

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 33 (1942)
Heft: 14

Artikel: Die mechanischen Grundlagen für den Entwurf elektromotorischer Antriebe
Autor: Hopferwieser, S.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1056682>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 24.12.2024

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

Die mechanischen Grundlagen für den Entwurf elektromotorischer Antriebe

Von S. Hopferwieser, Baden

621.34

Im Gegensatz zu anderen elektrischen Maschinen, die vorwiegend oder ausschliesslich durch elektrische Grössen bestimmt sind, hat sich der Elektromotor in erster Linie nach den Grössen zu richten, die Bau und Arbeitsweise der anzutreibenden Maschine kennzeichnen: Drehzahl, Drehrichtung, Drehmoment, Masse und Zeit, deren Einfluss auf die Wahl des Motors im folgenden darzustellen versucht wird.

Contrairement à d'autres machines électriques, qui sont uniquement ou presque uniquement déterminées par les grandeurs électriques, le moteur électrique dépend avant tout des grandeurs qui caractérisent la construction et le mode de fonctionnement de la machine qu'il doit entraîner: vitesse, sens de rotation, couple, masse et temps. L'auteur étudie quelles sont les influences de ces grandeurs sur le choix du moteur.

Man umschreibt die Aufgabe eines elektromotorischen Antriebes mit der Forderung nach bester Anpassung an die technologischen Erfordernisse des Arbeitsvorganges der anzutreibenden Maschine unter voller Wahrung der Betriebssicherheit, zum Zwecke einer Güte- und Mengensteigerung bei geringstem Bedienungs- und Aufsichtsaufwand¹⁾.

Diese Formel ist ebenso kurz als vollständig. Um in einem gegebenen Fall eine solche Aufgabe zu lösen, wird man sich aber darüber klar werden müssen, wie die Anpassung an technologische Erfordernisse überhaupt vollziehbar ist und welche Funktionen des Motors dafür heranzuziehen sind.

Ob der Motor eine Spinnmaschine, Pumpe, Werkzeugmaschine oder was immer antreibt, wird er sich nie selbst am Arbeitsvorgang beteiligen können. Seine Aufgabe endigt an seinem Wellenende und kann nur darin bestehen, die Maschine so anzutreiben, dass sie ihre Arbeit bestmöglich verrichtet. Was also kann der Motor, und was verlangt die Maschine von ihm?

Solange man den Motor bloss als ein Mittel betrachtet, um «elektrische Energie in mechanische umzuformen», lässt sich der Vorgang, auf den es ankommt, nicht erklären. Bedenkt man aber, dass jeder Motor an seinem Wellenende nur zwei mechanische Grössen, nämlich *Drehzahl* (als Mass der Drehbewegung) und *Drehmoment* in der einen oder andern *Drehrichtung* erzeugt oder überträgt, und dass andererseits die Arbeitsmaschine einen Bewegungsvorgang auszuführen hat, der wieder nur durch dieselben Grössen bestimmt wird, so ist die dem Motor gestellte Aufgabe eindeutig bestimmt: Er muss in jedem Augenblick jene Drehzahl und jenes Drehmoment in einer bestimmten Richtung auf die angetriebene Maschine übertragen, die sie für ihren Betrieb benötigt.

Drehzahl und Drehrichtung lassen sich leicht festlegen. Eine Analyse des vom Motor abzugebenden Drehmomentes aber zeigt, dass es nicht nur durch den Arbeitsvorgang selbst bestimmt ist, sondern auch durch kinetische Vorgänge, die vom Schwungmoment der bewegten Massen abhängen und durch die Zeitdauer der einzelnen Betriebsperioden beeinflusst werden kann. Im folgenden wird die allgemeine Bedeutung dieser Grössen für die elektromotorischen Antriebe untersucht, ohne Rücksicht darauf, dass eine so weitgehende Untersuchung für einen grossen Teil der praktischen Anwendungsfälle sich nicht als nötig erweist.

¹⁾ R. Bingel, in seinem Bericht an die Weltkraftkonferenz Berlin 1930.

