Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 15/16 (1890)
Heft: 2

Artikel: Ueber electrische Kraftvertheilung und Krafttransmission
Autor: Denzler, Albert
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-16364

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: 11.07.2025

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

INHALT: Ueber electrische Kraftvertheilung und Krafttransmission. Von Dr. Albert Denzler, Privat-Docent für Electrotechnik am eidgen. Polytechnikum (Fortsetzung). — Neu-Zürich. — Miscellanea: Rheincorrection. Schweizerischer Bundesrath. — Necrologie: William Mayor. Ludwig Keiser. — Literatur: Schweizerischer Bau- und Ingenieur-Kalender. Schweizerisches Gewerbeblatt. — Vereinsnachrichten: Société fribourgeoise des Ingénieurs et Architectes. Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. Stellenvermittelung.

Hiezu eine Tafel: Das Verwaltungsgebäude der Gotthardbahn in Luzern. Erbaut von Arch. K. Mossdorf. Grundrisse.

Ueber electrische Kraftvertheilung und Krafttransmission.

Von Dr. *Albert Denzler*, Privat-Docent für Electrotechnik am eidgen. Polytechnikum.

(Fortsetzung)

An diese einleitenden allgemeinen Bemerkungen knüpfe ich zunächst eine kurze Besprechung der Electromotoren und ihrer wichtigsten Eigenschaften, verglichen mit andern Motorensystemen:

Electromotoren.

Der Electromotor kann allgemein als Maschine definirt werden, welche electrische Energie in mechanische umsetzt; man pflegt indessen die Bezeichnung Electromotor in der Regel nur für kleinere Maschinen dieser Gattung anzuwenden; für grössere Typen, wie sie bei den electrischen Kraftübertragungen vorkommen, spricht man von Secundärmaschinen, machines receptrices, zum Unterschied von den stromerzeugenden Dynamomaschinen, den Primärmaschinen oder machines génératrices.

Infolge der sogenannten Reversibilität des dynamoelectrischen Principes wirkt im Allgemeinen jede Dynamomaschine, welche sonst mechanische Energie in electrische umwandelt, auch als Electromotor, wenn ein von einer andern Quelle erzeugter electrischer Strom in dieselbe hineingeschickt wird. Thatsächlich sind auch die meisten unter den bis jetzt practisch verwendeten Electromotoren nichts anderes als gewöhnliche Dynamomaschinen. Allerlei technische Schwierigkeiten verhinderten früher häufig die Anwendung solcher Electromotoren, weil man ängstlich an den alten Formen festhielt und glaubte, dass sich die zu betreibenden Arbeitsmaschinen dem Motor anpassen müssten, anstatt dass dieser die Bedürfnisse der erstern zu berücksichtigen habe. Erst die neuere Zeit fieng indessen an, Electromotoren als solche zu bauen und die gebräuchlichen Dynamomaschinenconstructionen der jeweiligen Bestimmung des Electromotors entsprechend zu ändern und zu verbessern. Dies wurde erst möglich, nachdem man die Berechnung und Construction solcher Maschinen practisch zu beherrschen gelernt hat. Je nachdem neben einer vorgeschriebenen Leistung noch weitere Bedingungen, z. B. über maximales Gewicht oder über die Tourenzahl, über den Aufstellungsort oder die Verbindung mit den zu betreibenden Arbeitsmaschinen gegeben sind, wird der Bau des Motors entsprechend modificirt, gleichviel ob dabei die äussere Form des ursprünglichen Modelles gänzlich verloren geht oder nicht; Hauptsache ist, dass den gestellten Anforderungen möglichst vollständig Genüge geleistet und der Motor in richtiger organischer Verbindung mit der Gesammtcombination steht. Während die Electriker früher den Satz aufstellten: Eine Dynamomaschine oder ein Electromotor muss an einem trockenen, hellen, saubern, staubfreien, leicht zugänglichen Orte montirt werden, heisst es jetzt: es ist bei der Fabrication des Motors darauf Rücksicht zu nehmen, dass derselbe in feuchten und staubigen Orten zu arbeiten hat. Nur durch consequente Durchführung solcher Grundsätze gelang es z. B.: betriebsfähige Tramwaymotoren zu bauen, welche fortwährend der Einwirkung von Staub, Schmutz, Schnee direct ausgesetzt sind, oder Electromotoren, welche in die Tiefe feuchter, heisser Bergwerksschächte mit ihnen zusammengekuppelte Centrifugalpumpen treiben. —

Unter den *Vorzügen*, welche den Electromotoren gegenüber andern Motoren-Systemen eigen sind, ist in erster Linie die aus den eben erwähnten zwei Beispielen sich ergebende, beinahe *unbeschränkte Verwendbarkeit*, auch an solchen Orten, wo andere Motoren gar nicht mehr in Frage kommen können, zu erwähnen.

