

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 30 (1939)  
**Heft:** 18

**Artikel:** Elektromotoren  
**Autor:** Elmer, J. / Hopfenwieser, S.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1060871>

### **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:** 16.01.2026

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

## Elektromotoren<sup>\*)</sup>.

Von J. Elmer, Zürich-Bern<sup>1)</sup> und S. Hopferwieser, Baden.

621.313.13 : 621.34

Im ersten Teil werden die Bedingungen, die die Elektrizitätswerke für den Anschluss von Motoren stellen müssen, besprochen. Der ständige Ausbau der Netze lässt die Stromstösse der anlaufenden Asynchronmotoren weniger zur Auswirkung kommen als früher. Der Anlauf eines Kurzschlussankermotors lässt sich vorteilhafter nach der aufgenommenen Scheinleistung beurteilen als nach dem bisher üblichen Vielfachen des Nennstromes. An Hand von Oszillogrammen wird das Verhalten von Kurzschlussankermotoren verschiedener Bauart diskutiert. Der sich durchsetzende Einzelantrieb fördert das Interesse an Motoren bis etwa 7,5 kW. Die heutigen Verhältnisse dürften erlauben, solche Motoren immer mehr für Kurzschlussanlauf zuzulassen.

Im zweiten Teil werden die Aufgaben der Antriebstechnik behandelt und die Fortschritte dargelegt, die sich mit der Vervollkommenheit der elektromotorischen Antriebe auch im Bau und Betrieb der Arbeitsmaschinen ergaben. Sie haben zum Ziel, die Arbeitsmaschinen zu befähigen, bei erhöhter Sicherheit für Mann und Material mehr, besser und billiger zu produzieren. Eine besonders wichtige Rolle kommt dabei den elektrischen Steuerungen zu, die in beständiger Entwicklung begriffen sind.

### Betriebsverhalten und Anschlussbedingungen.

E. — Dem Motorenbau stellt sich die zweifache Aufgabe, die elektrischen Eigenschaften zu verbessern und die Motoren immer mehr den Bedürfnissen der Industrie anzupassen. Diese beiden Forderungen vertragen sich nicht immer, denn unter Umständen kann ein betriebstechnisch günstiges Verhalten nur durch einen schlechteren Wirkungsgrad erkauft werden. Früher konnte man sich darauf beschränken, die Motoren entsprechend dem Stande der Technik möglichst vollkommen zu bauen. Dieser Verbesserung des Motors an sich kommt auch heute noch dem am meisten verbreiteten, dem Kurzschlussankermotor, die grösste Bedeutung zu. Er ist der einfachste und billigste Antrieb, von dem man vor allem einen guten Wirkungsgrad und geringe Wartung verlangt. Im Gegensatz dazu sind bei den industriellen Anwendungen, die alle Motorarten umfassen, in erster Linie technologische Forderungen ausschlaggebend; sie können die blosse Charakteristik des Motors oder auch besondere Schaltvorrichtungen und Apparate betreffen. Infolge der gegenseitigen Abhängigkeit ist ein Fortschritt nur durch Zusammenarbeit aller beteiligten Kreise, des Maschinenbauers, des Elektrotechnikers und der Fachleute aus einer bestimmten Industrie möglich. Schliesslich sind auch noch die Elektrizitätswerke zu nennen, die für die Energieverteilung unter möglichst günstigen Verhältnissen sorgen, die aber ihrerseits gewisse Ansprüche an die anzuschliessenden Motoren geltend machen.

Die Verbreitung der Drehstrommotoren mit Kurzschlussanker wird durch die Anschlussbedingungen der Elektrizitätswerke stark beeinflusst. Die

La première partie traite des conditions que les distributeurs d'électricité doivent imposer pour le raccordement des moteurs. Par suite du développement continu des réseaux, les à-coups au démarrage des moteurs asynchrones se font moins sentir que par le passé. On peut mieux juger du démarrage d'un moteur à induit en cage d'écureuil par la puissance apparente absorbée que par le courant de démarrage exprimé jusqu'à présent en multiple du courant nominal. Des oscillogrammes permettent de discuter la manière dont se comportent les différents types de moteurs à induit en cage d'écureuil. La commande individuelle, qui se répand toujours davantage pousse à l'emploi de moteurs jusqu'à 7,5 kW. Les conditions actuelles semblent permettre d'admettre de plus en plus ces moteurs pour le démarrage en court-circuit.

La seconde partie traite des problèmes de la commande des machines et mentionne les progrès dans la construction des machines-outils par suite du perfectionnement des moteurs de commande. Le but de ces commandes est de permettre aux machines de produire mieux et à meilleur compte, tout en augmentant la sécurité pour le personnel et pour le matériel. Un rôle important revient aux dispositifs électriques de commande qui sont en plein développement.

Werke selber lassen sich zur Hauptsache unterteilen in:

1. Verteilnetze ausschliesslich für Motorenbetrieb, also mit getrennten Licht- und Kraftleitungen.
2. Einzelanlagen, z. B. grosse Fabriken, mit eigenen Transformatorenstationen.
3. Städtische und Ueberland-Netze mit gemeinsamen Verteilanlagen für Licht, Kraft und Wärme.