1. Die Drehzahl

der anzutreibenden Welle ist das Mass für die Bewegungsvorgänge, die zur Durchführung der Arbeit erforderlich sind. Da die Bewegung als Ursprung jedes Arbeitsvorganges angesehen werden darf — wenn auch eine Kraft nötig ist, um sie zu erzeugen oder zu erhalten — ist es logisch, die Drehzahl als erste Bestimmungsgrösse anzuführen. Sie festzulegen, wird in der Regel keine Schwierigkeiten bereiten.

2. Die Drehrichtung

ist insbesondere von Bedeutung bei Umkehrbetrieben, wenn die Arbeitsweise sich je nach der Drehrichtung ändert. Sie ist aber auch von Einfluss auf die Auslegung gewisser Motoren, bei denen Konstruktionseinzelheiten von der Drehrichtung abhängen, und auf die Erstellung von Uebertragungsorganen, z. B. beim Riemenantrieb.

3. Das Drehmoment.

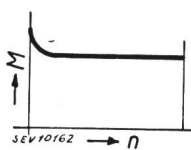
Unter dem Drehmoment, das während des Arbeitsvorganges aufgewendet werden muss, ist das *statische* oder *Widerstands-Drehmoment* zu verstehen, das im Zustand der Beharrung der Maschine auf einer bestimmten Drehzahl nötig ist. Der Verlauf dieses Drehmomentes in Abhängigkeit von der Drehzahl gilt für den Antrieb als die Kennlinie (Charakteristik) der Arbeitsmaschine und ist besonders bei Maschinen, die mit veränderlicher Drehzahl arbeiten, für die Bestimmung des Antriebmotors von ausschlaggebender Wichtigkeit. Grundsätzlich wird man dabei *Reibungsdrehmoment* (für Lager- und Luftreibung) und *Arbeitsdrehmoment* unterscheiden müssen. Ausserdem ist abzuklären, ob das Arbeitsdrehmoment eine gleichbleibende, eine willkürlich veränderliche oder eine von der Drehzahl, dem Verlauf des Arbeitsprozesses oder sonstwie abhängig veränderliche Grösse ist sowie ob und wie sich mit dem Drehmoment die Drehzahl ändern darf, oder soll. In den Fig. 1 a bis h sind einige typische Möglichkeiten für den Verlauf dieser Kennlinie — Drehmoment (M) in Abhängigkeit von der Drehzahl (n), bei Fig. 1 d von der Zeit (t) — bei verschiedenen Regulierantrieben dargestellt.

Fig. 1a.

Es treten nur Reibungswiderstände auf.

Beispiel:

Verstellen von Werkzeugschlitten. Das Drehmoment ist von der Geschwindigkeit praktisch unabhängig und, gleiche Gewichtsbelastung vor-



35V1016Z

ausgesetzt, gleichbleibend. Nur für die Ueberwindung der Reibung der Ruhe ist ein grösseres «Losbrechdrehmoment» nötig. Für solche Antriebe ist jedes beliebige Reguliervfahren anwendbar.

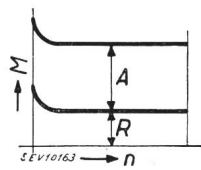


Fig. 1b.

Gleichbleibendes, von der Drehzahl unabhängiges Arbeits-Drehmoment.

Beispiel: Brenn-, Trocken- oder Mischtrommeln.

Das Gesamtdrehmoment setzt sich aus Reibungs- (R) und Arbeitsdrehmoment (A) zusammen. In bezug auf die Mechanik der Drehzahlregulierung liegt der Fall gleich wie für Fig. 1a.

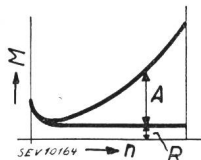


Fig. 1c.

Von der Drehzahl gesetzmässig abhängiges Arbeitsdrehmoment.

Beispiel: Zentrifugalpumpen und Ventilatoren, gegen gleichbleibenden Druck arbeitend.

Das Reibungsdrehmoment ist praktisch drehzahlunabhängig und anteilmässig geringfügig. Das Arbeitsdrehmoment steigt im Quadrat mit der Drehzahl. Wird die Drehzahl vermindert, so fällt das Drehmoment stark ab.