Während Gasmotoren, Dampfmaschinen, Wassermotoren, Turbinen mehr oder weniger an ganz feste Fundamente in Parterre- und Kellerräumlichkeiten gebunden sind und alle ohne grosse Kosten und ohne bedeutenden Druck- und Wärmeverlust in den Zuleitungen nicht beliebig weit von der Hauptleitung, beziehungsweise von dem Dampfkessel entfernt aufgestellt werden dürfen, lässt sich ein Electromotor ebensogut im Keller, als auf dem Estrich eines Gebäudes, oder beweglich auf einem Wagen aufstellen; die Fundamentirung und die Zuführung der Cabel verursacht in der Regel sehr geringe Schwierigkeiten und Kosten, so lange es sich um Kleinmotoren von 5—8 HP handelt. Der Einfluss des Spannungsverlustes in den Cabeln fällt nicht wesentlich in Betracht, gleich viel ob der Anschluss an die stromzuführenden Hauptcabel 50 oder 100 Meter mehr oder weniger weit entfernt ist. —

Ein Electromotor kann in bewohnten Räumen placirt werden, da er weder merklich Wärme abgibt noch die Luft durch Verbrennungsgase etc. verunreinigt, wie dies bei Gas- und Petrolmotoren der Fall ist; sein *Gang* ist beinahe *geräuschlos*; trotz ähnlich hoher Tourenzahl verursacht er nicht das so störende Singen, welches schnellgehenden Turbinen gewöhnlich eigen ist und deren Aufstellung in gewissen Quartieren unmöglich macht; auch die Stosswirkungen der Motoren mit oscilirenden Organen fallen weg. —

Einen weitern und wichtigen Vorzug der Electromotoren bildet ihr *geringer Raumbedarf* mit dem höchstens derjenige von Hochdruckturbinen gleicher Leistung vergleichbar ist; eine 5 HP Dampfmaschine ohne Kesselanlage erfordert etwa 2—3 mal mehr Raum und ein entsprechender Gasmotor 3—5 mal mehr, je nachdem es sich bei diesem letztern um verticale oder horizontale Typen handelt. —

Ist der Platz auf dem Boden einer Werkstatt beschränkt, so lassen sich namentlich kleinere Electromotorenmodelle ohne Anstand auch vertical gegen die Wand oder verkehrt gegen die Decke montiren. Die relativ hohe mittlere Tourenzahl erlaubt in manchen Fällen, wo sonst Vorgelege zur Uebersetzung vom Langsamen ins Schnelle nöthig sind, schnellgehende Arbeitsmaschinen mit Electromotoren zusammen zu kuppeln und noch häufiger Zwischenvorgelege durch directen Riemenantrieb zu vermeiden, oder Schmirgel- und Polirscheiben, Fraisen, Klemmfutter direct auf die verlängerte Motorwelle aufzusetzen.

Auf ähnliche Weise, wie es möglich ist Dynamomaschinen zu bauen, welche selbstthätig die Klemmenspannung ganz oder annähernd constant erhalten, wenn der Stromverbrauch im äussern Schliessungskreis variirt, lässt sich bei Electromotoren blos durch die Art der Bewickelung erreichen, dass deren Tourenzahl innerhalb gewisser Grenzen constant bleibt, unabhängig von der jeweiligen Kraftleistung, beziehungsweise Beanspruchung des Motors.

