

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 73/74 (1919)  
**Heft:** 10

**Artikel:** Die Entwicklung des elektrischen Fördermaschinen-Antriebs  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-35684>

### **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:** 21.01.2026

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

Projekt Nr. 8: weil das Verwaltungsgebäude ausserhalb des Wettbewerbsgebietes projektiert wurde,

Projekt Nr. 40: weil ausser einem Situationsplan keine Pläne und auch kein Modell eingereicht wurden.

Im ersten Rundgang werden wegen mangelhafter Auffassung und ungenügender Lösung der Aufgabe ausgeschieden: Nr. 1, 4, 6, 22, 25, 26, 29, 31, 32, 37, 39, 41 = 12 Projekte.

Im zweiten Rundgang werden wegen erheblicher städtebaulicher und ökonomischer Mängel ausgeschieden: Nr. 7, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 20, 21, 24, 27, 34, 38. Ferner scheiden Nr. 19 und 36 aus, weil die Inanspruchnahme des Kantonsschulturnplatzes für Verwaltungs- oder Gerichtsgebäude programmwidrig ist. Es scheiden somit in diesem Rundgange 15 Projekte aus.

Im dritten Rundgang werden die verbleibenden 11 Projekte folgendermassen beurteilt:

(Nr. 2, 3, 12, 13 und 17 folgen in nächster Nr. Red.)

Nr. 18 „1899/1919“. Hinsichtlich Strassenführung, Platzgestaltung und Stellung der öffentlichen Bauten ist die Aufgabe vorzüglich gelöst. Namentlich die Anpassung an die bestehenden Bauten ist mit grossem Verständnis, mit Feinfühligkeit und einfachen Mitteln gefunden worden. Der Bericht gibt hinsichtlich der alten Quartiere eine Anzahl von Anregungen, die das Preisgericht als sehr beachtenswert hält und unterstützt. Die Erweiterung des Kunsthauses ist unter Berücksichtigung des Landolthauses und unter Vermeidung zu strenger Symmetrie gut gelöst. Im Grundriss-system wird bei ökonomischer Ausnutzung des Raumes und klarer übersichtlicher Gestaltung der Charakter des Verwaltungs- und Gerichtsgebäudes gut gewahrt. Das Projekt entspricht in allen Teilen den gestellten Anforderungen in hohem Masse.

(Fortsetzung folgt).

## Die Entwicklung des elektrischen Fördermaschinen-Antriebes.

(Schluss von Seite 97.)

Der zweite Teil der betreffenden Abhandlung behandelt den Aufbau einer Fördermaschine und ihre Einzelteile, während der dritte Teil in ausführlicher Weise die eingangs erwähnten verschiedenen Antriebsysteme behandelt. Es würde uns zu weit führen, hier auf Einzelheiten näher einzugehen. Wir beschränken uns darauf, die am Schluss dieses dritten Absatzes gebrachte Zusammenstellung über die Eignung der einzelnen Antriebsysteme für die verschiedenen Betriebsverhältnisse und den die Tabelle ergänzenden Schlussabsatz wiederzugeben.

**Leonardschaltung** (Einfacher Umformer und Umformer mit Schwungrad- bzw. Batteriepufferung). Es steht ausser Zweifel, dass die grösste Genauigkeit der Steuerung, sowie die vollkommene Beherrschung der Maschine bei Leonardschaltung (vergl. das Schema Abbildung 10) erreicht wird. Bei keinem andern

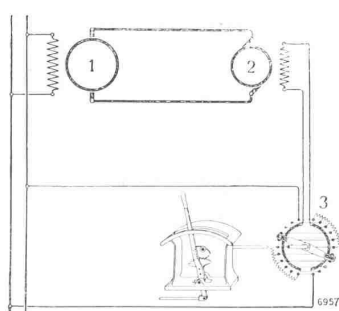


Abb. 10. Schema der Leonard-Schaltung.