Leistungsfähigkeit des Werkes, Ausbau des Netzes, bzw. Lage und Art der Verbraucher, bedingen die Anschlussbegrenzungen. In Ueberlandnetzen wird man in erster Linie auf gutes und störungsfreies Licht selbst am Ende längerer Leitungen achten müssen, während man in städtischen Netzen heute den viel strengeren Anforderungen medizinischer Apparate auf konstante Spannung genügen muss. Die schweizerischen Elektrizitätswerke werden in immer grösserem Masse durch Wärmeapparate beansprucht<sup>2)</sup>. Dabei steigt nicht nur die Gesamtleistung dieser Verbraucher von Jahr zu Jahr, sondern auch deren Einzel-Anschlusswert. Die Gesamtbezüge aus den Werken erreichen im Mittel kaum 17 Prozent, selbst für Spitzen nur etwa 30 Prozent der Anschlussleistungen<sup>3)</sup>. Die Ausnützung der Leitungen hängt von den Tarifen ab, speziell für Lieferung von Tag- und Nachtenergie, sowie von der längeren oder kürzeren Benützungsdauer der Verbraucher. Auf alle Fälle zwingt diese Entwicklung zu einer Verstärkung der Leitungen. Dieser Ausbau kommt dem Anschluss von Kurzschlussankermotoren mit ihrem früher so gefürchteten Einschaltstrom zugut, indem sich die Stösse nicht mehr so empfindlich auswirken können.

Es wäre interessant, zu wissen, welche Erfahrungen von den Werken gesammelt wurden, die seit dem Spannungsumbau aus Ersparnisgründen Moto-

<sup>\*)</sup> Das Thema war Gegenstand der Diskussionsversammlung des SEV vom 10. Juni 1939 in Zürich; der Bericht darüber erscheint später im Bulletin des SEV.

<sup>1)</sup> Unter freundlicher Mitwirkung von Herrn Tr. Heinzelmann, Bern.

<sup>2)</sup> SEV: Statistik der Elektrizitätswerke der Schweiz, Stand Ende 1936. Ausgabe 1937, S. 151.

<sup>3)</sup> Siehe daselbst (2)) graphische Darstellung S. 153/154.

ren für direkten Anlauf zugelassen haben, die früher in Stern-Dreieck angelassen werden mussten. Vielleicht könnten sie die Grundlage bilden für eine grosszügige Weiterentwicklung der Werkvorschriften.

Die Anschlussbedingungen unserer Elektrizitätswerke lauten heute schon wesentlich günstiger als früher. So gestatten unsere Ueberland- und städtischen Werke, je nach Ausbau, für Normalspannung 220/380 V den Anschluss von Kurzschlussankermotoren für Leistungen von 4 bis 7,5 kW, direktes Einschalten aber nur bei 2 bis 3 kW. Im allgemeinen wird auf den Einschaltstrom als Vielfaches des Normalstromes abgestellt. Die aufgenommene Scheinleistung kennzeichnet aber den Anlaufvorgang viel besser und es dürfte sich empfehlen, diese Bewertungsart allgemein einzuführen.<sup>4)</sup> Als erstes Werk haben die Bernischen Kraftwerke Werte für die Anlaufscheinleistung in ihrem neuen Entwurf für die Werkvorschriften aufgenommen.<sup>5)</sup> Für direktes Einschalten liegt die Grenze heute bei 20 kVA Scheinleistung, um der Landwirtschaft den Anschluss von 2,5-kW-Motoren zu ermöglichen, für grössere Motoren mit Stern-Dreieckanlauf bei 16 kVA. Gleichzeitig wird auch die pro kW zulässige Aufnahme begrenzt. Damit wird Ordnung in die Anlaufverhältnisse gebracht und ein Schutz des guten Motors gegenüber dem minderwertigen angestrebt.

Der Ausbau der Werke ist in hohem Masse eine Rentabilitätsfrage. Der Querschnitt der Leitungen wird nicht nur bedingt durch den Einschaltstrom der Motoren, sondern auch durch die Schmelzcharakteristik der vorzuschaltenden Sicherungen. Sofern der SEV Hochleistungs- und träge Sicherungen für Hausinstallationen zulässt, wird es möglich sein, kleinere Leiterquerschnitte bei Motorenanschlüssen zu verwenden und damit die Leitungskosten zu vermindern.

Ganz allgemein ist man bestrebt, den Anschluss von Kurzschlussankermotoren zu fördern. Wie die Tabelle I zeigt<sup>6)</sup>, haben sich die elektromotorischen Antriebe merkwürdig stetig entwickelt.

Tabelle I.

Jahr	Motoren Anzahl	Leistung kW	kW pro Motor
1912	50 000	211 000	4,2
1916	82 000	302 000	3,7
1919	112 020	452 000	4,0
1922	141 440	488 700	3,5
1925	177 750	592 800	3,3
1929	249 000	731 000	2,9
1936	347 000	896 000	2,6
1938	400 000	1 000 000	2,5

Die Durchschnittsleistung der Motoren nimmt jährlich ab und kennzeichnet damit das unaufhaltsame Vordringen des Einzelantriebes. Nicht nur Industrien und Fabriken, sondern auch kleinere Betriebe, Gewerbe und Landwirtschaft, stellen sich

auf Einzelantrieb um, weil sich eben diese Antriebsart gegenüber dem Gruppenantrieb als rationeller erweist. Das Interesse für kleine Motoren, bis etwa 7,5 kW (10 PS) Leistung, wird immer grösser, das Bedürfnis, Kurzschlussankermotoren bis zu dieser Leistung uneingeschränkt zuzulassen, damit immer häufiger und zwingender. Die günstige Entwicklung der Verteilnetze einerseits und die Fortschritte in der Verringerung des Einschaltstromes andererseits werden erlauben, das Gebiet für direkten Anschluss von Kurzschlussankermotoren immer mehr zu erweitern.

Beim Kurzschlussankermotor (KA) hängt der Einschaltstrom grundsätzlich nur vom Motor selbst ab, dessen Dauer hingegen von der Last. Absoluter Wert und gegenseitiges Verhältnis von Stromstoss, Anzugsmoment und Leistungsfaktor lassen sich bis zu einem gewissen Masse durch Zahl und Abmessungen der Nuten beeinflussen; dies hat zum Bau der heute üblichen Vielnut- und Tiefnutanker (TNA)-Motoren geführt. Für weitergehende Forderungen und von einer je nach Polzahl verschiedenen Leistungsgrenze an dürfte hingegen der Stromverdrängungsanker heute wohl das beste Mittel darstellen, um den Stromstoss erheblich zu vermindern oder das Anzugsmoment zu erhöhen. Beim Doppelnutmotor erhält der Läufer statt nur eine, zwei konzentrisch angeordnete Käfigwicklungen, den sogenannten Doppelkäfig, die sich im Anlauf derart beeinflussen, dass der Stromstoss wesentlich kleiner, das Anzugsmoment aber grösser wird. Im Gegensatz zum gewöhnlichen Kurzschlussläufer arbeitet also der Doppelkäfiganker (DKA)-Motor mit einem mit der Rotorfrequenz veränderlichen Widerstand, eine Eigenschaft, die sich auch für gewisse praktische Fälle als äusserst wertvoll erweist.

Was man durch richtige Abmessungen der elektrisch aktiven Teile erreicht, sei an Hand von Oszillogrammen erläutert. In den normalen Stator eines 7-kW-Motors, 4polig, 380 V, wurden nach-

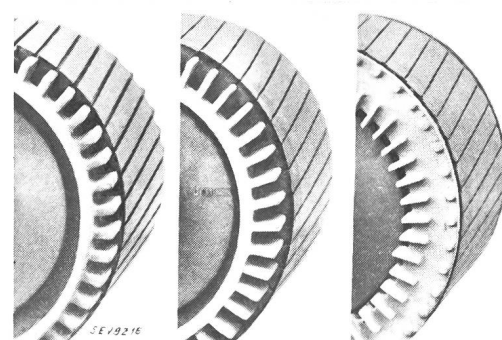
a)  
Kurzschluss-  
anker (KA)b)  
Tiefnutanker  
(TNA)c)  
Doppelkäfig-  
anker  
(DKA)

Fig. 1.

Rotoren zu Motor von 7 kW, 4polig, 380 V.

einander die in Fig. 1 gezeigten Rotoren eingesetzt, und zwar KA-TNA-DKA, deren Charakteristiken aus Fig. 2 ersichtlich sind. Oszillogramm Fig. 3 wurde mit leeranlaufendem Motor, Fig. 3 bei An-

<sup>4)</sup> P. Michaelis: Neue Entwicklungslinien im Kleinmaschinenbau. Disk-Vers. SEV vom 10. Juni 1939. — St. Hopferwieser: Mehr Kurzschlussankermotoren, Bull. SEV 1938, Nr. 14, S. 365.

<sup>5)</sup> Tr. Heinzelmann, Anschlussbedingungen der Elektromotoren, Disk-Vers. SEV vom 10. Juni 1939.

<sup>6)</sup> Siehe Fussnote 2.

lauf mit einer bestimmten Last aufgenommen. Die Zahlenwerte (Tab. II) sprechen für sich selbst.

Tabelle II.

	Rotor	KA	TNA	DKA
Einschaltstrom (leer und unter Last) . . . . . A		87	71	60
Anlaufzeit leer . . . . . s		0,16	0,22	0,21
Anlaufzeit bei Vollast . . . . . s		1,55	2,75	2,26
Nennstrom . . . . . A		14	14,3	14,5
Anlaufscheinleistung . VA/kW		8150	6650	5600
Für Stern-Dreieckanlauf lauten die entsprechenden Zahlen:				
Einschaltstrom in Stern . . . A		25,2	20,6	18,3
Anlaufscheinleistung . VA/kW		2360	1930	1750

Motoren für Stern-Dreieckanlauf sind in zahlreichen Fällen dazu berufen, Motoren mit gewickeltem Anker zu ersetzen. Durch systematische Versuche wurde nachgewiesen, dass Schleifringankermotoren in der Regel unsachgemäss bedient

werden und damit ganz unzulässig hohe Stromstösse verursachen. Zuverlässiger arbeitet der Zentrifugalanlassermotor; einen weiteren Fortschritt bringt der neue COMBI-Motor der Maschinenfabrik Oerlikon, mit besonderer Schaltfolge der Kontakte.

Abschliessend lassen sich diese Darlegungen über die Begrenzung des Einschaltstromes unter Anlehnung an die von den Bernischen Kraftwerken angestrebte Regelung in Tabelle III zusammenfassen:

Tabelle III.

Direktes Einschalten		
Einfachkäfig-Rotor . . . .	8100 VA/kW	Nutzleistung
Doppelkäfig-Rotor . . . .	6000 »	»
Gewickelter Rotor (verschiedene Varianten) .	3700 »	»
Stern-Dreieckschaltung		
Einfachkäfig-Rotor . . . .	2700 »	»
Doppelkäfig-Rotor . . . .	2000 »	»

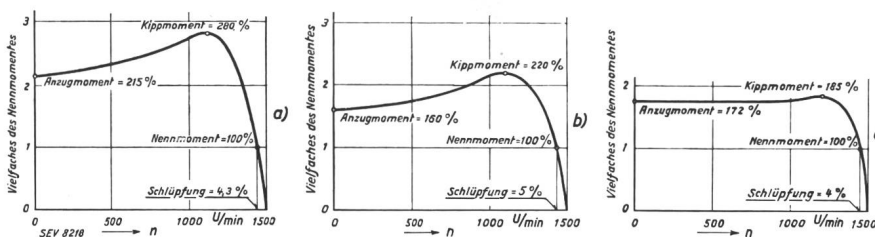
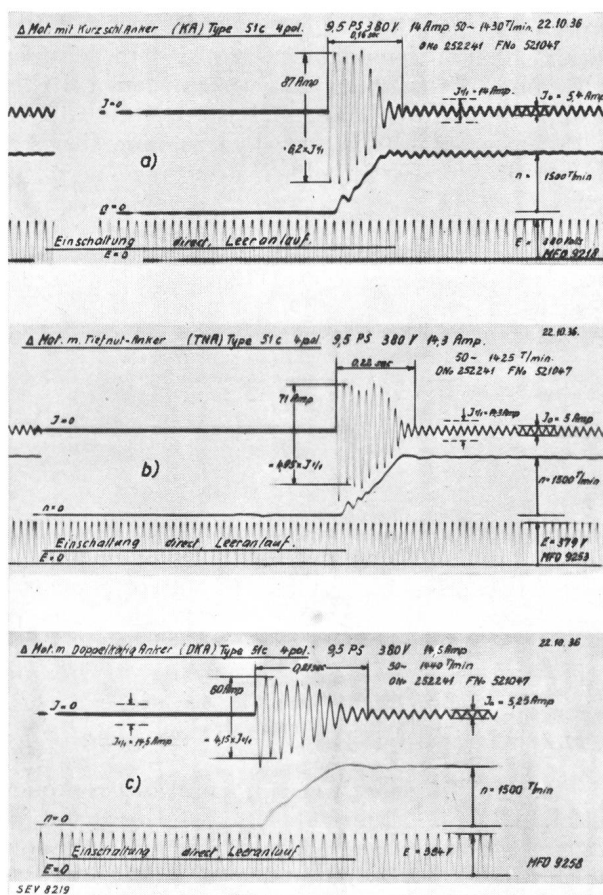


Fig. 2.

Drehmomentcharakteristiken

des 7-kW-Motors nach Fig. 1.  
a) KA b) TNA c) DKA

Fig. 3.  
Leeranlauf.

7 kW-Motor nach Fig. 1.

a) KA

b) TNA

c) DKA

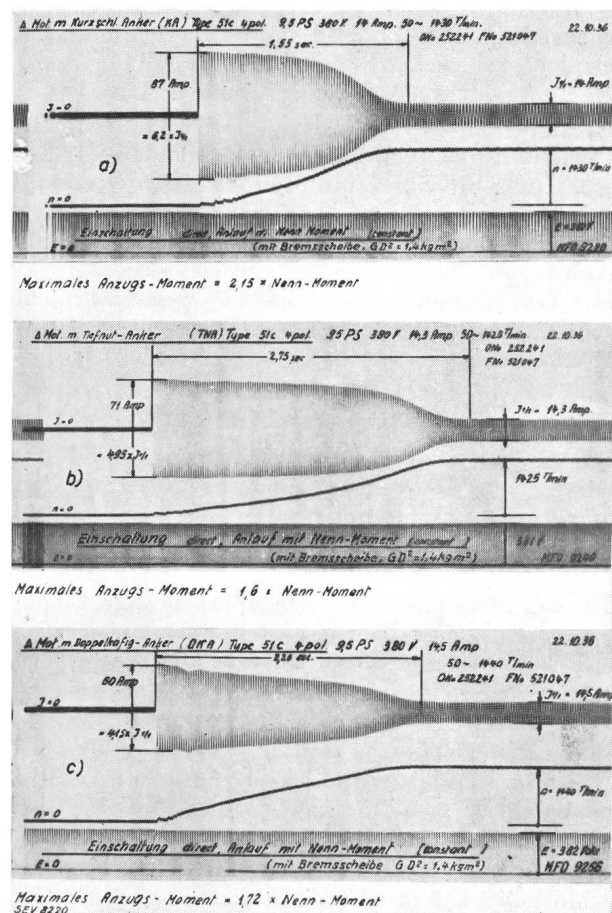


Fig. 4.

Anlauf unter Last.



Die Grenze für kleine Motoren liegt, wie schon erwähnt, bei 20 kVA, für mittlere Leistungen bei 16 kVA total. Diese Zahlenwerte für die Anlaufscheinleistung mögen als Diskussions-Grundlage dienen, um dem Kurzschlussankermotor zu dem ihm gebührenden Platz und zu immer grösserer Verbreitung zu verhelfen.

Was übrigens die moderne Technik im Grossen zu leisten vermag, beweisen die Lieferungen für Industrieanlagen mit Einheitsleistungen von einigen Hundert bis mehreren Tausend kW, wo Kurzschlussankermotoren ohne schädliche Rückwirkung für die Umgebung direkt und unter Last eingeschaltet werden.

Für den Bau des Kurzschlussankermotors sind aber nicht nur Anschluss- und Anlaufbedingungen, sondern ebenso sehr mechanische Forderungen massgebend, denen er zu genügen hat. Schliesslich ist auch das Verhalten des Motors im Lauf zu erwähnen, wobei dessen Charakteristik der besonderen Art des Betriebes angepasst sein muss. So anspruchslos er in technischer Hinsicht ist, erweist sich doch der Kurzschlussankermotor in der Hand des geschickten Berechners als anpassungs- und äusserst leistungsfähiges Werkzeug für die Verwirklichung mannigfacher Aufgaben. Anzugsmoment, Einschaltstrom, Kippmoment (Ueberlastbarkeit), Schlupf, Art und Dauer der Arbeit, ruhig oder stossweise, Anlasshäufigkeit usw. sind Grössen, die sich durch die Wahl eines geeigneten Motortyps berücksichtigen lassen. Besonders zu erwähnen ist noch der polumschaltbare Motor, der immer mehr auch für regelbare Antriebe verwendet wird.

Weitergehenden Anforderungen bezüglich Charakteristik und Regulierfähigkeit genügen allerdings Kurzschlussankermotoren in ihren verschiedenen Bauarten nicht mehr. An ihre Stelle treten die übrigen Motorarten, für Drehstrom oder für Gleichstrom, die die rasche Entwicklung der industriellen Anwendungen bis zu dem heutigen hohen Stand der elektrischen Einzelantriebe ermöglicht haben.

#### Antriebstechnik.

H. — Das Bestreben, jede Arbeitswelle durch einen eigenen Motor anzutreiben, hat nicht nur den Bau von Arbeitsmaschinen aller Art stark beeinflusst und gefördert, sondern auch die Anforderungen an die Arbeitsweise des elektrischen Antriebes selbst sehr gesteigert. Man begnügt sich in vielen Fällen nicht mehr damit, dass der Motor die für den Arbeitsvorgang nötige Energie abgibt, sondern überbürdet dem Antrieb die Aufgabe, den Arbeitsvorgang besser und schneller auszuführen, die Bedienung zu erleichtern und die Sicherheit zu erhöhen. Fig. 5 und 6 zeigen drastisch das äussere Bild einer solchen Umstellung: Hier die Maschine mit dem Einmotorantrieb und den zahlreichen Riemen, um die primitivsten Bewegungsvorgänge auszuführen, dort die moderne Grosswerkzeugmaschine mit dem bis zur letzten Konsequenz unterteilten Mehrmotorenantrieb, der sich der Arbeitsweise jedes einzelnen Teiles der Maschine anpasst.

Die Probleme, die als Folge dieser Entwicklung dem Antrieb gestellt werden, gehen auf die technologische Aufgabe der anzutreibenden Maschine zurück. So führte die Notwendigkeit, bei gewissen Arbeitsmaschinen die Geschwindigkeit der verschie-

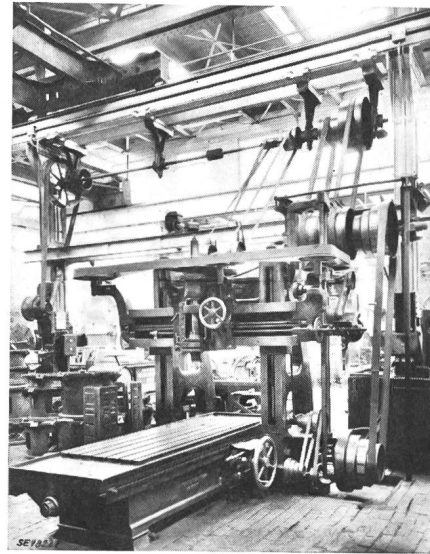


Fig. 5.  
Alte Fräsmaschine  
mit Riemenantrieb.

denen Teile genau einander anzupassen, zu *Gleichlaufschaltungen*, die mit einer durch andere Mittel unerreichbaren Genauigkeit den in jedem Zeitintervall vom Arbeitsgut an den verschiedenen Stellen der Maschine durchlaufenen Weg gleichhalten. Bei Mehr-Krempelsätzen in Streichgarnspinnereien z.B. müssen die drei Krempel synchron angelassen, be-

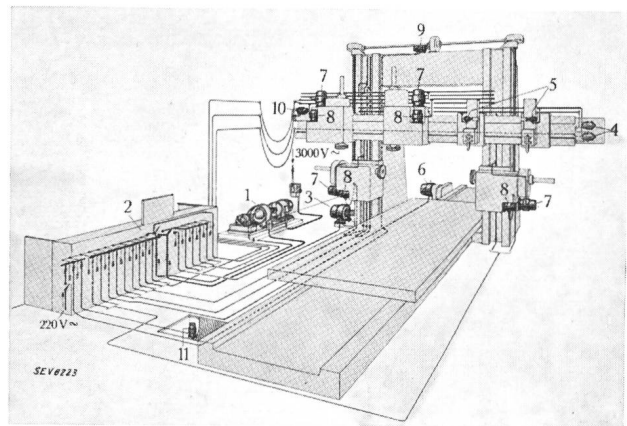


Fig. 6.  
Moderne Hobel- und Fräsmaschine  
mit Mehrmotorenantrieb.

trieben und stillgelegt werden, damit das von einer Krempel auf die andere übertragene Faserband nie gestaucht oder auseinandergezogen und mit stets gleich bleibender Garnnummer geliefert wird. Man treibt zu diesem Zwecke die einzelnen Krempel durch asynchrone Schleifringankermotoren an, deren Rotoren untereinander parallel geschaltet

sind und dadurch die relative Lage der Arbeitswel-  
len zueinander sichern.

Bei Textilveredelungsmaschinen handelt es sich  
manchmal darum, regelbare Motoren miteinander  
in Gleichlauf zu bringen. Es wird dabei keines-  
wegs bloss auf genau gleiche Geschwindigkeit al-  
ler Motoren reguliert, vielmehr muss es auch mög-

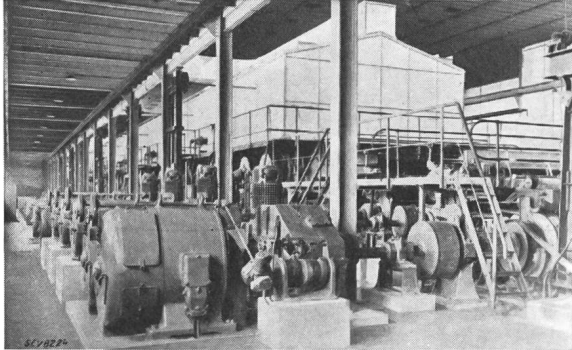


Fig. 7.

Mehrmotorenantrieb einer grossen Papiermaschine  
durch Nebenschluss-Kommutatormotoren.

lich sein, gewisse Geschwindigkeitsunterschiede ein-  
zustellen und beizubehalten, um trotz der Verän-  
derungen des Stoffes in der Maschine einen glatten  
Durchlauf sicherzustellen. Hier wird das Tuchband  
selbst für die Nachstellung der Drehzahl der Moto-  
ren benutzt, indem es sogenannte Kompensatoren  
durchläuft, die durch eine Kettenübertragung das  
Regulierungsorgan (Nebenschlussregler von Gleichstrom-  
motoren oder Bürstenverstellung von Nebenschluss-  
Kommutatormotoren) beeinflussen.

Unvergleichlich schwieriger ist die gleiche Auf-  
gabe bei Papiermaschinen (Fig. 7), weil die Ge-  
schwindigkeiten bei weitem höher sind und das Pa-  
pier eine viel kleinere Festigkeit hat, besonders im  
ersten Teil der Fabrikation, wo es nur eine nasse  
Faserschicht bildet. Man griff hier zu elektrischen  
Differentialen, die die Drehzahl der einzelnen An-  
triebsgruppen der Papiermaschine so regulieren,  
dass das Papierband zwischen den einzelnen Teilen  
der Maschine weder zu lose noch zu straff wird,  
d. h. weder Falten bildet noch reisst. Die Dehnungen  
in den Nasspressen und die Kürzungen in der fol-  
genden Trockenpartie ergeben Längenänderungen,  
die je nach der Papierqualität verschieden sind und  
bedingen, dass die innerhalb weiter Grenzen regu-  
lierbare Geschwindigkeit von Gruppe zu Gruppe  
eingestellt werden kann und dann das eingestellte  
Geschwindigkeitsverhältnis mit allergrösster Ge-  
nauigkeit beibehalten wird. Würde ein Walzenpaar  
auch nur um 1/100 hinter der Sollgeschwindigkeit  
zurückbleiben, so ergäbe sich bei 300 m/min Pa-  
piergeschwindigkeit schon in einer einzigen Minute  
eine Stauung des Papierbandes von 300 mm. Mit  
der Durchbildung des elektrischen Mehrmotoren-  
antriebes waren der Entwicklung der Papierma-  
schin nach grössten Arbeitsbreiten und Geschwin-  
digkeiten keine Grenzen mehr gesetzt. Heute laufen  
Papiermaschinen, ausgerüstet mit Mehrmotoren-  
antrieben schweizerischer Herkunft, bis zu 8 m Ar-

beitsbreite und 400 m/min Geschwindigkeit bei  
einer Produktion bis zu 200 t in 24 h, einem Viel-  
fachen der vordem möglich gewesenen Werte.

Ähnliche selbsttätige Gleichlaufsteuerungen  
werden auch für Antriebe in Walzwerken, sowie  
neuestens auch für Glasbänderziehmaschinen ange-  
wendet. In allen diesen Fällen griff die Antriebs-  
technik unmittelbar in den Produktionsvorgang ein  
und ermöglichte eine gewaltige Produktionssteige-  
rung bei gleichzeitiger Qualitätsverbesserung infolge  
des gleichmässigen Zuges im Arbeitsgut.

Elektrische Regulierungsmittel benutzt man auch,  
um die *Arbeitsgeschwindigkeit zyklisch veränder-  
lichen Prozessen selbsttätig anzupassen*. Ein Beispiel  
hiefür ist der Vorgang der veränderlichen Faden-  
spannung beim Ringspinnen, den die schweizerische  
Elektroindustrie (Brown Boveri) in den Jahren  
1907 und 1908 als erste durch Photographie des  
Ballons in den beiden Endstellungen des Ringes  
veranschaulichte und angab, wie reguliert werden  
muss — ein klassisches Beispiel für die methodische  
Forschung, mit der die Elektroindustrie die ihr ge-  
stellten Aufgaben zu lösen sucht. Diese Entwicklung  
führte in ihrer letzten Vollendung zum Dreiphasen-  
Nebenschluss-Spinnmotor mit aufgebautem Spinn-  
regler (Fig. 8). Die drei wesentlichen Regulier-  
grössen: Anspindrehzahl, Grund- und Lagendreh-  
zahl-Veränderung können im Stillstand, wie auch  
während des Betriebes, stufenlos und an drei Skalen  
ablesbar eingestellt werden. Die Drehzahländerungen  
passen sich so genau dem Spinnvorgang an, dass  
rascher gesponnen und dabei die Güte wie die Menge  
des Garns gesteigert werden kann.



Fig. 8.

Ringspinnmaschine,  
angetrieben durch Nebenschluss-Kommutatormotoren mit auf-  
gebautem Spinnregler.

*Erhöhte Genauigkeit* in der Einhaltung der ein-  
gestellten Drehzahl spielt oft bei der Metallbearbei-  
tung eine Rolle. Der neue Schnellwenderantrieb  
für grosse Tischhobelmaschinen verkürzt nicht  
nur die Umsteuerzeiten an den Wenden des Ti-  
sches, sondern hält auch die eingestellte Drehzahl  
durch einen am Antriebsmotor angebauten Stabili-  
sator, der die Erregung der Leonarddynamo beein-  
flusst, unabhängig von der Belastung genau ein.  
Gerade für die unteren Regulierdrehzahlen, bei  
denen sich der übliche Drehzahlabfall zwischen Leer-  
lauf und Vollast prozentual stark fühlbar macht,  
wirkt sich diese Stabilisierung sehr vorteilhaft aus,  
weil sie Werkstück wie Werkzeug schont.

Von grossem Interesse ist die fast paradox anmutende Feststellung, dass der Reguliermotor selbst für Antriebe, die mit immer gleicher Arbeitsdrehzahl laufen, grosse *Energieersparnisse* bringen kann. Dies gilt für die Verwendung des Nebenschluss-Kommutatormotors zu Hochleistungs-Zuckerzentrifugen, wobei sich durch den fast verlustlosen Anlauf und durch Nutzbremse gegenüber dem Betrieb mit Asynchronmotoren eine Energieersparnis von etwa 45 % nachweisen liess.

Zur *Erhöhung der Sicherheit* schuf die Elektroindustrie Schutzeinrichtungen nicht nur für ihre eigenen Erzeugnisse, sondern auch für elektrisch betriebene Arbeitsmaschinen. Die Motorschutzorgane schützen mit dem Motor in hohem Masse auch die Maschine vor schädlichen Ueberlastungen. Wo Arbeiter durch Maschinen gefährdet werden könnten, kann die elektrische Sicherheits-Notbremse des

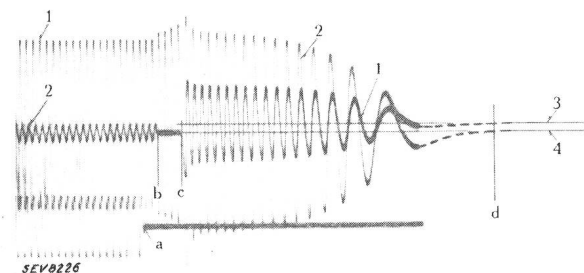


Fig. 9.  
Oscillogramm der Bremsung eines 440-kW-Synchromotors zum Antrieb einer Gummi-Walzenstrasse.  
Zeitmaßstab: 50 Hz = 1 Sekunde,  
5 Hz = 1 Umdrehung.

- |                           |                            |
|---------------------------|----------------------------|
| 1 Motorspannung.          | a Notschalter geöffnet.    |
| 2 Motorstrom.             | b Netzschutz schaltet aus. |
| 3 Nulllinie der Spannung. | c Bremschutz schaltet ein. |
| 4 Nulllinie des Stromes.  | d Motorstillstand.         |

Motors die Maschine sozusagen augenblicklich stillsetzen. Das Oscillogramm der Bremsung eines grossen Synchronmotors für den Antrieb von Gummiwalzen zeigt Fig. 9. Das Bremsmoment setzt in einer Stärke gleich dem siebenfachen Nennmoment des Motors ein und führt in weniger als einer Sekunde effektiver Bremszeit zum Stillstand.

Ein sehr wirksames elektrisches Arbeitsbremsverfahren für Asynchronmotoren, das besonders für Hochleistungshebezeuge mit grossem Erfolg einge-

führt wurde, ist die unter- und übersynchrone Senkbremsschaltung mit Umkehrphase. Auch hier liegt die Bedeutung nicht in der Beherrschung der elektrischen Vorgänge, sondern ausschliesslich in der Wirkung auf den mechanischen Teil: Leichtes und sicheres Bewegen der Last, Schonung der mechanischen Stoppbremse und der Getriebeteile, Steigerung der Umschlagsleistung.

Man sieht aus diesen wenigen Hinweisen, dass die Elektro-Antriebstechnik die ihr gestellten Aufgaben in erster Linie im Sinne einer *Verbesserung des Arbeitsvorganges* zu lösen sucht, ja dass sie manche Arbeitsvorgänge überhaupt erst ausführbar machte. Sie erhöhte die Wirtschaftlichkeit der Betriebe, nicht bloss durch Verbesserung des Verhältnisses von aufgenommener zu abgegebener Energie, sondern ungleich mehr noch durch bessere zeitliche Ausnützung der Maschinen, durch Steigerung ihrer Arbeitsleistung und Verringerung der Störungen. Wenn gesagt wird, dass Motor und Steuerung wie Hand und Kopf zusammenarbeiten, so ist damit der entscheidende Anteil der Steuereinrichtungen deutlich gekennzeichnet. In der Tat liegt der in den letzten Jahren auf dem Gebiete elektrischer Antriebe erreichte Fortschritt nicht zuletzt in der *Entwicklung der Steuerungen*. Sie sind nicht nur ein Mittel zur Erleichterung der Bedienung und Kontrolle, so wertvoll auch die dafür geschaffenen halb- oder ganz selbsttätigen Einrichtungen, Leuchtbilder zur Darstellung des augenblicklichen Arbeitszustandes usw. sind.

Die entscheidende Aufgabe der elektrischen Steuerungen liegt aber darin, dass sie den Arbeitsvorgang selbst überwachen und regeln, um mehr und bessere Arbeit zu leisten und die Sicherheit für Material und Menschen zu erhöhen. Zweifellos werden die zu ausserordentlicher Genauigkeit entwickelten Mittel der Messtechnik, Photozellen und Elektronenröhren in Zukunft noch mehr der Antriebstechnik dienstbar gemacht werden. Die Elektro-Arbeitsmaschine wird die landläufige Vorstellung von der Maschine als eines Mittels zur blossen Vervielfältigung der Muskelkraft weit überholen, weil sie den Arbeitsvorgang selbst überwacht und damit auch die menschlichen Sinne für die Bedienung der Maschine vervielfacht oder ganz ersetzt.

## Die Elektrowärme in der schweizerischen Energieversorgung.

Von Bruno Bauer, Zürich, und E. Stiefel, Basel.

621.311 : 621.36(494)

Nach einer kurzen Betrachtung der Rolle, die die Elektrowärme im Rahmen der Betriebswirtschaft der Elektrizitätsversorgung spielt, wird auf die Technik der Elektrowärme allgemein eingegangen. Der hochwertige Energieträger Elektrizität bietet neue Möglichkeiten der Wärmenutzung; die dabei sich stellenden Probleme sind schwierig — nur dem Laien scheinen sie einfach —, denn von der Elektrowärme erwartet man mehr als nur den Ersatz der Brennstoffe: Man erwartet von ihr eine Veredlung der Wärmebetriebe, eine Wertsteigerung der erzeugten Nutzwärme. Beim Abnehmer muss ein technisches Bedürfnis nach solch hochwertiger Nutzwärme vorliegen und er muss sie entsprechend bezahlen können. Im Elektrowärmebedarf kann damit ein verfeinertes Kriterium für den Bewirtschaftungsstand der Pro-

Quelques considérations sur le rôle de l'électrothermie dans l'exploitation des distributions d'électricité précèdent une étude plus spéciale de la technique de cette application. L'électricité, en tant que forme élevée de l'énergie, offre des possibilités nouvelles pour les applications thermiques; les problèmes qui se posent de ce fait sont compliqués, — seul le profane les croit très simples — car on attend davantage de l'électrothermie que le simple remplacement des combustibles; on en attend une amélioration de l'exploitation, une augmentation de valeur de la chaleur utile produite. Le consommateur doit avoir techniquement besoin de chaleur de haute qualité et doit aussi pouvoir la rétribuer en conséquence. Le besoin en chaleur produite à l'électricité, peut ainsi être considéré comme un baromètre raffiné de l'éco-