Meistens genügt es, wenn die Tourenzahl solcher *selbstregulirender Motoren* für volle Belastung und Leerlauf um nicht mehr als 10—12 % differirt. Wo mehr verlangt wird, lässt sich, allerdings zum Theil auf Kosten des Nutzeffectes, die Bewickelung so ändern, dass der Motor auf 1—2 % genau regulirt, abgesehen vom Einfluss der Erwärmung. Wird die Bedingung gestellt, dass die Geschwindigkeit einer oder derselben Arbeitsmaschine innerhalb sehr weiter Grenzen, z. B. von 25—100 % wechseln könne, so lässt sich dies mit einem Electromotor gleichfalls und ohne Schwierigkeiten erreichen, jedoch mit dem Unterschied, dass die Aenderung der Tourenzahl nicht mehr automatisch, sondern durch Handregulirung bewirkt wird; diese Operation besteht einfach in dem Verstellen des Contacthebels eines Drahtwiderstandsrahmens. Es darf behauptet werden, dass kein anderes Motorensystem eine so einfache und sichere Regulirung besitzt, die sich allen Verhältnissen

anpassen lässt, wie dasjenige der Electromotoren. Selbst die Rotationsrichtung eines Electromotors lässt sich durch Umstellen eines Doppelhebels beliebig ändern. Ein ebenso günstiges Resultat ergibt sich mit Bezug auf den *Nutzeffect* der Electromotoren; von einem guten System kann verlangt werden, dass 80 % der gesammten electrischen Energie, welche in einen 4 HP Motor hineingeführt wird, an der Riemenscheibe wieder erhältlich ist; für grössere Motoren erhöht sich der mechanische Nutzeffect bis auf 88 und 90 Procent, während er umgekehrt auch für ganz kleine Modelle von nur $^1/_4$—$^1/_2$ HP nicht unter 70 % herabgehen darf, insofern für die Electromagnete Schmiedeisen verwendet wird. Dabei ist noch ausdrücklich zu bemerken, dass die Betriebssicherheit für die kleinen Maschinen von weniger als 1 HP keineswegs geringer ist als für die stärkeren Typen.

Dass aber auch die absolute Betriebssicherheit, welche früher als der schwächste Punkt aller electrischen Maschinen betrachtet wurde, in Folge der fortgeschrittenen Technik eine solche geworden ist, welche derjenigen eines Gas- oder Petrolmotors gleichkommt, beweisen am besten längere Zeit in ununterbrochenem Betrieb befindliche electrische Beleuchtungsanlagen, bei denen die Dynamomaschine von einem Gasmotor betrieben wird. Es ergibt sich beinahe ausnahmslos, dass das Total der vorkommenden Betriebsstörungen und Reparaturen sich mindestens zu gleichen Theilen auf den Gasmotor und die electrische Maschine vertheilt. —

Die Bedienung eines Electromotors und die Manipulationen, welche mit dem Betriebe verbunden sind, gehören zum Einfachsten, was einem mit der Beaufsichtigung betrauten Angestellten zugemuthet werden kann. So bestehen die Operationen des Anlaufenlassens:

1. im Schliessen eines Ausschalters mit 2 Hebeln, wodurch der Strom in die Electromagnetwindungen eintritt und das magnetische Feld erzeugt; 2. im Schliessen des Armaturkreises mit gleichzeitiger allmäliger Verstärkung des Stromes, bis der Motor die volle Geschwindigkeit besitzt; dies wird bewirkt, indem der Contacthebel eines Regulirwiderstandes vom äussersten Segment an von rechts nach links gedreht wird.

Beim Abstellen ist die umgekehrte Reihenfolge zu beobachten und wenn thunlich die Arbeitsmaschine vorher auszukehren.

Ist es nöthig, während des Betriebes die Geschwindigkeit etwas zu erhöhen oder zu vermindern, so kann dies entweder durch Reguliren an dem eben erwähnten, im Armaturkreis oder dann an einem in den Nebenschluss eingeschalteten Widerstand geschehen. Die Rotationsrichtung lässt sich mit Hülfe eines Doppelhebelumschalters nach Belieben ändern, wenn der Motor für bestimmte Zwecke abwechselnd vorwärts und rückwärts laufen soll.

Schliesslich sind noch die Preise und Betriebsspesen der verschiedenen Motorensysteme für ähnliche Leistungen zu vergleichen.

Am günstigsten gestaltet sich hier die Sache bei kleinen Hochdruckturbinen; legen wir die Verhältnisse wie sie im Industriequartier der Stadt Zürich bestehen, zu Grunde, so betragen die Kosten einer Turbine, welche bei 140 Meter Druckhöhe, 6 Liter Wasserconsum pro Secunde und 2500 Touren 6—7 HP effectiv leistet inclusive Regulator, Schieberhahn, Fundament, Anschluss an die Hauptleitung und Ableitung des Wassers ca. 1100 Francs; für eine Druckhöhe von nur 60 Meter betragen die Installationskosten einer 7—8 HP Turbine etwa 1800 Fr., und die Tourenzahl ist 590.