1 Gleichstrom-Motor; 2 Anlass- oder Steuer-Dynamo; 3 Steuer-Widerstand.

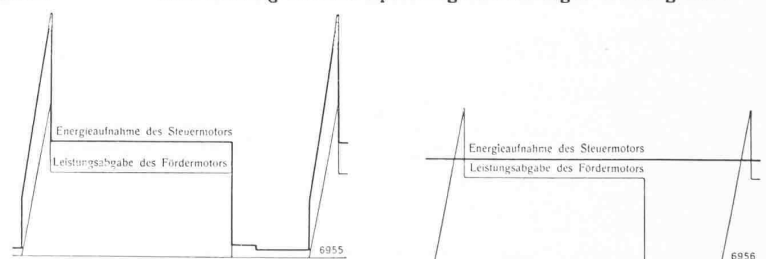


Abb. 11 und 12. Leistungs-Diagramme einer Treibscheibe-Fördermaschine mit Gleichstrom-Antrieb, links mit einfachem Leonard-Umformer, rechts mit Schwungrad-Umformer.

System ist die Geschwindigkeit durch die Lage des Steuerhebels eindeutig bestimmt, wie gross die Last auch ist, oder nach welcher Richtung sie auch wirkt, bei keinem andern System ist eine automatische Stillsetzung genau an der Hängebank für alle Belastungen möglich.

Ferner werden bei Schwungrad-, bzw. bei Batteriepufferung die Belastungsschwankungen durch die Puffereinrichtung ausgeglichen, sodass der Förderbetrieb keine ungünstige Rückwirkung auf das Netz ausübt (vergl. die beiden Leistungsdiagramme Ab-

bildung 11 und 12). Aber auch beim einfachen Umformer steigt beim Anfahren die Leistungsaufnahme des Umformermotors nur allmählich, sodass die automatischen Regler der Zentrale im allgemeinen gut folgen können und störende Spannungsschwankungen im Netz vermieden werden.

Diesen Vorteilen gegenüber stehen die hohen Anschaffungskosten und als Folge der grossen Anzahl der Maschinen ein wenig günstiger Wirkungsgrad, der noch durch den Umstand verschlechtert wird, dass der Umformer in den Förderpausen weiter läuft und Leerlaufenergie verzehrt. Der Wirkungsgrad wird besonders ungünstig, wenn eine Pufferung vorgesehen ist. Da Puffereinrichtungen auch sehr bedeutende Anlage- und Unterhaltungskosten erfordern, wird man diese nur vorsehen, wenn eine unbedingte Notwendigkeit vorliegt.

**Kommutatormotor.** Die erwähnten Nachteile der Leonard-Anlagen haben die Entwicklung und Einführung des Kommutatormotors, der sich dank seiner grossen Regelfähigkeit für Fördermaschinenantrieb sehr gut eignet, begünstigt. Infolge seiner geringen Anfahrverluste wird sich der Kommutatormotor, wenigstens im Vergleich mit dem Induktionsmotor, besonders dort als wirtschaftlich erweisen, wo viele Manöver erforderlich sind. Andererseits macht ihn seine Seriecharakteristik weniger geeignet für Maschinen ohne Seilausgleich, da bei solchen ein fortwährendes Nachregeln der Geschwindigkeit notwendig wird.

Beim Anfahren steigt die dem Netz entnommene Leistung nur allmählich, wenn auch rascher als beim Leonardsystem ohne Pufferung. Immerhin können auch hier bei entsprechender Grösse des stromliefernden Kraftwerkes die automatischen Regler den Belastungsänderungen folgen und unzulässige Spannungsschwankungen verhindert werden.

Der Antrieb mittels Kommutatormotor wird in der Regel gegenüber Anlagen mit Leonard-Umformer ausser einem bessern Wirkungsgrad, eine Ersparnis an Anschaffungskosten ergeben, obwohl der Kommutatormotor an und für sich, infolge seines grossen Kupfergehaltes, eine teure Maschine ist.