Es ist jedes beliebige Reguliervfahren anwendbar. Wo sich aber die Arbeitsbedingungen der Pumpe oder des Ventilators mit regelbarer Drehzahl durch äussere Umstände ändern können, ist darauf Rücksicht zu nehmen. Bei einem Saugventilator beispielsweise, wo atmosphärische Verhältnisse, Temperatur und Leitungswiderstand Änderungen unterworfen sind, verliert die erwähnte Gesetzmässigkeit ihre Gültigkeit. Hier wird man einen Reguliermotor verwenden müssen, dessen Drehzahl unabhängig von Zustandsänderungen gleich bleibt.

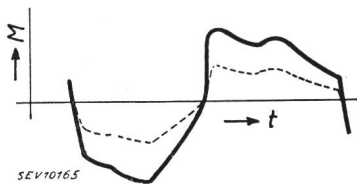


Fig. 1d.

Periodisch veränderliches Drehmoment.

Beispiel: Kolbenpumpe oder Kolbenverdichter, gegen gleichbleibenden Druck arbeitend. Der von den Kolben ausgeübte Druck bleibt gleich. Das an der anzutreibenden Kurbelwelle auszuübende Drehmoment verändert sich zyklisch, also im Verlaufe jeder Umdrehung nach einer bestimmten Linie, und ausserdem bei Regulierung verhältnismässig mit der Drehzahl (gestrichelte Linie). Der zyklische Drehmomentverlauf zwingt zu besonderen Massnahmen, um Pendelungen zu vermeiden.

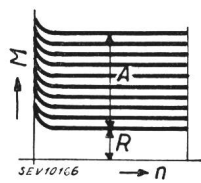


Fig. 1e.

Willkürlich und unabhängig von der Drehzahl veränderliches Drehmoment.

Beispiel: Kalander.

Es werden bei jeder Regulierdrehzahl je nach Produkt bald leichte, bald schwere Arbeiten, d. h. Arbeiten mit kleinerem oder grösserem Drehmoment ausgeführt. Die Drehzahl muss sich unabhängig von der Belastung einstellen lassen. Oft muss auch zum Einziehen des Materials eine wesentlich tiefer liegende Drehzahl bei kleiner Belastung einstellbar sein. Ein Motor, dessen Drehzahl mit der Belastung veränderlich ist, eignet sich hier nicht.

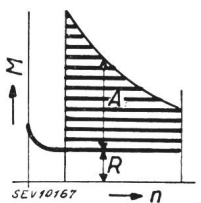


Fig. 1f.

Willkürlich veränderliches, aber in seiner Grösse an die Drehzahl gebundenes Arbeitsdrehmoment.

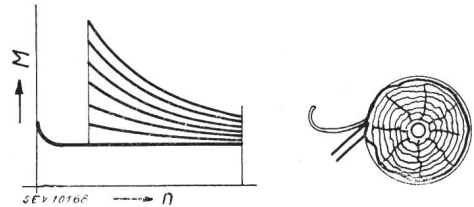
Beispiel: Werkzeugmaschinen. Das Arbeitsdrehmoment kann jeden durch die Horizontallinien dargestellten Wert annehmen, doch lässt man die Maschine mit Rücksicht auf die

Leistungsfähigkeit des Werkzeuges, um so langsamer laufen, je grösser das Arbeitsdrehmoment ist. Die Drehzahl darf sich auch bei schroffen Belastungsänderungen nicht merklich ändern. Der Motor muss Nebenschlussverhalten haben.

Der Fall, dass bei gleicher Spanabnahme zwangsläufig mit dem Drehdurchmesser auch die Drehzahl sich ändern soll, lässt sich unter den folgenden einreihen:

Fig. 1g.

Während der Arbeit abnehmendes Drehmoment, wobei gleichzeitig die Drehzahl zunehmen soll.

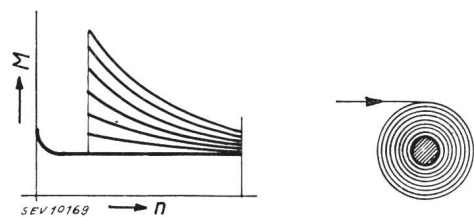


Beispiel: Holzschälmaschine.

Das Drehmoment, das sich am Anfang wegen Unrundheiten des Stammes stossweise ändern kann, nimmt mit der Verkleinerung des Arbeitsdurchmessers ab. Im gleichen Mass soll die Drehzahl zunehmen, damit die Schnittgeschwindigkeit und somit auch die Arbeitsleistung gleich bleibt. Das Drehmoment verläuft nach einer Hyperbel, seine Grösse hängt vom Holz und der Schäldicke ab. Mit Rücksicht auf die Drehmomentsänderungen am Anfang des Schälvorganges muss auch hier die Motordrehzahl von der Belastung unabhängig sein.

Fig. 1h.

Während der Arbeit zunehmendes Drehmoment, wobei gleichzeitig die Drehzahl abnehmen soll.



Beispiel: Aufwickelmaschine.

Papier, Stoff oder Draht wird bei gleichbleibendem Zug auf einer Trommel aufgewickelt, die Drehzahl muss daher mit zunehmendem Aufwickeldurchmesser, der ein im gleichen Mass zunehmendes Drehmoment verursacht, abnehmen. Der Drehmomentverlauf ist derselbe wie nach Abb. 1g, die Arbeitsleistung bleibt bei allen Drehzahlen dieselbe. Ein Seriomotor wäre hier grundsätzlich verwendbar, man zieht aber vor, dort, wo es auf genaue Zugeinstellung ankommt (Papier), Motoren mit besonderen Reguliervorrichtungen (Elektrowickler) zu verwenden, bei denen die Drehzahl selbsttätig so geregelt wird, dass die Motorleistung und damit der Papierzug unabhängig vom Aufwickeldurchmesser gleich bleibt.

Die Beispiele 1f bis 1h verleiten leicht zu dem Schluss, dass es sich um Arbeitsmaschinen handle, bei denen das Drehmoment abfällt, wenn die Drehzahl zunimmt, die sich also grundsätzlich von den Fällen 1a und 1b (gleichbleibendes Drehmoment) unterscheiden. In Wirklichkeit liege aber in den Fällen 1f bis 1h, wenn man die Drehzahl erhöhen würde, das Drehmoment gleich. Es handelt sich im Gegenteil um die Forderung, auf niedrige Drehzahl überzugehen, wenn das Drehmoment steigt, und auf höhere, wenn es fällt.

Schon dieser Hinweis lässt erkennen, dass die zeichnerische Darstellung des Verlaufes von Dreh-

moment und Drehzahl ohne eingehende Erklärungen ungenügend ist. Dass aber auch zwei Maschinen mit gleicher Kennlinie vollkommen verschiedene Antriebsmotoren erfordern können, wird im folgenden gezeigt.

4. Das Schwungmoment (GD^2) der zu bewegenden Massen

Fig. 2 a zeigt den Drehmomentverlauf (M_p) einer Zentrifugalpumpe, Abb. 2 b den einer Zentrifuge (M_z). Sowohl Charakter der Drehmomentlinien, als auch die Grösse der Drehmomente selbst sind gleich. Trotzdem sind die an den Antrieb gestellten Bedingungen, wegen des in der Anlaufperiode aufzubringenden Drehmomentes, gewaltig voneinander verschieden. Für die Pumpe genügt das kleine Drehmoment M_a des Sterndreieckanlaufes, für die Zentrifuge dagegen ist ein Anlaufdrehmoment M'_a nötig, das 5...10mal so gross ist als das Betriebsdrehmoment.

Aber nicht nur in bezug auf die Grösse des Drehmomentes, sondern auch auf die Charakteristik des Motors sind die Anforderungen verschieden. Während für die Pumpe, wenn sie reguliert werden soll, ein Motor mit Serieverhalten durchaus verwendbar ist, ist er für die Zentrifuge im allgemeinen unbrauchbar, weil das mit zunehmender Drehzahl rasch abfallende Drehmoment die Anlaufbeschleunigung beständig vermindern würde, so dass die Betriebsdrehzahl nur schleichend erreicht und der Anlauf zu lange dauern würde.

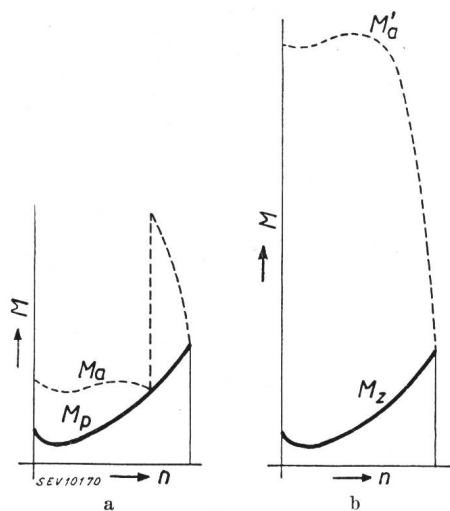


Fig. 2.
Drehmoment
einer Zentrifugalpumpe. einer Zentrifuge.

Dieses Beispiel lehrt, dass ein Antriebsmotor durch die Kennlinien der Maschine nicht eindeutig bestimmbar ist, sondern dass — wenn auch nicht immer — auch noch andere Bestimmungsgrössen zu berücksichtigen sind. Es verhält sich so, dass die Kennlinie eben nur das Verhalten der Maschine im Beharrungszustand — ihre *statische* Charakteristik — darstellt, dass aber, um diesen Zustand zu erreichen, auch noch *dynamische* Vorgänge für die Beschleunigung und die Verzögerung

der bewegten Massen auszuführen sind, die unter Umständen, wie beim Zentrifugenantrieb, die Wahl des Motors noch mehr als die statischen Widerstände beeinflussen.

Beschleunigungs- und Verzögerungsvorgänge treten nicht nur beim Anlassen und Bremsen, sondern überhaupt bei Änderungen des Bewegungszustandes, also auch beim Regulieren der Drehzahl auf. Sie werden immer dann auf die Wahl des Motors einen Einfluss haben, wenn bestimmte Forderungen hinsichtlich der Schnelligkeit dieser Vorgänge gestellt werden. Sie sind aber auch zu beachten, wenn die Wirkung von Reguliereinrichtungen zum voraus genau festgelegt werden soll, wie dies z. B. bei Antrieben, die mit andern im absoluten oder relativen Gleichlauf arbeiten müssen, der Fall ist. Ueber einige Einzelfragen, die mit den Auswirkungen der Schwungenergie bewegter Systeme zusammenhängen, wurde an anderer Stelle berichtet²⁾.

5. Die Zeit

Die Wichtigkeit der Zeit, als der vierten Bestimmungsgrösse für die Auslegung eines Antriebes, ergibt sich bereits aus dem Zusammenhang mit Beschleunigungs- und Verzögerungsvorgängen. Selbstverständlich wird das Drehmoment um so grösser, je kürzer die für diese Vorgänge geforderte Zeit ist. Aber der zeitliche Ablauf eines Arbeitsspieles ist überhaupt und ganz allgemein von Wichtigkeit. Wenn z. B. bei einem Antrieb nach dem Schema der Fig. 1 g oder 1 h das höchste Drehmoment immer nur kurzzeitig am Anfang oder Ende jedes Spieles auftritt, so lässt sich selbstverständlich der Motor viel günstiger auslegen als für Dauerbetrieb mit demselben Drehmoment. Aus den gleichen Gründen soll auch kurzzeitiger Betrieb mit zwischenliegenden Ruhepausen oder Dauerbetrieb mit aussetzender Belastung, bei dem der Motor wohl dauernd läuft, aber immer nur zeitweise belastet wird, möglichst genau umschrieben werden. Es ist auch möglich, Drehmomente, die nur kurzzeitig, z. B. bei Pressen, auftreten, durch zusätzliche Schwungmassen zu übernehmen, ohne den Motor selbst für dieses Spitzen-Drehmoment bauen zu müssen. Die Zeitdauer des vom Arbeitsvorgang verursachten Drehmomentstosses, ebenso wie seine Häufigkeit, ist somit von besonderer Bedeutung.

Zusammenfassung

Um einen elektrischen Antrieb erstellen zu können, müssen im allgemeinen folgende fünf Bestimmungsgrössen der anzutreibenden Maschine bekannt sein:

1. Die *Drehzahl* der anzutreibenden Welle.
2. Ihre *Drehrichtung*, bei Umkehrantrieben auch die Arbeitsweise beim Lauf der einen oder andern Richtung.
3. Der *Leistungsbedarf*, gemessen an der anzutreibenden Welle. Für den Leistungsbedarf während des Betriebes wird meistens die Angabe in kW

²⁾ St. Hopferwieser, «Der Anlaufvorgang bei elektromotorischen Antrieben», Bulletin SEV 1937, Nr. 19, S. 446...449.

genügen. Bei Regulierantrieben, ebenso für die Anlauf- und Bremsperiode, sollte aber stets der Verlauf des statischen Drehmomentes über der Drehzahl angegeben werden, ausgedrückt in mkg und gemessen an der anzutreibenden Welle. Es kann auch in % des Nenn-Drehmomentes, das der Antriebsleistung bei einer bestimmten Drehzahl, in der Regel der obere, entspricht, festgelegt werden. Eine zeichnerische Darstellung ähnlich Fig. 1 a bis 1 h, begleitet von einer kurzen Erläuterung, wird das Verständnis erleichtern.

4. Das *Schwungmoment* (GD^2) der bewegten Massen, bezogen auf die Antriebswelle oder eine andere Welle von bekannter Drehzahl. Ist es veränderlich, z. B. bei Zentrifugen, die im Anlauf gefüllt werden, so ist der Verlauf des GD^2 während der verschiedenen Arbeitsperioden anzugeben. Die Angabe des GD^2 ist überall dort unerlässlich, wo in bezug auf dynamische Vorgänge bestimmte Bedingungen gestellt werden (Sanftanlauf, Schweranlauf, Gleichlauf, Bremsen, Umkehren usw.). Bei allen diesen Untersuchungen wird auch das GD^2 des Motors selbst und der Uebertragungsteile mitzubersichtigen sein.

5. *Der zeitliche Ablauf des Arbeitsvorganges*, nicht nur zu unterscheiden nach Dauerbetrieb, aussetzender Betrieb, Dauerbetrieb mit aussetzender Belastung, unter Angabe der relativen Einschalt- oder Belastungsdauer (bezogen auf ein Arbeitsspiel von 10 min Dauer), sondern auch anzugeben für die verschiedenen Perioden eines Spieles (z. B. den Anlauf, Drehmomentverlauf über die Zeit, Bremsung usw.).

Ein Beispiel für eine solche Darstellung, die alle Elemente für die Grössenbestimmung des Antriebsmotors enthält, gibt Fig. 3 für eine Maschine mit zyklischem Arbeitsspiel (Zentrifuge). Hierin sind nur die primären Bestimmungsgrössen eingetragen. Die für die dynamischen Vorgänge des Füllens, Beschleunigens und Bremsens nötigen Drehmomente lassen sich aus den angegebenen Grössen errechnen und sind nicht angedeutet. Sache des Maschinenbauers ist es, diese primären Bestimmungsgrössen bekanntzugeben.

Ergänzt man diese Angaben, zu denen stets auch die Bezeichnung der anzutreibenden Maschine gehört, mit der *Art der Kraftübertragung* (Kupplung, Riemen, Zahnrad usw.), der *Art der Montage* (der Motor-Bauform), den *Platz- und Raumverhältnissen* (Temperatur, Feuchtigkeit, Verunreinigungen,

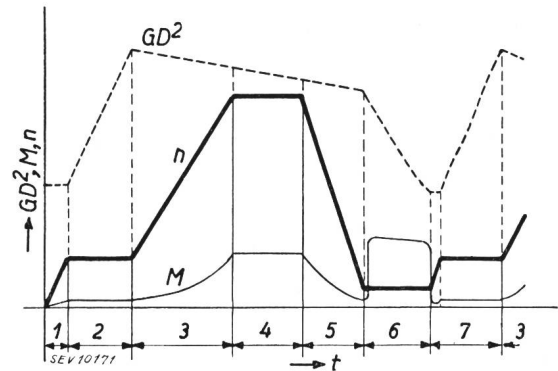


Fig. 3.

