

Das allgemeine Dimensionierungsgesetz der gewöhnlichen Kraftmaschinen und Arbeitsmaschinen

Autor(en): **Kummer, W.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **79/80 (1922)**

Heft 9

PDF erstellt am: **19.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-38051>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

INHALT: Das allgemeine Dimensionierungsgesetz der gewöhnlichen Kraftmaschinen und Arbeitsmaschinen. — Neue Aufnahme-Gebäude der Bahnhöfe Brug und Augst der S. B. B. — Technisch-wirtschaftliche Betrachtungen zum Wasserkraftwerkbau in Nordamerika. — Die „Tauchbootschleuse“, ein Beitrag zur Lösung des Problems der Schiffshebewerke. — Vom Deutschen Eisenbau-Verband. — Miscellanea: Ueber die Lage des Wiener Baugewerbes. Entwurf für eine Hängebrücke von 987 m Spannweite über den Hudson in New York. Neuere Erfahrungen mit Leichtmetall an schnelllaufenden

Motoren. Leuchtfeuer von einer Milliarde Kerzen Lichtstärke für den Luftverkehr. Segelflug-Wettbewerb in Gstaad. Der Neubau der Abteilung für Ingenieurwesen an der Technischen Hochschule Karlsruhe. — Konkurrenzen: Erweiterung der kantonalen landwirtschaftlichen Schule Plantahof in Landquart. Bebauungsplan für die Gemeinde Monthey. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Gesellschaft ehemaliger Studierender der E. T. H. Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein. Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. Stellenvermittlung.

Band 79.

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

Nr. 9.

Das allgemeine Dimensionierungsgesetz der gewöhnlichen Kraftmaschinen und Arbeitsmaschinen.

Von Prof. Dr. W. Kummer, Ingenieur, Zürich.

Zu den lehrreichsten Ergebnissen der vergleichenden Maschinenlehre gehört zweifellos die Darlegung, dass die gewöhnlichen, im Energiefluss in einander überführbaren, also umkehrbaren Kraftmaschinen und Arbeitsmaschinen einem einheitlichen Dimensionierungsgesetz unterworfen sind. Dabei handelt es sich nicht nur um die eigentlichen mechanischen Maschinen, bei denen als Energieformen eine Strömungsenergie auf der einen Seite und eine Drehungsenergie auf der andern Seite auftreten, sondern es erscheinen als gleichwertige „gewöhnliche“ Maschinen auch die elektrischen Maschinen, bei denen einerseits Drehungsenergie, andererseits elektrische Energie im Spiele sind. Für alle diese gewöhnlichen Maschinen gilt hinsichtlich des umgesetzten, in mkg vorausgesetzten Drehmoments M , das bei Kraftmaschinen ein erzeugtes, bei Arbeitsmaschinen dagegen ein verbrauchtes Drehmoment ist, dass es mit dem zur verlustlosen Umsetzung erforderlichen, sog. aktiven Maschinenvolumen V in m^3 im denkbar einfachsten Zusammenhange der Proportionalität steht, für den wir den Ausdruck:

$$V = CM$$

als das allgemeine Dimensionierungsgesetz teils früher schon nachwiesen, teils erst hier nachweisen werden. Die Maschinenkonstante C kann dabei, bei Angabe in m^3/mkg , als ein Maschinen-Einheitsvolumen dargestellt werden, was wir in dieser Zeitschrift¹⁾ bei der Behandlung elektrischer Maschinen zu tun pflegten; sie kann aber auch, bei Angabe in m^2/kg , als eine reziproke Pressung behandelt werden, welche Darstellung sich für die eigentlichen mechanischen Maschinen besser eignet. Es mag erwähnt werden, dass diese Maschinen, bei Benützung als Arbeitsmaschinen, allgemein als „Fördermaschinen“ bezeichnet werden könnten, da die Erzeugung von Strömungsenergie auf ein „Fördern“ hinaus läuft.

Es soll weiter erwähnt werden, dass das Dimensionierungsgesetz:

$$V = CM$$

auch schon für gewisse Maschinenteile, z. B. die Zahnräder gilt, wie wir auf Grund von Festigkeits-Beziehungen vor nahezu fünf Jahren nachwiesen²⁾. Es gilt ebenso auch für Wellen, Kupplungen usw., wie auch für Seiltriebe und Riementriebe, für die wir zwar damals eine andere Darstellung bevorzugten³⁾.