Ein Schmid'scher *Wassermotor*, der bei 100 Meter Druck, 500 Liter Wasserverbrauch und 60 Touren pro Minute 8,3 HP leistet, kostet complet installirt mit Vorgelege etc. wenigstens *2000 Fr.*

Dies ist etwa der Preis eines 8 HP-*Electromotors*, der bei 110 Volts Klemmenspannung 800 Touren pro Minute macht, mit sämmtlichen nöthigen Nebenapparaten; dagegen beträgt derjenige eines 8 HP-*Gasmotors* fix und fertig installirt gegen 8000 Fr. — Aus den für die Turbinen angeführten Zahlen berechnet sich der Nutzeffect auf 60 % im einen und 65 % im zweiten Fall und zu 75 % für den Wassermotor. Für einen Grundpreis von 15 Cts. per Bruttopferdekraftstunde kostet eine HP-Stunde netto

25, resp. 23, resp. 20 Cts.

Arbeiten aber die Motoren in der Stadt, wo sie anstatt mit nicht filtrirtem Triebwasser unter viel ungünstigern Druckverhältnissen mit theurem Brauchwasser getrieben werden, so erhöht sich der Preis der Netto-HP-Stunde auf das 2—3fache, d. h. auf 50—70 Cts., je nach den localen Verhältnissen.

Für mittlere Gasmotoren mit Vorgelege lehrt die Erfahrung, dass man per effective HP-Stunde 1 m^3 Gas rechnen muss bei voller Belastung, 1,5 m^3 ungefähr bei halber und 1,8 m^3 bei Viertelsbelastung; einen Gaspreis von 22 Cts. per m^3 vorausgesetzt erhält man bei

Belastung	1	$^1/_2$	$^1/_4$
Gasconsum . . . Cts.	22	23	39,6,
Schmier- und Putzmaterial .	2	2	2
Kühlwasser	1	1	1
	25	36	42,6 Ct.

Da es unzulässig ist anzunehmen, der Motor arbeite stets mit voller Belastung, so darf als Preis der Nettopferdekraftstunde mindestens *30 Cts.* angesetzt werden.

Nehmen wir für einen 8 HP.-Electromotoren einen mittleren mechanischen Nutseffect von 80 % an und setzen voraus, der Strom werde von einer Centralstation für electrische Beleuchtung während des Tages zu reducirtem Preise etwa zu 50 Cts. per 1000 Voltampère-Stunden geliefert, wie dies in verschiedenen Städten mit gutem Erfolg geschieht, so berechnet sich hieraus die Netto-HP-Stunde auf *46 Cts.*

Abgesehen von den Bedienungsspesen und Reparaturen, die der Einfachheit halber für alle 3 Motorensysteme gleich gesetzt werden, bleibt noch die Amortisations- und Verzinsungsquote zu berücksichtigen. Bei 10 % Abschreibung und 3000 Arbeitsstunden pro Jahr macht dies für die

Turbine	Electromotor	Gasmotor
3,7	6,6	26 Cts.

per Betriebsstunde, oder per 1 HP-Stunde

0,55	0,83	3,25 Cts.

Als Schlussresultat würde sich ergeben, dass, abgesehen von Wassermotoren und Turbinen, die an städtische Trinkwasserleitungen angeschlossen sind, der electrische Betrieb am theuersten kommt; doch ist dabei der Umstand in Rechnung zu ziehen, dass die vorgenommene Vergleichung sich auf einen 8 HP-Motor bezieht; würde dieselbe für eine Leistung von nur $^1/_2$ HP durchgeführt, so erhielte man absolut natürlich ein schlechteres, mit Bezug auf den Electromotor jedoch ein relativ besseres Verhältniss da Kraftleistung und Gasverbrauch kleiner Gasmotoren nicht proportional abnehmen. Viel günstiger gestaltet sich natürlich die Rechnung, wenn eine billige Kraft zum Betriebe der stromerzeugenden Dynamomaschine zur Verfügung steht und auch die Anlage des Leitungsnetzes durch Verwendung von Luftcabeln, die direct zu den Electromotoren führen, vereinfacht werden kann; diese Möglichkeit bietet sich sehr häufig in Fabriken, Mühlen etc., welche eigene electrische Beleuchtungsanlagen besitzen und vielleicht noch über überschüssige Triebkraft verfügen; die während des Tages nicht benützte Dynamomaschine liesse sich dann direct gewinnbringend zur Speisung von Electromotoren verwenden, welche bei den in der Nähe wohnenden Handwerkern aufgestellt werden könnten.