Elemente für die Grössenbestimmung eines Arbeitsmotors mit zyklischem Spiel.

1 Anlauf. 2 Füllen. 3 Beschleunigen auf Schleuderdrehzahl. 4 Schleudern. 5 Bremsen. 6 Leeren (Auskratzen). 7 Füllen.

korrosive oder entzündbare Gase), der gewünschten *Leitungsverlegung*, den Anforderungen in bezug auf die *Bedienung* (von Hand, von Ferne, selbsttätig, allfällige Abhängigkeiten von andern Maschinen oder Apparaten) und schliesslich mit den *Daten des zur Verfügung stehenden elektrischen Netzes* (Spannung, Frequenz, allenfalls Leistung, Anschlussbedingungen), so wird es auf Grund eines solchen vollständigen Bildes möglich sein, einen Antrieb zu erstellen, der restlos befriedigt. Bei der Genauigkeit, mit der die elektrischen Maschinen und Apparate vorausberechnet werden können, lassen sich dann auch die heikelsten Regulier- und Gleichlaufprobleme fehlerlos lösen. Die verständnisvolle Zusammenarbeit der Fachleute des mechanischen und elektrischen Teiles, gegebenenfalls auch des Betriebes, ist gerade für die Erstellung elektromotorischer Antriebe eine unerlässliche Voraussetzung.

Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

Zur Frage der Dekalumenstaffelung der Glühlampen

[Nach W. Geiss, Das Licht, Bd. 11 (1942), Nr. 11, S. 212]

Bis anfangs der zwanziger Jahre wurden die Glühlampen mit Kerzen (Einheit der Lichtstärke, in horizontaler Richtung gemessen) bezeichnet. Sie hatte den Nachteil, dass die horizontale Lichtstärke kein einwandfreies Mass der Lichtleistung einer Lampe für allgemeine Beleuchtungszwecke bildet.

Vor etwa 15 Jahren ging deshalb die Glühlampenindustrie dazu über, die Lampen mit Watt (Einheit der elektrisch aufgenommenen Leistung) zu bezeichnen. Damit entstand eine Situation, die den Techniker nicht befriedigen konnte. Bei jeder Maschine und jedem Apparat besteht nämlich die Regel, unter *Nennleistung* die *abgegebene Leistung* zu verstehen. Die Nennleistung einer Glühlampe war nun aber die aufgenommene Leistung. Kaufte man ein 40-Watt-Lampe, so kaufte man also einen Apparat, der je nach Fabrikat ver-

schiedene Lichtleistung abgab. Der Käufer wollte aber — ohne dass ihm das wohl bewusst war — keinen *Energieverbraucher*, sondern einen *Lichterzeuger* kaufen, also einen Apparat, der so und so viel Licht gibt, nicht einen Apparat, der so und so viel Energie verbraucht. Bei der Watt-Bezeichnung der Lampen fehlte also die wichtigste Grösse, der Lichtstrom.

In den folgenden 10 Jahren ist man allgemein dazu übergegangen, die Photometerbank durch das Kugelphotometer zu ersetzen; statt der Lichtstärke in Kerzen misst man nun den Lichtstrom in Lumen. Es bahnten sich zwischen verschiedenen nationalen Ausschüssen, Vertretern der Elektrizitätsversorgung und Vertretern der Glühlampenindustrie Verhandlungen an, um eine befriedigende Lösung der Lampenbezeichnung zu vereinbaren. Die Wattbezeichnung der Glühlampen war als eine Notmassnahme anzusehen. Man kam zur Auffassung, dass auf jeden Fall der abgegebene Lichtstrom und die aufgenommene Leistung aufzustempeln seien.

Die zweite Frage war die, ob die bisherige Wattstaffelung beibehalten und die Lichtleistung nur beigefügt werden