Vom übertragenem Moment M gelangt man durch Einführung der Umdrehungszahl n zur übertragenen Leistung L ; in den Fällen, für die die Umdrehungszahl lediglich durch Festigkeitsrückichten gegeben erscheint,

¹⁾ Vergl. Bd. LXIX, Seite 105 (10. März 1917) und daselbst gegebene Hinweise auf frühere Stellen.

²⁾ Vergl. Band LXX, Seite 54 bis 56 (4. August 1917) der «Schweiz. Bauzeitung».

³⁾ Indem man die vom Riemen übertragene Kraft statt mittels einer pro cm Riemenbreite verstandenen Festigkeitskonstanten nunmehr mittels einer solchen die pro cm^2 Riemenquerschnitt gilt, darstellt, und die Riemenstärke zum Scheibendurchmesser nach Massgabe der Riemen-Biegesteifigkeit in Beziehung bringt, erhält man für das übertragene Moment ebenfalls eine Beziehung:

$$V = CM$$

während wir in der früheren Darstellung statt des Volumens V eine Fläche als proportional zu M fanden. Formell bleibt die ältere Darstellung zwar wohl zulässig; sie erscheint uns aber heute der neueren, hier gegebenen nicht mehr ebenbürtig.

also gewissermassen frei wählbar ist, wie für normale elektrische Maschinen und für Höchstleistungs-Uebertragungen im Sinne unserer bereits erwähnten veröffentlichten Darstellung in Band LXX, kann die Umdrehungszahl mit dem grössten rotierenden Durchmesser auf Grund eines gerade noch zulässigen Maximums für die an diesem Durchmesser auftretende Fliehkraft pro Masseneinheit in eine Beziehung gebracht werden, die in Verbindung mit der Beziehung zwischen V und M auf einen Zusammenhang:

$$Ln^5 = \text{Konstante}$$

führt, wie wir in jenem Aufsätze nachwiesen, bzw. hinsichtlich der normalen elektrischen Maschinen in Erinnerung brachten¹⁾.

Für die eigentlichen mechanischen Maschinen, bei denen also die umgesetzte Energie einerseits als Drehungsenergie, andererseits als Strömungsenergie auftritt, gelangt man im allgemeinen vom übertragenen Moment nicht mehr in gleicher Weise über die Umdrehungszahl zur übertragenen Leistung, und zwar deshalb nicht, weil hier im allgemeinen, d. h. bei kontinuierlicher Strömung, die Umdrehungszahl mit der Strömungsgeschwindigkeit der Strömungsenergie im Zusammenhang steht²⁾. Diese nunmehr näher zu betrachtenden Maschinen zerfallen in drei Klassen, je nachdem die Strömungsenergie ausschliesslich oder vorwiegend auftritt als Energie der Lage, bzw. als Energie des Druckes, bzw. als Energie der Geschwindigkeit; diese drei Klassen sind:

1. die Pulsomaschinen³⁾ bei Lage-Energie,
2. die Kolbenmaschinen bei Druck-Energie,
3. die Turbomaschinen bei Geschwindigkeits-Energie.

Der Nachweis für die Gültigkeit unseres allgemeinen Dimensionierungsgesetzes für diese Maschinenarten und die Struktur der weiterhin bestehenden Zusammenhänge zwischen L und n lassen sich nun unter der Voraussetzung verlustloser Maschinen folgendermassen zeigen:

1. *Pulsomaschinen.* Der Prototyp dieser Maschinenart, in der eine Strömungsenergie als Energie der Lage umgesetzt wird, ist im Falle der Kraftmaschine das Wasserrad, im Falle der Arbeitsmaschine das Pumprad, d. h. die Umkehrung des Wasserrads. Das aktive Volumen V dieser Maschinenart wird gebildet durch einen Kreiszyylinder, dessen Durchmesser D in m übereinstimmt mit dem Durchmesser, der diametral von Mitte Zelle zu Mitte Zelle am Radumfang gemessen wird, und dessen Breite dem axialen Ausmass dieser Zellen entspricht. Die Energie der Lage der strömungsfähigen Flüssigkeit von spez. Gewicht γ , in kg/m^3 , betrifft eine Flüssigkeitsäule vom Gewichte:

$$F\gamma h = Fp$$

wobei F den im Mittel ausgenutzten Zellquerschnitt in m^2 senkrecht zur Höhe h in m bedeutet; p ist dann die Pressung der Flüssigkeit in kg/m^2 für die tiefste Lage von F . Der umgesetzten Flüssigkeitsäule entspricht, verlustlose Umsetzung vorausgesetzt, ein Drehmoment:

$$M = F\gamma h \frac{D}{2} \\ = kpV$$

mit k als einer Konstruktionskonstanten, die im wesentlichen ein Längenverhältnis darstellt. Mit:

$$\frac{1}{kp} = C$$

d. h. für gleichbleibende Pressung folgt unser Gesetz:

$$V = CM.$$

¹⁾ Vergl. Bd. LXX, Seite 55 (4. August 1917).

²⁾ Der Ausnahmefall unkontinuierlicher Strömung liegt vor bei Kolbenmaschinen.

³⁾ Bezeichnung nach Vorschlag des Verfassers.

Wir gelangen weiter zur Leistungs-Drehzahl-Beziehung, indem wir uns an den Zusammenhang:

$$L = a_1 n M$$

erinnern, wobei a_1 eine besonders das Masssystem berücksichtigende Konstante ist. Für M ist wieder bei beliebiger Pressung:

$$M = k p V$$

zu setzen, während n aus einer Beziehung

$$n = \frac{\sqrt{p}}{\sqrt[3]{a_2 V}}$$

darzustellen ist, deren Zähler, als Umfangsgeschwindigkeit, aus der Pressung der strömenden Flüssigkeit nach dem hydraulischen Grundgesetz gegeben ist, während deren Nenner den zugehörigen Radius als Kubikwurzel aus dem aktiven Volumen unter Benutzung einer Konstanten a_2 darstellt. Aus der für n gegebenen expliziten Beziehung folgt der Ansatz:

$$V = p^{3/2} n^{-3} a_2^{-1}$$

der bei Einsetzen in die Formeln für M und L eine Beziehung:

$$L = \frac{a_1}{a_2} k p^{5/2} n^{-2}$$

liefert, die dann, wenn wieder eine konstante Pressung vorausgesetzt wird, auf den gesuchten Zusammenhang von L und n gemäss:

$$L n^2 = \text{Konstante}$$

führt.

2. *Kolbenmaschinen.* Das aktive Volumen V dieser Maschinenart wird durch einen zum Kolben zugeordneten Zylinder von der Bohrung D und von der Höhe, d. h. dem Kolbenhub s gebildet; der Zylinder ist ideell im Falle von Mehrzylindermaschinen, sonst reell, bzw. konstruktiv bestimmt. Das umgesetzte Drehmoment muss über den Umweg der Leistung dargestellt werden, für die wir bei verlustloser Umsetzung mit Hilfe der Konstanten a_1 :

$$L = a_1 V p n$$

setzen, woraus für das Drehmoment:

$$M = k p V$$

folgt, wobei die Pressung p als ein Mittelwert für den Kolben-Hin- und Hergang verstanden ist. Wir setzen wiederum:

$$\frac{1}{k p} = C$$

und erhalten für gleichbleibende Pressung wiederum das Gesetz:

$$V = C M.$$

Die weiterhin mitzuteilende Leistungs-Drehzahl-Beziehung benötigt neben:

$$L = a_1 V p n$$

noch eine, die jeweilige Wahl der Kolbengeschwindigkeit festlegende Beziehung, für die der Ansatz:

$$V n^3 = a_2^{-1}$$

mit der Konstanten a_2 als zulässig erscheint; dieser Ansatz besagt, dass man für Kolbenmaschinen grösserer Abmessungen, mit Rücksicht auf den längeren Kolbenweg, höhere Kolbengeschwindigkeiten wählen darf, wobei jedoch nur ein mässiges Wachstum der Kolbengeschwindigkeit zulässig ist. Es folgt:

$$V n = a_2^{-1} n^{-3}$$

welche Beziehung, in die Formel für L eingesetzt, auf den sehr einfachen Zusammenhang:

$$L n^3 = \frac{a_1}{a_2} p$$

führt. Für eine konstant vorausgesetzte Pressung erhalten wir den schon für die gewöhnlichen elektrischen Maschinen abgeleiteten Zusammenhang¹⁾:

$$L n^3 = \text{Konstante}.$$

Es mag bemerkt werden, dass für Kolbenmaschinen dieser Zusammenhang, der vorwiegend dem Ansätze:

$$V n^3 = a_2^{-1}$$

entnommen ist, gerade wegen dessen etwas willkürlicher Formulierung nur ein geringeres Gewicht beanspruchen

¹⁾ In der «Schweiz. Bauzeitung» Band LIII, Seite 311 (12. Juni 1909) in der Fussnote der zweiten Spalte.

darf, als für Elektromaschinen, für die der entsprechende Ansatz eine höhere Evidenz besitzt.

3. *Turbomaschinen.* Das aktive Volumen V dieser Maschinen ist mit dem aktiven Volumen der Pulsomaschinen grundsätzlich übereinstimmend, bzw. in genau entsprechender Weise definiert. Das umgesetzte Drehmoment entspricht einer Stosskraft der strömenden Flüssigkeit und kann wiederum, wie bei den Pulsomaschinen für verlustlose Umsetzungen, in der Form:

$$M = F \gamma h \frac{D}{2} = k p V$$

gegeben werden; es haben jedoch h sowie p nicht mehr eine quasi-statische Bedeutung, wie bei den Pulsomaschinen, sondern es ist h ein Geschwindigkeits-Potential, p eine Geschwindigkeits-Pressung; weiter hat die Zahl k nicht nur konstruktive, sondern auch physikalische Bedeutung, insofern als bei einstufiger Ausführung k für Aktionsmaschinen doppelt so gross ausfällt, als für Reaktionsmaschinen. Mit:

$$\frac{1}{k p} = C$$

d. h. für gleichbleibende Pressung finden wir wieder den erwarteten Zusammenhang:

$$V = C M.$$

Die Leistungs-Drehzahl-Beziehung ergibt sich weiterhin genau, wie für die Pulsomaschinen; mittels der Ansätze:

$$L = a_1 n M = a_1 n k p V$$

$$n = \frac{\sqrt{p}}{\sqrt[3]{a_2 V}}$$

folgt wieder für beliebige Pressungen:

$$L = \frac{a_1}{a_2} k p^{5/2} n^{-2}$$

bzw. für konstante Pressung:

$$L n^2 = \text{Konstante}.$$

Der Unterschied von Aktionsmaschinen und Reaktionsmaschinen muss in der Einzelkonstanten a_2 derart zum Ausdruck kommen, dass bei einstufiger Ausführung die Reaktionsmaschine eine doppelt so grosse Umdrehungszahl aufweist, als die Aktionsmaschine. Es mag weiterhin bemerkt werden, dass unsere Beziehung:

$$L = \frac{a_1}{a_2} k p^{5/2} n^{-2}$$

für Wasserturbinen seit langem in der Form:

$$n = n_s \frac{h^{5/4}}{L^{1/2}}$$

gebräuchlich ist, wobei die Konstante n_s , die sog. spezifische Drehzahl, die Drehzahl für das Gefälle $h = 1$ bei der Leistung $L = 1$ bedeutet.

Wir haben also in der Tat für die drei Klassen gewöhnlicher mechanischer Maschinen das Dimensionierungsgesetz:

$$V = C M$$

bestätigt gefunden. Hinsichtlich der zwischen L und n bestehenden Zusammenhänge ergab sich, dass für zwei Klassen von Maschinen, für die Pulsomaschinen und für die Turbomaschinen, eine Beziehung:

$$L n^2 = \text{Konstante}$$

gilt, während für die dritte Klasse, die sog. Kolbenmaschinen, eine Beziehung:

$$L n^3 = \text{Konstante}$$

verwendet werden darf. Alle „Konstanten“, die hier in Betracht fallen, sind lediglich Konstanten innerhalb sog. „Typenreihen“ von Maschinen, innerhalb derer M , L und n jeweils Normaldaten für die Vollausnutzung darstellen. Die Typenreihen sind gekennzeichnet durch sog. System-Eigenschaften, die das qualitativ übereinstimmende Betriebs-Verhalten aller Einzelmaschinen der Typenreihen zum Ausdruck bringen, für das eben unsere „Konstanten“ das analytische Merkmal bilden.

Da nun unsere gewöhnlichen mechanischen Maschinen gemäss dem heutigen Stande der Technik in der Regel mit elektrischen Maschinen gekuppelt werden, die mechanische Kraftmaschine mit dem elektrischen Generator, die mechanische Arbeitsmaschine mit dem elektrischen Motor,

so erscheint es wünschenswert, die für eine solche Kuppelung in Betracht fallenden Leistungs-Drehzahl-Beziehungen der zu kuppelnden Einzelmaschinen zu diskutieren. Für Typenreihen gewöhnlicher elektrischer Maschinen¹⁾ gilt die Beziehung:

$$L n^5 = \text{Konstante}$$

einheitlich; dieselbe Beziehung gilt nach der oben gegebenen Darlegung aber auch einheitlich für die Kolbenmaschinen, sodass also zum Kuppeln elektrischer Maschinen mit Kolbenmaschinen die vollkommenste Uebereinstimmung in den Typenreihen zu erwarten ist. Da andererseits Pulsomaschinen und Turbomaschinen eine, gegenüber den elektrischen Maschinen abweichende, Leistungs-Drehzahl-Beziehung aufweisen, obwohl doch auch einfachste Formeln von Hyperbeln höherer Ordnung hier und dort den analytischen Ausdruck dieser Beziehungen bilden, so besteht dann für die zu kuppelnden Einzelmaschinen nicht mehr die bequeme Uebereinstimmung in den Typenreihen, die wir vorhin für zu kuppelnde Kolbenmaschinen und Elektromaschinen feststellen konnten. In welchem Masse sich die erörterten Verhältnisse praktisch etwa geltend machen, soll im Folgenden an Hand von Zahlen dargelegt werden.

Innerhalb der *elektrischen Maschinen* können wir vier Typenreihen, die wir als Langsamläufer, Normalläufer, Schnellläufer und Expressläufer (Turbodynamos) bezeichnen wollen, etwa durch folgende Formelgruppen, in denen L in PS, n in sek^{-1} gemessen werden sollen, darstellen:

$$\begin{aligned} \text{Langsamläufer:} & L n^5 = 5 \cdot 10^4 \\ \text{Normalläufer:} & L n^5 = 5 \cdot 10^6 \\ \text{Schnellläufer:} & L n^5 = 1 \cdot 10^8 \\ \text{Expressläufer:} & L n^5 = 5 \cdot 10^{10} \end{aligned}$$

Es mag erwähnt werden, dass für synchrone und gewöhnliche asynchrone Wechselstrom-Generatoren und -Motoren bei konstanter Wechselstrom-Frequenz die Leistungs-Drehzahl-Kurven natürlich keinen stetigen, sondern einen nach aufeinander folgenden Polpaarzahlen abgetrepten Verlauf aufweisen.

Aus unsern Formelgruppen, bzw. den ihnen entsprechenden Typenreihen elektrischer Maschinen entnehmen wir nun die Langsamläufer gemäss

$$L n^5 = 5 \cdot 10^4$$

um diese Typen-Reihe elektrischer Maschinen zunächst mit Typen-Reihen von Kolbenmaschinen kombinieren zu können, da Kolbenmaschinen innerhalb der Typen-Reihen gewöhnlicher mechanischer Maschinen ihrerseits auch vorwiegend als „Langsamläufer“ erscheinen. In der nebenstehenden Abbildung erscheint die Reihe:

$$L n^5 = 5 \cdot 10^4$$

als Kurvenbild aufgezeichnet, wobei als Ordinaten, anstelle der pro sek verstandenen n , auf die Minute bezogene n_{min} benützt wurden, um die Anschaulichkeit der Beziehung zu erhöhen. Die bezügliche Kurve:

$$L n^5 = \text{Konstante}$$

unserer Abbildung kann nun ohne weiteres auch für eine Typen-Reihe gewöhnlicher Dieselmotoren, sowie auch für eine Typen-Reihe vertikaler Kolbendampfmaschinen im Gebiete von Normalleistungen zwischen 100 und 1000 PS als zutreffend erkannt werden. Somit sind solche Kraftmaschinen ohne weiteres mit den unserer Reihe entsprechenden Langsamläufern von elektrischen Generatoren kuppelungsfähig; in der Tat weist die Praxis das Bestehen

¹⁾ Als «nicht gewöhnliche» elektrische Maschinen im Sinne dieser Beziehung sind die elektrischen Bahnmotoren festzustellen, wie in Bd. LIII, Seite 308 (12. Juni 1909) dargestellt ist.

zahlreicher bezüglicher Maschinengruppen auf. Es soll nun untersucht werden, wie die Typen-Reihe elektrischer Langsamläufer gemäss:

$$L n^5 = 5 \cdot 10^4$$

zu einer Typen-Reihe von Turbomaschinen, beispielsweise zu einer Typen-Reihe von Francis-Turbinen, passt, wobei weiter die durch die Daten 600 PS sowie 136 Uml/min festgelegte Maschinengrösse auf elektrischem und auf hydraulischem Gebiet von vornherein als zusammenpassend vorausgesetzt werden sollen; dann muss also auf hydraulischem Gebiet der Verlauf einer Typen-Reihe:

$$L n^2 = 600 \left(\frac{136}{60}\right)^2 = 3090$$

in Betracht gezogen und mit unserer elektrischen Typen-Reihe verglichen werden, indem, ebenfalls bei Ersatz der n durch n_{min} in der Abbildung, unsere hydraulische Reihe, die beispielsweise Francis-Normalläufern bei $n_s = 200$ pro Minute für ein Gefälle von 9,5 m entspricht, als Kurve:

$$L n_{\text{min}}^2 = \text{Konstante}$$

ebenfalls zur Darstellung gebracht wird; diese Kurve schneidet die andere, für langsamlaufende elektrische Generatoren passende, natürlich im Punkte 600 PS, 136 Uml/min, während im übrigen eine Uebereinstimmung nicht besteht, ja übrigens gar nicht bestehen kann. Für Leistungen unter 600 PS passen zu Einzelmaschinen aus der hydraulischen Reihe solche elektrische Einzelmaschinen, die sich den Normalläufern nähern, bzw. aus Zwischen-Reihen zwischen:

$$L n^5 = 5 \cdot 10^4$$

und:

$$L n^5 = 5 \cdot 10^6$$

entnommen werden müssen, also sog. „Spezialkonstruktionen“ bedingen. Für Leistungen über 600 PS ist im Vergleich mit der Reihe unserer elektrischen Langsamläufer die hydraulische Reihe:

$$L n^2 = 3090$$

überhaupt zu verwerfen und durch eine schnellerlaufende, beispielsweise bei gleichbleibendem Gefälle also durch eine Reihe von Francisturbinen mit $n_s > 200$ pro Minute zu ersetzen.

Dieses Beispiel mag genügen, um die Bedeutung der abgeleiteten Leistungs-Drehzahl-Beziehungen für die Diskussion der möglichen Zusammensetzungen elektrischer und mechanischer Maschinen zu gekuppelten Gruppen darzulegen. Unsere Entwicklungen, zu denen uns in erster Linie Erwägungen der vergleichenden Maschinenlehre, insbesondere das Bestreben der Hervorhebung gleicher Eigenschaften von scheinbar gänzlich verschiedenen Maschinenarten, führten, erweisen sich damit als fruchtbar für eine rasche und übersichtliche praktische Projektierungs-Tätigkeit.

Neue Aufnahme-Gebäude der Bahnhöfe Brugg und Augst der S. B. B.

Arch. Alb. Froelich, Zürich.

Schon mancher hat sich bei der Durchfahrt in Brugg darüber gewundert, wie die S. B. B. es fertig bringen, in heutiger Zeit so vornehme Hausteine-Bauten zu errichten. Das kam so. Das alte Bahnhofgebäude in Brugg war, gleich jenem von Zug (jetzt nach Wollishofen versetzt), ein für seine Zeit stattlicher Bau, bis unters Dach in Hausteine ausgeführt, was man sich damals, wie es scheint, leisten konnte (Abb. 1, nächste Seite). Es war aber erweiterungsbedürftig, sodass man am ursprünglichen Grundriss die seitlichen Flügel verlängern musste, um die nötigen Diensträume unterzubringen (vergl. Abb. 2 und 3). Dabei erwies es sich als wirtschaftlich, die Flügel aufzubauen bis unter die nun einheitlich durchlaufende Dachfirst des Hauptgebäudes, und dadurch im Ober- und Dachgeschoss insgesamt sechs Wohnungen zu gewinnen, gegenüber der einzigen Dienstwohnung im ursprünglichen Bau. Zugänglich sind diese Wohnungen durch die beiden stadseitigen Treppentürme, die durch eine offene Vorhalle miteinander verbunden sind (Abb. 3 bis 6).