiedene Typen von Häusern vor, wovon bloss die dritte Gruppe Doppelwohnhäuser enthält. Kubus, Einheitspreise und Baukosten ergeben sich aus nachfolgenden Zahlen: