

**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:** 28.11.2025

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

## Elektromotoren\*).

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 Vervollkommnung 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

\*) 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.

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

<sup>3)</sup> Siehe daselbst <sup>2)</sup> 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

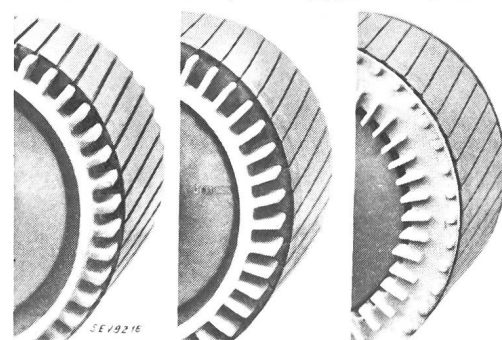
<sup>4)</sup> P. Michaelis: Neue Entwicklungslinien im Kleinmaschinenbau. Disk.-Vers. SEV vom 10. Juni 1939. — St. Hopferwieser: Mehr Kurzschlussankermotoren, Bull. SEV 1938, Nr. 14, S. 365.

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

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) Kurzschlussanker (KA)      b) Tiefnutanker (TNA)      c) Doppelkäfiganker (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 leerlaufendem Motor, Fig. 3 bei An-

<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 »	»

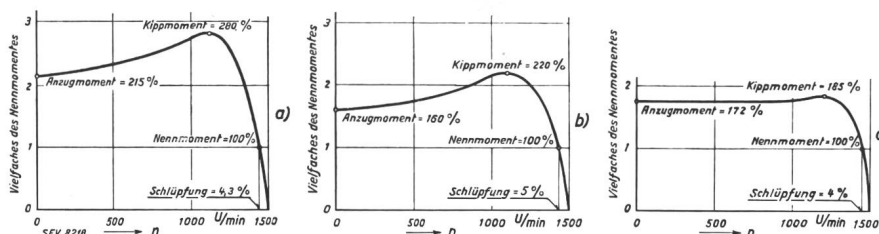


Fig. 2. Drehmomentcharakteristiken des 7-kW-Motors nach Fig. 1. a) KA b) TNA c) DKA

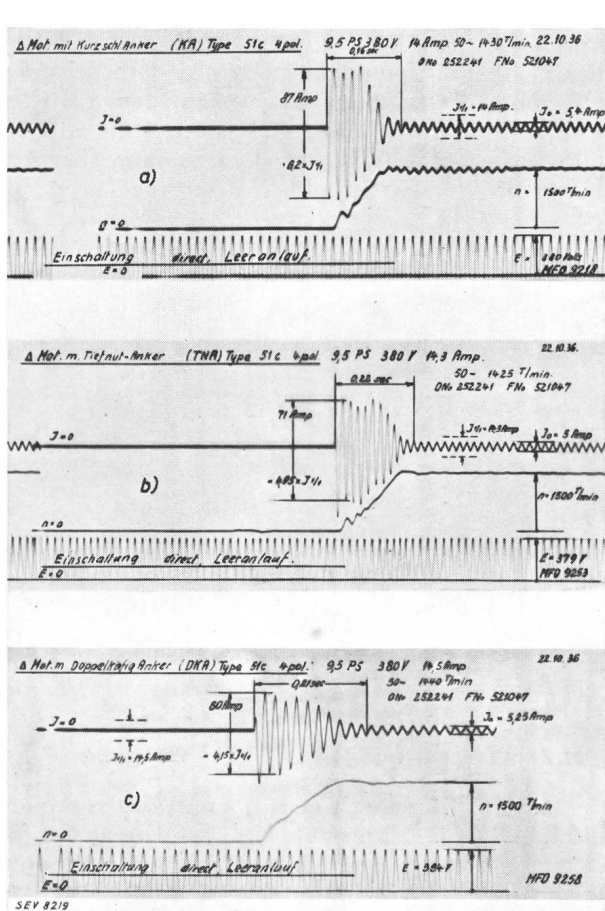


Fig. 3. Leeranlauf.

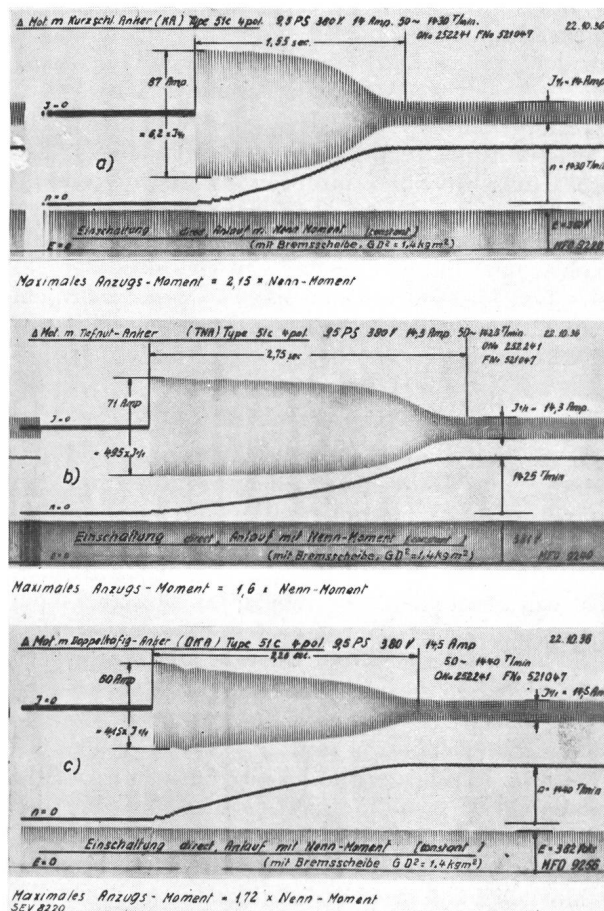
a) KA

7 kW-Motor nach Fig. 1.

b) TNA

Fig. 4. Anlauf unter Last.

c) DKA



Maximales Anzugs-Moment = 1,72 x Nenn-Moment

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-

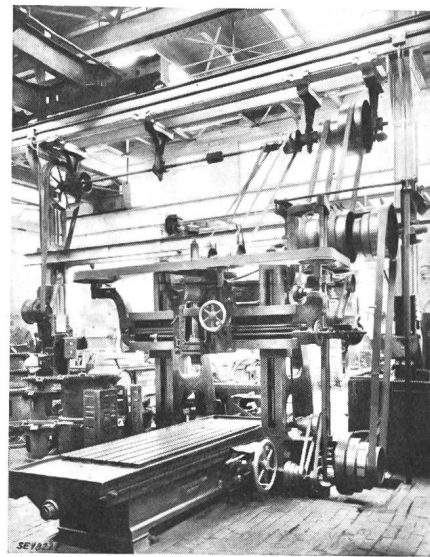


Fig. 5.  
Alte Fräsmaschine  
mit Riemenantrieb.

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-

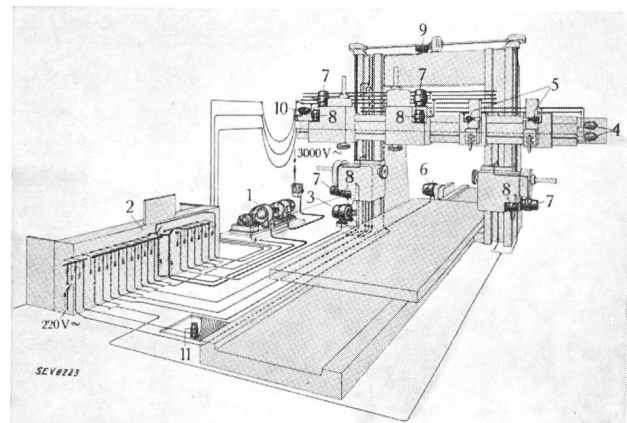


Fig. 6.  
Moderne Hobel- und Fräsmaschine  
mit Mehrmotorenantrieb.

trieben und stillgelegt werden, damit das von einer Krempel auf die andere übertragene Faserband nie gestaut 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 Arbeitswellen zueinander sichern.

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

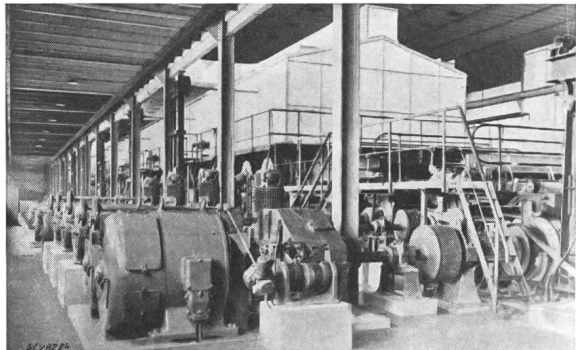


Fig. 7.

Mehrmotorenantrieb einer grossen Papiermaschine durch Nebenschluss-Kommutatormotoren.

lich sein, gewisse Geschwindigkeitsunterschiede einzustellen und beizubehalten, um trotz der Veränderungen des Stoffes in der Maschine einen glatten Durchlauf sicherzustellen. Hier wird das Tuchband selbst für die Nachstellung der Drehzahl der Motoren benutzt, indem es sogenannte Kompensatoren durchläuft, die durch eine Kettenübertragung das Regulierorgan (Nebenschlussregler von Gleichstrommotoren oder Bürstenverstellung von Nebenschluss-Kommutatormotoren) beeinflussen.

Unvergleichlich schwieriger ist die gleiche Aufgabe bei Papiermaschinen (Fig. 7), weil die Geschwindigkeiten bei weitem höher sind und das Papier 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 Antriebsgruppen 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 folgenden Trockenpartie ergeben Längenänderungen, die je nach der Papierqualität verschieden sind und bedingen, dass die innerhalb weiter Grenzen regulierbare Geschwindigkeit von Gruppe zu Gruppe eingestellt werden kann und dann das eingestellte Geschwindigkeitsverhältnis mit allergrösster Genauigkeit beibehalten wird. Würde ein Walzenpaar auch nur um 1/100 hinter der Sollgeschwindigkeit zurückbleiben, so ergäbe sich bei 300 m/min Papiergeschwindigkeit schon in einer einzigen Minute eine Stauung des Papierbandes von 300 mm. Mit der Durchbildung des elektrischen Mehrmotorenantriebes waren der Entwicklung der Papiermaschine nach grössten Arbeitsbreiten und Geschwindigkeiten keine Grenzen mehr gesetzt. Heute laufen Papiermaschinen, ausgerüstet mit Mehrmotorenantrieben schweizerischer Herkunft, bis zu 8 m Ar-

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

Ähnliche selbsttätige Gleichlaufsteuerungen werden auch für Antriebe in Walzwerken, sowie neuestens auch für Glasbänderziehmaschinen angewendet. In allen diesen Fällen griff die Antriebstechnik unmittelbar in den Produktionsvorgang ein und ermöglichte eine gewaltige Produktionssteigerung bei gleichzeitiger Qualitätsverbesserung infolge des gleichmässigen Zuges im Arbeitsgut.

Elektrische Reguliermittel benutzt man auch, um die *Arbeitsgeschwindigkeit zyklisch veränderlichen Prozessen selbsttätig anzupassen*. Ein Beispiel hierfür ist der Vorgang der veränderlichen Fadenspannung 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 gestellten Aufgaben zu lösen sucht. Diese Entwicklung führte in ihrer letzten Vollendung zum Dreiphasen-Nebenschluss-Spinnmotor mit aufgebautem Spinnregler (Fig. 8). Die drei wesentlichen Reguliergrössen: Anspindrehzahl, Grund- und Lagendrehzahl-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.

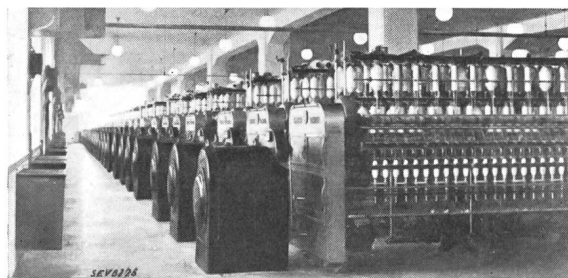


Fig. 8.

Ringspinnmaschine, angetrieben durch Nebenschluss-Kommutatormotoren mit aufgebautem Spinnregler.

*Erhöhte Genauigkeit* in der Einhaltung der eingestellten Drehzahl spielt oft bei der Metallbearbeitung eine Rolle. Der neue Schnellwenderantrieb für grosse Tischhobelmaschinen verkürzt nicht nur die Umsteuerzeiten an den Wegenden des Tisches, sondern hält auch die eingestellte Drehzahl durch einen am Antriebsmotor angebaute Stabilisator, der die Erregung der Leonarddynamo beeinflusst, unabhängig von der Belastung genau ein. Gerade für die unteren Regulierdrehzahlen, bei denen sich der übliche Drehzahlabfall zwischen Leerlauf 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 Nutzbremung gegenüber dem Betrieb mit Asynchronmotoren eine Energieersparnis von etwa 45 % nachweisen liess.

Zur *Erhöhung der Sicherheit* schuf die Elektroindustrie Schutzrichtungen 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-Notbremung des

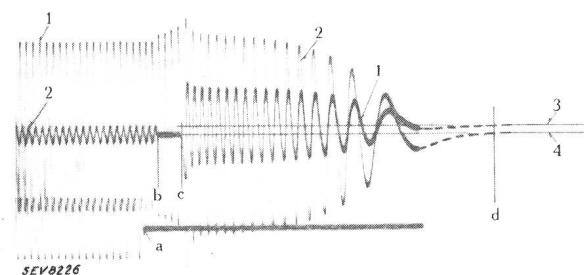


Fig. 9.  
Oszillogramm der Bremsung eines 440-kW-Synchromotors zum Antrieb einer Gummi-Walzenstrasse.  
Zeitmaßstab: 50 Hz = 1 Sekunde,  
5 Hz = 1 Umdrehung.

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

Motors die Maschine sozusagen augenblicklich stillsetzen. Das Oszillogramm 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-