**Induktionsmotor.** Ein Antrieb durch Induktionsmotor ergibt die geringsten Anschaffungskosten. Der Induktionsmotor ist ausserdem ein robuster Motor und deshalb für den schweren Fördermaschinenbetrieb besonders geeignet. Wenn er andererseits, was Regelfähigkeit anbelangt, den andern Antriebsystemen unterlegen ist, so gestattet er doch, sobald er mit der Rotor-Kurzschluss-Schaltung und der Regelbremseinrichtung ausgestattet ist, eine vollkommene Beherrschung der Maschine in allen Betriebsfällen. Seine grossen Anfahrverluste machen ihn ungünstig für häufiges Anfahren und für viele Manöver; man wird deshalb, wenn die Förderverhältnisse nicht schon unwiderruflich festliegen, die Nutzlast gross und die Fördergeschwindigkeit klein wählen, damit die Fahrzeit lang wird. Die höchste Wirtschaftlichkeit wird bei tiefen Schächten erreicht. Unvermeidlich sind beim Induktionsmotor die plötzlich auftretenden Stromstösse beim Anfahren; man wird sich deshalb stets fragen müssen, ob diese mit Rücksicht auf die im Netz hervorgerufenen Spannungsschwankungen zulässig sind.

**Grosse Leistungen.** Bei grossen Leistungen, von über etwa 800 PS, scheiden die Kommutatormotoren aus und es stehen sich nur noch Leonardschaltung und Induktionsmotor gegenüber. Hierbei gelten die gleichen Gesichtspunkte wie vorher: Legt man das Hauptgewicht auf eine eindeutige Steuerung, so wird man sich für Leonardschaltung entscheiden; ist dagegen die Kostenfrage ausschlaggebend, so wählt man den Induktionsmotor.

Bei grossen Induktionsmotoren verdient der Einfluss der beim Anfahren auftretenden plötzlichen Stromstösse erhöhte Aufmerk-

samkeit. Diese werden sich in der Form von Spannungsschwankungen im Netz unangenehm bemerkbar machen, wenn nicht die Leistung der Zentrale im Verhältnis zum Energieverbrauch der Fördermaschine sehr gross ist.

**Turbofördersystem.** Für das Turbofördersystem (vergl. das Schema Abb. 13) gilt hinsichtlich Beherrschung der Fördermaschine und Genauigkeit der Steuerung das Gleiche, was bereits bei der Leonardschaltung gesagt wurde; dagegen ist bei diesem System der Wirkungsgrad viel günstiger. Seine Verwendung ist aber nur in solchen Fällen möglich, in denen eine genügende Wechselstrom-Grundbelastung vorhanden ist und die Zentrale in geringer Entfernung von der Fördermaschine liegt.

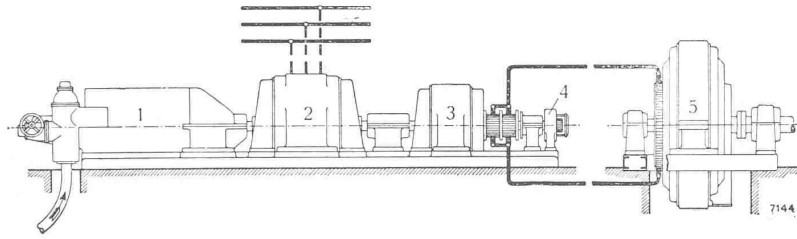


Abb. 13. Schema des Turbo-Fördersystems.  
1 Dampfturbine; 2 Drehstromgenerator; 3 Steuerdynamo; 4 Erregermaschine zu 2; 5 Fördermotor.

**Wahl des Systems.** Zum Schluss sei noch betont, dass es nicht möglich ist, allgemein gültige Regeln aufzustellen, aus denen jeweils das am besten geeignete Antriebssystem ohne weiteres hervorginge. Es ist vielmehr von Fall zu Fall eine eingehende Prüfung und Berechnung auf Grund aller in Betracht kommenden Verhältnisse nötig, bevor eine Entscheidung getroffen werden kann. Das vorstehend Gesagte kann deshalb bei der Wahl eines Systems nur als Wegleitung dienen.

## Miscellanea.

**Städtische Momentreserven für elektrische Beleuchtung mit besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse in Zürich.** Unter diesem Titel hatten wir vor fünf Jahren die ungewöhnlichen Beleuchtungs-Umformerstationen Letten und Selnau des Elektrizitätswerkes der Stadt Zürich einer eingehenden kritischen Betrachtung unterzogen (Seite 231, 238, 256 von Band LXIV, November 1914), wobei wir zum Schluss der Erwartung Ausdruck verliehen, dass das angewandte, höchst unwirtschaftliche System kaum auf eine lange Anwendungszeit kommen dürfte. Nun finden wir uns der überraschenden Tatsache gegenüber, dass der Stadtrat von Zürich dem Grossen Stadtrat die Erstellung einer dritten derartigen Beleuchtungs-Umformerstation im *Drahtzug* in Zürich 7 vorschlägt. Diese Station, die vier Haupttransformatoren zu je 4000 kW, drei Beleuchtungsgruppen zu je 1500 kW, drei Strassenbahn-Umformergruppen zu je 1000 kW, zwei Akkumulatorbatterien (je eine für Beleuchtung und für Strassenbahnbetrieb) und eine Beleuchtungs-Sekundär-Transformatoranlage umfasst, ist einschliesslich Landerwerb, Gebäude und Hochspannungszuleitung auf acht Millionen Fr. veranschlagt.

Zur Unterstützung dieser Weisung dient ein gedrucktes Gutachten, das sich der Stadtrat von den Elektrizitätswerkdirektoren Professor H. Studer, Bern-Zürich, A. Zaruski, St. Gallen, und E. Oppikofer, Basel, ausstellen liess. Ganz abgesehen davon, dass die drei Experten ihre dem Antrage zustimmenden Ansichten durch keine einzige im Gutachten mitgeteilte technische oder wirtschaftliche Berechnung begründen, scheinen sie uns an der Beantwortung der ihnen gestellten Hauptfragen vorbeigegangen zu sein. Die erste Hauptfrage lautete: „Sind für die Stromabgabe für Beleuchtung ab Station Drahtzug,

Eigenschaften	Leonardschaltung			Kommutatormotor	Induktionsmotor
	Einfacher Umformer	Schwungrad-Umformer	Turbofördersystem		
Leistungsgrenze	praktisch unbegrenzt			bis etwa 800 PS	praktisch unbegrenzt
Genauigkeit der Steuerung	sehr genau			genau	je nach Steuersystem mässig bis genau
Gang der Steuerung	sehr leicht			Kraftaufwand von mehreren kg	je nach Steuersystem leichter oder schwerer
Eindeutigkeit*)	für alle Geschwindigkeiten vorhanden			nicht vorhanden	nicht vorhanden
Anfahren und Drehzahlregelung	verlustlos			verlustlos	mit Widerstandsverlusten verbunden
Energiespitze beim Anfahren	allmählich anwachsend	durch Schwungrad ausgeglichen	von Kesselbatterie aufgenommen	allmählich anwachsend und abgerundet	plötzlich in voller Stärke auftretend
Energierückgewinnung bei negativer Last	möglich bei allen Geschwindigkeiten			möglich bei allen Geschwindigkeiten	möglich bei normaler Geschwindigkeit (Kurzschlusschaltung erforderlich)
Stillsetzung mittels Antriebmotor	möglich unter Energierückgewinnung			möglich unter Energierückgewinnung	nur möglich unter Energieaufnahme
Automatische Stillsetzung (Retardierung)	mit grosser Genauigkeit möglich; nach erfolgtem Stillstand muss Haltebremse angezogen werden			möglich; nach erfolgtem Stillstand muss Haltebremse angezogen werden	bei Kurzschlusschaltung und Regelbremsung möglich, ohne dass Haltebremse betätigt zu werden braucht
Art des Antriebes	fast immer direkt			über Vorgelege	über Vorgelege
Wirkungsgrad	mässig	ungünstig	günstig	günstig	im allgemeinen mässig; bei tiefen Schächten und wenigen Manövern jedoch günstig
Anzahl Maschinen für volle Leistung	zwei Motoren, ein Generator	zwei Motoren, ein Generator, Schwungrad	ein Motor, ein Generator	ein Motor	ein Motor
Anschaffungskosten	eher hoch	hoch	mässig	mässig	gering

\*) Unter Eindeutigkeit wird die Eigenschaft verstanden, dass die Geschwindigkeit unbeeinflusst bleibt durch die jeweilige Last und somit für eine bestimmte Steuerhebelstellung eindeutig bestimmt ist.