Aber selbst unter der Voraussetzung, es müsse die primäre Dynamomaschine neu angeschafft werden und es sei zu ihrem Betriebe Dampfkraft erforderlich, ergibt sich, dass noch eine ganz sichere Rendite aus einer solchen Anlage zu erwarten, ist. Als sehr wesentlicher Umstand ist nämlich zu berücksichtigen dass die mittlere tägliche Beanspruchung eine viel höhere und gleichmässigere ist als bei einer kleinen Centralstation für Glühlichtbeleuchtung von ähnlicher Capacität. Der Kraftverbrauch der Electromotoren bleibt das ganze Jahr hindurch ziemlich constant, während im Sommer, abgesehen

von grösseren Städten und Curorten, hier zu Lande das Lichtbedürfniss ein sehr beschränktes ist. Leicht zu verificirende Bau- und Betriebsrechnungen zeigen, dass in der Schweiz in einer Reihe industrieller Orte kleinere Kraftvertheilungsanlagen ganz lebensfähig wären, während daselbst Beleuchtungsanlagen selbständig gar nicht, sondern höchstens in Verbindung mit der Kraftvertheilung wirthschaftlich in Frage kommen könnten.

Die *Schaltungsmethoden* für Electromotoren richten sich nach den Beleuchtungssystemen, an welche dieselben angeschlossen werden; aber auch bei unabhängigen Kraftvertheilungsanlagen entspricht die Anordnung den gebräuchlichen Schaltungen von Glühlampen und Bogenlampen. Am häufigsten ist die gewöhnliche Parallelschaltung mit Anschluss an ein Leitungsnetz von constanter Spannung, wie dies auch die normale Schaltung für Glühlampen ist; sobald es sich um Installationen handelt, die sich über ausgedehnte Bezirke erstrecken, tritt das sogenannte *Dreileitersystem* an Stelle des einfachen *Zweileitersystems*.

Während in beiden Fällen Glühlampen von derselben Spannung z. B. von 120 oder 150 Volts gespeist werden, bietet sich für Electromotoren der Vortheil grössere Modelle an den ersten und dritten Leiter anzuschliessen, dieselben also mit einer Klemmenspannung von 2 × 120 oder 2 × 150 Volts arbeiten zu lassen und nur die kleinen Motoren von weniger als 2 HP mit 120 beziehungsweise 150 Volts zu betreiben; höhere Spannungen für diese letzteren zu benützen ist nicht thunlich, weil sonst so dünne, schwache Drähte für die Electromagnetwickelung der Motoren nöthig werden, wie sie für einen Laboratoriumsapparat, nicht aber für einen, practischen Zwecken dienenden Kleinmotor verwendbar sind.

Die Vorzüge des Dreileitersystems liegen auch für reine Kraftvertheilungsnetze in den geringen Anlagekosten gegenüber einer Zweileiteranlage von derselben Ausdehnung und gleichem Spannungsverluste, ferner in der leichtern Erzielung einer gleichförmigen Stromvertheilung im Leitungsnetz.

Befinden sich die Electromotoren annähernd regelmässig um die Centralstation herum vertheilt, so lässt sich mittelst eines Dreileiternetzes und 250 Volts constanter Spannung die Kraftvertheilung über ein Gebiet von 9—10 km^2 in rationeller Weise ausdehnen, d. h. die entferntesten Motoren befinden sich in einer Distanz von 1,5 *km* von der Centralstation. In der Schweiz dürften wenig industrielle Orte existiren, für welche ein noch grösserer Rayon erforderlich wäre; meistens wird in unsern Verhältnissen die Mehrzahl der Kraftconsumstellen innerhalb eines Kreises von 2 *km* Durchmesser liegen.

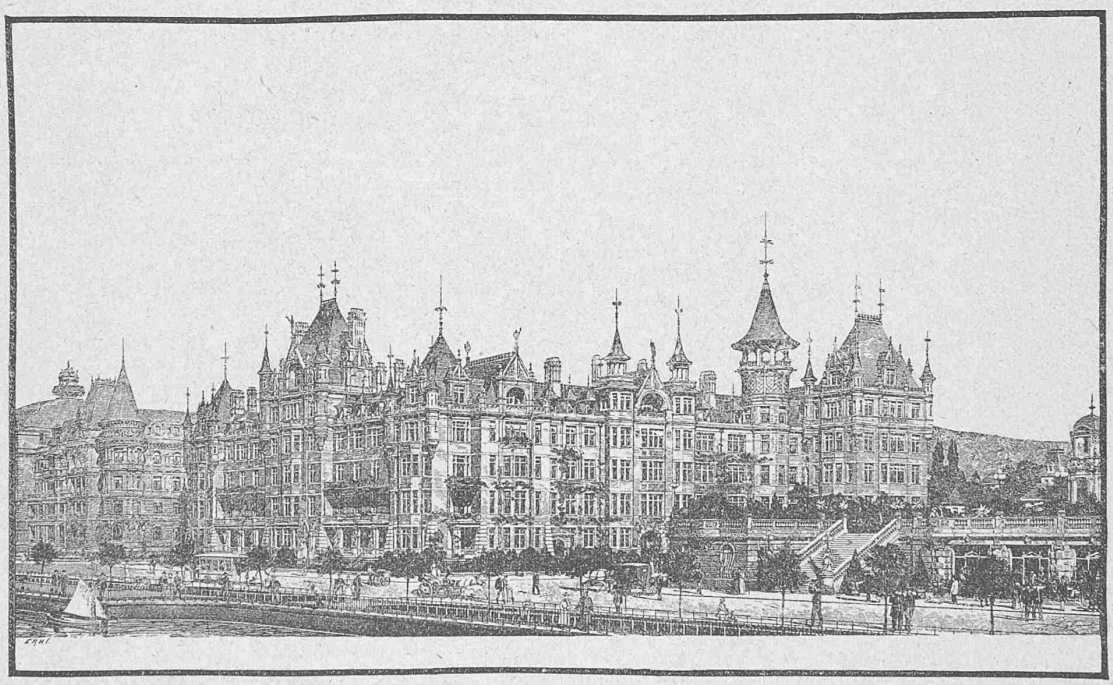
In Ausnahmefällen liessen sich mit höheren Spannungen von 300—400 Volts oder durch Anwendung des Fünfleitersystems noch ausgedehntere Bezirke von einer Centralstation aus mit Kraft versehen. (Schluss folgt.)

Neu-Zürich.

II.

Nach diesen einleitenden Bemerkungen möge es uns gestattet sein, näher auf die Beschreibung der einzelnen Bauwerke der Ernst'schen Vorlage einzutreten. Wir beginnen mit der

Gallerie. Die Anordnung derselben im Grundriss ist dem auf Seite 1 veröffentlichten Kärtchen zu entnehmen. Wir haben bereits erwähnt, dass deren Hauptabmessungen nicht viel von der Mailänder Gallerie verschieden sind, die von allen überdeckten Kaufhallen Europa's als die grossartigste und schönste gilt und nicht nur einen Hauptanziehungspunkt für die Fremden, sondern auch einen Sammelpunkt für die Einheimischen bildet. — Noch in viel höherem Maasse wird dies von der Zürcher Gallerie gesagt werden können, die in unvergleichlich schönerer Lage, nach allen Seiten freistehend, mit ihren gewaltigen Abmessungen, ihrer 70 Meter hohen Kuppel, von weit her sichtbar das Bild Zürichs beherrschen wird.

Die Gallerie wird im Erdgeschoss und im Entresol nur Magazine grössten Stils aufnehmen, die zur Zeit keine genügend grossen Räume in der Stadt finden konnten. Damit soll dem jetzt schon ausgesprochenen Bestreben der Bewohner der ganzen Ostschweiz, ihre Bedürfnisse direct aus Zürich zu beziehen, möglichst Vorschub geleistet werden. Im Theil gegen das „Bellevue" soll ein Clubhaus mit grössern und kleinern Festräumen Platz finden. Die oberen Stockwerke werden von Wohnungen eingenommen, deren Wohnzimmer nach dem See, beziehungsweise nach der Tonhallestrasse und deren Schlafzimmer nach der Gallerie

Häuser-Viertel am Alpen-Quai zu Zürich.
Architekt: H. ERNST in Zürich.